

ORKUSTOFNUN  
JARÐHITAEILD

# HOLUBRÉF

Nr. 6

77-09-29

Tilgangur þessa holubrúfs er að draga saman það helsta, sem komið hefur fram við rannsóknir og boranir við Kröflu í sumar. Úr nokkuð miklu er að mæla og verður því hér aðeins tekið það markverðasta fyrir. Að venju er birt hér í töfluformi pH, kísilhiti, opalmettunarþrýstingur og gasmagn í gufu.

## Útfellingar

Í ljós hefur komið að holur í Kröflu hafa dalað í afli við langvarandi blástur. Nærtækasta skýring á þessu er að holurnar og/eða aðrennslisæðar þeirra hafi stíflast af útfellingunni og þá trúlegast af kalki. Til að athuga þetta nánar m.a. voru holur, KJ-7, KJ-9 og KG-10 kæfðar. Víddarmælingar voru gerðar niður að leiðara og sýndu þær að útfelling hafði orðið í öllum þessum holum. Leiðari í holu KJ-9 var dreginn upp og kom í ljós mikil útfelling á 260-410 m dýpi og mest á um 290 m dýpi, sjá mynd (F 16116).

Efnagreining á útfellingum úr KJ-9 sýndi eftirfarandi niðurstöðu:

	%
CaO	55,6
MgO	0,6
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,1
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,0
SiO <sub>2</sub>	0,0

Í hreinu kalki (CaCO<sub>3</sub>) er CaO 56 %.

Eins og kunnugt er, er hola KJ-9 efrakerfishola og rennur í hana vatn með meðalhita 210°C, sem sýður er ofar dregur í holunni. Í holu KJ-9 hefur suðuborð mælt í blæstri á um 300 m dýpi (sjá holubréf nr. 3), eða þar sem útfelling er mest. Þetta er í samræmi við þekkingu manna á orsök kalkútfellinga. Samkvæmt henni hækkar pH við suðu, sem svo aftur veldur mikilli hækkun á styrk karbonats (CO<sub>3</sub><sup>---</sup>). Þetta ásamt hækkun á virknistuðlum, vegur upp á móti hækkun á leysnimargfeldi við suðu. Kalkmettun er því mest í suðuborði og útfelling eðlilega mest.

Magn útfellinga í KJ-9 hefur mælt um 1,1 m<sup>3</sup>, sem miðað við eðlisþyngd 2500 kg/m<sup>3</sup>, gefur að 2700 kg hafa fallið út á þeim 180 dögum sem holan blés. Mismunur á kalsíum innihaldi sýnis teknu fyrir neðan suðuborð í blásandi holunni og sýnum teknum við holutopp gáfu að, miðað við 16 kg/s meðalrennsli ætti um 2400 kg að hafa fallið út á blásturstímanum.

Holur KG-8 og KW-2 sem einnig eru efrakerfisholur munu þá við langvarandi blástur stíflast af kalkútfellingum í suðuborði. Rennslisminnkun hefur þegar orðið á KG-8 en KW-2 er ekki látin blása að staðaldri og virðist enn halda óbreyttum afköstum.

Aðrar holur í Kröflu taka vatn og/eða gufu úr neðri hluta Kröflu kerfisins ásamt vatni úr efrakerfinu. Kalsíum karbonat er mun leysanlegra í "köldu" efrakerfisvatninu og kalkútfellingar trúlega mestar ofarlega í

holunum. Við hreinsun KJ-7 hefur kalk fundist í litlu magni neðan 1500 m dýpis en nokkuð á 1500 og 900 m dýpi. Þessa kalkútfellingu er mögulegt að skýra á þann hátt að við innstreymi efra kerfisvatns hitni það vegna blöndunar við vatnsgufublöndu með háu varmainnihaldi. Þess ber þó að gæta að neðrakerfið er gasríkara og getur íblöndun koldíoxíðs ( $\text{CO}_2$ ) við efra-kerfisvatnið unnið á móti útfellingu kalks. Útfellingar fyrir neðan 1500 m eru enn í athugun og er enn ekki ljóst hvers vegna þær verða. Þær samanstanda að mestu af kísilsýru og járni.

Hreinsun KG-10 er nú nýlokið, og liggja enn engar niðurstöður fyrir um eðli útfellinganna í þeirri holu, en holan hreinsaðist í 2050 m dýpi, og vantaði því aðeins um 30 metra að Jötunn kæmist í botn.

