



ORKUSTOFNUN  
Jarðhitadeild

**Krafla, borun holu KJ-28**

**2. áfangi: (67 - 392 m)**

Ásgrímur Guðmundsson, Guðmundur Ó. Friðleifsson,  
Jósef Hólmjárn, Ómar Sigurðsson,  
Dagbjartur Sigursteinsson, Sverrir Þórhallsson og  
Sigurður Benediktsson

Unnið fyrir Landsvirkjun

OS-96069/JHD-39 B

Nóvember 1996



**ORKUSTOFNUN**

Grensásvegi 9, 108 Reykjavík

Verknr. 630 665

## **Krafla, borun holu KJ-28**

### **2. áfangi: (67 - 392 m)**

Ásgrímur Guðmundsson, Guðmundur Ó. Friðleifsson,  
Jósef Hólmjárn, Ómar Sigurðsson,  
Dagbjartur Sigursteinsson, Sverrir Þórhallsson og  
Sigurður Benediktsson

Unnið fyrir Landsvirkjun

OS-96069/JHD-39 B

Nóvember 1996

## EFNISYFIRLIT

1. INNGANGUR.....	3
2. BORSAGA.....	4
3. BORHOLUMÆLINGAR.....	10
4. JARÐLÖG, UMMYNDUN OG VATNSÆÐAR.....	11

## TÖFLUSKRÁ

Tafla 1. Borun holu KJ-28.....	5
Tafla 2. Botnfall í KJ-28.....	5
Tafla 3. Skolmælingar.....	6
Tafla 4. Halli KJ-28 ofan 400 m dýpis.....	6
Tafla 5. Eðlisþyngd steypunar.....	7
Tafla 6. Föðringarskýrsla.....	8
Tafla 7. Mælingar í borun.....	10

## MYNDASKRÁ

Mynd 1. Staðsetning holu KJ-28.....	13
Mynd 2. Botnfall svarfs eftir að borun lauk.....	14
Mynd 3. Jarðlög og mælingar á skoli meðan á borun stóð.....	15
Mynd 4. Víddarmæling.....	16
Mynd 5. Áætlað steypurúmmál.....	17
Mynd 6. Steyping 13 3/8" föðringar.....	18
Mynd 7. Steypugæðamæling (CBL).....	19
Mynd 8. Hitamælingar strax eftir borun.....	20
Mynd 9. Jarðlagamælingar.....	21
Mynd 10. Allar hitamælingar úr 2. áfanga.....	22

# 1. INNGANGUR

Hola KJ-28 var seinni lágþrýstiholan sem boruð var í Kröflu árið 1996. Sömu forsendur voru notaðar fyrir staðsetningu hennar og holu KJ-27. Holunni var valinn staður sunnan við KJ-3A og vestan holu KW-1. Hugmyndin með staðsetningunni var sú að vera í nálægð við þær holur, sem hafa verið hvað opnastar í borun, þ.e. KJ-3A og KG-3, ásamt því að eiga möguleika á því að skera meinta spungu er liggur við holu KW-1 og talið er að hafi eyðilagt fódninguna í holu KG-3. Staðsetning holunnar er sýnd á mynd 1.

Verklýsing fyrir borun hola KJ-27 og KJ-28, sem gerð var í júlí 1996 var endurskoðuð, í ljósi reynslu frá borun holu KJ-27 og gefin síðan út sem endurskoðuð verklýsing holu KJ-28 í októberlok 1996. Orðrétt er tekið upp úr verklýsingunni það er snertir þennan áfanga í holu KJ-28. Þar segir:

“Vinnslufóðring er áætluð niður í 400 m dýpi. Engu er hægt að spá fyrir um lekastaði í berginu og stærð þeirra. Komi fram mikill leki (meiri en 10-15 l/s) verður borun stöðvuð og steypt í lekann, en minni töp verða þétt með sagi og spónum. Lagt er til að þessi hluti holunnar verði boraður með borleðju. Þó verður steypa sem er í yfirborðsfóðringunni boruð með vatni því sementið hleypir leðjunni. Eiginleikum borleðjunnar er lýst í kafla um skolvökva.

Áfanga 2 má skipta í eftirfarandi þætti:

a. Borað í planið fyrir "músar- og rottuholu" sem geyma borstöng og drifstöng.

b. Holuflans (21 1/4" x API 2000) er soðinn á yfirborðsfóðringuna í þeirri hæð sem eftirlitsmaður verkkaupa óskar. Stútur fyrir loka 3"-4" (API 2000) er soðinn á fóðringuna. Lokinn er kæfingarstútur en nýtist einnig til að láta steypu streyma út um. Ef svo stórir lokar eru ekki fánlegir skal setja tvo 2" loka á fóðringuna.

c. Tveir öryggislokar eru settir á yfirborðsfóðringuna. "Cameron QRC" gosvari sem lokar að stöngum og "Shaffer" gosvari sem lokar að hverju sem er. Liðalögn eða háþrýstibarki frá dælu borsins er fasttengd kæfingarstút.

d. Öryggislokarnir eru reyndir sitt í hvoru lagi með því að loka að stöng og síðan er þrýstiprófað áður en steypa er boruð út. Holan er fyllt af vatni og 10 bar þrýstingur látinn standa á holunni í 15 mínútur. Lokunartími öryggislokans er skráður og þrýstingur á holunni í upphafi og lok þrýstiprófunar.

e. Borkrónu 17 1/2" með stýringum er slakað niður að steypu og hún boruð út með vatni þar eð sementið hleypir borleðjuna.

f. Borað er með 17 1/2" krónu niður á um það bil 400 m dýpi. Mælt er með að nota borleðju fyrir áfangann 70-400 m. Er það vegna ónógs skolhraða vatnsins í svo víðri holu auk þess sem leðjan þéttir skoltöp að nokkru og veldur minni útskolun. Holan verður hallamæld á 100 m fresti. Halla holunnar verði haldið innan 3°. Í borstreng skal hafa krónurýmara og eina stýringu milli fyrsta og annarrar álagsstangar. Einstefnuloki er hafður við krónu.

g. Ákvörðun um fóðringardýpi er tekin af staðarjarðfræðingi út frá gerð jarðlaga, nálægt 400 m dýpi.

h. Áður en borstrengurinn verður hífður upp úr holunni verður holan kæld rækilega og hitamæling gerð til að ganga úr skugga um að goshætta sé ekki til staðar, jafnframt því að vita hver upphitunarhraðinn verður í holunni.

i. Holan verður hita-, viddar og jarðlagamæld eftir að borstrengurinn hefur verið tekinn upp. Viddarmælingin er notuð til að reikna út rúmmál rýmis sem steipt er í og áætla steypuþörf.

j. Mikilvægt er að vatn sé látið renna á holuna samfelld, þannig að hún nái ekki að hitna upp á meðan á mælingum og fôðrun stendur.

k. Fóðrað er með 13 3/8" fôðurrörum og er botnskór með einstefnuloka hafður neðst ("float-shoe"), síðan tvö heil fôðurrör og því næst svonefndur flotkollur ("float-collar" - stykki með einstefnuloka og tengingu fyrir stengur til steypingar). Gengjur fôðringanna "buttress" þarf að hreinsa og smyrja með háhitafeiti (Jet Lube, Kopr-Kote, Drill Collar and Tool Joint Compound, thermal grade) áður en til fôðrunar kemur. Botnskór, flotkollur og fôðurröragengjur milli þeirra eru límbornar með tveggja þátta gengjulími (Baker-Lock) rétt áður en skrúfað er saman. Allar "buttress" gengjur á fôðurrörinu eru síðan skrúfaðar í botn, þ.e. þar til múffan nemur við þríhyrnt herslumerki sem er á efra rörinu. Komi í ljós að ekki takist að ná tilskilinni herslu eða að sýnilega er eitthvað að gengjunum skal rörið tekið frá og ekki fara ofan í holu.

l. Á fôðringuna eru settar grindur til miðjustillingar, tvær á neðsta rörið, og síðan ein á þriðja hvert rör. Endanleg staðsetning miðjustilla tekur mið af niðurstöðum viddarmælinga, þannig að þeir lendi ekki við skápa í holunni. Næst eru borstengumar tengdar flotkollanum og vatni dælt til að kæla holuna fyrir steypingu og til að meta skoltap. Ef skoltap er meira en 5-10 l/s verður reynt að stífla það með því að skola sandi niður milli fôðringar og holuveggjar samtímis því að vatni er dælt hægt um borstrenginn.

m. Fôðringin er steipt með tækjum borsins samkvæmt nánari lýsingu. Ef sementseðjan kemur ekki upp er steypugæðamælt (CBL) og ákvörðun tekin um frekari aðgerðir. Þeim verður ekki lýst frekar í verklýsingunni, enda þarf að taka ákvörðun þar um á staðnum. Nauðsynlegt er að steypan fái a.m.k. 8 klst hörðunartíma. Ef steypan kemur upp skal steypumælt eftir að hún hefur náð að harðna í það minnsta 8 klst.

n. Öryggislokarnir eru teknir af yfirborðsfôðringunni og hún skorin í sundur í þeirri hæð sem eftirlitsmaður verkkaupa ákveður. Síðan er öryggisfôðringin (13 3/8") skorin í sundur. Endanlegur holuflans 12" 900 ANSI (13 3/8" x 3000 API) er soðinn á vinnslufôðringuna samkvæmt nánari lýsingu.

