



ORKUSTOFNUN  
Jarðhitadeild

Ásgrímur Guðmundsson  
Benedikt Steingrímsson  
Halldór Ármannsson  
Hilmar Sigvaldason  
Jón Benjamínsson  
Ómar Sigurðsson

# **KRAFLA, HOLA KJ-9**

## **Aflsaga, efnabreytingar og endurbörun**

**OS-83075/JHD-13**  
Reykjavík, september 1983



**ORKUSTOFNUN**  
Grensásvegi 9, 108 Reykjavík

**Ásgrímur Guðmundsson**  
**Benedikt Steingrímsson**  
**Halldór Ármannsson**  
**Hilmar Sigvaldason**  
**Jón Benjamínsson**  
**Ómar Sigurðsson**

# **KRAFLA, HOLA KJ-9**

**Aflsaga, efnabreytingar og endurborun**

**OS-83075/JHD-13**  
Reykjavík, september 1983

## ÁGRIP

Hola KJ-9, sem var ein aflmesta hola Kröfluvirkjunar, hefur dalað smám saman undanfarin ár. Líklegt var talið að árlegar hreinsanir gætu valdið þar einhverju t.d. með því að stífla æðar í næsta nágrenni holunnar.

Um sumarið 1982 var holan halla- og stefnumæld og kom þá í ljós að líklega væri aðalæð holunnar tengd sprungu, sem sést á yfirborði sunnan við KG-12 og vestan við KW-1. Það þýðir að halli sprungunnar er 3-5 til vesturs. Hreyfing var á umræddri sprungu í tengslum við jarðhræringarnar seint í desember 1975.

Með þessa vitneskju í huga var gerð áætlun um endurborun holunnar, sem miðaðist við að bora út úr gömlu holunni neðan vinnslufóðringar á 1080-1100 m dýpi og skera sprunguna 100-150 m dýpra. Ekki tókst að skera sprunguna á fyrirhuguðu dýpi. Þrátt fyrir mikið skoltap í lok borunar gaf þrepadæling til kynna, að holan væri ekki hálfdrættingur á við það, sem hún var í upphafi árið 1977.

Rakin er aflsaga holunnar, hitabreytingar og megin-efnabreytingar frá því að holan var boruð. Leiddar eru að því líkur að niðurdráttur úr "efrakerfi" eftir umræddri sprungu sé aðal orsakavaldur að dölun holunnar.

EFNISYFIRLIT

Bls.

ÁGRIP .....	2
EFNISYFIRLIT .....	3
TÖFLUSKRÁ .....	4
MYNDASKRÁ .....	5
1 INNGANGUR .....	7
2 ÁÆTLUN UM ENDURBORUN KJ-9 .....	10
3 FRAMKVÆMD ENDURBORUNAR KJ-9 .....	12
4 ÆRPAÐÆLING .....	29
5 JARÐLÖG OG VATNSÆÐAR .....	32
6 VATNSÆÐAR, ÞRÝSTINGUR OG BERGHITI .....	35
7 BLÁSTURSSAGA .....	37
8 EFNASTYRKUR RENNIS .....	45
8.1 Niðurstöður efnagreininga .....	45
8.2 Eðlisástand rennis .....	45
8.3 Gasstyrkur .....	48
8.4 Hugsanlegar ástæður kólnunar og gasminkunar ..	50
HEIMILDASKRÁ .....	55

## TÖFLUSKRÁ

1	KJ-9. Niðurstöður gyróhalla- og stefnumælinga í júlí 1982 (Sperry Sun) .....	9
2	KJ-9. Aflmælingar 1977-1982 .....	41
3	KJ-9 frá upphafi til ársloka 1982. Styrkur efna í renni .....	46
4	KJ-9 frá upphafi til ársloka 1982. Hlutföll efna í renni .....	47
5	Gasstyrkur og CO <sub>2</sub> /H <sub>2</sub> S hlutfall í renni holu KG-3 fyrir og eftir innspýtingu kvikugasa 1976 .....	48
6	KJ-9. Styrkur nokkurra efna í efri- og neðrihluta-renni holu og meðalstyrkur þeirra í heildarrenni hennar á tímabilinu september 1977 - júlí 1979 og desember 1979 - nóvember 1982 .....	51

MYNDASKRÁ

1	KJ-9. Hreinsanir frá júlí 79 - júlí 82 .....	8
2	KJ-9. Hreinsanir frá júlí 79 - júlí 82 .....	8
3	Stefna holu KJ-9 .....	9
4	KJ-9. Víddar- og CCL-mæling .....	14
5	KJ-9. Sprengingar í borholu 1.okt. 1982 kl. 21:00	.18
6	KJ-9. Sprengingar í borholu 2.okt. 1982 kl. 03:30	.18
7	KJ-9. Sprengingar í borholu 2.okt. 1982 kl. 10:00	.18
8	KJ-9. Sprengingar í borholu 2.okt. 1982 kl. 18:00	.18
9	KJ-9. Neðri endi vinnslufóðringar .....	19
10	KJ-9b. Hreinsun og endurborun .....	21
11	KJ-9c. Hreinsun og endurborun .....	26
12	Hitamælingar í KJ-9 .....	27
13	Prepadæling KJ-9 26.10.1982 .....	29
14	Prepadæling KJ-9 26.10.1982 .....	30
15	Prepadæling KJ-9 26.10.1982 .....	30
16	KJ-9a. Boruð 1977 í ágúst .....	32
17	KJ-9. Þrýstingur í vatnsæðum .....	35
18	KJ-9. Berghiti .....	36
19	KJ-9. Blásturssaga 1977-1983 .....	38
20	KJ-9. Varmainnihald 1977-1983 .....	39
21	KJ-9. Afkastaferlar .....	39

22	KJ-9. Kfsilhiti og mismunur á varmainnihaldi með tíma .....	45
23	KJ-9. Gas í renni og CO <sub>2</sub> /H <sub>2</sub> S hlutfall með tíma ....	49
24	KJ-9 sept. 1977. Streymi efri- og neðrihlutarennis og innstreymi í holuna .....	52
25	KJ-9 nóv. 1982. Streymi efri- og neðrihlutarennis nóv. 1977 - nóv. 1982. Innstreymi í holuna .....	53
26	KJ-9. Radon með tíma .....	54