#### Dýpkun KJ-9

Fyrsta verkefni Jötuns í Kröflu í sumar var dýpkun KJ-9. KJ-9 var 1101 m djúp. Hún var öll í efra jarðhitakerfinu og því afllítill. Samkvæmt KG-5 mátti búast við að mörkin milli jarðhitakerfanna væru á tæplega 1200 m dýpi, var því ákveðið að steypa fóðringu í botn áður en að dýpkun yrði og loka þannig að mestu fyrir efra kerfið.

Byrjað var á að taka leiðarann upp úr holunni, og síðan steyppt í mestu lekastaðina. Var það tafsamt verk og gekk illa að þétta holuna. Í upphafi var skoltapið í holunni meira en 60 l/s en aðeins tókst að minnka þetta tap í ca 24 l/s.

Holan var síðan fóðruð með 9 5/8" fóðurröri í 1094 m og það steyppt. Eftir þessa fóðrun var holan dýpkuð. Engin skoltöp komu fram fyrr en á 1226 m dýpi, en þar opnaðist vatnsað út í holuna og allt skolvatn (47 l/s) um tíma. Borað var áfram niður á 1263 m dýpi, en þá hætt, þar sem farið var að bera á smáfestun, og sandur byrjaður að safnast í holuna, og því ekki vogandi að bora dýpra án þess að þétt æðina. Þegar hér var komið var reynt að meta hvort þessi æð á 1226 m dýpi væri efra- eða neðra-kerfisæð. Var hætt að dæla í holuna og fylgst með hitastigi við æðina.

Fljótlega kom í ljós að bíða hefði þurft í upp undir 10 daga til að skera úr þessu með hitamælingum, en eins og áður segir voru mörkin milli kerfanna talin vera á um 1200 m dýpi. Því var ákveðið að hætta við frekari borun og leiðari settur í holuna. Gekk hann í 1259 m dýpi og eru aðeins neðstu 52 m raufaðir. Var það gert til að síður rynni úr efrakerfinu inn í holuna, en smáæðar á 1135-1185 m dýpi komi fram í hitamælingum. Í heild tók þessi dýpkun réttan mánuð, mestur tíminn fór þó í að þétta holuna og fóðra, og eiginlegur bortími aðeins um þrjár sólarhringar.

Frá borlokum hefur verið fylgst með upphitun holunnar, er nú víst að æðin í 1226 m er neðrakerfisæð. Á meðfylgjandi mynd (F 16117) er sýnd hitamæling frá 22 september en botnhiti var þá orðin rúmar 290°C. Á myndinni er einnig sýndur þrýstiferill frá 7. september. Ferillinn sýnir að þrýstingur við æðina er 95 ata, sem svarar til suðumarks við 305°C.

Hafist var handa um að hleypa holunni í gos um 20 september. Var farið hægt í sakirnar til að ofbjóða ekki djúpu fóðringunni. Þann 25. september var búið að opna 4" fyrir holuna.

Aflmælingar gerðar dagana 25.-28. september gefa.

Toppþrýstingur {ata}	Varmainnihald {kcal/kg}	afköst {kg/sek}	gufa við 10 ata
22	295	45	10,4
13	290	58	13,1

KJ-7 Skömmu eftir að KJ-7 var hleypt í blástur í október síðastliðnum kom fram skemmd á fóðurröri á tæplega 100 m dýpi. Ekki var þessi skemmd könnuð frekar, enda hefði slíkt þýtt kæfingu holunnar. Holan blés í allan vetur og héldust afköst svipuð um 6,5 - 7 kg/sek, af gufu við 7-9 ata mótþrýsting (sjá Holubríf 3). Í vor fór að bera á óreglulegum sveiflum í afli og afkastarýrnum, líkt og komið hafði fram í öðrum holum.

Holan var káfð 20. júlí og sýndu mælingar auk útfellingar í holunni að fódurrör hafði kiknað á tæplega 100 m dýpi. Mældist um eins meters stytting á fódurrörinu og sáust áverkar á fódurrörinu á 3 metra kafla, var þar veruleg þrenging í rörinu og mældist minnsta "þvermál" um 5 cm, en upprunalegt innanmál fódurrörsins var um 23 cm. Á ljósmynd, sem tekin var af skemmdunum, mátti m.a. greina fódurrörs-flipa, sem skagaði inn í holuna. Þessi skemmd hefur gerst er holunni var hleypt í gos, og orsakast hún líklega af hitaþenslu í fódurrörinu, samfara "misgóðri" steypu bak við fódurrörið.