## 2. BORSAGA

Flutningur á holu KJ-28 hófst mánudaginn 28. október og tók mest alla vikuna, en frost og snjókoma tafði verkið. Laugardaginn 2. nóvember voru settar á vaktir og seinni part dags var byrjað að setja niður borstrenginn. Uppbygging hans var sem hér segir: 444 mm (17 1/2") króna af sambærilegri gerð og J-44, krónutengistykki, krónurýmari, álagsstöng, strengstýring, tengistykki, síðan komu 11 álagsstangir, "kross over" tengistykki og svo borsköftin. Einstreymisloki var ofan við krónu. Skömmu upp úr miðnætti sunnudaginn 3. nóvember var borað niður úr steypu 18 5/8" fôðringarinnar á 67 m dýpi.

Borun í berg hófst svo laust eftir miðnætti hinn 3. nóvember og lauk kl. 11 föstudaginn 8. nóvember á 392 m dýpi. Vatn var notað allan tímann til skolunar og gekk borunin vel eins og

fram kemur í töflu 1, en þar er yfirlit um gang borunar. Álag var á bilinu 1 - 5 tonn og var það mest í neðri hluta holunnar, þar sem bergið var harðast.

Tafla 1 Borun holu KJ-28

Dagur	Borun (m)	Bortími (klst.)	Borhraði (m/klst.)	Tími á krónu (klst)	Dýpi (m)
03-11-96	61	21	2,90	21	128
04-11-96	68	22,5	3,02	43,5	196
05-11-96	67	21,5	3,12	65	263
06-11-96	54	22,5	2,4	87,5	317
07-11-96	49	21,5	2,28	109	366
08-11-96	26	10	2,6	119	392

Óveruleg töf var frá borun allan þennan tíma og var meðalborhraði 2,7 m/klst, eða um 60 m/sólarhring. Álag á krónu stjórnaðist að mestu af hörku bergsins. Lint móberg er ráðandi berggerð í efstu 300 m holunar og var borhraða haldið í skefjum til að halda holunni beinni. Botnfall mældist 4-6 m við íbætingar stanga en það var háð þeim tíma sem stangaríbætingar tóku og meðan ekkert skol var á. Það kom þó ekki að sök nema hvað hallamælingum var frestað þar til borun var lokið. Illa gekk að hreinsa svarf úr holunni að borun lokinni. Borun lauk kl. 11 þann 8. nóvember, og var holan þá skuluð í 2 tíma og sýni tekin á 10 mín. fresti. Skoltap jókst ekki að ráði en samt náðist ekki að skola svarfinu úr holunni. Því var bætt við 1,5 klst. skolun, en ekki dugði það til. Dæling var um 60 l/s allan tímann. Botnfall var mælt kl 14:45. Botnfallsmælingarnar eru sýndar í töflu 2 og á mynd 2.

Tafla 2. Botnfall í KJ-28

Eftir (mín)	5	15	25	33	42	50
Botnfall(m)	8	11	20	25	27	27

Mynd 2 sýnir hvernig svarfið fellur til botns, plottað á móti tíma. Líklega hefur mjög gróft svarf fallið á fyrstu mínútunum enda 8 m komnir undir eftir 5 mínútur, en á næstu 10 mínútum bættast aðeins við 3 m. Á næstu 10 mínútum bættast undir 8 m og svo 6 m til viðbótar næstu 10 mínútur þar á eftir. Þá hægist mikið á og aðeins 2 m koma síðan undir til viðbótar. Samkvæmt þessu er allt svarfið fallið til botns á 33 - 42 mínútum, alls 27 m. Botnfallið var óviðunandi og var því útbúin gelblanda í miðkarið, til að hreinsa svarfið úr holunni. Að lokinni fyrstu gelskolun reyndist botnfall vera um 8 m, og var því blandað meira gel og annar tappi sendur niður. Alls voru notaðir 146 pokar af geli. Að gelskolun lokinni, milli kl. 5-6 næsta morgun, reyndist botnfall rétt rúmir 5 m og var þar við látið sitja.

Skoltap var mælt reglulega meðan á borun stóð og eru niðurstöður sýndar í töflu 3 og á mynd 3.

Rúmlega 5 l/s skoltap var þegar komið í holuna í fyrstu mælingu á 84 m dýpi, og var síðan borað með 1-5 l/s tapi allt niður í 300 m dýpi þegar skoltap jókst í 13 l/s, en þar virðist aðal vatnsæð holunnar vera á mörkum móbergs- og hraunamyndunar, svo sem líka sést í hitamælingum að borun lokinni. Skoltap hélst síðan milli 6-10 l/s næstu 90 m að það jókst í

tæpa 15 l/s rétt áður en fóðringardýpi var náð. Tapið minnkaði þó í næstu tveim mælingum í 10-11 l/s og var um 12 l/s að borun lokinni.

Tafla 3. Skolmælingar

Dags	Tími	Dýpi	Þrýst.	Dæla 1	Dæla 1	Dæla 2	Dæla 2	Dæling	Tap	Tap	skolhr.	tfb	Svarf	TFB	T niður	T upp	dT
		m	PSI	slög	l/s	slög	l/s	l/s	cm	l/s	m/min	min	m/min	min	°C	°C	°C
03.11.96	05:30	84	380	120	22,24	120	22,24	44,47	18	5,67	16,34	5,14	11,34	7,41	19,8	21,5	1,7
03.11.96	11:10	100	425	129	23,90	126	23,35	47,25	12	3,78	18,30	5,46	13,30	7,52	22,7	24,2	1,5
03.11.96	18:00	112	495	139	25,76	138	25,57	51,33	4	1,26	21,08	5,31	16,08	6,96	25,2	27,5	2,3
03.11.96	21:30	121	550	132	24,46	132	24,46	48,92	7	2,21	19,67	6,15	14,67	8,25	25,0	27,5	2,5
04.11.96	01:30	130	500	132	24,46	132	24,46	48,92	9	2,84	19,40	6,70	14,40	9,03	23,5	25,5	2,0
04.11.96	05:30	140	500	137	25,39	137	25,39	50,77	10	3,15	20,05	6,98	15,05	9,30	23,2	24,5	1,3
04.11.96	09:50	151	500	139	25,76	139	25,76	51,51	6	1,89	20,89	7,23	15,89	9,50	23,4	25,5	2,1
04.11.96	13:50	162	570	140	25,94	139	25,76	51,70	18	5,67	19,38	8,36	14,38	11,27	23,5	25,4	1,9
04.11.96	17:45	173	725	132	24,46	130	24,09	48,55	10	3,15	19,12	9,05	14,12	12,26	24,2	26,6	2,4
04.11.96	21:30	187	520	135	25,02	137	25,39	50,40	6	1,89	20,43	9,16	15,43	12,12	24,5	27,0	2,5
05.11.96	01:30	200	600	134	24,83	134	24,83	49,66	5	1,58	20,25	9,88	15,25	13,12	26,5	28,0	1,5
05.11.96	05:30	212	780	132	24,46	132	24,46	48,92	8	2,52	19,54	10,85	14,54	14,58	27,0	29,5	2,5
05.11.96	09:35	224	500	129	23,90	132	24,46	48,36	12	3,78	18,77	11,93	13,77	16,26	28,9	30,6	1,7
05.11.96	13:35	235	490	121	22,42	126	23,35	45,77	7	2,21	18,34	12,81	13,34	17,61	23,7	27,5	3,8
05.11.96	17:35	245	560	114	21,12	126	23,35	44,47	14	4,41	16,87	14,52	11,87	20,64	23,5	25,5	2,0
05.11.96	22:00	259	650	120	22,24	121	22,42	44,66	9	2,84	17,61	14,71	12,61	20,54	21,1	24,3	3,2
06.11.96	02:30	270	470	126	23,35	125	23,16	46,51	10	3,15	18,26	14,79	13,26	20,37	20,1	23,1	3,0
06.11.96	06:00	278	450	121	22,42	124	22,98	45,40	12	3,78	17,52	15,86	12,52	22,20	18,8	21,3	2,5
06.11.96	09:35	286	540	133	24,64	132	24,46	49,10	12	3,78	19,08	14,99	14,08	20,31	18,2	20,8	2,6
06.11.96	13:55	298	880	140	25,94	138	25,57	51,51	18	5,67	19,30	15,44	14,30	20,84	18,1	21,7	3,6
06.11.96	17:40	305	580	136	25,20	135	25,02	50,22	41	12,92	15,71	19,42	10,71	28,49	17,2	20,7	3,5
06.11.96	19:00	307	580	137	25,39	135	25,02	50,40	33	10,40	16,84	18,23	11,84	25,92			
06.11.96	22:00	314	610	127	23,53	132	24,46	47,99	25	7,88	16,89	18,59	11,89	26,41	16,0	19,3	3,3
07.11.96	03:00	327	1000	148	27,42	149	27,61	55,03	25	7,88	19,86	16,47	14,86	22,01	22,2	26,0	3,8
07.11.96	06:00	332	770	148	27,42	148	27,42	54,85	19	5,99	20,57	16,14	15,57	21,32	23,0	26,5	3,5
07.11.96	09:35	338	770	148	27,42	146	27,05	54,48	26	8,19	19,49	17,34	14,49	23,33	24,1	27,1	2,7
07.11.96	21:30	360	650	147	27,24	141	26,13	53,37	28	8,82	18,76	19,19	13,76	26,17	25,5	28,8	2,7
08.11.96	03:15	374	700	148	27,42	151	27,98	55,40	25	7,88	20,01	18,69	15,01	24,91	25,0	28,4	2,7
08.11.96	06:30	383	750	150	27,80	152	28,17	55,96	22	6,93	20,64	18,55	15,64	24,48	25,5	29,3	2,7
08.11.96	09:30	390	810	148	27,42	146	27,05	54,48	47	14,81	16,70	23,35	11,70	33,32	25,2	28,6	2,7
08.11.96	11:15	392	910	152	28,17	159	29,46	57,63	34	10,71	19,76	19,84	14,76	28,57			
08.11.96	13:00	392	950	160	29,65	158	29,28	58,93	36	11,34	20,04	19,56	15,04	26,07			
08.11.96	14:30	392		160	29,65		0,00	29,65		0,00	12,48	31,40	7,48	52,38			
08.11.96	16:00	392									12,00						

Þegar skolon úr holunni lauk var hallamælt í stöngum og reyndist holan nær því lóðrétt eins og sést í töflu 4.