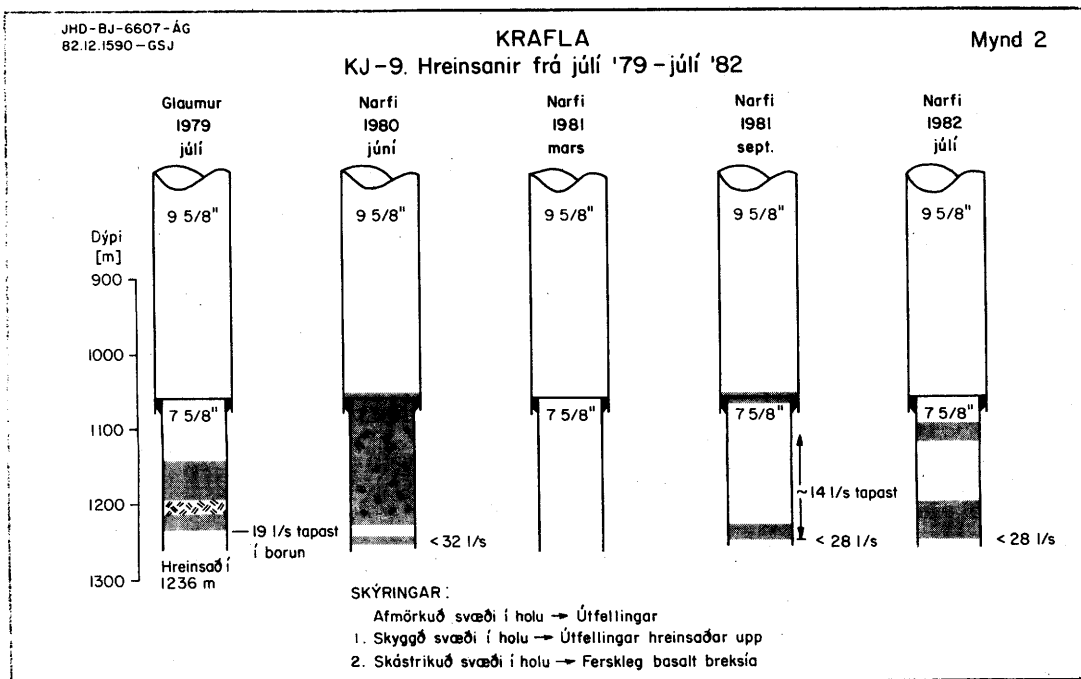
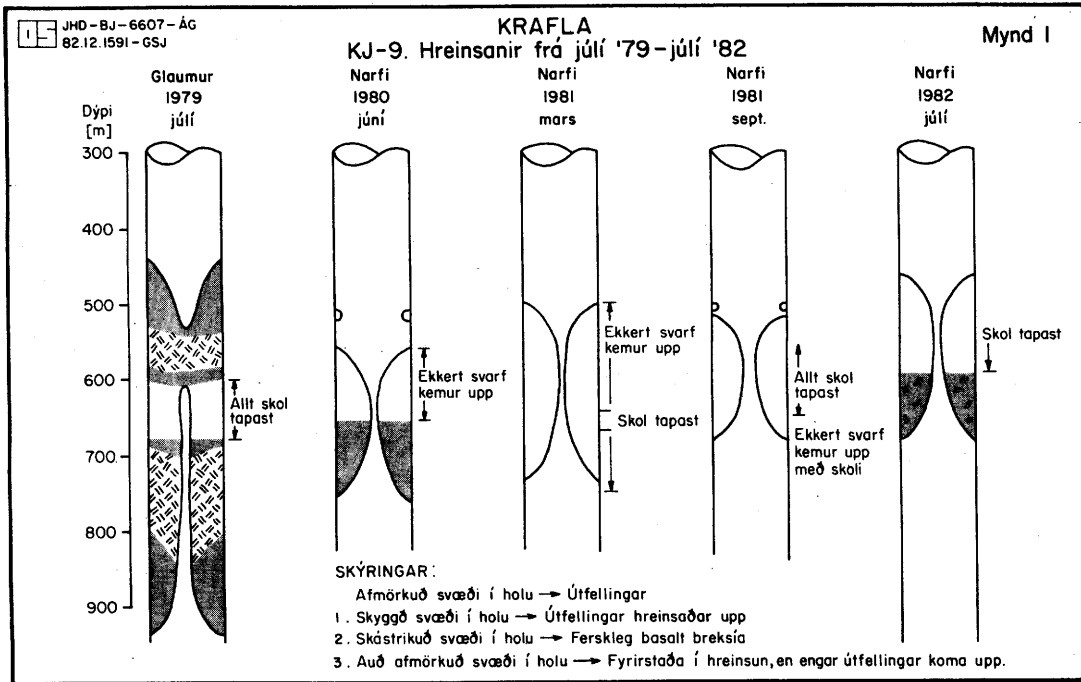
## 1 INNGANGUR

Frá því KJ-9 var tekin í notkun 1977 hafa kalkútfellingar í borholunni valdið örðugleikum við nýtingu holunnar til vinnslu, og af þeim ástæðum hefur þurft að hreinsa hana reglulega. Ásgrímur Guðmundsson (1979) fjallaði um tilurð holunnar og fyrstu hreinsun sem gerð var í júlí 1979 með bornum Glaumi. Síðan hefur holan verið hreinsuð fjórum sinnum með Narfa: júní 1980; mars 1981; september 1981 og júlí 1982. Eftir hverja hreinsun minnkuðu afköst holunnar. Á mynd 1 er sýnt hvar í holunni útfellingarnar hafa verið við hverja hreinsun og hvernig gengið hefur að skola þeim upp. Mynd 2 sýnir hins vegar þá útfellingamylsnu, sem fallið hefur til botns meðan hreinsun vinnslufóðringarinnar hefur staðið yfir. Einnig eru sýndar breytingar á skoli meðan aðgerðirnar stóðu yfir. Eftir síðustu hreinsun með Narfa í júlí 1982 dalaði holan mjög og ljóst var að andlátsdagar hennar væru ekki langt framundan yrði ekkert að gert.

Sumarið 1982 var stefnuborað í fyrsta skipti hér á landi með borun holu KJ-20. Starfsmaður fyrirtækisins Sperry-Sun í Kanada sá um halla- og stefnumælingar í þeirri holu með Gyro-mæli. Tækifærið var notað til að halla- og stefnumæla holu KJ-9 um leið. Mælt var á 30 m fresti niður á 1020 m dýpi. Ekki var hætt á að fara með tækin ofan í leiðarann. Niðurstöður halla- og stefnumælinga í holu KJ-9 eru sýndar í töflu 1, ennfremur er sýnt á mynd 3 hvernig holan liggur í landinu. Samkvæmt þessu hallar holunni til SSV og er hallinn kominn í 21 á 1020 m. Niðurstöðurnar gáfu tilefni til að ætla að holan skæri sprungu á 1226 m dýpi. Þetta gat verið sama sprungan og sést á yfirborði vestan við holur KG-12 og KW-1 og stefnir á KG-3. Þýðir það að sprungunni hallar 3-5 til suðvesturs eða vesturs.

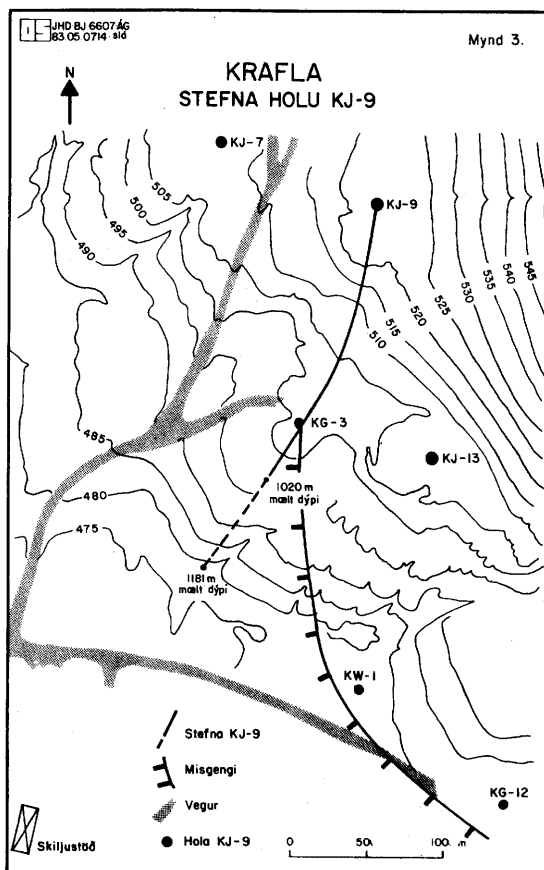
Því var ákveðið að Jötunn yrði notaður til að hreinsa holuna eða bora út úr henni aðra holu í gegnum sprunguna, allt eftir því hvor aðferðin hentaði betur.





