



ORKUSTOFNUN

Rannsóknasvið

KRAFLA, HOLA KJ-29

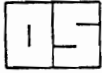
**1. áfangi:
Borun fyrir öryggisfóðringu
í 394 m dýpi**

**Ásgrímur Guðmundsson
Benedikt Steingrímsson
Guðlaugur Hermannsson
Sigurður Sveinn Jónsson
Dagbjartur Sigursteinsson
Sigurður Benediktsson**

Unnið fyrir Landsvirkjun

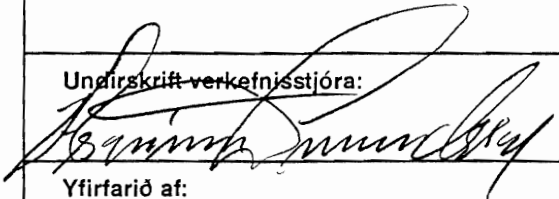
1997

OS-97023

**ORKUSTOFNUN**

Grensásvegi 9, 108 Reykjavík

Lykilsíða

Skýrsla nr.: OS-97023	Dags.: Maí 1997	Dreifing: <input checked="" type="checkbox"/> Opin <input type="checkbox"/> Lokuð til:
Heiti skýrslu / Aðal- og undirtitill: KRAFLA, HOLA KJ-29 1. áfangi: Borun fyrir öryggisfóðringu í 394 m dýpi	Upplag: 25	
	Fjöldi síðna: 22	
Höfundar: Ásgrímur Guðmundsson, Benedikt Steingrímsson, Guðlaugur Hermannsson, Sigurður Sveinn Jónsson, Dagbjartur Sigursteinsson og Sigurður Benediktsson	Verkefnisstjóri: Ásgrímur Guðmundsson	
Gerð skýrslu / Verkstig: Áfangaskýrsla, 1. verkáfangi	Verknúmer: 630 665	
Unnið fyrir: Landsvirkjun		
Samvinnuaðilar:		
Útdráttur: Lýst er borun 1. áfanga holu KJ-29 í Kröflu. Holan er austan til á Leirbotnasléttunni u.þ.b. 100 m vestan við brekkurætur Kröflu. Holunni er ætlað að skera tvær sprungur á 1000 2000 m dýpi, sem taldar eru fæða nokkrar fyrri borholur á svæðinu. Borun hófst 23. apríl og lauk 12. maí. Borunin tók því 20 verkdaga og varð holan 394 m djúp. Hefðbundnar mælingar voru gerðar í KJ-29 eftir að fóðringardýpi var náð, þ.e. hita-, víddar- og jarðlagamælingar eftir upptekt borstrengs og hita- og steypumælingar eftir steypingu 13 3/8 fóðringar. Einnig var sýnum af borsvarfi safnað á tveggja metra fresti samkvæmt venju við borverk sem þetta. Jafnframt voru jarðlög og ummyndunarsteindir greind eftir borsvarfi.		
Lykilorð: Háhitavæði, nýting, vinnsluhola, borun, borholumælingar, jarðlög, ummyndun, vatnsæðar	ISBN-númer:	
	Undirskrift verkefnisstjóra:  Yfirfarið af: PI	



ORKUSTOFNUN
Grensásvegi 9, 108 Reykjavík

Verknr. 630 665

KRAFLA, HOLA KJ-29

1. áfangi: Borun fyrir öryggisfóðringu í 394 m dýpi

Ásgrímur Guðmundsson,
Benedikt Steingrímsson,
Guðlaugur Hermannsson,
Sigurður Sveinn Jónsson,
Dagbjartur Sigursteinsson
Sigurður Benediktsson

Unnið fyrir Landsvirkjun

OS-97023

Máí 1997

EFNISYFIRLIT

1. INNGANGUR	3
2. BORSAGA	3
3. BORHOLUMÆLINGAR.....	9
4. JARÐLÖG, UMMYNDUN OG VATNSÆÐAR.....	10

Töfluskrá

Tafla 1. Gangur borunar 1 fyrir 13 3/8" öryggisfóðringu	5
Tafla 2. Mælingar á skoli	5
Tafla 3. Hallamælingar í borun	6
Tafla 4. Fóðrunarskýrsla	7
Tafla 5. Mælingar í borun	9
Tafla 6. XRD-greining á ummyndunarstein	11

Myndaskrá

Mynd 1. Borsvæði - afstöðumynd	12
Mynd 2. Rúmmál steypu utan 13 3/8" fóðringu	13
Mynd 3. Steyping 13 3/8" fóðringar í gegnum stengur	14
Mynd 4. Gangur borunar í 1. áfanga	15
Mynd 5. Hitamælingar 8. maí 1997	16
Mynd 6. Upphitun á 384 m dýpi í stöngum	17
Mynd 7. Víddarmæling í 17 1/2" holu	18
Mynd 8. Steyping öyggisfóðringar - mælt	19
Mynd 9. Hitamæling eftir steypingu 13 3/8" fóðringar	20
Mynd 10. Einfaldað jarðlagasnið, borhraði og vídd	21
Mynd 11. Jarðlagamælingar í 1. áfanga	22

1. INNGANGUR

Holu KJ-29 var valinn staður austan skiljustöðvar á gömlu borplani, sem gengið var frá haustið 1976. Staðsetningin er sýnd á mynd 1. Þar var fyrir 56,2 m djúp höggborshola fôðruð og steipt ásamt steiptum kjallara. Sú hola var höggboruð á tímabilinu 18. - 30. ágúst 1976 með höggbor 3. Vegna ófyrirséðar atburðarásar var fallið frá því að bora dýpra niður á þessu svæði, tímabundið að minnsta kosti. Þar réðu fyrst og fremst áhrif kvikugasa sem breiddust út um jarðhitakerfið. Ennfremur hefur slælegur árangur í holu KJ-6, bæði hvað varðar afköst og gæði vökvans, væntanlega haft mikil áhrif þar á.

Viðhorfin breyttust á ný eftir að hola KJ-28 var boruð, en þá kom í ljós mjög gott þrýstisamband milli hennar og holu KJ-6. Áður höfðu komið fram tengsl milli holu KJ-9 og KJ-6, eftir að sú fyrnefnda var dýpkuð. Svörun vatnsborðs í holu 6 var mjög sterk þegar einhverjar breytingar áttu sér stað í holu KJ-28. Aftur á móti var veikari svörun í nærliggjandi holum, norðan við holu KJ-28.

Hola KJ-29 er austan til á Leirbotnasléttunni um það bil 100 m vestan við brekkurætur Kröflu. Jarðfræðileg einkenni í næsta nágrenni eru Hveragilssprungan sem hverfur á yfirborði undir Leirbotna og svo sprunga sem liggur við holur KW-1 og KG-12 og talið er að fæði holur KJ-9 og 28 á 1200 og 800 m dýpi. Báðar eru þessar sprungur áhugaverðar sem skotmark fyrir borun, en vegna lítills halla þeirra er erfitt að segja nákvæmlega til um á hvaða dýpi holan kemur til með skera þær. Út frá afstöðu holunnar til sprungnanna má gera ráð fyrir að þær verði ekki skornar ofan 1000 m dýpis, öllu frekar á 1000 - 2000 m dýpi. Vægur halli sprungnanna (áætlaður 3-5° til vesturs) undir holuna og hugsanlega smáfrávik væntanlegrar holu frá lóðréttu geta auðveldlega valdið verulegum skekkjum í útreikningum á skurðpunkti holu og sprungna.

Áætlað er að bora fyrir öryggisfóðringu niður á um 400 m dýpi í 1. áfanga með 444 mm (17½") krónu og fôðra holuna með 311 mm (13 3/8") rorum, en efsta fôðurrörið verður 14" efnisrör. Fóðringin verður steipt með G-sementi og steypugæði síðan metin með CBL-mælingu. Aðalflangs holu verður soðinn á öryggisfóðringuna

2. BORSAGA

Borun holu KJ-28 lauk í nóvember 1996 og var borinn þá tekinn niður til vetrargeymslu. Seinni hluta apríl 1997 komu bormenn að nýju á vettvang og hófu að setja borinn upp yfir holu KJ-29. Dýpi höggborsholu var 56,2 m miðað við kjallarabrún eins og áður segir. 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.

Undirstöður borsins voru settar upp þann 23. apríl, sem jafnframt telst vera 1. verkdagur, en næstu daga unnu bormenn við flutning og uppsetningu borsins ásamt því að sinna ýmis konar viðhaldi og viðgerðum. Mastur var reist sunnudaginn 27. apríl. Daginn eftir var lokið við að flytja borstengur á borstað. Unnið var við öryggisloka á þriðjudeginum og geymsluholur fyrir borstöng og drifskafi (músar- og rottuhola) boraðar. Miðvikudaginn 30. apríl var borstrengnum raðað saman og hann settur niður. Uppbygging strengsins var með þeim hætti sem hér segir: 444 mm (17½") borkróna (ath. krónuskipti á 187 m dýpi), krónustýring, tengistykki, álagsstöng, strengstýring, tengistykki, 10 álagsstangir, tengistykki ("cross-over") og borstangir. Borstrengurinn var settur niður eins og áður segir og fór að snúast um miðjan dag, miðvikudaginn 30. apríl. Þegar borað hafði verið niður úr steypunni í botni holunnar og smávægis í fast berg til viðbótar bilaði rafmótor sem knýr dælu 2. Borinn var þá á 64,75 m

dýpi. Eigi var komist hjá því að stöðva borunina á meðan reynt var að gera við mótórin. Vélstjórar borsins dæmdu mótórin hins vegar ónýtan að skoðun lokinni og var sent eftir nýjum til Reykjavíkur með fyrstu ferð. Sá kom á áfangastað aðfararmótt 1. maí og fór sá dagur mestmegnis í að setja nýja mótórin við og koma honum í gang. Rafmótor í dælu 1 bilaði jafnframt og reyndist nauðsynlegt að flytja hann til Reykjavíkur. Mótórin í dælu 1 reyndist einnig vera ónýtur og var dælan því ekki notuð frekar við borun fyrsta áfanga holunnar.