Eftir dýpkun KJ-9 var Jötunn fluttur á KJ-7. Var fódurrörsskemmdin boruð út og síðan hreinsuð útfelling úr holunni niður á 1950 m. Ekki reyndist unnt að hreinsa neðar en upprunalega var holan boruð í 2130 m dýpi. Loks var steyppt  $7 \frac{5}{8}$  fódurrör í efstu 190 m holunnar, til að koma í veg fyrir leka gegnum skemmda kaflann í holunni.

#### Gosið

Ekki er hægt að skrifa þennan Kröflupistil án þess að minnst á eldgos. Eins og flestir vita varð eldgos um 2 km norður af borsvæðinu við Kröflu 8. september. Nokkrum klukkustundum síðar urðu miklar jarðhreyfingar í Bjarnarflagi og komu gosefni upp úr einni borholu þar. Þessi eldsumbort í september voru mjög áþekkt þeim er urðu í vor, og áhrif þeirra á jarðhitasvæðunum svipuð. Á Kröflusvæðinu kom fram þrýstipúls í efra jarðhitakerfinu. Fylgst var mjög vel með púlsinum í KG-5 og hækkaði vatnsborð þar mjög snögg um það leyti sem gosið hófst, úr 90 m dýpi í tæpa 5 m, en byrjaði síðan að falla rólega þegar gosinu lauk og er nú að nálgast eðlilega stöðu. Er þetta sýnt á meðfylgjandi mynd (F 16114). Eins og áður var engin sýnileg breyting á neðra kerfinu, og engar breytingar sáust á, hvorki efnainnihaldi né gasmagni úr blaðandi holum.

Við umbrotin í september urðu svipaðar sprunguhreyfingar í Bjarnarflagi og urðu í apríl síðastliðnum. Þær breytingar urðu á borholum þar nú, að hola 7 hrundi og er lokuð á 398 m dýpi. Toppur holu 4 skemmdist við það að hraungjall komst inn í holuna og fóðring í holu 5 gekk upp um 15 cm. Tvær holur, 8 og 10 virðast óskemmdar. Mælingar á afköstum holu 10 sýna, að engin breyting hefur orðið þar á. Á mynd (F 16115) sést, að ekki varð breyting á gasmagni í gufu eins og varð í apríl.

Benedikt Steingrímsson

Gestur Gíslason

Trausti Hauksson

TAFLA 1  
KRAFLA KW 1

Sýni	Dags	ho kcal/ kg	Ps ata	pH/°C	Kísil- hiti	Opal- mettun ata	Gasmagn í gufu þunga %				Samsetning gass %			
							Heildarm. í djúpv.	9 ata	6 ata	2 ata	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> S	H <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>
KRAD 1136	770620	410	19,6	6,26/20	262	7,4	0,476	0,991	0,945	0,862	91,5	8,16	0,269	0,098
KRAD 1161	770830	410	5,5	9,39/19	249	5,2	0,368	0,766	0,730	0,666	91,2	8,45	0,219	0,121

TAFLA 2  
KRAFLA KW 2

Sýni	Dags	ho kcal/ kg	Ps ata	pH/°C	Kísil- hiti	Opal- mettun ata	Gasmagn í gufu þunga %				Samsetning gass %			
							Heildarm. í djúpv.	9 ata	6 ata	2 ata	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> S	H <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>
KRAD 1125	770602	219	5,0	9,60/21	215	1,6	0,038	0,437	0,317	0,202	85,3	14,4	0,099	0,172
KRAD 1133	770613	217	5,2	9,29/21	213	1,4	0,038	0,449	0,321	0,202	84,2	15,6	0,126	0,088
KRAD 1148	770717	218	4,8	9,90/21	214	1,5	0,034	0,390	0,281	0,178	81,1	18,7	0,113	0,077
KRAD 1160	770829	211	2,7	10,03/18	212	1,3	0,022	0,311	0,212	0,127	72,4	27,3	0,121	0,116

TAFLA 3  
KRAFLA KJ-6

Sýni	Dags	ho kcal/ kg	Ps ata	pH/°C	Kísil- hiti	Opal- mettun ata	Gasmagn í gufu þunga %				Samsetning gass %			
							Heildarm. í djúpv.	9 ata	6 ata	2 ata	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> S	H <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>
KRAD 1124	770602	375	3,7	9,03/23	265	8,1	0,672	1,645	1,55	1,38	97,1	2,66	0,117	0,104