TAFLA 1 Krafla KJ-9. Niðurstöður Gýró, halla- og stefnumælinga í Júlí 1982 (Sperry sun)

Mælt dýpi	Stefna o	Halli o	Löðrétt dýpi	N-S Hliðrun Metrar	A-V Hliðrun Metrar
0	0,0	0,00	0,00	0,00 N	0,00 A
30	230,3	0,25	30,00	0,05 N	0,06 V
60	217,0	1,08	60,00	0,32 S	0,28 V
90	206,4	1,17	89,99	0,82 S	0,59 V
120	187,8	1,08	119,99	1,37 S	0,76 V
150	195,0	1,75	149,98	2,10 S	0,92 V
180	198,1	1,97	179,96	3,03 S	1,20 V
210	195,6	4,83	209,90	4,74 S	1,70 V
240	188,1	6,50	239,76	7,63 S	2,28 V
270	186,6	7,92	269,52	11,37 S	2,76 V
300	188,1	8,17	299,22	15,53 S	3,30 V
330	187,8	8,00	328,93	19,71 S	3,80 V
360	187,4	8,92	358,60	24,09 S	4,46 V
390	186,9	9,25	388,22	28,78 S	5,05 V
420	187,8	10,25	417,79	33,82 S	5,70 V
450	190,2	10,83	447,28	39,24 S	6,57 V
480	192,9	11,92	476,69	45,03 S	7,76 V
510	193,4	13,17	505,98	51,37 S	9,25 V
540	194,9	14,67	535,09	58,37 S	11,02 V
570	195,4	14,92	564,10	65,76 S	13,02 V
600	196,9	14,67	593,11	73,12 S	15,15 V
630	199,2	14,83	622,12	80,38 S	17,51 V
660	201,3	14,83	651,12	87,50 S	20,17 V
690	201,7	15,67	680,06	94,92 S	23,06 V
720	205,0	15,97	708,93	102,43 S	26,31 V
750	208,3	16,62	737,72	109,94 S	30,08 V
780	207,7	16,67	766,46	117,53 S	34,12 V
810	208,1	16,50	795,22	125,10 S	38,13 V
840	208,6	16,97	823,95	132,70 S	42,23 V
870	210,8	16,95	852,64	140,30 S	46,56 V
900	212,2	16,75	881,35	147,71 S	51,11 V
930	211,8	17,08	910,05	155,11 S	55,74 V
960	217,5	18,25	938,64	162,82 S	60,58 V
990	214,0	20,00	966,98	171,04 S	65,97 V
1020	214,6	20,92	995,09	179,70 S	71,87 V



## 2 AÆTLUN UM ENDURBORUN KJ-9

Haldinn var fundur í Siglufjarðarhúsi í Kröflu 9. september 1982 að viðstöddum fulltrúum JBR, JHD, VST, Virkis og Kröfluvirkjunar. Þar voru vandamál varðandi KJ-9 rædd og hvað ætti að gera til að bæta um. Upp úr viðræðunum var eftirfarandi áætlun gerð:

1. Reyna að taka leiðarann upp úr holunni
  - a) Ef hann kemur allur upp verður holan hreinsuð í botn og undirrymari notaður á kaflanum þar sem aðalæðin er. Ef algjört skoltap (meira en 50 l/s) verður við lok þessarar aðgerðar skal hætt og litið svo á að aðgerðin hafi heppnast.
  - b) Ef engin aukning verður á skoltapi, skal borað út úr holunni neðan við vinnslufóðringu. Áætlað er að bora 300 m og er þannig gert ráð fyrir að skera sprunguna, sem talið er að fæði holu KJ-9 í dag.
2. Takist ekki að ná leiðaranum upp, skal hann skorinn í sundur og efri hlutinn tekinn upp. Síðan verður borað út úr holunni á sama hátt og lýst er í lið 1b.

Nánari útfærsla á þessari áætlun var gerð á fundi, sem haldinn var á skrifstofu Kröfluvirkjunar 16. september 1982 að viðstöddum fulltrúum sömu aðila. Í meginráttum var um sömu áætlun að ræða, en hin tæknilega hlið málsins var reifuð frekar. Fjallað var um eftirfarandi og er það tekið nánast orðrétt upp úr fundargerð:

1. Farið var yfir það, sem áður hafði verið rætt um endurvinnslu holu KJ-9 og Einar Tjörvi Elfsson yfirverkfræðingur Kröfluvirkjunar rakti viðræður sínar við D. Dimitt frá ráðgjafafyrirtækinu D. Dimitt í Kaliforníu. D. Dimitt lagði til, að til að komast út úr holunni yrðu notaðir tveir kollar og stýring. Borað yrði án álags í ca 4 tíma með 60 RPM. Eftir það skyldi bora 7-10 m á ca 10-12 tímum. Lyfta skyldi upp öðru hvoru og fara síðan hægt niður. Bent var á að e.t.v. mætti búa til stall með því að undirryma og/eða nota hugsanlega skápa til að byrja að bora út úr holunni.
2. Ákveðið var að mark (target) holunnar væri umrædd sprunga 50-100 m neðar en þar sem holan sker sprunguna núna. Talað var um að bora út úr holunni í

1100-1150 m.

3. Ef leiðari kæmi allur upp, skyldi fara í botn með krónu og bora 20-40 m. Að því búnu ætti að hallamæla, taka síðan upp og þrepaðæla. Ef árangur yrði lélegur, ætti að fara niður með undirrýmara og rýma út æðina (1210-1235 m). Ef það dygði ekki (metið skv. utanádælingu) skyldi undirrýma ofar smástall til þess að auðvelda borun út úr holunni.
4. Ef leiðari kæmi ekki upp, ætti að skera hann í sundur 130 m (á 1180 m dýpi) neðan við leiðaratopp. Ef hann kæmi, ætti að reyna að ná neðri hlutanum. Ef hann kæmi upp, þá skyldi vinna eftir áætlun, sem fjallað er um í lið 3.
5. Ef neðri hlutinn kæmi ekki upp, skyldi bora út úr.
6. Ef efri hlutinn kæmi ekki upp, skyldi skera 15 m (dýpi 1065 m) fyrir neðan leiðaratopp (þ.e. upp í vinnslufóðringu). Ef hann næðist upp, ætti að prófa að taka á neðri hlutanum. Ef þetta tækist ekki skyldi málið endurskoðað.
7. Útúrborun. Miða skyldi við að fara út úr holunni í 1125 m og skera æðina 75 m neðan við, þar sem núverandi hola sker æðina.
8. Átti að setja leiðara í holuna? Ef borað yrði út úr holunni væri viss hættu á að hún hryndi í blæstri. Hins vegar voru stjórnendur Kröfluvirkjunar tilbúnir að taka þessa áhættu og stefna að því að hafa holuna leiðaralaus.

Að lokum var útbúinn listi yfir þau tæki sem nota þyrfti við verkið.

### 3 FRAMKVÆMD ENDURBORUNAR KJ-9

Borinn Jötunn var fenginn til þess að vinna verkið samkvæmt þeirri áætlun, sem lýst er hér á undan. Allmikið gekk úrskeiðis þannig að verkið varð öllu flóknara en ráð var gert fyrir. Því er brugðið á það ráð hér að lýsa framkvæmdinni í dagbókarformi, verkþættir síðan númeraðir og miðaðir við upptekt og niðursetningu á borstreng.

**Mánudagur 20. september:** Lokið var við að flytja borinn og koma honum fyrir á holunni og hún kæfð.

1 Byrjað var á því að setja niður 8 1/2" krónu til að fyrirbyggja að þrengingar í holu yllu vandræðum þegar reynt yrði að taka leiðarann upp. Ekki varð vart við neina fyrirstöðu fyrr en komið var niður á efri enda leiðara. Alls tók holan við 40 l/s.

**Þriðjudagur 21. september:** Lokið var við að setja 8 1/2" krónuna niður og hún síðan tekin upp.

2 Fiskitæki var sett niður til að taka leiðarann upp. Ágætlega gekk að koma því fyrir niðri, en ekkert hreyfðist þegar átti að toga upp. Fyrst var togað í með 150 þúsund pundum og smám saman var togið aukið í þrepum, 200 þúsund pund, 250 þúsund pund og 350 þúsund pund. Í tveimur síðastnefndu atrennunum var toginu haldið góðan tíma án þess að nokkuð hreyfðist. Þar af leiðandi var ljóst að leiðarinn var kolfastur og vonlaust að ná honum upp í einu lagi. Þyngd leiðarans var 17 þúsund pund og tækjapungi (strengurinn niður holuna) um 60 þúsund pund. Þannig má draga um 80 þúsund pund frá tölunum hér að ofan til að fá út það tog, sem notað var í raun. Ákveðið var að taka upp þegar hér var komið.

3 Næst var settur niður röraskeri og reynt að skera leiðara í sundur á 1180 m dýpi. Tækið var látið vinna eins og gefið var upp í leiðarvísi. Skerinn samanstendur m.a. af örmum (n.k. hnífar) sem spennast út í holuveggina við þrýsting og sarga snertiflötinn þegar snúið er. Í þessu tilfalli voru notaðir 60 snúningar á mínútu við 1500-2000 PSI. Samkvæmt lýsingu átti þetta að taka 10-45 mínútur. Þegar skerinn var tekinn upp úr leiðara, þurfti að beita umframtogi, þ.e. þvinga hann upp.