Borun hófst að nýju fimmtudaginn 1. maí um klukkan 23:00. Holan var þá 64,75 metra djúp og dýpkuð um 30 sm og síriti (Geograph) stilltur á 65 metra klukkan 23:30. Halliburton steypudælan var tengd við vatnslagnir borsins þegar dæla 2 var komin í lag og báðar dælurnar notaðar við borunina. Borunin gekk vel um nóttina og um klukkan átta næsta morgun höfðu borast um 32 metrar eins og fram kemur í töflu 1. Um klukkan 10:15 föstudaginn 2. maí var dýpi holunnar rétt rúmlega 100 metrar. Botnfall var mælt eftir 15 mín. skolun og reyndist vera um átta metrar. Þá var ákveðið að blanda gel til að hreinsa holuna. Blandað var úr 80 pokum af Wyoming Bentonite og byrjað að bora með borleðju um klukkan 13:35. Mikið svarf kom upp í fyrstu, en varð síðan jafnara þegar leið á borunina. Fyrst um sinn var borað í gegnum botnfallið og var þá ljóst að minniháttar fylla hafði hrunið að strengnum og svarfið blandast mistórum steinum sem molnuðu undan borkrónunni og orsökuðu mikil læti og hamagang við borunina. Þegar komið var niður úr svarfi og grjóti og í fast berg varð borunin jafnari og mýkri. Kom nokkuð glögglega í ljós við skoðun svarfsins frá 102 metra dýpi að eitthvert hrun hafði orðið en ekkert teljandi og alls ekki til vandræða. Meðan borleðjunni var dælt í holuna var þrýstingur mjög lágur eða rétt rúmlega 50 psi. Þrýstingur fór hægt vaxandi eftir því sem holan dýpkaði eins og sést í töflu 2. Þegar komið var í um 180 m dýpi var skol í holunni mjög lítið meðan rafmótor á dælu 2 var tekinn frá til viðgerða enda var einungis dælt þann tíma með Halliburton steypudælunni og dældi hún um 20 l/s. Borinn fór í gengum mjög ummyndað túfflag og leirrikt svarf settist að borkrónunni og stýringunum á strengnum. Skolun var eins og áður segir fremur lítil. Borhraði var í kjölfarið mjög lágur, eða rétt um einn metri á klukkustund í annars mjúku bergi, frá 178 metra dýpi niður á um 187 metra dýpi. Klukkan 23:20 að kvöldi 3. maí var ákveðið að taka strenginn upp og skipta um borkrónu. Mikill leir sat utan á neðstu metrum borstrengsins og borkrónu, sem skýrði lítinn borhraða síðustu metrana.

Ný 444 mm (17 ½") borkróna af gerðinni S53A var sett undir og hófst borun að nýju um klukkan 04:20 aðfararmóttunnar sunnudagsins 4. maí. Gekk borun mun betur og fór borhraði í rúmlega 20 m/klst. á köflum. Borun gekk vel sunnudaginn 4. maí en þrisvar sinnum þurfti að stöðva borun eða hægja á henni, í eitt skipi vegna viðgerða og tvisvar vegna hallamælinga. Í fyrra skiptið tókst hallamæling ekki vegna þess að klukka í hallamæli gekk ekki út en um klukkan 16:30 var hallamælt aftur á 185 m dýpi, þegar bordýpi var 217 m. Tókst sú hallamæling vel og reyndist halli holunnar vera um 0,2°. Í töflu 3 er yfirlit yfir niðurstöður hallamælinga. Borun gekk með jöfnum og öruggum hraða fram til kvölds, aðfaranótt mánudagsins 5. maí og raunar allan þann dag. Þriðjudaginn 6. maí var borun stöðvuð skamma stund vegna bilaðra ventla í dælu 2. Borun hófst á ný um kl. 17.00. Þegar dýpið var 367 m aðfaranótt uppstigningadags var stoppað til að hallamæla. Í ljós kom að 7-8 l/s skoltap var komið í holuna, sem hafði ekki komið fram í skolmælingum meðan á borun stóð og ekki var vitað hvar það var nákvæmlega í holunni. Einnig mældist 16 m botnfall. Við þessu var brugðist með að blanda nýtt gel og voru nokkrir pokar af brotnum valhnetuskeljum settir niður til að þetta lekann, en hans gætti ekki það sem eftir var borunar. Hallamælt var síðan í 350 m þegar bordýpi var 377 m. Holan reyndist bein. Fóðringardýpi var náð í 396 m, í stöndugum basaltkafla eins og sést á viddarmælingu.

Álag á borkrónu var að jafnaði á bilinu 10 og 20 þúsund pund og fór það eftir hörku bergsins hvernig því var beitt. Snúningur á krónu var að jafnaði 50 - 70 sn/mín og þrýstingur á dælum var tiltölulega lágur enda lítil dæling allan tímann (tafla 2).

Tafla 1. Gangur borunar 1 fyrir 13 3/8" öryggisfóðringu

Borkróna	Dagur	Borun (m)	Bortími (klst.)	Borhraði (m/klst)	Tími á borkrónu (klst.)	Dýpi (m)
	29. apr.	0	0	0	0	60,5
	30. apr.	4,5	~2	9	um 3,5	65
	1.mái	2	0,5	4	4	67
	2.mái	66	19	3,47	19	133
	3.mái	55	22	2,5	alls 34	187
S 53 A	4.mái	65	18	3,61	18	253
"	5.mái	64	22,5	2,84	40,5	317
"	6.mái	48	20,5	2,34	61	365
"	7.mái	31	17,5	1,8	78,5	396

Bormenn skráðu dælingu og þrýsting á um fjögurra tíma fresti. Fyrst eftir að borun hófst með borleðju var þrýstingur afar lágur eða rétt á milli 30 og 50 psi. Þegar leið á borunina jókst þrýstingur talsvert og var í rétt rúmum 200 PSI undir lok borunar en þá var blönduð borleðja á nýjan leik og borað með henni frá því um klukkan 06:00 miðvikudaginn 7. maí en dýpi holunnar var þá 367 metrar.

Tafla 2. Mælingar á skoli

agsetning	Klukkan	Dýpi m	Þrýstingur PSI	Dæla 1 slög	Dæla 1 l/s	Dæla 2 slög	Dæla 2 l/s	Dæling alls l/s	Tap cm	Tap l/s	Skolhraði m/min	Ími frá bot min	Svarf m/min	TFB min
02.05.97	03:00	75	160	72	13,34	117	21,68	35,02	1	0,32	14,61	5,13	9,61	7,80
02.05.97	06:00	85	250	88	16,31	128	23,35	39,65	1	0,32	16,56	5,13	11,56	7,35
02.05.97	10:00	99	350	100	18,53	157	29,09	47,62	3	0,95	19,65	5,04	14,65	6,76
02.05.97	18:00	110	125	78	14,08	112	20,75	34,84	1,5	0,47	14,47	7,60	9,47	11,62
02.05.97	22:00	127	20	62	11,49	110	20,38	31,87	0	0,00	13,42	9,46	8,42	15,08
03.05.97	02:00	139	20	0,00	0,00	91	16,86	16,86	0	0,00	7,10	19,58	7,10	19,58
03.05.97	06:00	151	20	0,00	0,00	86	15,94	15,94	0	0,00	6,71	22,50	6,71	22,50
03.05.97	18:00	162	50	0,00	0,00	72	13,34	13,34	0	0,00	5,62	32,40	5,62	32,40
03.05.97	22:00	186	100	0,00	0,00	100	18,53	18,53	0	0,00	7,80	23,84	7,80	23,84
04.05.97	06:00	190	60	0,00	0,00	90	16,68	16,68	0	0,00	7,02	27,06	7,02	27,06
04.05.97	18:00	224	140	0,00	0,00	126	23,35	23,35	0	0,00	9,83	22,79	9,83	22,79
04.05.97	22:00	246	140	0,00	0,00	138	25,57	25,57	0	0,00	10,77	22,85	10,77	22,85
05.05.97	02:00	257	140	0,00	0,00	135	25,02	25,02	0	0,00	10,53	24,40	10,53	24,40
05.05.97	06:00	268	140	0,00	0,00	135	25,02	25,02	0	0,00	10,53	25,44	10,53	25,44
05.05.97	17:30	300	190	0,00	0,00	153	28,35	28,35	0	0,00	11,94	25,13	11,94	25,13
05.05.97	22:00	312	170	0,00	0,00	152	28,17	28,17	0	0,00	11,86	26,31	11,86	26,31
06.05.97	06:00	330	180	0,00	0,00	157	29,09	29,09	0	0,00	12,25	26,94	12,25	26,94
06.05.97	09:30	337	190	0,00	0,00	158	29,28	29,28	0	0,00	12,33	27,34	7,33	45,99
06.05.97	13:30	345	190	0,00	0,00	156	28,91	28,91	0	0,00	12,17	28,35	7,17	48,11
06.05.97	22:00	362	390	96	17,79	132	24,46	42,25	0	0,00	17,79	20,35	12,79	28,31
07.05.97	02:00	367	390	96	17,79	132	24,46	42,25	25	7,88	14,47	25,36	9,47	38,74
07.05.97	09:30	373	200	0,00	0,00	160	29,65	29,65	0	0,00	12,48	29,88	7,48	49,84

Reynt var að hreinsa botnfall úr holunni aðfaranótt 8. maí á meðan sementi var blandað á sementstanka borsins. Um þrjú metrar voru í holunni þegar mælingamenn voru kallaðir út í upphitunarmælingu áður en strengur var tekinn upp. Þrátt fyrir að holan tæki við litlu sem engu í ádælingu meðan á upphitunarmælingu stóð var upphitun aðeins rúmar 3 °C á hálfri klukkustund. Ef upphitunin stjórnað af hitaleiðni þá er hún hröðust í byrjun en hægir síðan á sér. Metið var að aðstæður í holunni væru á þann veg og því ekkert að vanbúnaði að taka upp. Fyrir upptekt var botnfall mælt að nýju og var það komið í 8 m. Þá var hreinsað að nýju og skilinn eftir geltappi á botni holunnar sem náði upp í tæpa 300 m, en hann átti að halda svarfi frá botni, sem ekki skolaðist upp úr holunni. Upptekt var lokið skömmu eftir kvöldmat og var

þá mælt samkvæmt venjubundinni mælingaáætlun, en henni er lýst nánar hér á eftir í kaflanum um mælingar. Á miðnætti lauk mælingum og fódruun holunnar hófst. Alls var notaður 231 poki af geli við skolun og hreinsun holunnar.