Tafla 4. Halli KJ-28 ofan 400 m dýpis.

Dýpi (m)	Halli (°)	Frávik frá lóðréttu (m)
150	0,7	1,83
250	0,5	2,70
350	0,6	3,75

Þá var borstrengur tekinn upp og jarðlagamælingar gerðar í opinni holu milli kl 15 og 19 þá um daginn. Í ljós kom að botnfallið hafði aukist á ný og var orðið um 10 m. Fóðrun hófst undir

miðnætti aðfaranótt sunnudagsins 10. nóvember, og lauk um 20 tímum síðar. Frost og kuldi tafði verkið. Að fóðrun lokinni voru stangir settar niður og tengdar við stungustykkið á 352 m dýpi, en fóðringarendi er í 376 m dýpi miðað við holuflangs. Botn 17 1/2" holunnar er í 385 m dýpi miðað við holuflangs. Fóðrunarskýrsla er sýnd í töflu 6 þar sem gerð er grein fyrir gerð fóðringar, lengd og fjölda fóðurröra ásamt einstökum atriðum varðandi steypingu.

Steypurúmmál var metið út frá víddarmælingunni sem sýndi umtalsverða útvíkkun (mynd 4). Lágmarks steypumagn skv. því var áætluð um 50 rúmmetrar (mynd 5), án þess að tekið væri tillit til lekans sem var um 12 l/s. Steyping 13 3/8" fóðringarinnar hófst klukkan 11, mánudaginn 11. nóvember og stóð í 103 mínútur. Þar af tók steypingin um 90 mínútur og voru notuð 81 tonn af sementsblöndu, sem lýst er í verklýsingunni. Vatn fór að flæða upp úr holunni eftir 14 mínútur, hvarf svo eftir 45 mín, kom svo aftur eftir 52 mín, steypulitur sást á vatninu eftir 81 mín (12:23), og loks kom upp steypa eftir 89 mínútur kl. 12:30, og var þá sementið búið. Eftirdæling stóð næstu 13 mínúturnar, þar sem dælt var 4300 l af vatni í stangirnar. Mælir stóð þá í 30 bar, en hafði flökkt milli 40-50 bar þegar mest var. Steypingin heppnaðist fullkomlega og eru helstu atriði hennar sýndar á mynd 6.

Fylgst var með eðlisþyng steypunnar á 5 mínútna fresti sbr. töflu 5. Þar sést að eðlisþyngd hélst nokkuð stöðug um 1.6 g/cm<sup>3</sup>.

Tafla 5. Eðlisþyngd steypunar.

Tími	Eðlisþ. niður	Tími	Eðlisþ. niður	Tími	Eðlisþ. niður	Tími	Eðlisþ. upp
11:00	1,51	11:30	1,60	12:05	1,62	12:30	1,31
11:03	1,60	11:35	1,59	12:10	1,64	12:31	1,50
11:05	1,55	11:40	1,61	12:15	1,63	12:33	1,58
11:10	1,60	11:45	1,62	12:20	1,63	12:36	1,55
11:15	1,60	11:50	1,62	12:25	1,64		
11:20	1,59	11:55	1,62				
11:25	1,60	12:00	1,62				

Að steypingu lokinni var lóðað niður á steypuborð, og fannst fyrirstaða í 18 m dýpi, sem gat verið á miðjustilli. Öryggislokar voru þá teknir af holunni, skorið ofan af fóðurröri og tekið til við suðu á holuflangsi. Morguninn eftir var steypumælt (mynd 7). Mælingin sýndi góða steypu upp í 240 m, heldur lélegri steypu þaðan og upp í 150 m en síðan góða steypu upp í 30 m dýpi miðað við drifborð (23 m miðað við holuflangs. Steypt var úr 2 tn af portlandsementi niður með fóðringu laust fyrir hádegi 12. nóvember og lauk þar með þessum áfanga holunnar.



Tafla 6. Fóðringarskýrsla



Verk nr. 420-656	Hola nr. KJ-28	Borstaður Krafla	Bor Jötunn	Verkkaupi Landsvirkjun
Vidd holu 17 1/2"	Dýpt holu mv. drifborð 392,00	Fóðring nr. 2	Fóðrun framkv. dags. 1996.11.09-13	Útfyllt af D.Sig.

Hóludýpt frá flangsi 385,34 m. Fóðringardýpt f. fl. 376,17m		RÖRATALNING			
		LENGD	NR	MS	ALLS m
FÓÐRING	Gerð K-55 allflest (Samtíningur)				
	Þyngd 68 lbs/ft Pöntun nr. Ýmsar				
	Utanmál 13 3/8" Innanmál 315,3mm Veggþykkt 12,2 mm	11,19	1		11,19
	Tengi Skrúfuð Buttress	11,95	2	X	23,14
	Flangs 13 3/8" X 3000	12,13	3		35,27
	Stungutengi Float Collar	11,66	4		46,93
	Skór Float Shoe	12,64	5	X	59,57
	Miðjustillar 9 stk. Steyputappar 0 stk.	12,35	6		71,92
STEYPING	Steypa 1, þurrefni 80.910 kg	11,66	7		83,58
	Tafefni 0,5 % Eðlisþ. steypu 1,62 Steypingartími 90 mín.	12,23	8	X	95,81
	Steyputæki Jet Mixer	12,86	9		108,67
	Steypa kom upp <input checked="" type="checkbox"/> Já <input type="checkbox"/> Nei Eðlisþ. steypu upp 58	11,83	10		120,50
	Eftirdæling: magn 4300 lítrar tími 14 mín.	11,71	11		132,21
FRÁGANGUR	Steypa 2, þurrefni 0 kg	11,80	12		144,01
	Dýpi á steypu utan róra 23 m	10,90	13	X	154,91
	Steypt utan með eftir 22 klst. Skorið ofan af eftir 5 klst.	12,64	14		167,55
	Steypa, þurrefni 3000 kg	12,75	15		180,30
ATHUGASEMDIR	Dýpi á steypu í röri 360 m Steypa boruð eftir 52 klst.	12,32	16		192,62
	Fóðrun gekk hægt sökum mikils frosts.	12,73	17		205,35
	Steypt var úr 80,9 tonnum ad 40 % G-blöndu góð steypa kom upp.	11,94	18		217,29
	Flangs var soðinn á af mönnum Landsvirkjuna og var hann röntgenmyndaður og reyndist í góðu lagi.	12,21	19		229,50
		11,79	20		241,29
		12,96	21		254,25
		12,10	22	X	266,35
		12,85	23		279,20
		12,55	24		291,75



### 3. BORHOLUMÆLINGAR

Borun gekk vel eins og áður er lýst og því þurfti ekki þjónustumælingar við borverkið. Lokadýpi þessa áfanga var náð 8. nóvember, en mikið botnfall var í holunni sem tók nokkurn tíma að hreinsa. Hitamælingar í stöngum til að kanna staðsetningu vatnsæða og upphitunarhraða hófust árla morguns 9. nóvember. Ein áberandi vatnsæð sást í mælingunum á um 300 m dýpi og kólnaði holan við ádælingu niður á það dýpi, en hitnaði þar fyrir neðan. Þessar hitamælingar eru sýndar á mynd 8 (ferlar 1 og 2). Skoltap í holunni var þá um 12 l/s og ljóst að það tapaðist að mestu út í æðina á 300 m. Þegar borstangir höfðu verið teknar upp úr holunni síðar um daginn var aftur mældur hiti í holunni og síðan gerðar jarðlagamælingar. Mælingarnar eru sýndar á myndum 4 og 9, en þær hófust upp úr kl. 15 og lauk skömmu fyrir kl. 19 sama dag. Yfirlit yfir borholumælingar í þessum áfanga eru sýndar í töflu 7.