**Miðvikudagur 22. september:** Lokið var við að taka röraskerann upp úr holunni. Þegar upp var komið sást að hnífarnir voru allir hnoðaðir og illa farnir. Þar af leiðandi þótti óvíst hvort aðgerðin hefði heppnast, en í þeirri von að vel hefði til tekist var farið út í næsta þrep.

- 4 Sett var niður fiskitæki til að ná upp þeim hluta leiðarans, sem búið var að skera í sundur (þ.e. frá 1054-1180 m). Jar (hamar sem lemur upp) var settur inn í strenginn til að auðvelda upptekt. Fest var efst í leiðarann og togað með 200 þúsund punda átaki og látið standa dágóða stund með því togi án þess að nokkuð gerðist. Þótti því líklegt að aðgerðin með röraskeranum hefði mistekist. Fiskitæki var því næst losað og tekið upp og beðið eftir því að röraskeri kæmi úr viðgerð.
- 5 Röraskeri var nú settur niður kl 14:20. Akveðið var að taka minni skammt í einu eins og ætlun gerði ráð fyrir ef annað mundi bregðast. Skerinn var settur niður á 1075 m dýpi og skera átti efstu 15 m leiðarans lausa. Nú var farið varlegar í sakirnar og minni þrýstingur og hægari snúningur notaður við að spenna út hnífana. Að skurðinum loknum var tekið upp og það sem eftir var dagsins fórr í að bíða eftir "söbbum" (tengistykki milli álagsstanga og borkrónu), sem sendir höfðu verið að sunnan. Renna þurfti utan af þeim þegar þeir komu, þar sem þeir voru of sverir.

**Fimmtudagur 23. september:**

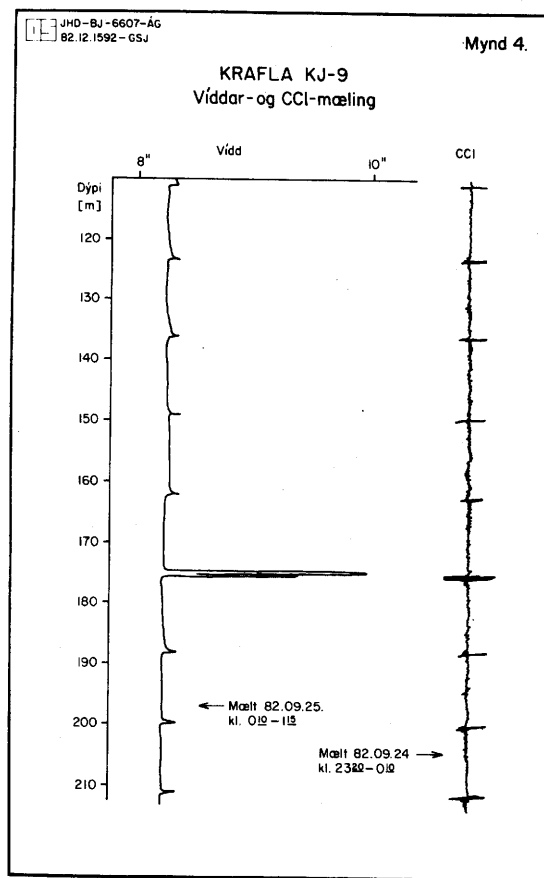
- 6 Byrjað var að setja niður fiskitæki milli kl 3 og 4. Fest var í leiðarann og síðan tekið upp. Á u.þ.b. 175 m var fyrirstaða og kræktist leiðarabúturinn neðan úr fiskitækinu.
- 7 Aftur var sett niður fiskitæki og gekk vel að festa í leiðarabútinu. Þegar komið var upp í sama dýpi og hann hafði rekist á í fyrri ferðinni stoppaði hann og vildi ekki lengra. Reynt var að mjaka honum upp en ekkert gekk. Nokkur töf varð þegar rafmótor sem stjórnaði kælingu á spílinu bilaði.

**Föstudagur 24. september:** Haldið var áfram að reyna að ná leiðaranum framhjá fyrirstöðunni í 175 m. Að lokum var hann þvingaður upp með 100-150 þúsund punda togi og hamarshöggum (jar) þannig að allt lék á reiðiskjálfi. Um 5-6 m komu upp af leiðaranum í nánast ólýsanlegum myndum. Um það bil 1 m var tvöfaldur og meiri hlutinn var rifinn að endilöngu. Hengistykkið vantaði, en það var efsti hluti

leiðarans. Greinilegt var á þessu að fiskitækið hafði farið neðar í fóðringuna en til stóð.

8 Sett var niður nokkurs konar spjót á annan metra á lengd og kónískt til endanna og 8 1/2" svert í miðju. Spjótið var alsett karbitum og því ætlað að mylja þær fyrirstöður, sem voru í vinnslufóðringunni. Fyrirstöður voru í 160-180 m, í 328 m, í 501 m og í 510 m, en þegar dýpið var 535 m var komið í hörkuborun og boruðust aðeins 70 sm á 4 tímum. Ekki gekk þetta og var því spjótið tekið upp og reyndist lítið slitið.

Þegar hér var komið sögu þótti rétt að athuga hvort víddar og CCL mæling greindu skemmdir á vinnslufóðringunni. Mælt var niður í 520 m dýpi. Neðan við 300 m var víddarmælingin ónothæf, þar sem mælirinn virkaði ekki í þeim halla sem þar var. Annars sýndi mælingin greinilega skemmd á fóðurröri á 175 m dýpi á eins metra löngum kafla. Einnig sást breyting á sama stað í CCL (casing collar locator) mælingunni (mynd 4), en mælitækið samanstendur af segulspólu sem nemur breytingar í segulmögnun. Annað kom ekki fram í þessum mælingum.



#### Laugardagur 25. september:

9 Settur var niður hnallur, en það er gömul króna með ásoðnum karbitum (mill-bit) og var henni ætlað að mylja niður efri enda á leiðara og ryðja úr vegi hindrun fyrir neðan 500 m. Líklegast var þar um að ræða þrepasteypustykki, sem notað var 1977 þegar 9 5/8" fóðringin var steypt. Á um það bil hálfum sólarhring höfðu aðeins verið muldir 50 sm niður í 1069 m. Þóttu það léleg afköst og þess vegna var tekið upp.

10 Þá var tekið til þess ráðs að setja niður stýrikrónu

(pilot-mill) og var byrjað að mylja með henni kl 22:30. Einum kolla hafði einnig verið bætt inn í strenginn. Lítið sem ekkert gekk undan.

**Sunnudagur 26. september:** Undir morgun var stýrikrónan tekin upp.

- 11 Næst var reynt að setja niður karbitásoðinn hnall (mill-bit). Fyrirstöður voru innan fólðringar í 378 m og 534 m. Hnallurinn reyndist of sver og gekk ekki niður fyrir neðri fyrirstöðuna og var því tekinn upp.
- 12 Stýrikróna (pilot-mill) var sett niður í 575 m og varð þá ekki vart við neinar fyrirstöður og því tekin upp aftur.
- 13 Röraskeri varð næst fyrir valinu og settur niður í þeim tilgangi að skera bít ofan af leiðaranum. Ekki gekk hann niður í leiðarann og eftir nokkrar árangurslausar tilraunir var hann tekinn upp. Þegar hér var komið sögu hafði tapið minnkað niður í 12 l/s, en áður en byrjað var að mylja ofan af leiðaranum var tapið um 24 l/s.
- 14 Sett var niður spjót eins og lýst er í lið nr. 8 hér á undan og var það komið niður á miðnætti.

**Mánudagur 27. september:** Borað var með spjóttinu niður í 1075 m, en svo tekið upp.

- 15 Næst var stýrikróna (pilot mill) sett niður. Undir morgun var hún byrjuð að mylja leiðarann. Um hádegisbilið höfðu verið muldir rúmlega 30 sm, en þá var hún tekin upp. Meðan á þessum aðgerðum stóð jókst skoltap á ný og var komið í um 24 l/s.
- 16 Enn einu sinni var spjóttið sett niður til að mylja og var lítill árangur sjáanlegur af þeirri aðgerð á miðnætti.