Tafla 3. Hallamælingar í borun

Bordýpi (m)	Mælt á dýpi (m)	Halli	Frávik frá lóðr. (m)	Raundýpi (m)
253	195	0,2	0,7	195
367	350	0,0	0,7	350

Skömmu eftir miðnætti föstudagsins 9. maí var byrjað að fódra og tók það alla nóttina og lungan úr næsta degi. Fódringarskórinn var staðsettur á 388,5 m dýpi miðað við drifborð. Um kl. 17 var skorið ofan af fódringunni og byrjað á að setja stangir niður. Rétt fyrir miðnætti var búið að tengja stangir við stungustykki og fylla fódringuna af vatni. Aðfaranótt laugardagsins 10. maí var gel hreinsað úr holunni og hún jafnframt kæld fyrir steypingu. Skoltap var mælt skömmu áður en fódringin var steyppt og töpuðust tæpir 2 l/s. Viddarmælingin var notuð við útreikninga á því rúmmáli er steypunni var ætlað að fylla. Niðurstaða þeirra reikninga gefur til kynna lágmarksmagn og það reyndist vera 36 m³ eins og sýnt er á mynd 2. Steyping fódringar hófst kl. 8:29 og eftirdæling 9:02. Eftirdælingu lauk kl.9:18 og hafði þá verið dælt niður um 4.500 l af vatni á eftir steypunni til að reka hana út úr stöngum og næst neðsta fódurröri. Allan tímenn meðan á steypingu stóð kom vatn upp eða þar til steypan sjálf birtist kl. 8:56. Eðlisþyngd steypunnar sem niður fór var 1,55 g/sm³ fyrstu 5 mínúturnar, en eftir það var henni haldið í 1,6. Eðlisþyngd steypunnar er upp kom var 1,55. Steypan seig niður eftir að hætt var að dæla og var því dælt ofan frá á milli fódringa 4-5 m³ af steypu. Alls fóru 52 tonn af gæðasementi í fódringasteypuna og þar af 500 kg í steypingu milli fódringa eftir að búið var að skera ofan af. Ítarlegar upplýsingar um fódringuna og steypingu hennar er að finna í fódrunarskýrslu í töflu 4 og á mynd 3.

Þessum áfanga lauk skömmu eftir miðnætti mánudaginn 12. maí, þegar holuflangs hafði verið soðinn á fódringuna.

Alls tók verkáfanginn 20 verkdaða eins og sýnt er á mynd 4. Verkið byrjaði 23. apríl og lauk 12. maí

Tafla 4. Fóðrunarskýrsla

 JARÐBORANIR HF	FÓÐRUNARSKÝRSLA	Eyðublað nr. 68-051
---	------------------------	---------------------

Verk nr. 420-657	Hola nr. KJ-29	Borstaður Krafla	Bor Jötunn	Verkkaupi Landsvirkjun
Vidd holu 171/2"	Dýpt holu mv. drifborð 396,0 m	Fóðring nr. 2	Fóðrun framkv. dags. 1997.05.09. - 12.	Útfyllt af D.Sig.

Holudýpt frá flangi 388,64 m. Fóðringardýpt f. fl. 380,68 m		RÖRATALNING			
FÓÐRING	Gerð K-55	LENGD	NR	MS	ALLS m
	Pyngd 68 lbs/ft Pöntun nr.	4,61	1		4,61
	Utánmál 133/8" Innánmál 315,3 mm Veggþykkt 12,2 mm	12,33	2		16,94
	Tengi Skrufuð Butress	12,71	3		29,65
	Flangi ANSI-900 12" (135/8" API 3000)	12,59	4		42,24
	Stungutengi Float collar	12,55	5		54,79
	Skór Float shoe	12,61	6		67,40
	Miðjustillar 9 stk. Steyputappar stk.	11,92	7		79,32
STEYPING	Steypa 1, þurrefni 46.480 kg	12,71	8		92,03
	Tafefni 70 kg Eðlisþ. steypu 1.60 Steypingartími 33 mín.	12,49	9		104,52
	Steyputæki Jet mixari	12,78	10		117,30
	Steypa kom upp <input checked="" type="checkbox"/> Já <input type="checkbox"/> Nei Eðlisþ. steypu upp 1,53	12,28	11		129,58
	Eftirdæling: magn 4000 lítrar tími 16 mín.	12,43	12		142,01
FRÁGANGUR	Steypa 2, þurrefni 5000 kg	12,50	13		154,51
	Dýpi á steypu utan röra 10 m	12,46	14		166,97
	Steypt utan með eftir 20 kist. Skorið ofan af eftir 16 kist.	12,77	15		179,74
	Steypa, þurrefni 500 kg	12,68	16		192,42
ATHUGASEMDIR		12,43	17		204,85
Efsta rörið er 17,5 mm að veggþykkt. Stál 37,0.		12,16	18		217,01
Miðjustillum var valinn staður með hliðsjón af víddarmælingu.		12,60	19		229,61
Bondmæling sýndi góða steypu.		12,50	20		242,11
		12,31	21		254,42
		12,32	22		266,74
		12,72	23		279,46
		12,65	24		292,11

H&A Gæðing

3. BORHOLUMÆLINGAR

Yfirlit um borholumælingar í fyrsta áfanga borunar holu KJ-29 er að finna í töflu 5. Allar mælingarnar voru gerðar eftir að komið var í fódoringardýpi. Þar er fyrst að telja hitamælingar í stöngum eftir skolun holunnar, þá hita- viddar- og jarðlagamælingar eftir uppteikt borstrengs og loks hita- og steypumælingar eftir að 13 3/8" fódoringin hafði verið steyppt í holuna. Mælingarnar gengu mjög vel enda vanir menn að störfum. Heildartími við mælingar í þessum áfanga var sjö og hálfur klukkutími.

Tafla 5. Mælingar í borun

Dagsetning	Tími	Mæling	Dýptarbil	Tilgangur	Athugasemdir
97-05-08	10:10-10:33	Hitamæling	0-384	Upphitun	Í stöngum. Dæling 0 l/s
97-05-08	10:33-11:00	Hiti (með tíma)	384	Upphitun	Í stöngum. Dæling 0 l/s
97-05-08	11:00-11:20	Hitamæling	0-384	Upphitun	Í stöngum. Dæling 0 l/s
97-05-08	20:40-21:15	Hitamæling	0-390	Upphitun	Eftir uppteikt. Dæling 0 l/s
97-05-08	21:15-22:00	XY-Viddarmæling	0-385	Skápar-Steypumagn	Eftir uppteikt. Dæling 0 l/s
97-05-08	22:00-22:50	Nifteindamæling	0-390	Jarðlagaskipan	Eftir uppteikt. Dæling 0 l/s
97-05-08	22:00-22:50	Gammamæling	0-390	Jarðlagaskipan	Eftir uppteikt. Dæling 0 l/s
97-05-08	23:35-23:55	Hitamæling	0-390	Upphitun	Eftir uppteikt. Dæling 0 l/s
97-05-10	19:50-20:30	Hitamæling	0-364	Upphitun	11 tímum eftir steypingu
97-05-10	20:50-22:00	Steypumæling	0-360	Steypugæði	12 tímum eftir steypingu

Hitamælingar í stöngum og eftir uppteikt eru sýndar á mynd 5. Holan var pottþétt en stóð full af borleðju og vatni. Vísbendingar um æðar (lekastaði) eru tæpast sjáanlegar í mælingunum, en upphitun er nokkuð óregluleg enda kyrrstæð borleðja í holunni. Strax eftir uppteikt var nokkuð jafn hiti í holunni um 60°C og upphitun hæg. Tímamæling sem gerð var í 384 m dýpi (mynd 6) benti til þess að upphitun þar væri innan við 3 °C á klukkustund. Hitamælingar eftir uppteikt staðfesta þetta og mældist hæst um 90 °C hiti í holunni í síðustu hitamælingunni.

Niðurstöður viddarmælingarinnar eru sýndar á mynd 7. Þetta er fjögurra arma mæling og ber X-parinu og Y-parinu vel saman. Holan er því ágætlega sívöl. Hún hefur hins vegar vaskast nokkuð út einkum ofan 100 m dýpis þar sem vatn var notað til skolunar. Stærstu skáparnir ná út í um 750 mm vidd (29"). Samkvæmt viddarmælingunni er rúmmál holunnar utan 13 3/8"-fóðringar um 36 rúmmetrar (mynd 2).

Jarðlagaskipan við holuna var könnuð með nifteinda- og gammamælinum og er fjallað um niðurstöður þeirra í jarðlagakaflanum hér á eftir.