Allar hitamælingar sem gerðar voru í þessum áfanga eru sýndar á mynd 10 auk mælingar sem var gerð áður en borun hófst við síðari áfanga þessarar holu. Í fyrstu þremur mælingunum er æðin á um 300 m dýpi mest áberandi og sést að holan hefur hitnað nokkuð neðan æðarinnar meðan á upptekt borstanga stóð. Í hitamælingunum sem gerðar voru eftir steypingu föðringar og fyrir niðurstætingu borstrengs að nýju, sjást nokkrir kælipunktur sem geta bent til vatnsæða. Mest áberandi er um 20 m kafli á 260-280 m dýpi, en smáæðar gætu einnig verið á 150 m, 166 m, 173 m, 228 m og 238 m. Þessar staðsetningar eru sýndar með örvum á mynd 3 til samanburðar við skoltapsmælingarnar.

Tafla 7. Mælingar í borun.

Dagsetning	Tími	Mæling	Dýptarbil	Tilgangur	Athugasemd
96-11-09	8:00-8:18	Hiti	0-382 m	Upphitun, æðar	Í stöngum. Skoltap 12 l/s
96-11-09	8:20-8:55	Hiti	382 m	Upphitun	Holu haldið fullri
96-11-09	9:00-9:20	Hiti	0-382 m	Upphitun, æðar	Í stöngum. Skoltap 12 l/s
96-11-09	9:30-10:30	Halli	150-250-350 m	Halli holu	Í stöngum
96-11-09	15:15-15:35	Hiti	0-385 m	Upphitun, æðar	Skoltap 12 l/s
96-11-09	15:40-16:05	XY-Viddarmæling	0-385 m	Skápar, steypumagn	Skoltap 12 l/s
96-11-09	16:20-17:40	Nifteindamæling	0-385 m	Jarðlagaskipan	Skoltap 12 l/s
96-11-09	16:20-17:40	Gammamæling	0-385 m	Jarðlagaskipan	Skoltap 12 l/s
96-11-09	17:50-18:50	Viðnámsmæling	0-385 m	Jarðlagaskipan	Skoltap 12 l/s
96-11-12	9:00-9:20	Hiti	0-356 m	Upphitun	20 klst. eftir steypingu
96-11-12	10:00-11:30	Steypumæling	0-356 m	Steypugæði	22 klst. eftir steypingu

Niðurstæða viddarmælingar með XY-mæli er sýnd á myndum 4 og 9. Viddarmælingin sýnir að holan er mjög vöskuð í móberginu neðan yfirborðsföðringar á rúmlega 60 m og niður á um 300 m dýpi. Neðan yfirborðsföðringar og niður á um 100 m dýpi eru all stórir skápar (útvíkkun) í holunni og eins við æðina á 300 m. Stærstu skáparnar eru upp í 737 mm í þvermál (29"), en þvermál holunnar á dýptarbilinu 60-300 m er að meðaltali um 550 mm (21,5"). Neðan 300 m dýpis er vidd holunnar hins vegar nokkurn vegin sama og þvermál borkrónunnar (17,5").

Jarðlagamælingar eru sýndar á mynd 9, en þær verða síðar leiðréttar fyrir vidd og umreiknaðar í vatnsinnihald og kísilstyrk bergs og bornar saman við jarðlagagreiningu.

Viðnám við holuna er almennt lágt, en nokkur breyting er í því á um 260 m dýpi og hækkar það þar fyrir neðan. Náttúruleg gammageislun breytist einnig á um 260 m dýpi er geislunin hækkar úr um 5 API í um 20 API. Breytingar í nifteindamælingu virðast hins vegar vera við æðina á 300 m, en þar fyrir neðan hækkar nifteindatalningin, sem bendir til að grop (poruhluti) minnki þar í berginu, væntanlega vegna breyttrar berggerðar. Smávægileg breyting sést einnig í

nifteindamælingunni á um 260 m dýpi og gæti breytingin verið meiri þegar búíð verður að leiðrétta mælinguna fyrir víddaráhrifum. Ákveðin jarðfræðileg skil eru á um 260 m dýpi og á um 300 m dýpi í holunni og sjást þau í mælingunum. Ofan 260 m dýpis sýna jarðlagamælingarnar allar lág gildi með litlum breytingum sem bendir til að jarðlagagerð sé svipuð niður á það dýpi, þó má greina breytingu á dýptarbilinu 95-115 m sem bendir til breyttrar jarðlagagerðar þar.

Steyping fôðringar gekk eins og best var á kosið. Því var byrjað á því að skera ofan af fôðurrörinu og sjóða á það kraga (flangs) áður en steypumæling var gerð. Steypumælingin var því gerð um 22 tímum eftir steyningu og hafði steypan fengið góðan tíma til að harðna. Áður er búíð að fjalla lauslega um steypugæðin og almennt má segja að fôðringin sé vel steyppt, en á 155-240 m er bindingin ekki eins góð og fyrir ofan og neðan (mynd 7). Væntanlega er steypan ekki full hörðnuð á þessu dýptarbili því þar sem mælingin sýnir minni bindingu var nokkur útvíkkun í holunni.

## 4. JARÐLÖG, UMMYNDUN OG VATNSÆÐAR

Sýni af borsvarfi voru tekin á tveggja metra fresti eins og venja er og greind samhliða borun með hefðbundnum hætti.

Jarðlög eru sýnd á einfölduðu jarðlagasniði á mynd 3. Jarðlög eru ekki í samræmi við það sem búist var við í verklýsingu. Í þessari holu reyndist móberg ná um 100 m dýpra en búist var við í ljósi jarðlagasniða KG-3, KJ-3A, KJ-11 og KG-24, sem allar sýndu basalhraunlög frá um 200 m dýpi niður í rúmlega 400 m, og reyndist hola KJ-27 svipuð þeim hvað þetta varðar. Hugsanlegt er að um 100 m misgengi, með austlæga stefnu, liggi milli KJ-28 og hinna holanna. Það yrði þá skorið fljótlega í vinnsluhluta holunar, en málið verður skoðað nánar þegar jarðlagagreining í vinnsluhluta holunnar bætist við.

Í aðalatriðum er þessi hluti holunnar boraður í tvær jarðlagamyndanir, þ.e. í móbergsmyndun neðan 80 m dýpis og í hraunlagamyndun neðan 300 m dýpis.

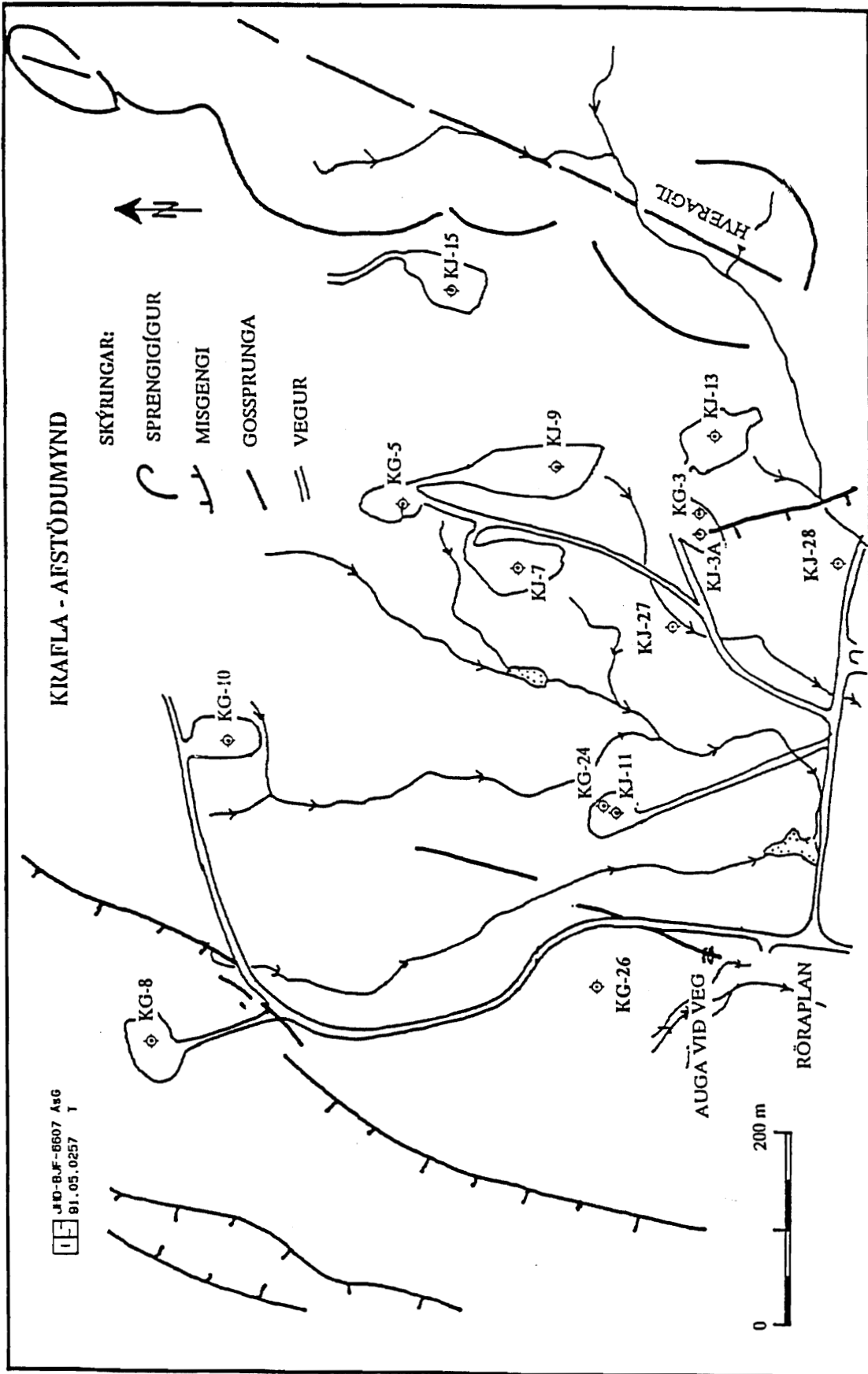
**Móberg 80-300 m.** Tvö þunn hraunlög eru við fôðringarendann neðan 67 m dýpis, en í 80 m dýpi tekur túffrik móbergsmyndun við og má hún heita samfelld niður í 275 m dýpi en þar neðan við verður hún talsvert basaltrikari næstu 25 m. Túffrika móbergsmyndunin milli 80-275 m kann að vera ættuð úr nokkrum gosum undir jökli, því móbergið er lagskipt þannig að seteinkenni sjást í túffinu á um 100 m dýpi, og á 160 m dýpi. Berggerðarmunur er hins vegar lítill, nema hvað dílamagn kann að vera breytilegt, en móbergið er allt kolummyndað og þarf því nánari skoðun. Móbergið er gegnumstungið af mörgum þunnum basaltinnskotum.