**Þriðjudagur 28. september:** Fljótlega eftir miðnætti var spjóttið tekið upp.

- 17 Enn einu sinni var stýrikróna sett niður og voru 6 álagsstangir hafðar í lengjunni. Dýpið niður á leiðara var þá 1075,5 m og byrjaði krónan að mylja þar. Lítill árangur var af þessari aðgerð. Tapið hafði minnkað á nýjan leik, nú niður í 13 l/s.
- 18-20 Segull var settur niður þrisvar sinnum. Í fyrstu ferðinni komu upp þrjár járnútar, sá stærsti var lófastór. Rétt fyrir miðnætti fór segullinn niður aðra ferð.



**Miðvikudagur 29. september:** Tveir járnbútar komu upp í það skiptið. Úr þriðju ferðinni kom upp aðeins einn járnbútur og var því ekki talin ástæða til að fara oftar niður með segulinn.

21 Nú var sett niður rör með ásoðnum karbitum að neðan (wash over) og átti að losa utan með leiðara og snyrta hann til. Það komst ekki lengra niður en að fðurrörsskemmdinni á 175 m dýpi og því tekið upp aftur.

22 Þá var ákveðið að setja niður hnall til að halda áfram að mylja niður leiðarann. Á niðurleið var fyrirstaða í 533 m, en henni var strax rutt úr vegi. Byrjað var að mylja klukkan rúmlega 16 og á miðnætti var búið að mylja 4 m.

**Fimmtudagur 30. september:** Haldið var áfram þar sem frá var horfið. Þegar reynt var að bæta í stöng urðu tafir vegna 4 m botnfalls í holunni. Botnfallið þurfti að mylja og til viðbótar var borað á næturvaktinni rúmlega 1,5 m. Þá boraði dagvaktin 1 m til viðbótar og höfðu þá verið boraðir allt að 7 m. Klukkan 13 var tekið upp úr holunni og skoltapið var þá komið niður í 6 l/s.

23 Sett var niður stýrikróna og hún var látin snúast 1 1/2 klukkustund, en síðan tekin upp.

24 Grannt spjót var nú dregið fram og það sett niður til að fara ofan í leiðara og hreinsa hann. Byrjað var að setja niður rétt fyrir miðnætti.

**Föstudagur 1. október:** Spjótið rataði ofan í leiðarann og var hann rýmdur. Allt skolvatn tapaðist í 1087 m, en ekki er vitað hversu mikið magn það var. Fyrirstaða var í 1174 m dýpi, en síðan farið niður í 1234 m dýpi. Ekki komst spjótið lengra niður og var það því tekið upp.

25 Sett var niður fiskitæki til að taka á leiðara og athuga hvort hann væri orðinn laus eftir skarkið. Fiskitækið var sett niður í rúmlega 1083 m. Á hádegi var tekið á leiðara með 275 þúsund punda togi, en allt sat fast. Þá var reynt að losa fiskitækið úr leiðara, en það sat sem fastast. Í ljós kom að það hafði farið of langt ofan í leiðara þannig að ekki var hægt að slaka borstreng lengra niður. Ákveðið var að reyna að losa með sprengingum. Dæling var sett á til að kæla holuna, síðan var hita- og CCL-mælt til að athuga hve djúpt væri hægt að koma sprengju og staðsetja hana á samskeytum í borstreng. Að svo búnu var útbúin 9 vafninga sprengja sem undir öllum venjulegum

kringumstæðum er meira en nógu stór og öflug til að slá í sundur (sjá mynd 5). Henni var komið niður á 1080 m dýpi og sprengd, en ekki skrúfaðist í sundur. Var nú útbúin mun öflugri sprengja og átti að koma henni fyrir á sama dýpi, en hún stöðvaðist í niðursetningu á tengistykki ("X-OVER-SUB") ofan við álagsstangir. Þá var útbúin 12 vafninga sprengja (sjá mynd 6) og hún sett í plaströr til að auðveldara myndi að koma henni niður.

**Laugardagur 2. október:** Þessi sprengja var sprengd á 1080 m dýpi skömmu eftir miðnætti, en ekki skrúfaðist í sundur og mátti nú heita víst að strengurinn væri fastur ofan við skotstaðinn.

Meðan hafist var handa við að útbúa nógu öfluga dýnamitsprengju til að mölva sundur borstrenginn, var reynt að slá í sundur í þriðja sinn með 14 vafninga sprengju (sjá mynd 7) á 1080 m dýpi, en tókst ekki. Það var ekki fyrr en að dýnamitsprengja (sjá mynd 8) var sprengd neðst í neðstu álagsstöng að strengurinn losnaði. Ekki reyndist unnt að koma þessari sprengju neðar í strenginn vegna plastafganga úr fyrri sprengjum, sem settust neðst í borstreng.

Uppteikt tafðist um nokkra klukkutíma vegna hvassviðris, en byrjað var að taka upp klukkan 22:30. Var skoltap þá í holunni um 17 l/s.

**Sunnudagur 3. október:** Lokið var við að taka upp úr holunni. Eftir urðu í holunni efst í leiðaranum: söbbur tengistykki (sub), hamar (bumper) og fiskitækið.

26 Settur var niður dór til að athuga hvort opið væri niður í leiðarann. svo reyndist ekki vera og þessvegna var tekið upp.

27 Settur var niður hnallur til að mylja leiðarann og þau tæki sem eftir urðu efst í leiðaranum. Fyrirstaða í námunda við þrepasteypustykkið var mulin burt. Komið var niður á leiðarann á 1079 m dýpi kl 11:30 og byrjað að mylja. Lítið sem ekkert gekk.

**Mánudagur 4. október:** Haldið var áfram að mylja til kl 03:30, en þá var byrjað að taka upp.

28 Sami hnallur var aftur settur niður, en nú hafði þremur álagsstöngum verið bætt inn í borstrenginn og voru þær átta samtals. Byrjað var að mylja kl 8 á vaktaskiptum nætur- og dagvaktar.

Mynd 5.

ORKUSTOFNUN  
JARDHITAEILD

SPRENGINGAR I BORHOLU

1. Sýsla, kaupstaður S. - Þingeyjarsýsla		2. Hreppur Skútustaðahreppur	
3. Staður Krafla		4. Hóla nr. KJ-9	
5. Dýpi. m	6. Fóðringar. m. þv.	7. Bortími	

8. Ástand holu fyrir aðgerð

9. Verkkaupi Rarik		10. Tilgangur Að losa í sundur við fiskitæki	
11. Mælitæki R-50402	12. Dagset. kl. 21 1. okt. '82	13. Mælingamenn H.T. + H.S.	
14. Núllpunktur á dýpi Rotary á Jätni	15. Skotstaður 1080 m	16. Fjöldi skota	

17. Lýsing á sprengju

18. Ath.  
Snúningur: 3,5  
Tog: 15 þús. lbs. umfram eigin þunga  
Skrúfaðist ekki í sundur

Mynd 6

ORKUSTOFNUN  
JARDHITAEILD

SPRENGINGAR I BORHOLU

1. Sýsla, kaupstaður S. - Þingeyjarsýsla		2. Hreppur Skútustaðahreppur	
3. Staður Krafla		4. Hóla nr. KJ-9	
5. Dýpi. m	6. Fóðringar. m. þv.	7. Bortími	

8. Ástand holu fyrir aðgerð

9. Verkkaupi Rarik		10. Tilgangur Að losa í sundur við fiskitæki	
11. Mælitæki R-50402	12. Dagset. kl. 3.30 2. okt. '82	13. Mælingamenn H.T. + H.S.	
14. Núllpunktur á dýpi Rotary á Jätni	15. Skotstaður 1080 m	16. Fjöldi skota	

17. Lýsing á sprengju

18. Ath.  
Sprengja höfð innan í svörtu plastrári.  
Snúningur: 3,5  
Tog: 15 þús. lbs. umfram eigin þunga  
Skrúfaðist ekki í sundur.