Steyping öryggisfóðringarinnar gekk vel og steypist hún í fyrstu tilraun, eins og lýst hefur verið hér að framan. Steypugæðin voru mæld um 12 tímum eftir að steypingu lauk. Mælingin er sýnd á mynd 8. Reyndar var nokkuð erfitt að kvarða mælinguna, þ.e. ákvarða útslagið í ósteypu röri og var stuðst við reynslutölur úr eldri mælingum. Samkvæmt mælingunni hefur steypingin tekist mjög vel. Skil á um 35 metra dýpi sýna hversu djúpt steypan hefur sigið, en fyllt var upp á milli fóðringa einni klukkustund eftir fyrstu steypingu. Þá eru efstu tíu metrarnir ósteyptir og var eftir mælinguna fyllt endanlega upp á milli fóðringanna. Þurfti til þess um 500 l af sementsleðju.

Holan var hitamæld fyrir steypumælinguna. Mælingin er sýnd á mynd 9. Hæsti hiti í holunni var þá um 90 °C. Kælipunktur á um 275 m bendir til þess að þar hafi vatn tapast út, en tæplega 2 l/s töpuðust í holunni þegar hún var skoluð fyrir steypinguna. Kælipunkturinn fellur saman við skáp (mynd 7) og er þetta eini staðurinn þar sem ákveðin vísbending er um vatnsæð í holunni.

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 ásamt borhraða og vídd er sýnt á mynd 10 og jarðlagamælingar (nifteindir og gamma) eru sýndar á mynd 11 ásamt borhraða og vídd.

Jarðlögin, sem holan sker, í efstu 396 metrunum má skipta gróflega í fjórar einingar

- *60 - 100 m dýpi.* Efsti hlutinn neðan höggborsholu og niður á um 100 metra dýpi er gerður úr basaltblönduðu móbergi. Efst er settúff með berg- og kristalbrotum auk ummyndaðs glers og bergbrota, Neðan við er breksíulegt berg nokkuð blandað basalti og gætu eitt til tvö þunn basalhraunlög stungist í gegn um móbergið á 60-70 metra dýpi. Þar neðan við niður á um 80 metra dýpi er hreint túff, örlítið grænleitt og fer ummyndun vaxandi þegar neðar dregur. Niður að um 100 metra dýpi er bergið breksíulegt með basalhraunlögum.
- *100 - 150 m dýpi.* Á þessu dýpi tekur við tæplega fimmtíu metra þykk einsleit breksíumyndun úr svörtu glerjuðu móbergi og talsvert ummynduðum basaltkornum.
- *150 - 250 m dýpi.* Einkennandi fyrir þennan kafla er einsleitt túff, finkorna og mjög ummyndað og grænleitt. Túffið nær niður á um 250 metra dýpi en þar taka basalhraun við. Basalhraunlög á 200-210 metra dýpi skipta móberginu upp í tvær einingar.
- *250 - 396 m dýpi.* Hraunlagakaflinn sem nær frá um 250 metra dýpi og niður í fódringardýpi á 396 metrum er mjög ummyndaður og fer ummyndunarstig vaxandi með dýpi. Basalhraun með glerjuðum kargalkennendum millilögum (breksíu) eru ríkjandi. Í 366-370 metrum er mikið ummyndað finkorna basalt, þétt og blöðrulítið en neðan við og niður í 396 metra er dökkt, nær svart, basalt, fersklegt og ekki mjög ummyndað, dilótt, þétt, blöðrulítið og með litlum útfellingum, hugsanlega innskot.

Eins og oft vill verða er mikil dempun í jarðlagamælingum í 17 ½" holu, en samt koma megin drættir fram. Gamma mælingin bendir til berggerðar af basaltsamsetningu frá toppi í botn, en að svo stöddu er erfiðara að ráða í nifteindamælinguna, þar sem eftir á að leiðrétta hana með hliðsjón af víddarmælingu.

Ummyndunarsteindir sem sjást í svarfi ofan til eru pýrit, kalsít, kalsedón, stilbít, heulandít og mordenít. Kvars fer að sjást á um 200 metra dýpi og þá með kalsedón sem síðar hverfur. Laumontít finnst frá um 100 metrum og er horfið á um 200 metra dýpi. Wairakít finnst á um 230 metra dýpi og finnst jafnt og þétt niður holuna. Á svipuðu dýpi fer að vera áberandi ljós-til dökkgræn grófkristölluð leirsteind sem gæti verið klórít. Pýrit finnst samfelld niður alla holuna og einnig kalsít. Kvarsafbrigði finnst samfelld en hamskipti verða á um 200 metra dýpi þar sem kalsedón breytist yfir í bergkristal. Anhýdrit finnst í mjög ummynduðu túffi á um 230 metra dýpi. Í töflu 6 hér á eftir er yfirlit um röntgengreiningar á ummyndunarsteindum úr 1. áfanga.

Vatnsæðar eru ekki merkjanlegar samkvæmt mælingum á skoli ef frá er talin smáæð á um 100 metra dýpi og önnur nokkuð stærri sennilega á 275 m dýpi. Í efri æðinni mældist tap um 1 l/s

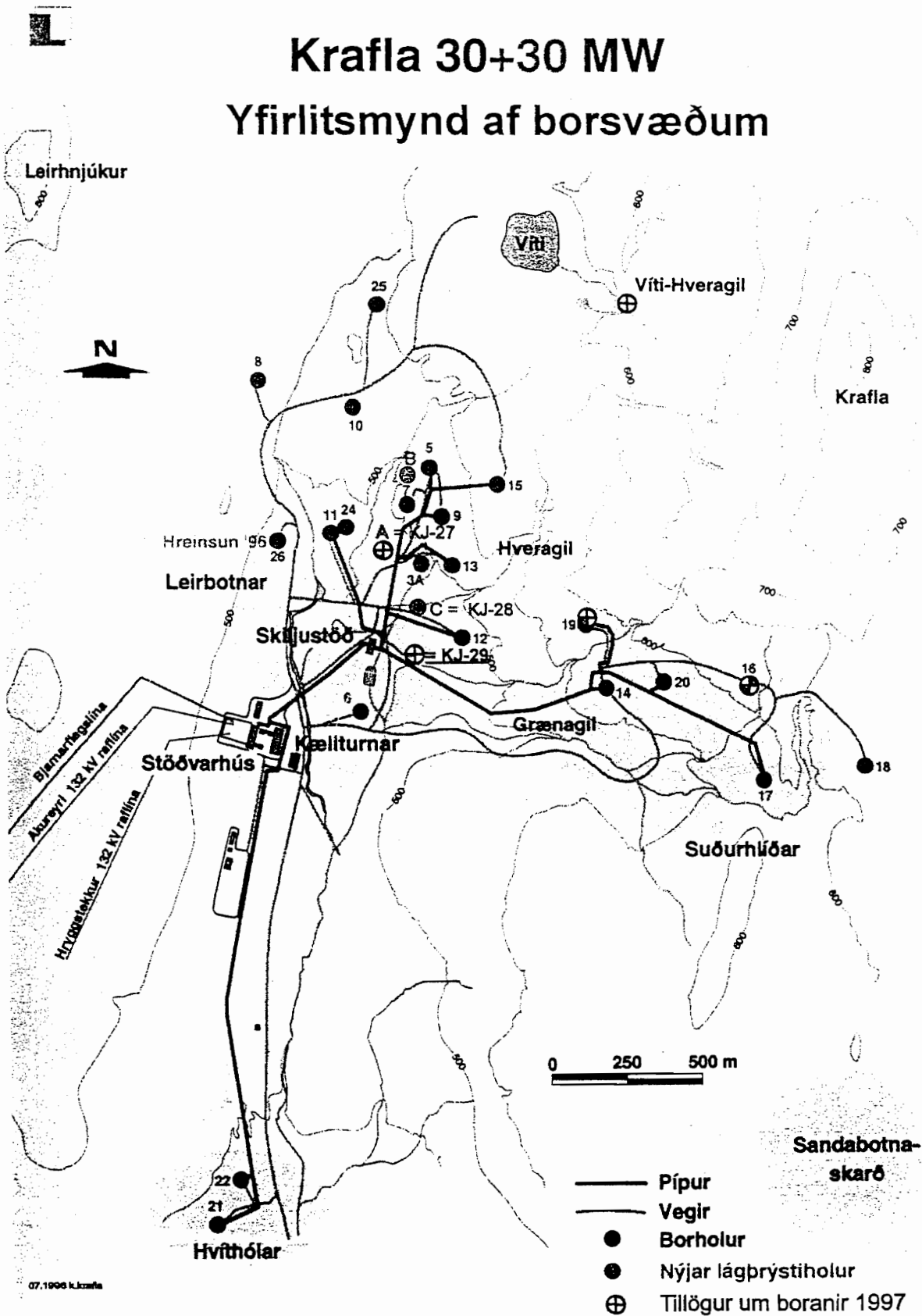
og litlu síðar kemur mikið pýrít í svarfi. Ekki varð vart við neðri æðina í borun, en um 8 l/s skoltap mældist á um 367 m dýpi þegar stoppað var vegna hallamælingar. Hitamælingar á mynd 5 gefa til kynna að æðin sé á 275 m dýpi og sé sú eina sem eitthvað kveður að.