Basaltriki móbergskaflinn neðan við 275 m niður í 300 m kann að tengjast hraunlaga og breksíukaflanum í holu KJ-27 milli 210-285 m dýpi. Þarfnast það nánari skoðunar og samanburðar.

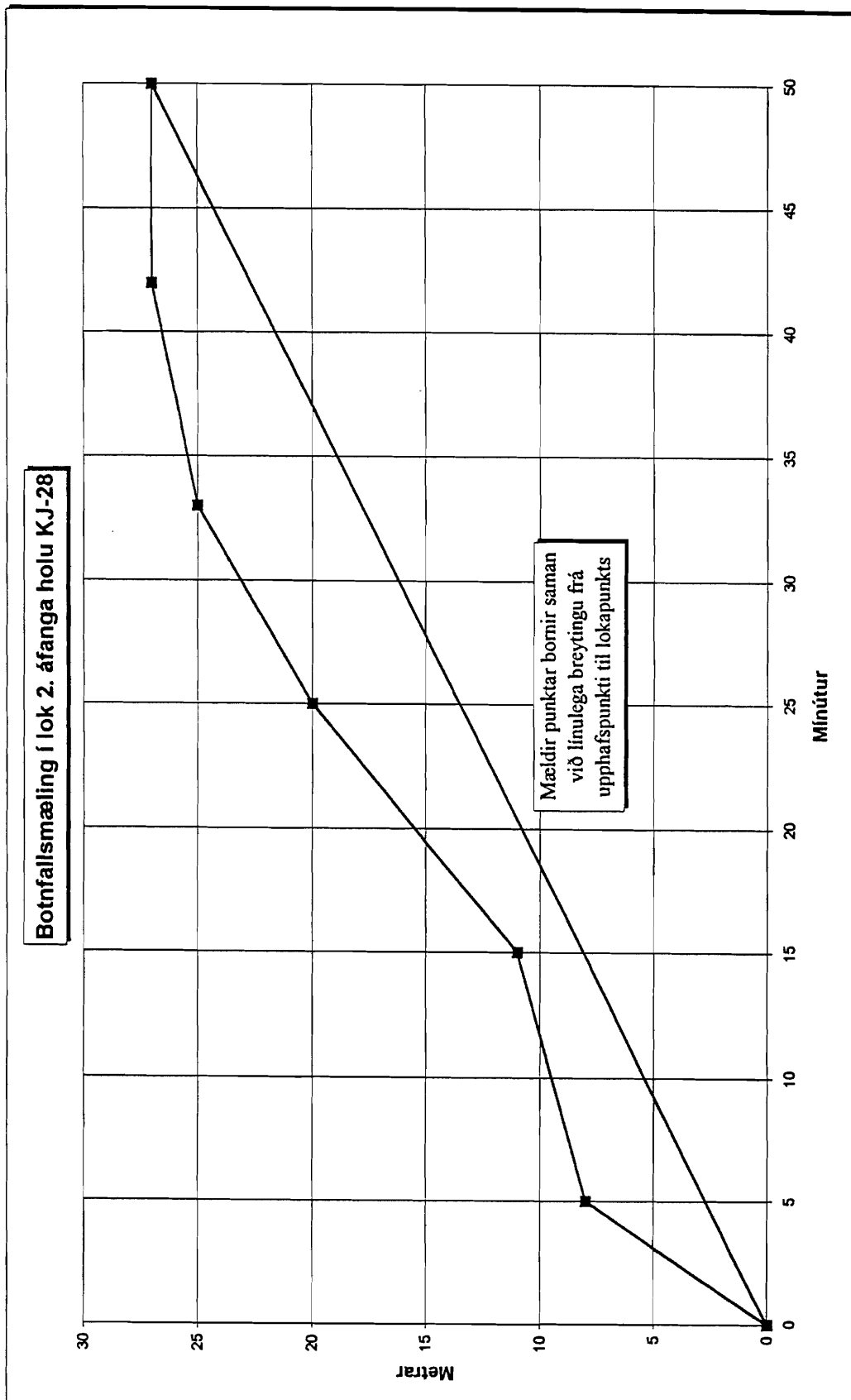
**Basalhraunlög 300-392 m.** Neðan 300 m dýpis er ljósgrænt og ummyndað finkorna basalt ráðandi berggerð. Lítið er um þessi hraunlög að segja nema hvað þau virast hafa verið nokkuð gropin því magn jarhitaútfellinga er umtalsvert. Sumar þeirra eru greinilega úr holufyllingum en aðra úr sprungufyllingum. Eitt þunnt innskotslag er sýnt á 360 m dýpi. Þegar draga fór nær fôðringu var svarf orðið mjög blandað vegna útskolunar og hringsóls í skápum ofan til í holunni, og torveldar það eðlilega svarfgreiningu, þó helstu einkenni bergsins sjáist.

Ummyndunarsteindir gefa vísbendingu um hitastig í jarðhitakerfum. Þannig bendir kvars og wairakít til að hiti hafi komist í um 200°C neðan við 200 m dýpi. Þær steindir finnast niður í 400 m ásamt kalsíti, og umtalverðu magni af pýríti, sem í stöku sýnum nemur 10-30 % af sýnunum. Mikið magn pýríts vísar oft til sprungna eða virkra vatnsæða, eins og reyndar kalsít og kvars líka. Í borun basaltsins neðan 300 m dýpis hökti mjög í sprungnu bergi og staðfesti breytilegt magn ofangreindra ummyndunarsteinda það ágætlega, en fæstar sprungurnar reyndust lekar.

Steindin laumontít er mynduð á hitabilinu 100-180°C. Hún fannst af og til í fersklegu ástandi í svarfsýnum niður alla holuna. Vegna mikillar útvöskunar holunnar er ekki hægt að meta hvort laumontítíð sé nýmyndað milli 200-400 m.