1) safnað í 40% NaOH lausn

TAFLA 4  
KRAFLA KJ-7

Sýni	Dags	ho kcal/ kg	Ps ata	pH/°C	Kísil- hiti	Opal- mettun ata	Gasmagn í gufu þunga %				Samsetning gass %			
							Heildarm. í djúpv.	9 ata	6 ata	2 ata	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> S	H <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>
KRAD 1129	770607	490	3,4	7,81/23	255	6,2	3,23	5,02	4,87	4,59	98,5	0,75	0,495	--
KRAD 1137	770624	490	3,2	6,09/19	265	8,1	3,00	4,65	4,51	4,26	98,2	1,69	0,076	0,072
KRAD 1146	770712	495	5,5	7,38/27	270	9,0	3,41	5,20	5,06	4,78	98,5	1,44	0,082	0,011

TAFLA 5  
KRAFLA KG-8

Sýni	Dags	ho kcal/ kg	Ps ata	pH/°C	Kísil- hiti	Opal- mettun ata	Gasmagn í gufu þunga %				Samsetning gass %			
							Heildarm. í djúpv.	9 ata	6 ata	2 ata	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> S	H <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>
KRAD 1123	770530	218	5,2	9,89/20	214	1,5	0,028	0,326	0,235	0,149	80,5	19,2	0,035	0,27
KRAD 1132	770610	223	5,3	9,95/19	219	1,9	0,022	0,230	0,171	0,112	71,6	28,0	0,026	0,369
KRAD 1143	770706	225	5,2	10,02/23	220	2,0	0,023	0,224	0,169	0,112	73,0	26,9	0,025	0,070
KRAD 1151	770728	217	5,3	9,89/22	223	2,2	0,026	0,305	0,218	0,137	75,1	24,6	0,027	0,249
KRAD 1157	770821	217	5,2	9,84/20	219	1,9	0,021	0,251	0,279	0,113	71,8	28,3	0,000	0,000
KRAD 1159	770829	217	5,2	10,07/19	216	1,6	0,028	0,329	0,235	0,148	76,5	23,4	0,027	0,063
KRAD 1167	770908	217	6,0	10,18/18	222	2,2	0,025	0,297	0,213	0,134	74,2	23,5	0,0143	0,458
KRAD 1169	7709	217	5,2	10,17/20	219	1,9	0,024	0,290	0,208	0,131	72,8	26,9	0,062	0,251



TAFLA 6  
KRAFLA KJ-9

Sýni	Dags	ho kcal/ kg	Ps ata	pH/°C	Kísil- hiti	Opal- mettun ata	Gasmagn í gufu þunga %				Samsetning gass %			
							Heildarm. í djúpv	9 ata	6 ata	2 ata	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> S	H <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>
KRAD 1126	770604	237	5,2	9,66/15	229	2,7	0,0765	0,612	0,487	0,342	89,8	10,0	0,14	0,072
KRAD 1141	770630	246	5,5	9,69/23	239	3,9	0,075	0,523	0,428	0,311	91,2	8,52	0,11	0,22

TAFLA 7  
KRAFLA KG-10

Sýni	Dags	ho kcal/ kg	Ps ata	pH/°C	Kísil- hiti	Opal- mettun ata	Gasmagn í gufu þunga %				Samsetning gass %			
							Heildarm. í djúpv.	9 ata	6 ata	2 ata	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> S	H <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>
KRAD 1131	760610	237	4,0	9,28/18	226	2,5	0,141	1,127	0,896	0,629	93,6	6,4	0,0245	- 1)