Tafla 6. XRD-greining á ummyndunarstein

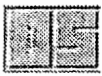
Nr.	Heiti	Dýpi
30044	Heulandít	60
30047	Stilbít	60
30050	Mordenít	92
30051	Wairakít	230
30052	Anhydrít	232
30053	Kvars, bergkristall.	236

Krafla 30+30 MW

Yfirlitsmynd af borsvæðum



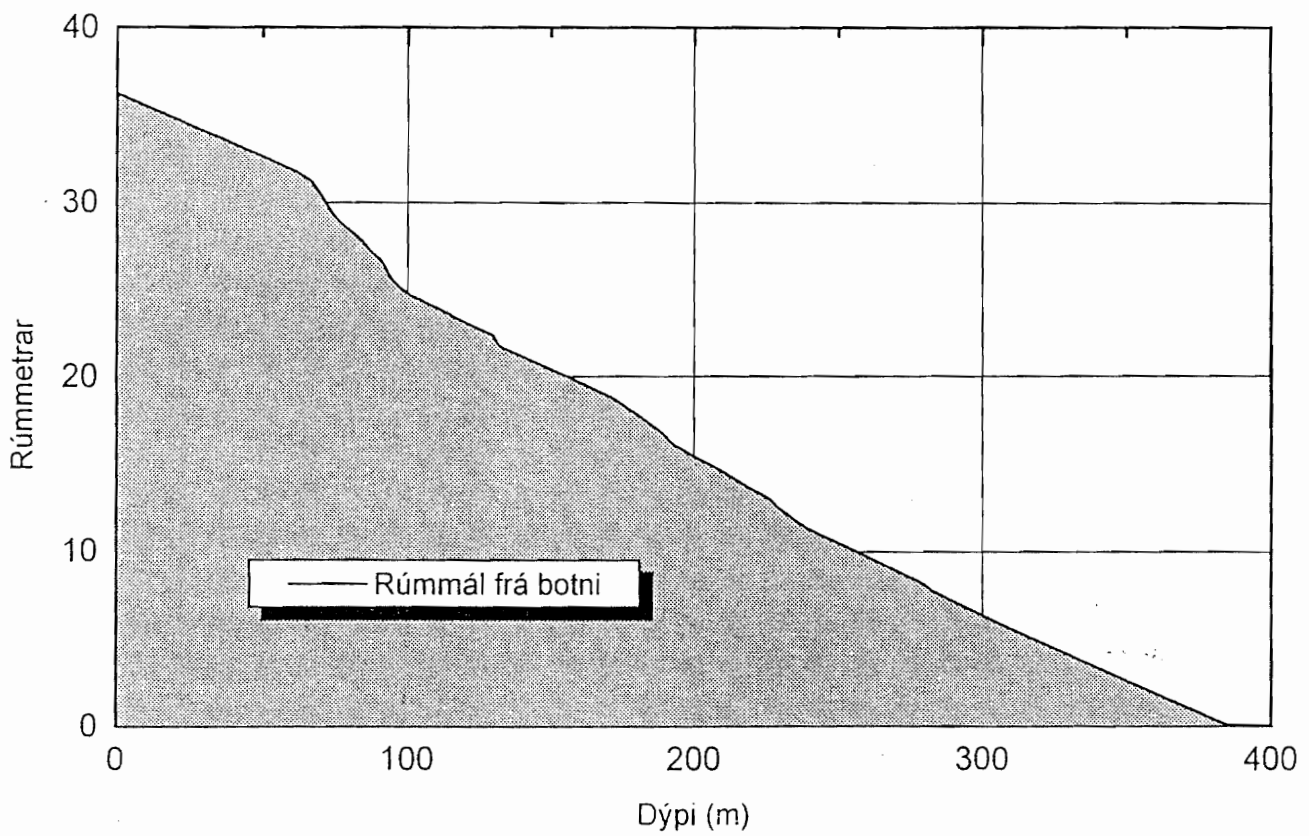
Mynd 1. Borsvæði - afstöðumynd



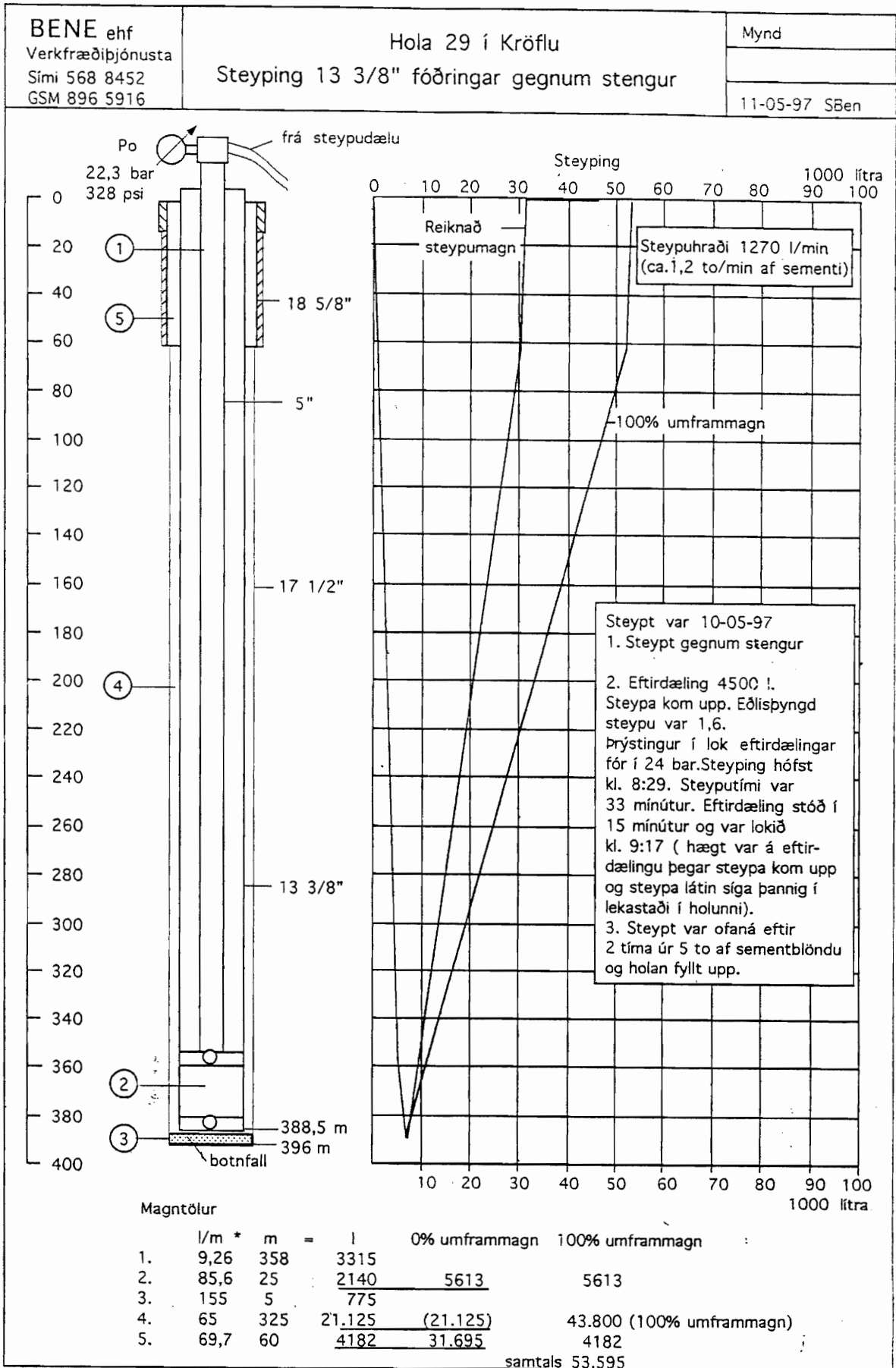
ORKUSTOFNUN
ROS

KRAFLA HOLA KJ-29
Rúmmál utan 13 3/8" fõðringar
samkvæmt víddarmælingu