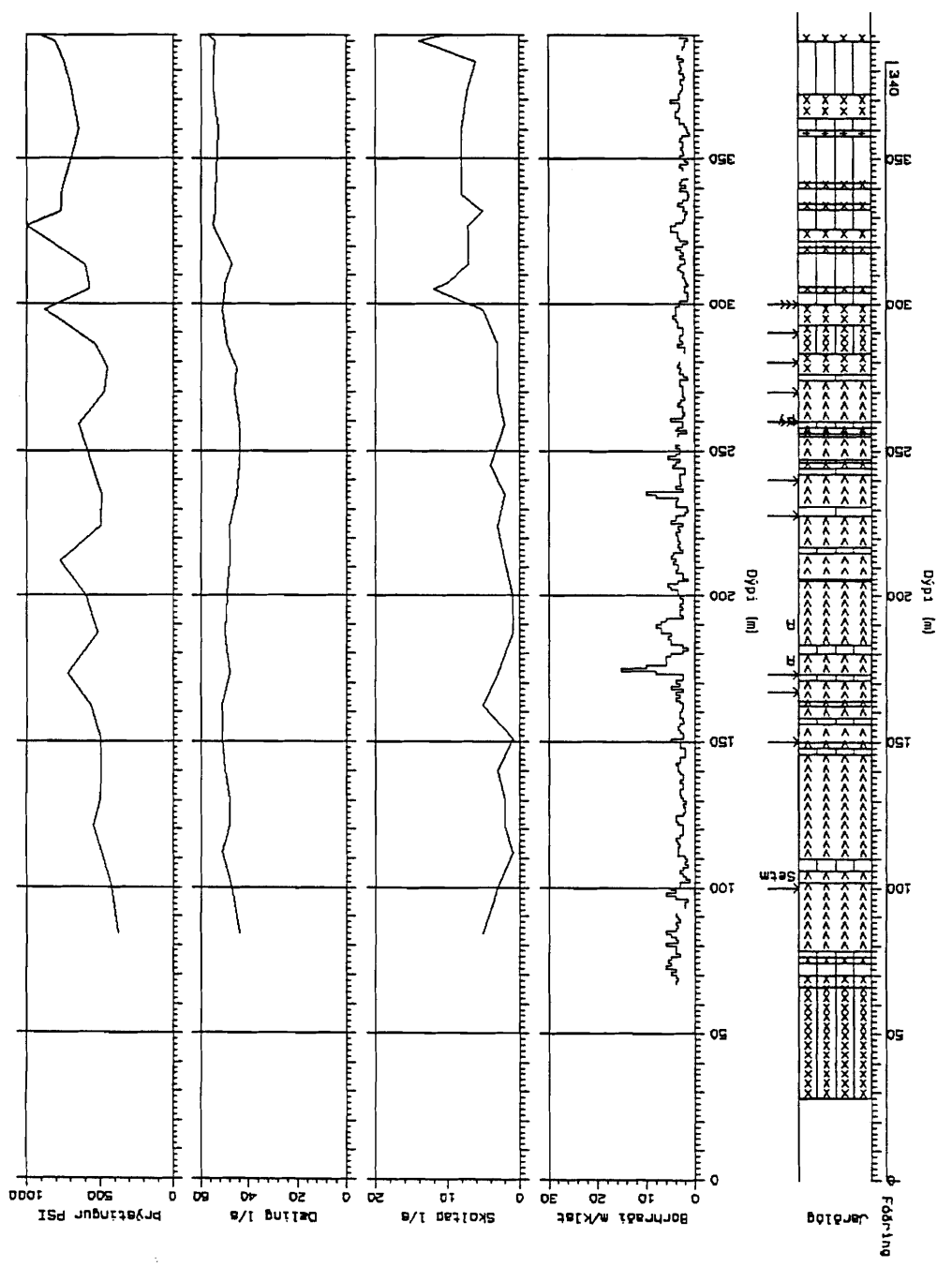


Mynd 1. Staðsetning holu KJ-28



Mynd 2. Botnfall svarfs eftir að borun lauk

KRAFLA HOLA KU-28, 2. AFANGI  
Jarðlög, vatnsbær, borhræði og mælingar á skolti



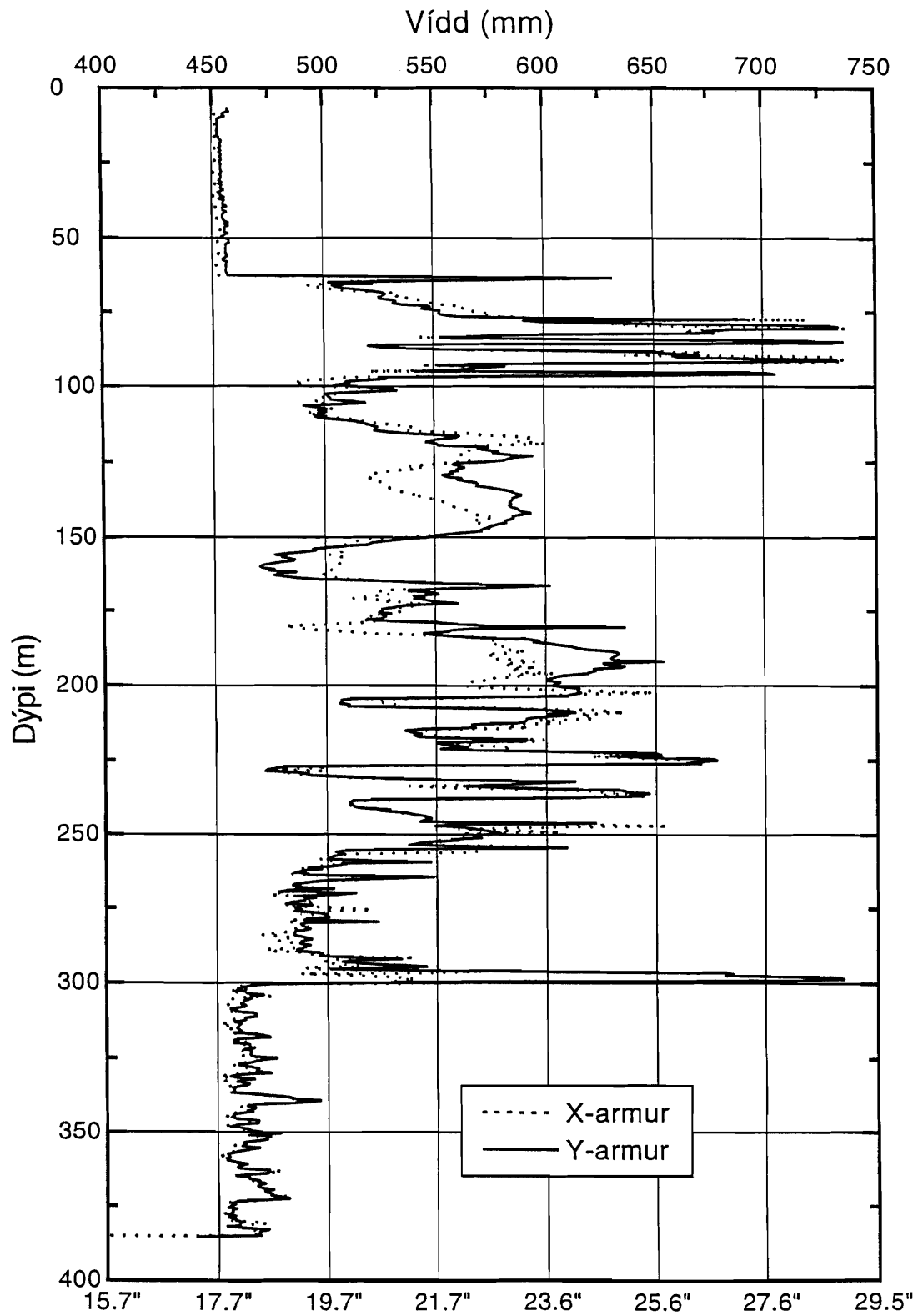
Skýringar við jarðlagasnið

Ferklegt fín-méðalkorna basalt  
 Umyndað glerjáb basalt  
 Umyndað fín-méðalkorna basalt  
 Basaltísk þrökta  
 Toff  
 R : Raut millilög  
 ← : Litli vatnsbær  
 ←← : Stór vatnsbær

Mynd 3. Jarðlög og mælingar á skolti meðan á borun stöð.