1) Safnað í 40% NaOH lausn

TAFLA 8  
KRAFLA KJ-11

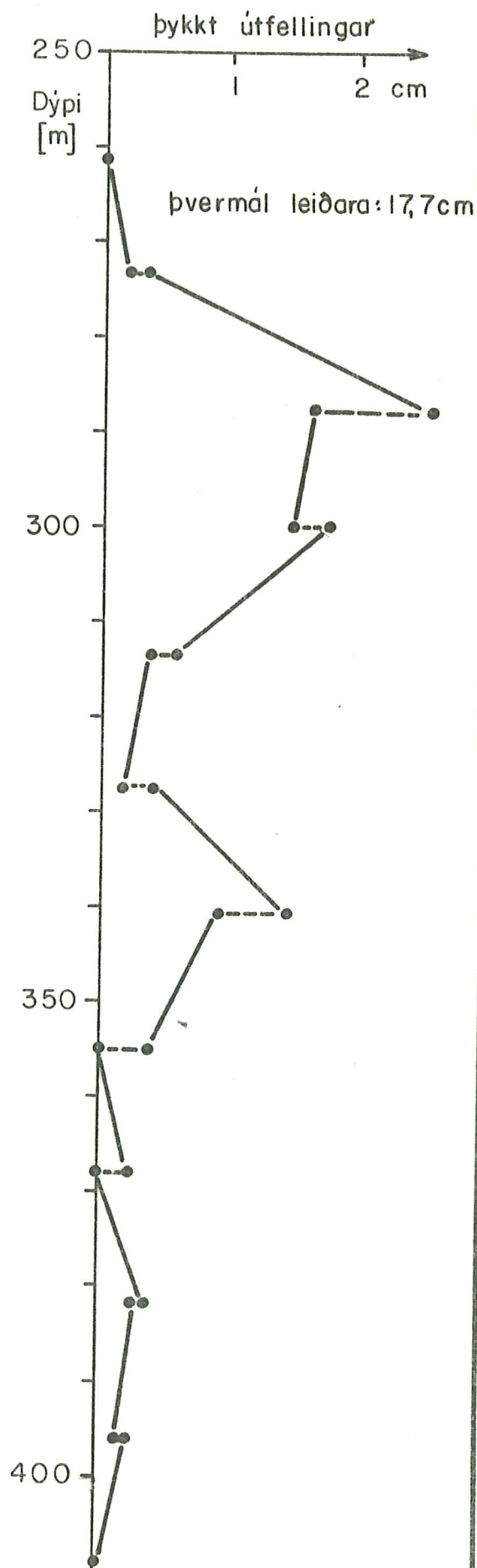
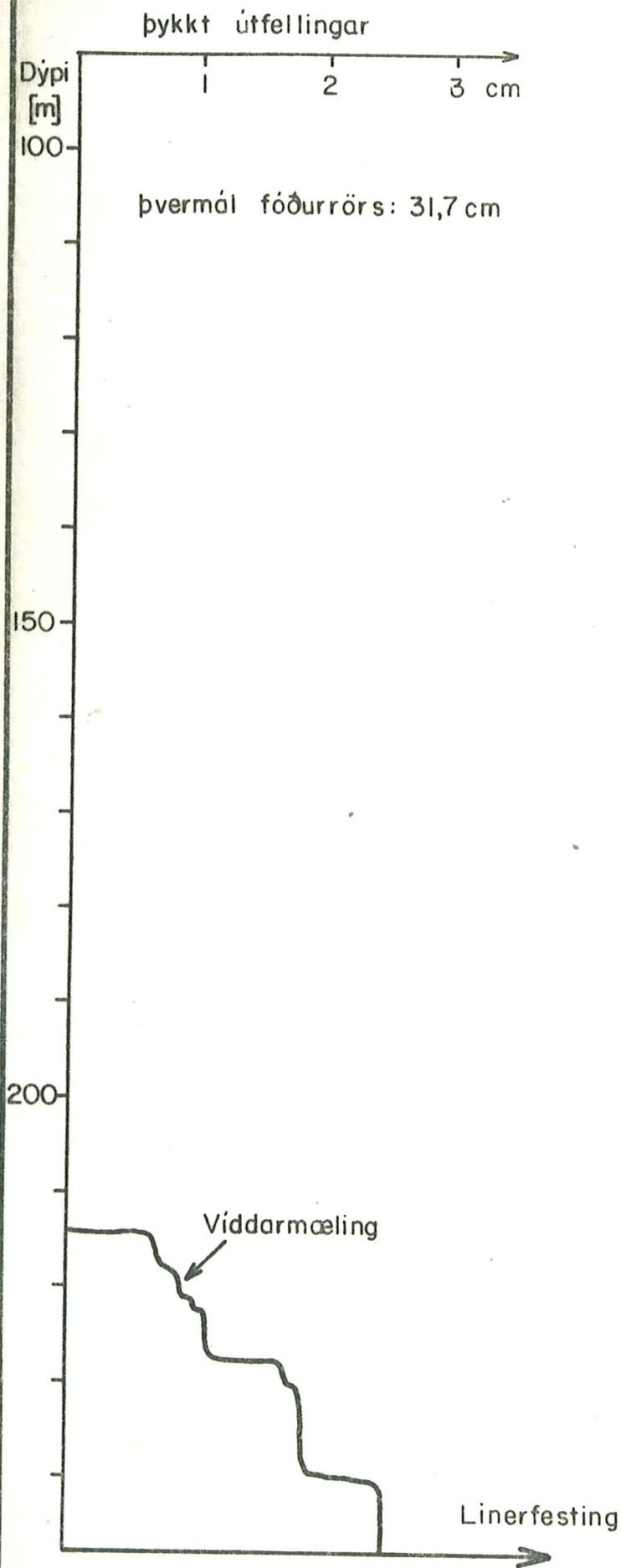
Sýni	Dags	hó kcal/ kg	Ps ata	pH/°C	Kísil- hiti	Opal- mettun ata	Gasmagn í gufu þunga %				Samsetning gass %				
							Heildarm. í djúpv.	9 ata	6 ata	2 ata	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> S	H <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	
KRAD 1130	770609	314	10,6	6,80/19	224	2,3	1,29	4,56	4,15	3,49	98,5	1,5	0,008	-	1)
KRAD 1142	770701	312	9,8	6,82/16	226	2,5	0,80	2,87	2,61	2,19	98,7	1,21	0,00	0,10	1)
KRAD 1147	770712	312	4,95	7,88/22	236	3,5	1,01	3,63	3,29	2,77	99,2	0,817	0,009	0,007	1)
KRAD 1154	770810	324	6,8	7,40/21	222	2,1	0,936	3,08	2,82	2,41	98,7	1,26	0,000	0,069	1)
KRAD 1158	77-08-27	324	9,1	6,79/22	221	2,1	0,395	1,30	1,19	1,02	98,6	1,36	0,002	0,000	1)
KRAD 1162	770830	324	6,0	9,04/23	225	2,4	1,39	4,59	4,20	3,58	98,8	1,19	0,003	0,049	1)
KRAD 1166	770908	324	7,2	7,44/20	226	2,4	1,04	3,42	3,14	2,67	99,1	0,80	0,000	0,104	1)
KRAD 1171	7709	324	9,4	6,85/20	224	2,3	1,40	4,61	4,22	3,60	98,9	1,14	0,009	0,071	1)