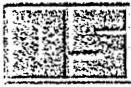
9. maí 1997
BS/ÁsG



Mynd 2. Rúmmál steypu utan 13 3/8" fõðringu

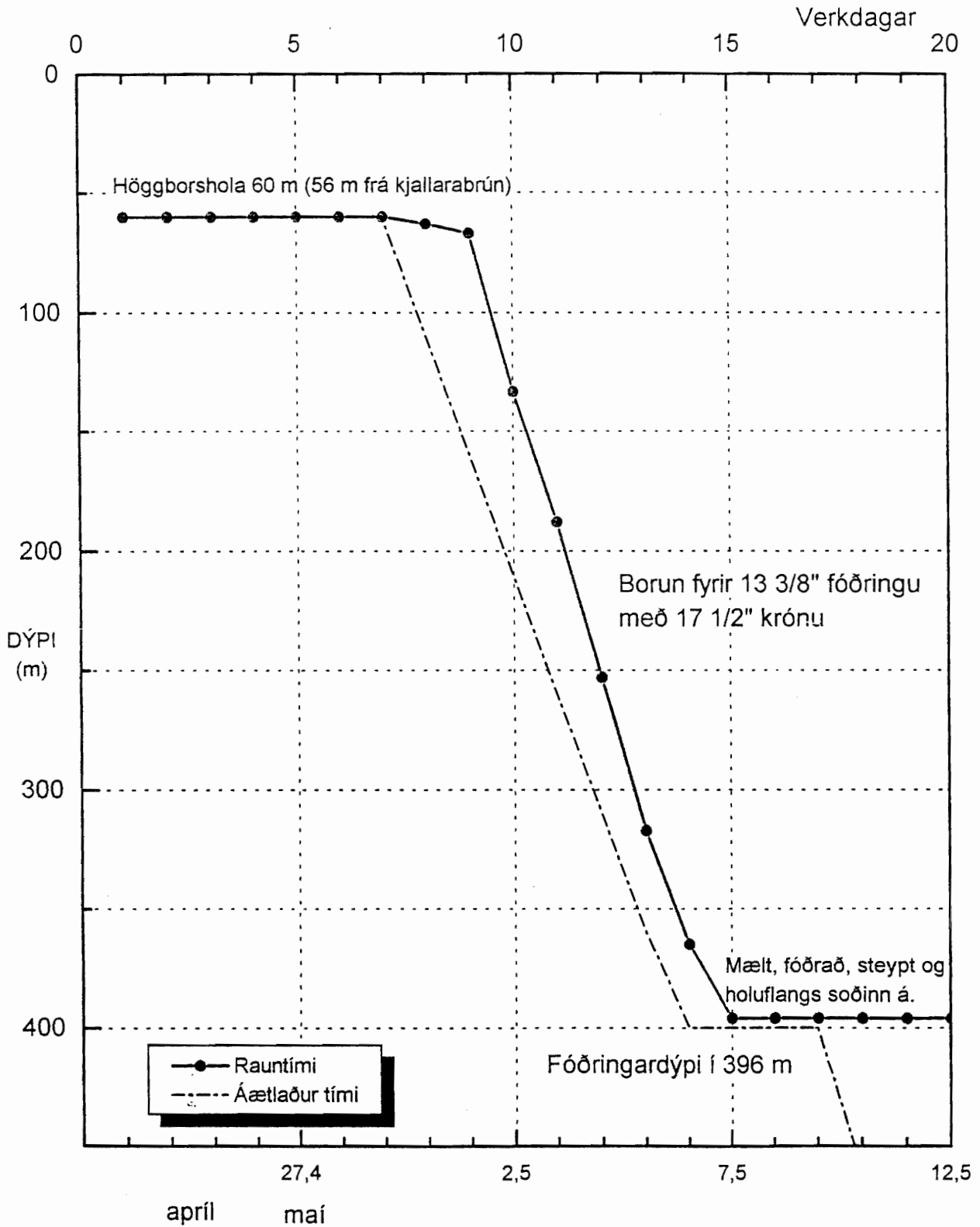


Mynd 3. Steyping 13 3/8" fóðringar í gegnum stengur



KRAFLA HOLA KJ-29

Gangur borunar í 1. áfanga

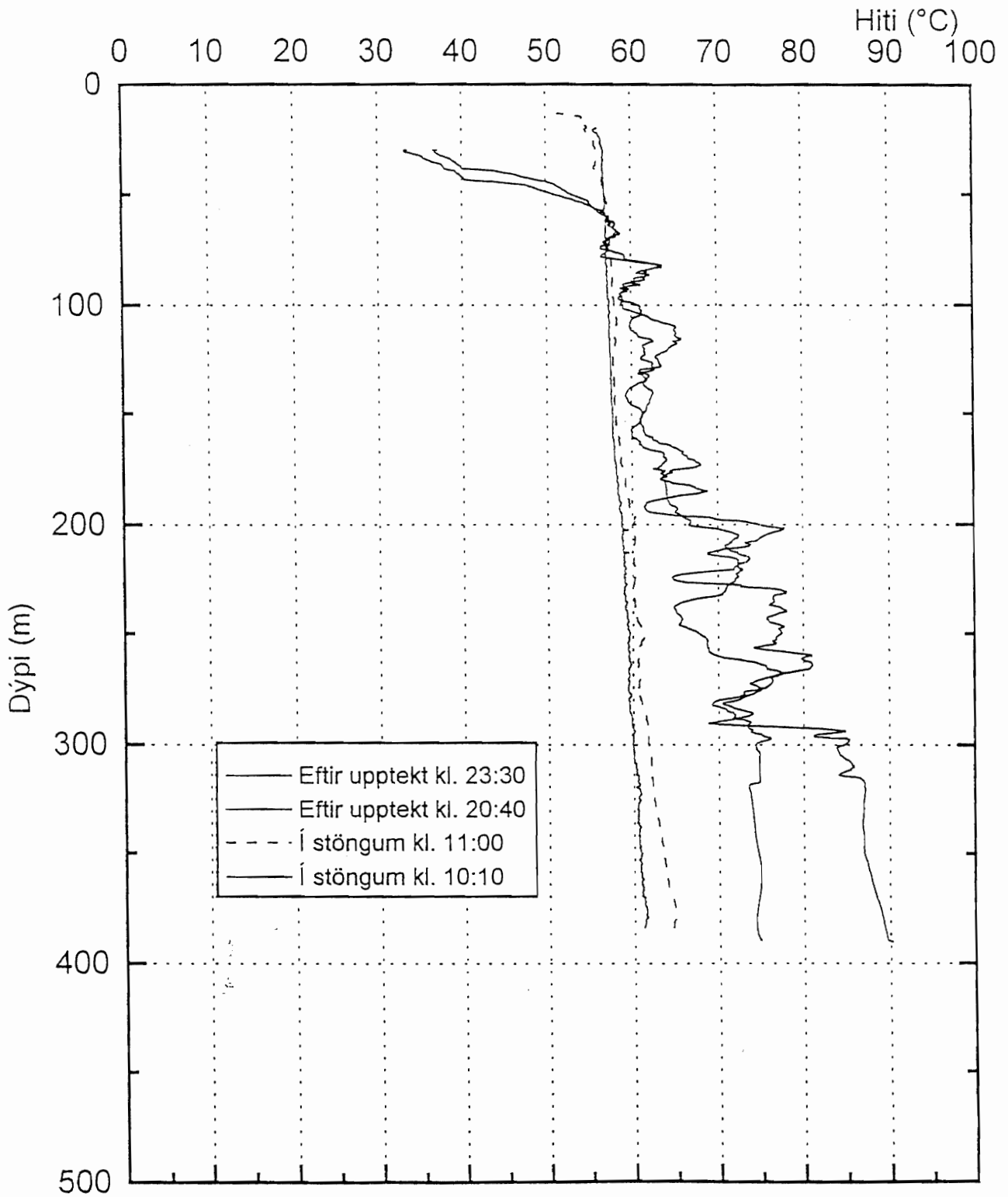


Mynd 4. Gangur borunar í 1. áfanga

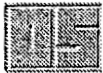


KRAFLA HOLA KJ-29

Hitamælingar 8. maí 1997



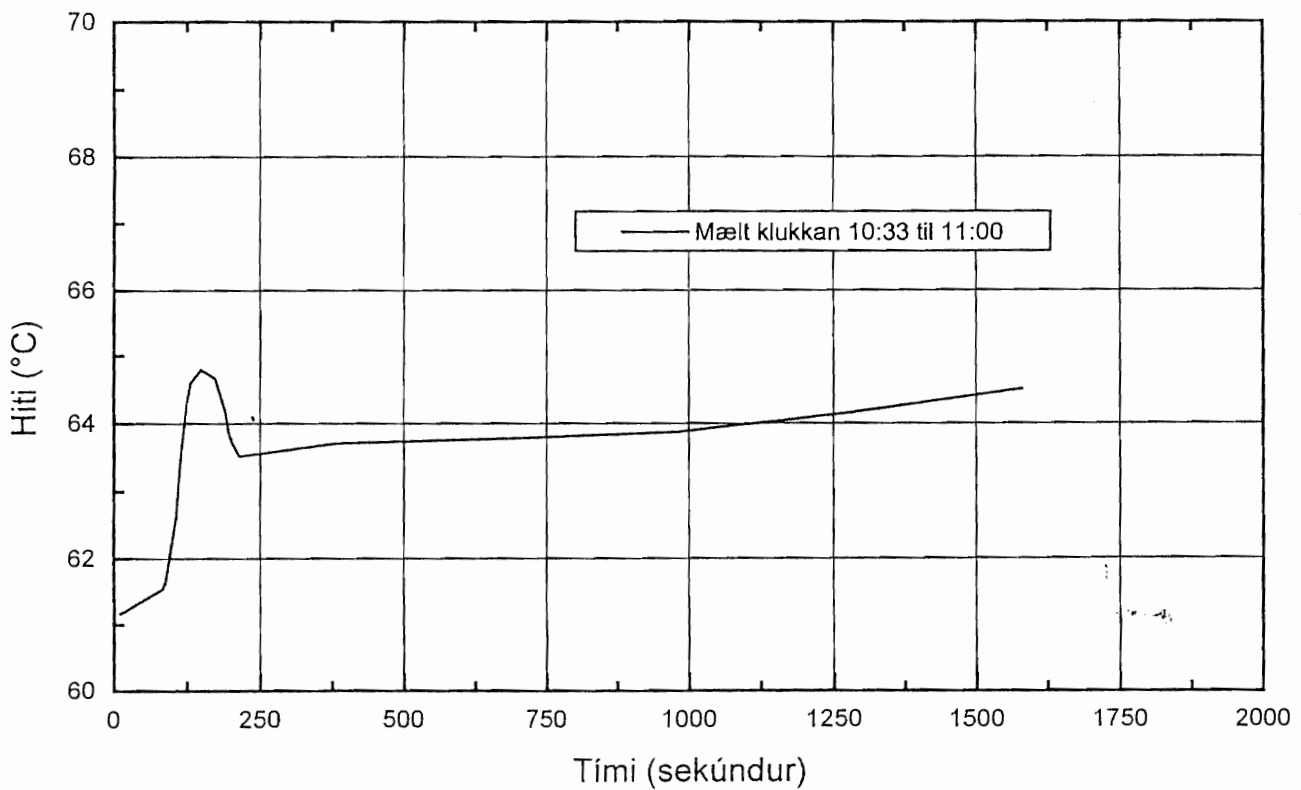
Mynd 5 Hitamælingar 8. maí 1997