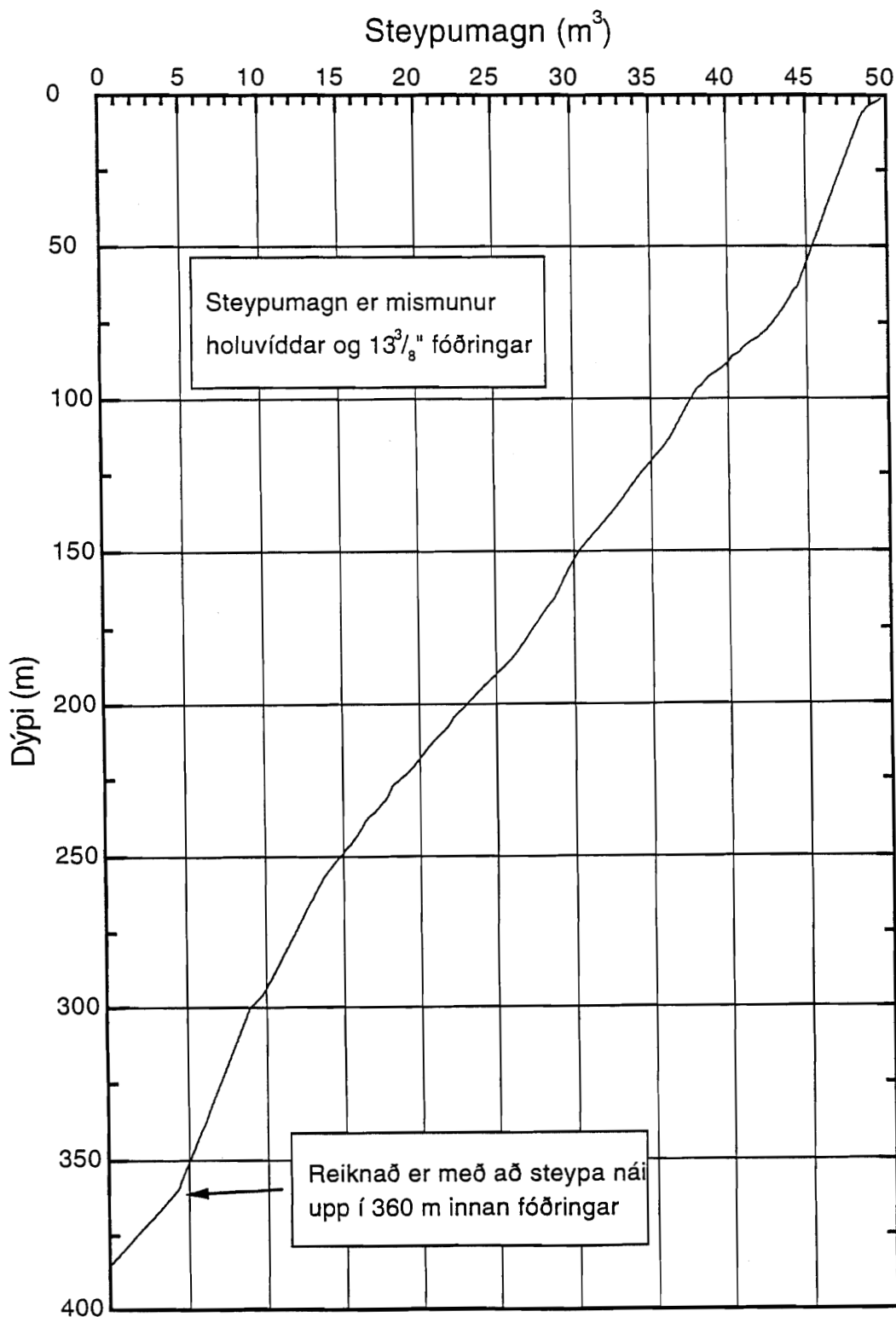


### Krafla hola KJ-28



Mynd 4. Viddarmæling

### Krafla hola KJ-28

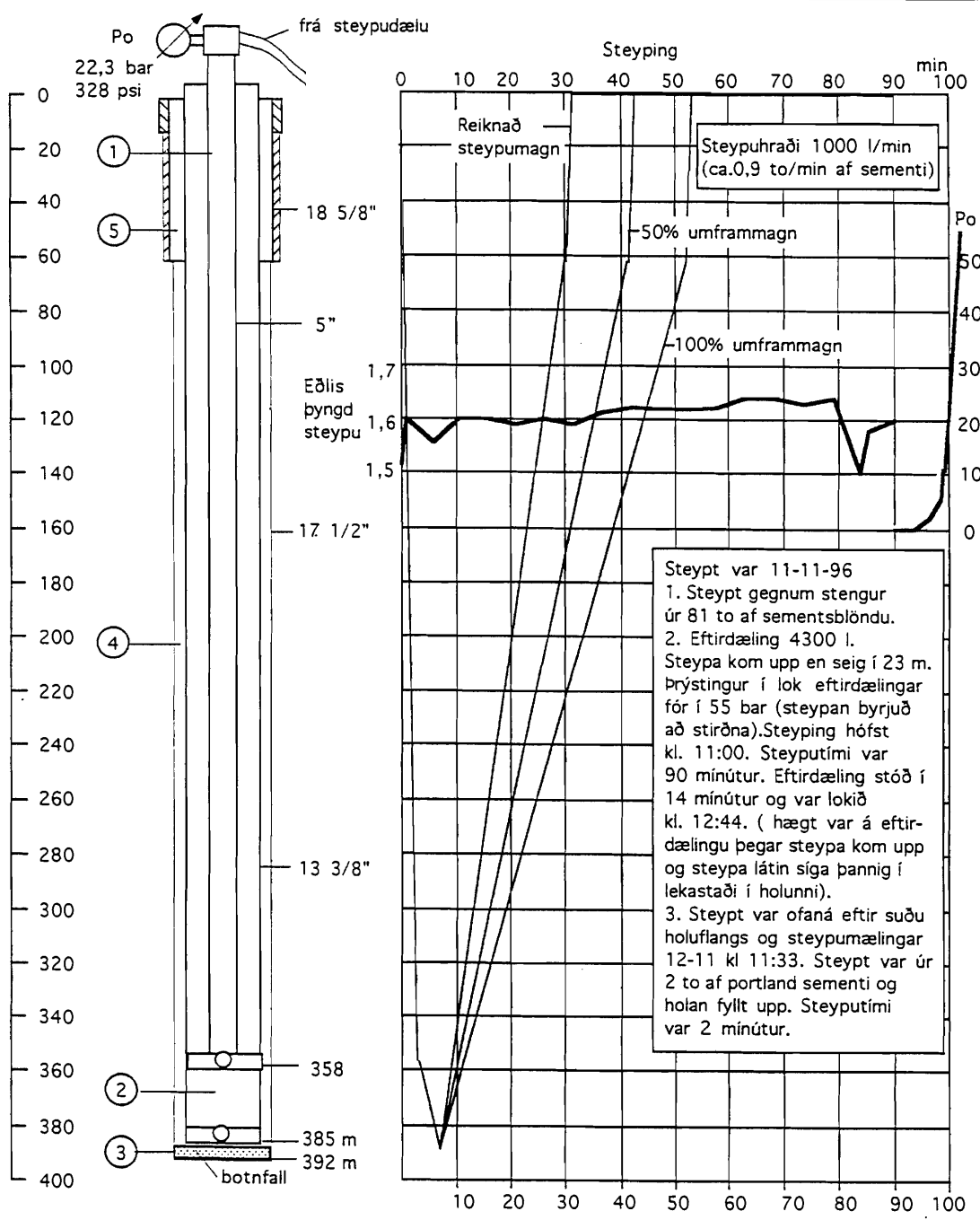


Mynd 5. Áætlað steypurúmmál.

**BENE ehf**  
 Verkfræðipjónusta  
 Sími 568 8452  
 GSM 896 5916

Hola 28 í Kröflu  
 Steyping 13 3/8" fõðringar gegnum stengur

Mynd  
 13-11-96 endursk.  
 08-11-96 SBen



Steypuhraði 1000 l/min  
 (ca.0,9 to/min af sementi)

Steyppt var 11-11-96  
 1. Steyppt gegnum stengur úr 81 to af sementsblöndu.  
 2. Eftirdæling 4300 l. Steypa kom upp en seig í 23 m. Þrýstingur í lok eftirdælingar fór í 55 bar (steypan byrjuð að stíðna). Steyping hófst kl. 11:00. Steyputími var 90 mínútur. Eftirdæling stóð í 14 mínútur og var lokið kl. 12:44. ( hægt var á eftirdælingu þegar steypa kom upp og steypa látin síga þannig í lekastaði í holunni).  
 3. Steyppt var ofaná eftir suðu holuflangs og steypumælingar 12-11 kl 11:33. Steyppt var úr 2 to af portland sementi og holan fyllt upp. Steyputími var 2 mínútur.

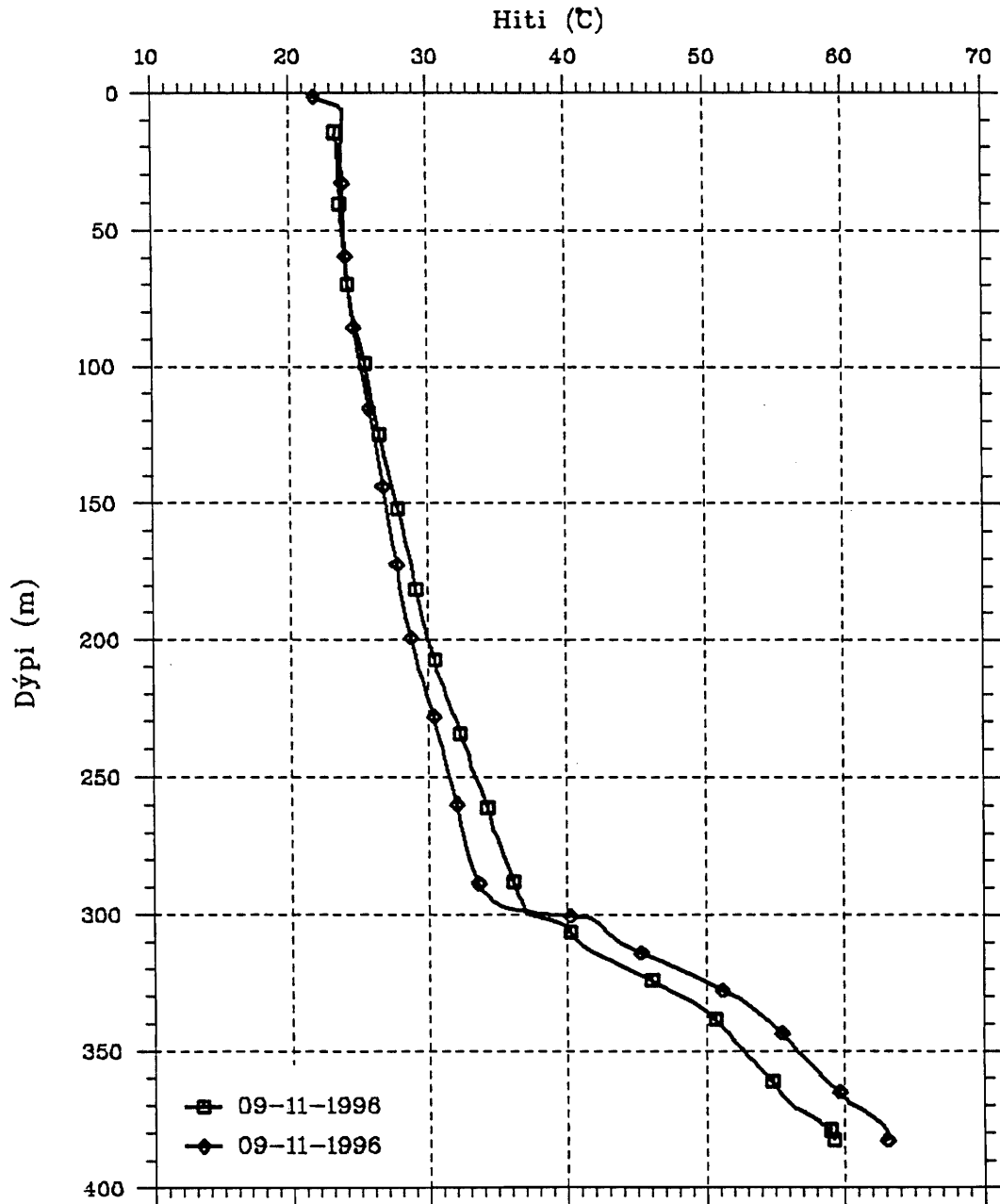
Magntölur	l/m *	m	=	l	0% umframmagn	100% umframmagn
1.	9,26	358		3315		
2.	85,6	25		2140	5613	5613
3.	155	5		775		
4.	65	325		21.125	(21.125)	43.800 (100% umframmagn)
5.	69,7	60		4182	31.695	4182
					samtals	53.595

Mynd 6. Steyping 13 3/8" fõðringar.