Mynd 7

ORKUSTOFNUN  
JARDHITAEILD

SPRENGINGAR I BORHOLU

1. Sýsla, kaupstaður S. - Þingeyjarsýsla		2. Hreppur Skútustaðahreppur	
3. Staður Krafla		4. Hóla nr. KJ-9	
5. Dýpi. m	6. Fóðringar. m. þv.	7. Bortími	

8. Ástand holu fyrir aðgerð

9. Verkkaupi Rarik		10. Tilgangur Að losa í sundur við fiskitæki	
11. Mælitæki R-50402	12. Dagset. kl. 10 2. okt. '82	13. Mælingamenn H.T. + H.S.	
14. Núllpunktur á dýpi Rotary á Jätni	15. Skotstaður 1080 m	16. Fjöldi skota	

17. Lýsing á sprengju

18. Ath.  
Sprengja höfð innan í svörtu plastrári.  
Snúningur: 3,5  
Tog: 15 þús. lbs. umfram eigin þunga  
Skrúfaðist ekki í sundur

Mynd 8

ORKUSTOFNUN  
JARDHITAEILD

SPRENGINGAR I BORHOLU

1. Sýsla, kaupstaður S. - Þingeyjarsýsla		2. Hreppur Skútustaðahreppur	
3. Staður Krafla		4. Hóla nr. KJ-9	
5. Dýpi. m	6. Fóðringar. m. þv.	7. Bortími	

8. Ástand holu fyrir aðgerð

9. Verkkaupi Rarik		10. Tilgangur Losna við fiskitæki	
11. Mælitæki R-50402	12. Dagset. 2. okt. '82	13. Mælingamenn H.T. + H.S.	
14. Núllpunktur á dýpi Rotary á Jätni	15. Skotstaður 1080 m	16. Fjöldi skota	

17. Lýsing á sprengju

18. Ath.  
Snúningur: 3,5  
Tog: 15 þús. lbs. umfram eigin þunga  
Hrökk í sundur neðst á "collum"  
Neðsti "collum" sprunginn

Á miðnætti var dýpið orðið 1084,3 m og höfðu þá verið muldir 5 m. Aðeins járnsvarf og kalsítútfellingar höfðu borist upp með skolvatni þegar dýpið var orðið 1082 m, en þá fór að koma upp steypa. Þetta er nákvæmlega dýpið, þar sem vinnslufóðring endar (mynd 9).

**Þriðjudagur 5. október:**

Haldið var áfram að mylja fram að hádegi og var dýpið þá orðið 1086,2 m. Meðan á mulningi stóð var stansað rétt eftir miðnætti og hnallur hífður upp. Féll þá undir hann allt að 2-5 m af mulningi, sem mylja þurfti burt á ný.

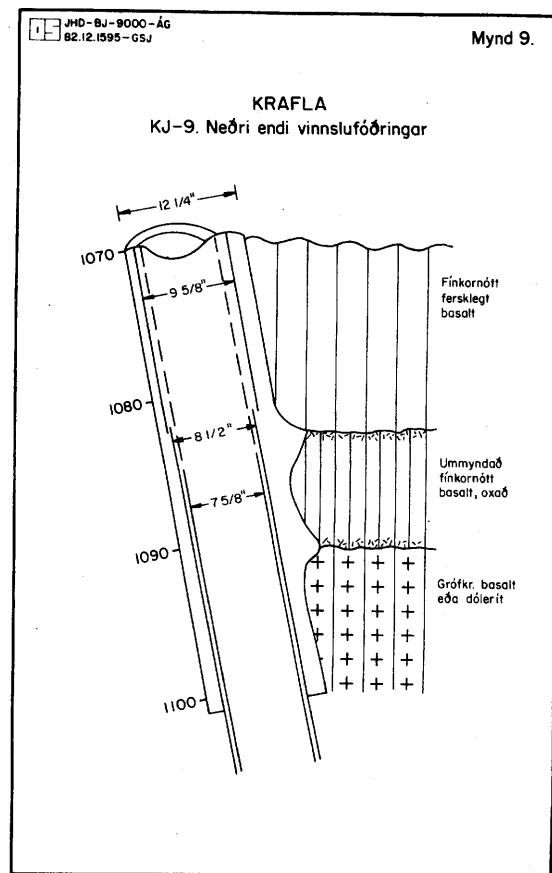
Skoltap var mælt á undan hallamælingum og var lekinn aðeins 3-4 l/s. Hallamælt var og reyndist halli 22,5° í 1083 m og 23,5° í 1073 m. Byrjað var að taka upp kl 14:30 að loknum hallamælingum. Meðan á mulningi stóð kom járnsvarf, útfellingar (kalsít), steypa og fersklegt basalt (Ásgrímur Guðmundsson 1979) upp með skolvatni. Ekkert efni fannst sem komið gæti verið úr holuveggjum.

29 Annar hnallur var útbúinn og settur niður, enda var sá er hafði verið notaður áður, orðinn nánast eins og skæni þegar upp kom. Hnallurinn var kominn niður og byrjaður að mylja rétt fyrir miðnætti.

**Miðvikudagur 6. október:** Haldið var áfram að mylja fram til klukkan 20:00, en þá var dýpið 1095,5 m, og var hnallurinn farinn að narta í holuveggina samkvæmt því svarfi sem kom upp með skolvatninu. Hnallurinn var tekinn upp þá um kvöldið og var hann mjög slitinn á neðri brún, og einnig var far upp í hann miðjan.

**Fimmtudagur 7. október:**

30 Enn einu sinni var hnallur settur niður til að mylja.



Settar voru stýringar ofan við aðra og þriðju álagsstöng í þeim tilgangi að sveigja væntanlega holu nær lóðlínu heldur en hola 9 reyndist stefna. Byrjað var að mylja kl 02:30 í rétt rúmum 1085 m. Festur voru af og til niður í 1090 m dýpi. Hnallinum var því rennt nokkrum sinnum upp og niður til þess að rýma, þ.e.a.s. ryðja úr vegi þeim hindrunum, sem voru frá 1085 m niður í 1090 m. Því næst var haldið áfram að mylja og á miðnætti var dýpið tæpir 1100 m.

Föstudagur 8. október: Rétt upp úr miðnætti var hætt að mylja og holan skoluð í um það bil 2 tíma. Síðan var hallamælt á eftirfarandi dýpi:

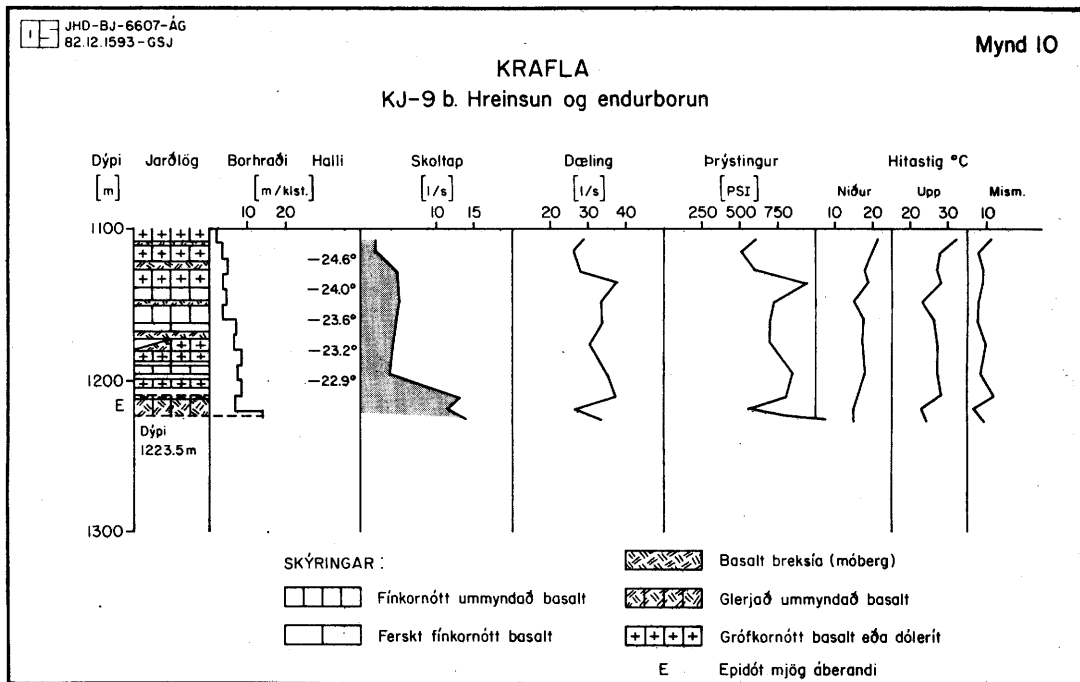
Dýpi	Halli
1095 m	25,7°
1085 m	23,7°
1075 m	24,0°