ORKUSTOFNUN
ROS

KRAFLA HOLA KJ-29
Upphitun á 384 m dýpi í stöngum
8. maí 1997

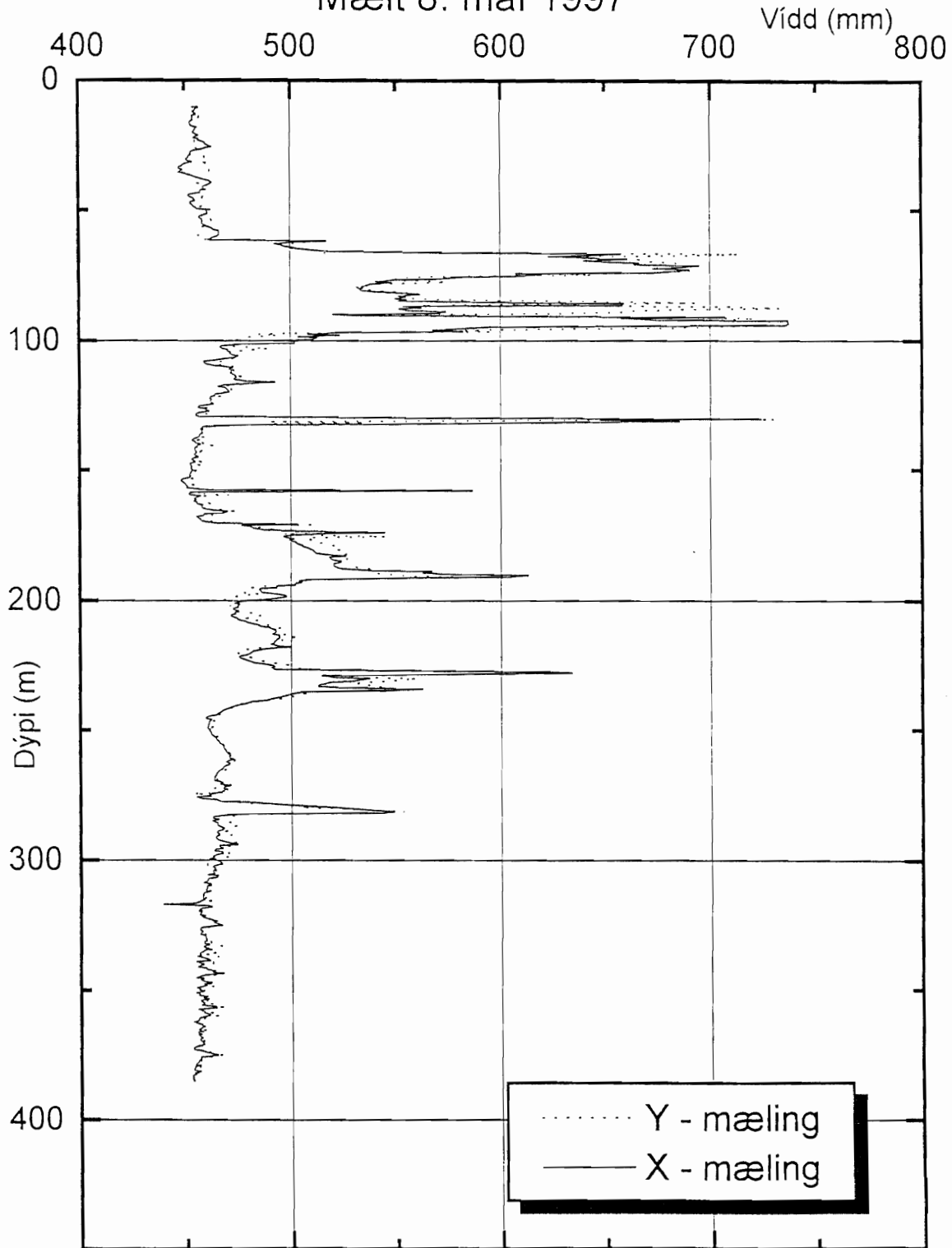
8. maí 1997
BS/GuH



Mynd 6. Upphitun á 384 m dýpi í stöngum



Krafla HOLA KJ-29
Viddarmæling í 17.5"-holu
Mælt 8. maí 1997



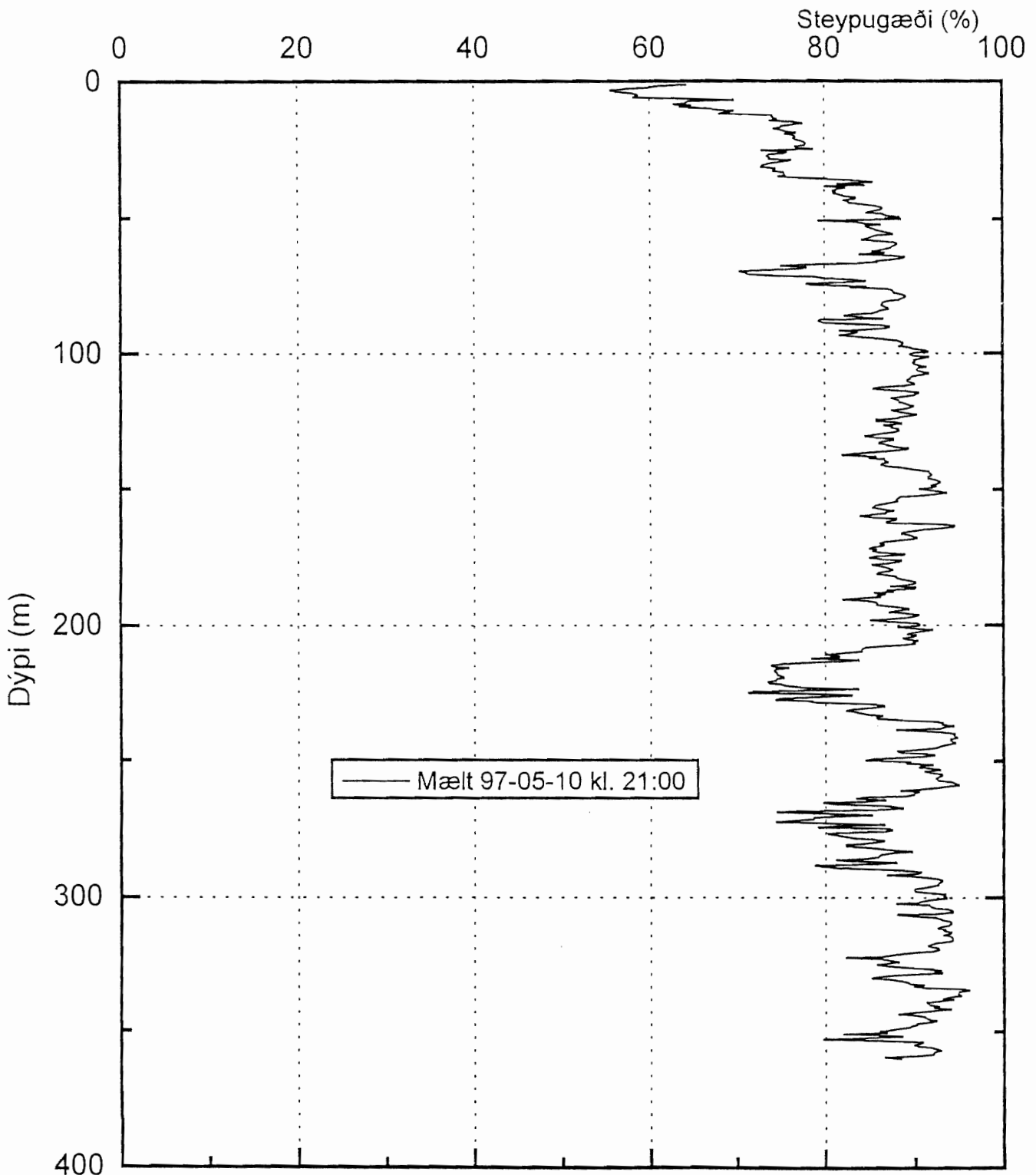
Mynd 7. Viddarmæling í 17 ½" holu



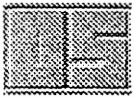
KRAFLA HOLA KJ-29

Steyping öryggisfóðringar

Mælt 12 tímum eftir steypingu