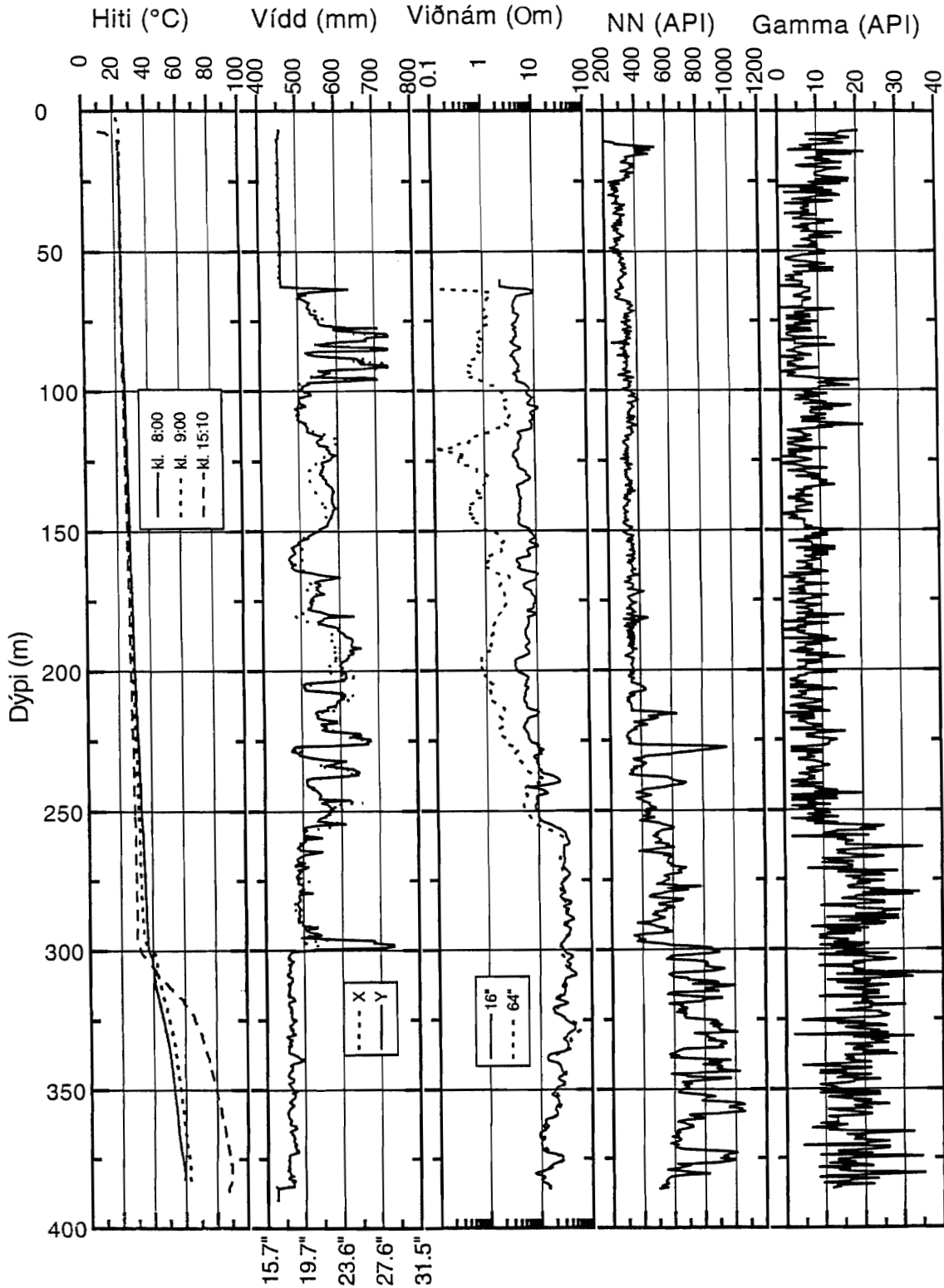
25 Feb 1997 asg  
L= 58028 Oracle

### Krafla Hala KJ-28 Hitamælingar



Mynd 8. Hitamælingar strax eftir borun.

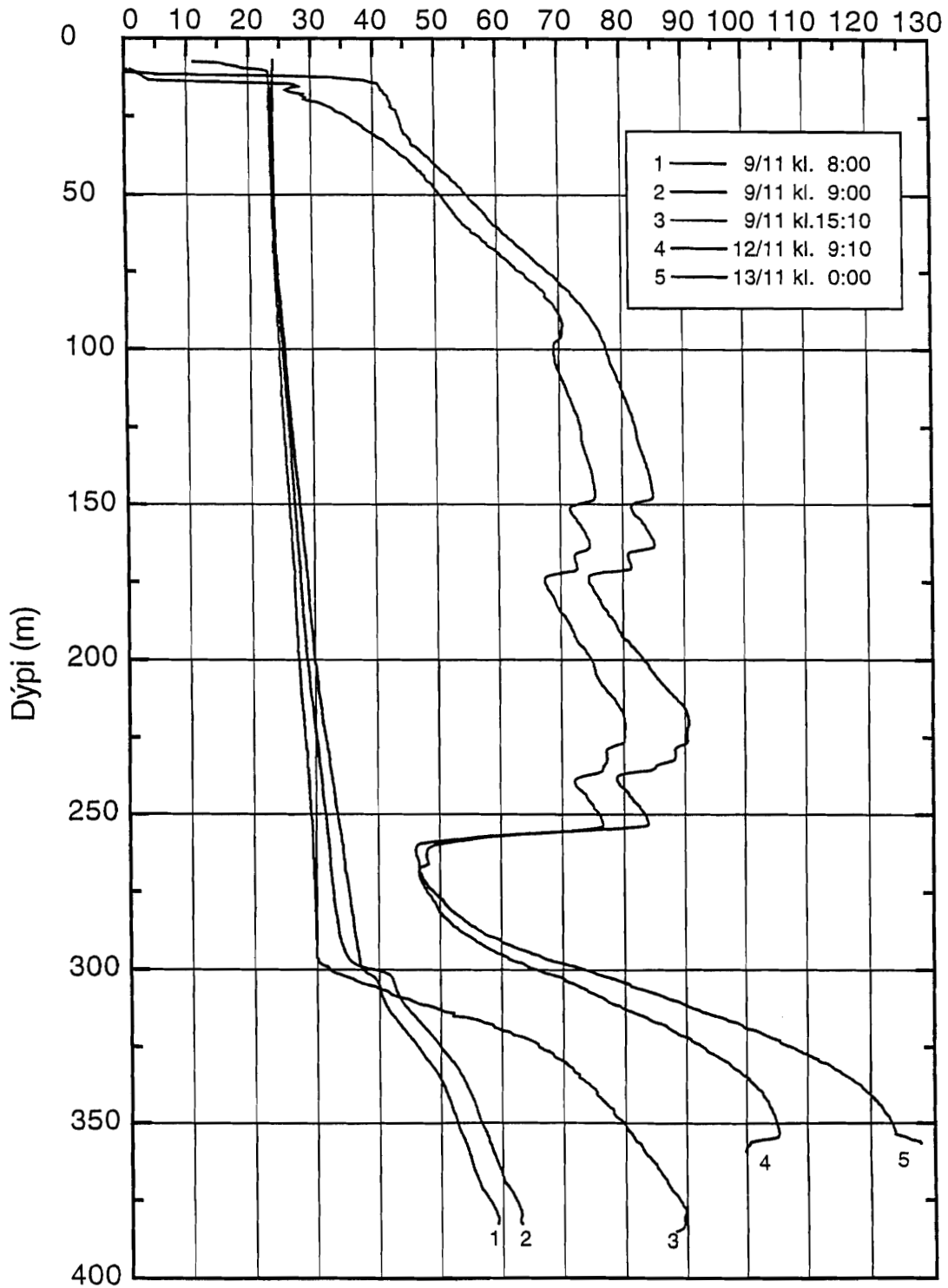
### Krafla hola KJ-28



Mynd 9. Jarðlagamælingar.

### Krafla hola KJ-28

Hiti (°C)



Mynd 10. Allar hitamælingar úr 2. áfanga.