Efasemdir voru um áreiðanleika fyrstu mælingar og talið að mælirinn hafi sest ofan á krónu. Þess vegna var hún endurtekin og sýndi þá í 1095 m 24,5°. Að því loknu var borstrengurinn tekinn upp og kom þá í ljós, að boxið á þriðju álagsstöng ofan frá var sprungið og náði sprungan yfir 3/4 af ummálinu. Gengjur voru laskaðar á fjórðu álagsstöng. Hnallurinn var gjörslitinn og ekkert karbit að sjá á honum.

31 Nú var sett niður í fyrsta skipti króna til að bora með nýja holu út úr þeirri gömlu eða réttara sagt að halda áfram þar sem frá var horfið með síðasta hnalli. Sett var niður ný 216 mm (8 1/2") króna af gerðinni HPSM. Á miðnætti var dýpið orðið 1120 m og var borað með 5-7 þúsund punda álagi. Hallamælt var í 1105 m og var hallinn þar 23,8°.

Laugardagur 9. október: Borun var haldið áfram og þennan sólarhring voru boraðir í allt 85,5 m á 18 1/2 klst niður í 1205 m dýpi, sem þýddi, að meðalborhraði var 4,6 m/klst. Á miðnætti, þegar dýpið var 1120 m, var álag aukið í 12-15 þúsund pund og frá 1155 m í 1205 m var notað um 20 þúsund punda álag. Botnfall jókst eftir því sem leið á borunina og var 1,5 m á 1147,5 m dýpi eftir 10 mínútna bið, en 6 m á 1190 m dýpi eftir stundarfjórðungs bið. Skoltap var um 5 l/s eins og sýnt er á mynd 10. Hallamælt var á eftirfarandi stöðum:

Dýpi	Halli
1120 m	24,3°
1140 m	24,0°
1160 m	23,6°



Sunnudagur 10. október: Borað var frá 1205 m niður í 1223,5 m. Álag var mjög breytilegt vegna snúningstregðu og festa. Hallamælt var á tveimur stöðum:

Dýpi	Halli
1180 m	23,2°
1200 m	23,0°

Botnfall jókst enn og undir lokin voru 13 m af sandi í holunni. Bilun á vél 3 olli því að borinn varð aflvana um stundarsakir og aðeins ein vél nothæf til að keyra hann áfram. Þá var steypudælan tengd við til að auka við skolun. Heildartap í holunni jókst um tæpa 10 l/s á um 1210 m dýpi og torveldaði það einnig skolun á svarfi upp. Í skolunaraðgerðum stíflaðist krónan að hluta þannig að taka þurfti upp úr holunni. Þegar krónan var komin upp sást að ein þrengingin (jet) hafði stíflast. Á mynd 10 eru sýndir

eftirfarandi þættir: Einfaldað jarðlagasnið, borhraði, halli, skoltap, dæling, þrýstingur á dælum, hitastig niður og upp holuna og að síðustu hitamismunur.

32 Sett var niður á ný til að halda áfram borun. Þær breytingar voru gerðar á borstreng, að stýringarnar voru teknar út og ný króna af sömu gerð og áður var sett niður, en þrengingar (jet) voru teknar úr til að opna betur vatnsganginn. Í niðursetningu var fyrirstaða í 1088 m og þurfti að setja snúning á til að bora hana út.

Mánudagur 11. október: Haldið var áfram að bora með krónu niður í 1107 m og var talið að hún færi að rýma eða jafnvel byrjuð að bora nýja holu. Síðari möguleikinn var talinn líklegri þar sem steypa og járnsvarf voru mjög áberandi í þeim svarfsýnum, sem tekin voru. Krónan virtist þola lítið álag og stöðvaðist í snúningi ef reynt var að auka við það. Því var ákveðið að taka upp og athuga málið. Krónan reyndist gjörónýt, öll hjól farin af og hún nánast berstrípuð þegar upp var komið.

33 Nú var hnallur valinn og settur niður, og stýring sett á milli annarar og þriðju álagsstangar. Honum var ætlað að mylja járnaruslið sem var á holubotni. Byrjað var að mylja kl 16:30 á 1104 m dýpi. Þar sem frekar hægt gekk að mylja var mölun hætt á milli kl 18:30 og 20:30 og beðið eftir ákvörðun um framhald. Ákveðið var að halda áfram á sömu braut og var dýpið 1110 m á miðnætti. Skoltap hafði minnkað á ný niður í 4-5 l/s og því þótti líklegt að hola 9b væri lokuð.

Þriðjudagur 12. október: Fljótlega eftir miðnætti var mulningi hætt og tekið upp.

34 Sett var niður eins metra stangarbrot með kónískum enda neðst á borstreng og var ætlunin að kanna hversu djúpt væri hægt að fara og ef hola KJ-9b væri lokuð þá fengist vitneskja um það hvar það væri. Fyrirstaða var í 1124,5 m dýpi og þótti því endanlega ljóst að hola væri lokuð á þessu dýpi. Eftir þessa athugun var tekið upp.

35 Ásoðinn karbíthnallur var næst settur niður og var ákveðið að bora samkvæmt áætlun Dave Dimitts, sem lýst er í 2. kafla hér að framan. Hnallurinn var látinn snúast álagslaust fyrsta klukkutímann á 1085 m dýpi, síðan var lagt á 1 þúsund pund og borað þannig fram að miðnætti. Skol var haft mjög lítið þannig að svarf kom ekki upp.

Miðvikudagur 13. október: Mulningi með litlu álagi var haldið áfram fram til klukkan 14:30 og var dýpið þá 1100 m. Síðan var hallamælt og reyndist halli vera  $24,3^\circ$  í 1075 m. Því næst var tekið upp.

36 Enn á ný var settur niður ásoðinn karbithnallur og byrjað að bora með honum í 1100 m kl 18:40. Á miðnætti var dýpi 1101 m.

Fimmtudagur 14. október: Haldið var áfram að hjakka niður með hnallinum og um 8 leytið um morguninn var dýpið rétt rúmir 1102 m. Þótti þetta alltof líttill gangur og því hallamælt í 1100 m en þar reyndist hallinn  $23,6^\circ$ . Síðan var tekið upp.

37 Nú var sett niður hjólakróna af gerðinni OWJ-J og er hún ætluð í meðalhart berg (medium hard rock-formation). Hún er ekki með karbitum og endingartími talinn einn til tveir sólarhringar. Um kl 15 var hún komið niður í 1087 m og látin snúast þar álagslaust til að byrja með skv. áætlun D. Dimitts. Á miðnætti var dýpið tæpir 1091 m.

Föstudagur 15. október: Sömu áætlun var haldið áfram. Slakað var niður 50 sm að jafnaði á klukkustund. KL 13:45 þegar dýpið var 1097,5 m brotnaði stöng og reyndist brotið vera á miðjum 19. standi, þ.e. á 520-530 m dýpi.

38 Settur var niður dór til að fiska það sem niðri var. Gekk vel að festa í og var búið að taka upp eftir rúma 2 tíma. Litlar skemmdir virtust vera á krónunni þrátt fyrir nokkurra metra fall, en samt þótti ekki annað ráðlegt en að setja nýja krónu niður.