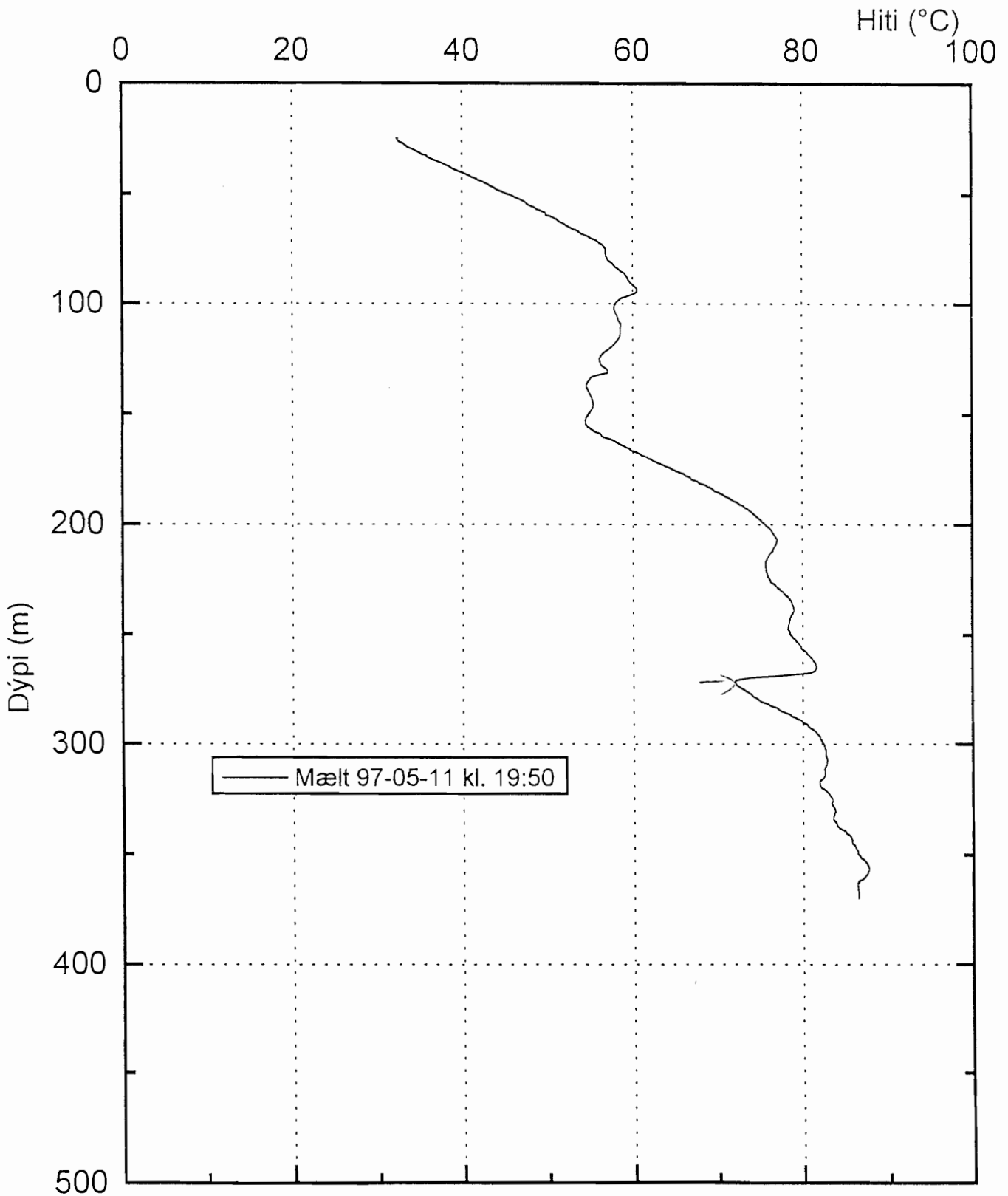


Mynd 8. Steyping öryggisfóðringar - mælt



KRAFLA HOLA KJ-29

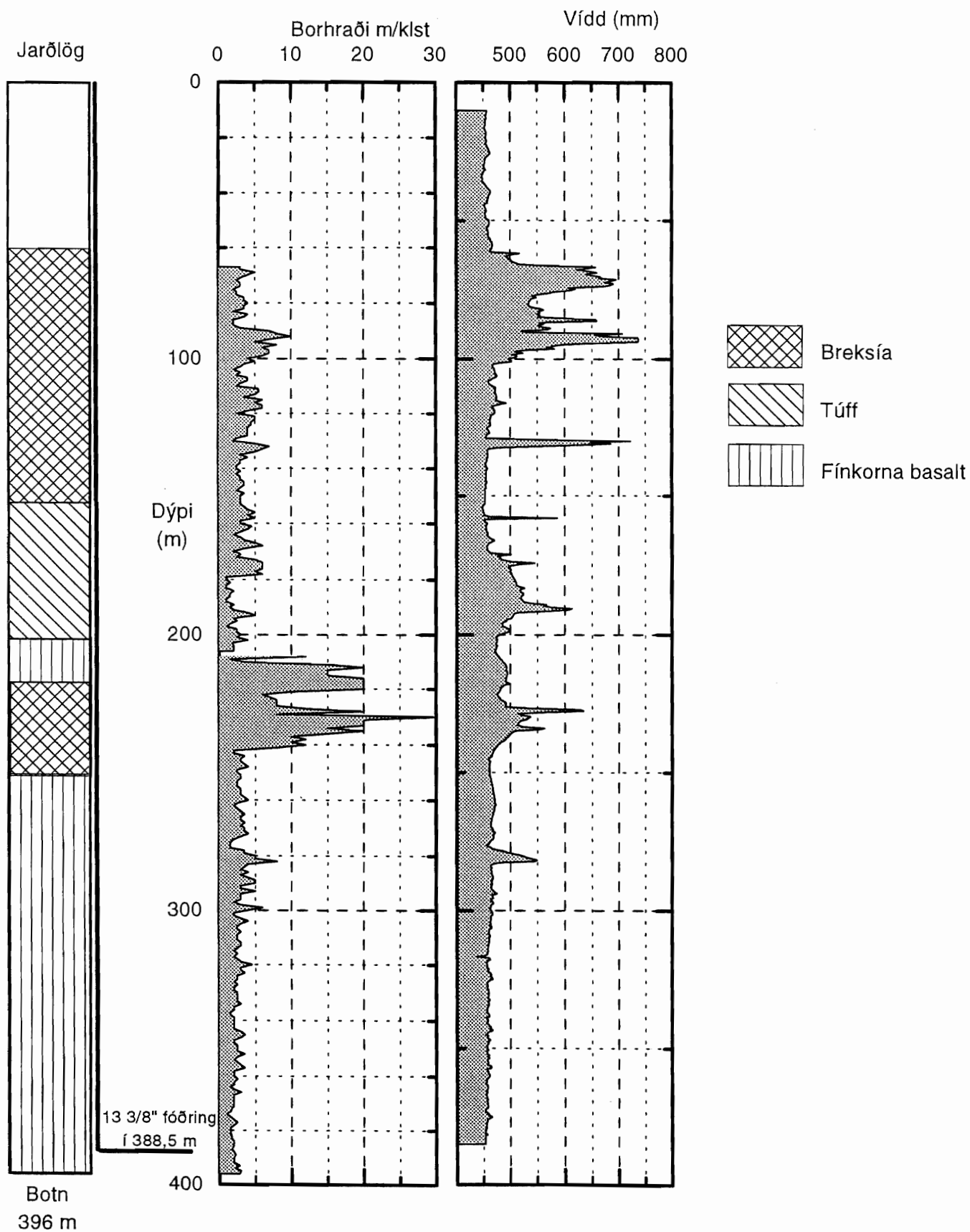
Hitamæling eftir steypingu 13 3/8" fõðringar



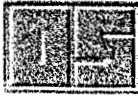
Mynd 9. Hitamæling eftir steypingu 13 3/8" fõðringar



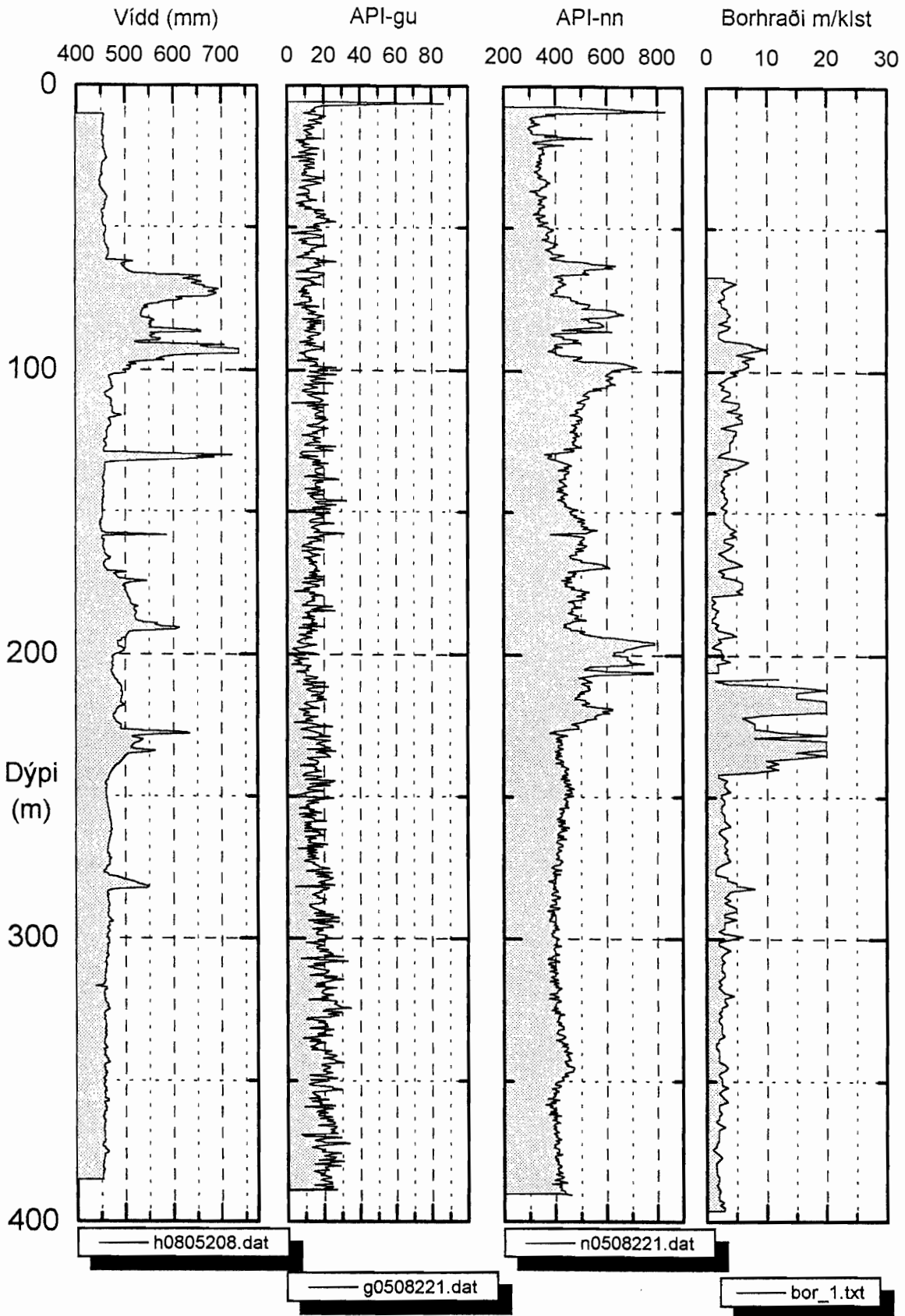
Einfaldað jarðlagasnið, borhraði og vídd



Mynd 10. Einfaldað jarðlagasnið, borhraði og vídd



Jarðlagamælingar í 1. áfanga



Mynd 11. Jarðlagamælingar í 1. áfanga