1) Safnað í 40% NaOH lausn.



Útfelling í leiðara og fóðurröri

KJ-9





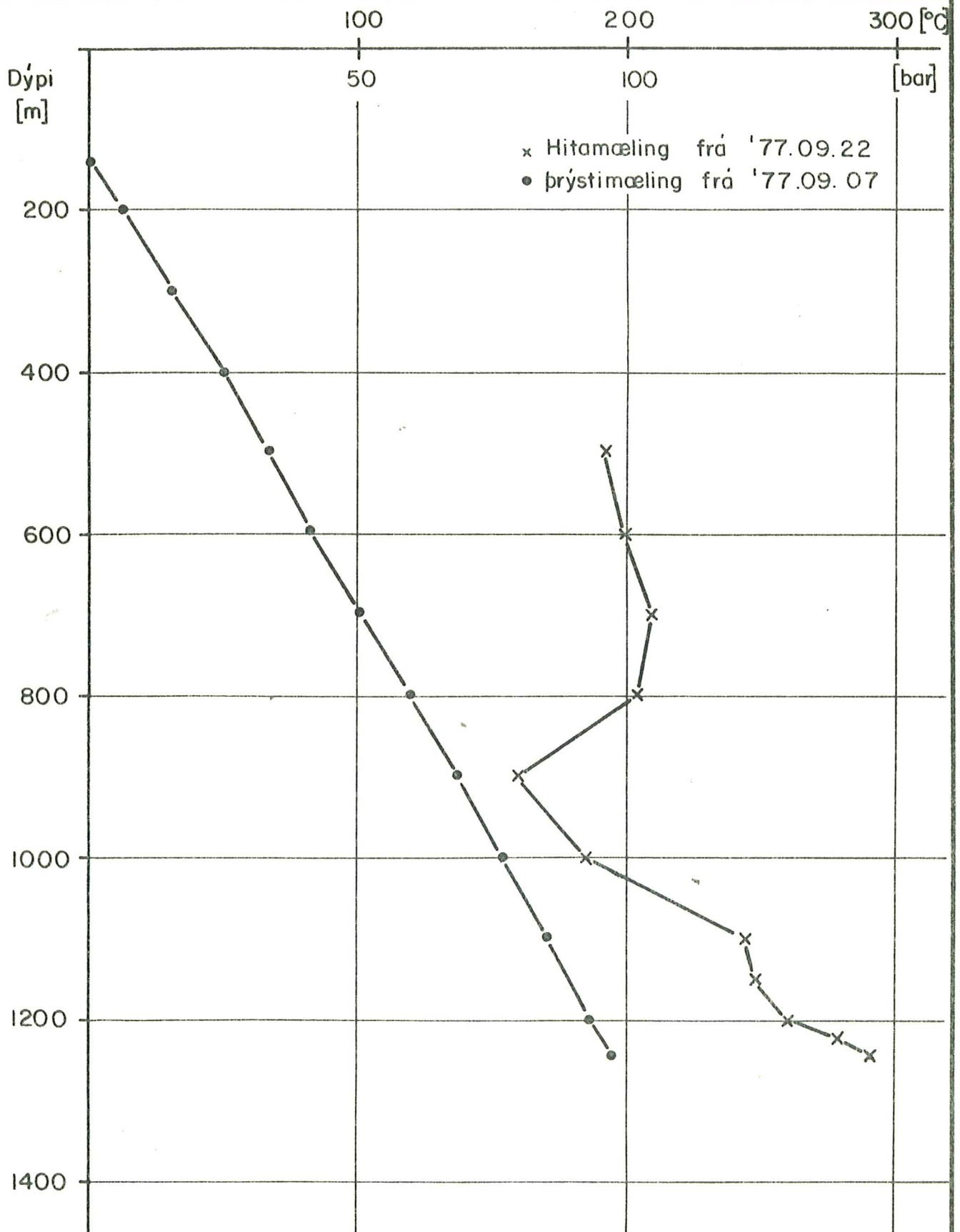
HITI OG ÞRÝSTINGUR  
KJ-9

'77.09.28 BS / AA

T 434

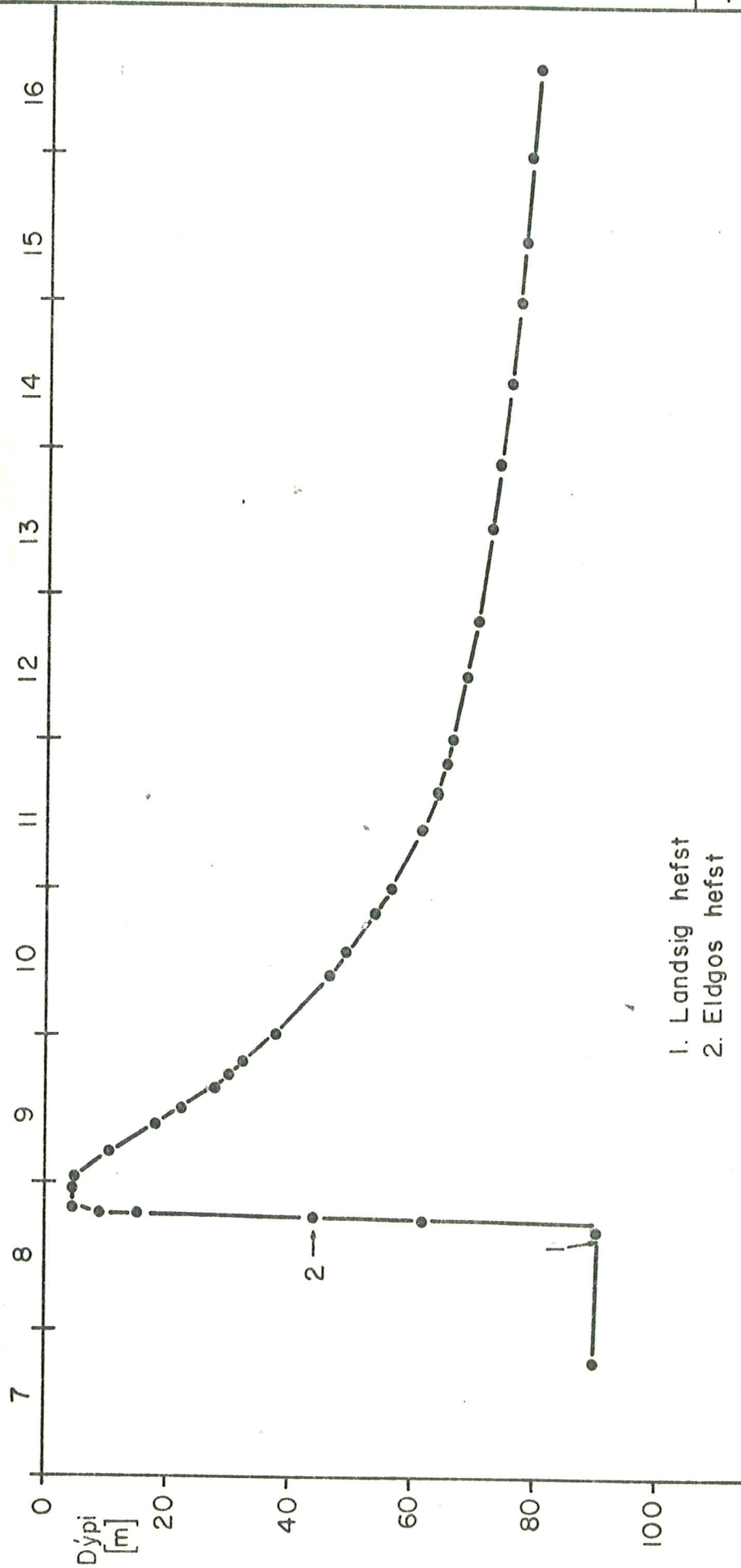
Krafla

F16117





September '77



- 1. Landsig hefst
- 2. Eldgos hefst



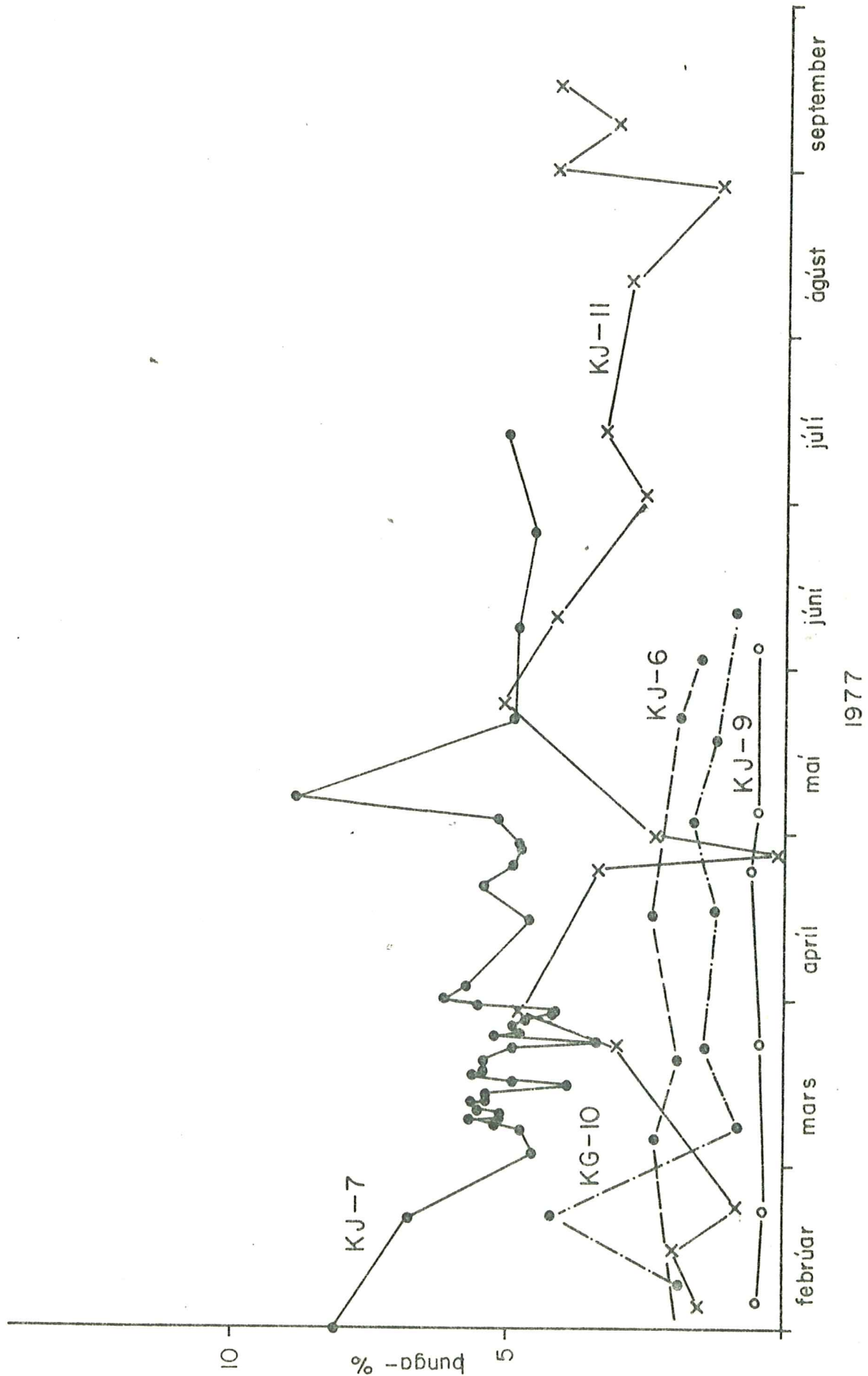
Gasmagn í gufu í borholum  
við Kröflu við 6 ata

'77.09.28 TH/AA

T 435

Krafla

F 16124





CO<sub>2</sub> í djúpvatni í Námafjalli