39 Sett var niður ný króna af gerðinni S 31 G, sem er karbitlaus tannhjólakróna með smurðum legum og er ætluð í frekar hart berg. Samkvæmt IADC-staðli fyrir borkrónur er þessi króna ætluð í linari hlutann af "hard formation". Krónan var komin niður og byrjuð að snúast kl 21:30. Haldið var áfram þar sem frá var horfið og var dýpið á miðnætti 1101 m.

Laugardagur 16. október: Haldið var áfram við að rýma far út úr aðalholunni til þess að geta borað þar nýja holu. Þeim aðgerðum var lokið um 5 leytið um morguninn og var dýpið þá 1103 m. Eiginleg borun eins og það er nefnt byrjaði í 1103 m og var álag haft 2-6 þúsund pund fyrstu 2 metrana, en síðan aukið í 6-10 þúsund pund. Á miðnætti var dýpið 1120 m.



**Sunnudagur 17. október:** Hætt var að bora strax uppúr miðnætti og holan skoluð í u.p.b. 30 mínútur, en síðan hallamælt á tveimur stöðum:

Dýpi	Halli
1085 m	23,5°
1117 m	23,2°

Síðan var borun haldið áfram. Álag var 8-13 þúsund pund niður í 1149 m, en þá var það aukið í 18-20 þúsund pund. Á miðnætti var dýpið 1167 m og höfðu því verið boraðir 47 m yfir sólarhringinn. Virkur bortími var um 21 klst., sem þýðir að meðalborhraði var 2,2 m/klst. yfir sólarhringinn. Hallamælt var í 1140 m og var hallinn þar 22°.

**Mánudagur 18. október:** Borun var haldið áfram til klukkan rúmlega 2, en þá stöðvað (dýpi var 1175 m) til að hallamæla. Halli reyndist vera 21,0 í 1160 m. Þegar bæta átti í stöng gekk það engan veginn. Botnfall var því mælt eftir 15 mín. hlé á skolun og reyndust 16 m af sandi vera í holunni. Holan var skoluð fram til kl 9 um morguninn, en þá var ákveðið að blanda gel og reyna að skola botnfallinu upp með því. Geltappa var dælt niður laust eftir hádegi og bar árangur. Þar sem aðeins 2 m af sandi urðu eftir á botni. Byrjað var að bora á ný kl 15:30. Á miðnætti var dýpið 1194 m og var botnfall þá mælt og voru 7 m af sandi á botni eftir 10 mínútna bið.

**Þriðjudagur 19. október:** Borun var haldið áfram, en stöðvuð í 1203 m og botnfall mælt eftir að skolað hafði verið í 30 mínútur. Á holubotni voru 9,5 m af sandi og því sett niður gelblanda til að skola sandinum upp. Það tókst með ágætum og var aðeins 0,5 m af sandi á botni að aðgerð lokinni. Þá var hallamælt í 1190 m og var hallinn þar 20,2°. Byrjað var að bora á ný kl. rúmlega 10 um morguninn eftir fjögurra stunda hlé. Stöngin var boruð niður (dýpi 1222,5 m), en ekki gekk að bæta í stöng og leit út fyrir að hrúnið hefði að borstreng. Skolað var í 15 mínútur og síðan bætt í stöng. Gróft hrún var í holubotni sem þurfti að mala og einnig var geli dælt niður til að hreinsa holuna. Upp úr kvöldmat var ákveðið að taka upp, þar sem komið var fram yfir uppgefinn endingartíma á borkrónu.

40 Sett var niður ný króna af gerðinni HPMH, sem er númer 6.3.7 skv. IADC staðli, og er gerð fyrir harðari hlutann af "medium formation".

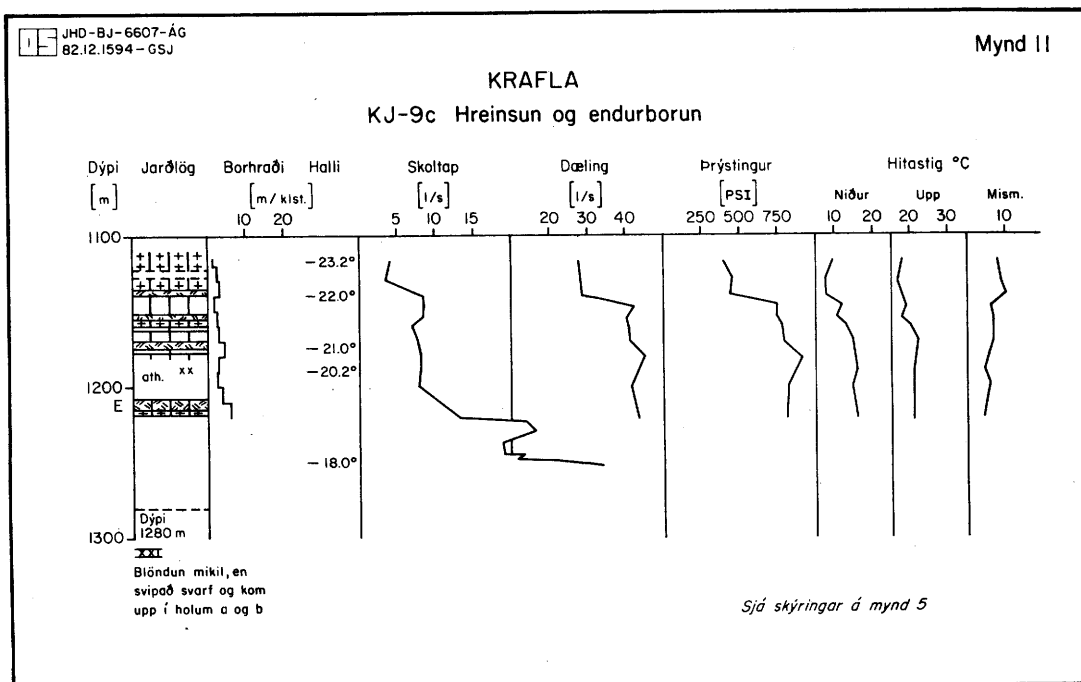
**Miðvikudagur 20. október:** Lokið var við að setja niður um kl 2 og var þá skarkað í hruninu á botni. Nokkrum sinnum var borað í gegnum það og aðeins nartað í botninn. Þess á milli var skolað ýmist með vatni eða geli. Erfiðlega gekk að skola upp þar sem skoltap var komið yfir 20 l/s, auk þess hrundi öðru hvoru að krónu og þurfti að mala hrundið. Í þessum aðgerðum dýpkaði holan um 6 m, þ.e. dýpið var um 1228 m þegar samfelld borun hófst á ný. Frá kl 16 fram að miðnætti var borað niður í 1239 m án mikilla vandræða. Botnfall var á bilinu 4-7 m og álag fór ekki upp fyrir 5 þúsund pund. Lítið sem ekkert kom upp af svarfi enda var dæling höfð í lágmarki til þess að hægt væri að mala hrun og annað svarf eins fínt og mögulegt væri. Á þann hátt var hægt að skola því út í æðar fyrst það vildi ekki upp úr holunni.

**Fimmtudagur 21. október:** Þegar bæta átti í stöng skömmu eftir miðnætti, var 9 m botnfall og var því blandað gel til að reyna að skola sem mestu af sandinum upp. Lítið kom upp og botnfallið hafði minnkað um u.þ.b. 2 metra. Borun var síðan haldið áfram. Hún gekk hægt fyrir sig þar sem ekki þótti ráðlegt að nota mikið álag, en það var um 5 þús. pund. Um kl 19 var komið niður í 1251 m. Botnfall jókst smám saman, þrátt fyrir að reynt væri að mylja svarfið eins fínt og mögulegt væri, og var það komið í 11-12 m þegar boraðir höfðu verið 1251 m. Fram að miðnætti var unnið við að blanda gel í allt karið.

**Föstudagur 22. október:** Skömmu eftir miðnætti var "gelinu" dælt niður. Þrátt fyrir að lítill sandur kæmi upp með því, minnkaði botnfallið um 3-4 m (eða í 8-9 m). Líklega hefur gelið leitað út í æðarnar að hluta til með eitthvað af borsvarfi með sér. Borun hófst á ný um kl 4 með litlu álagi sem áður. Borað var niður í 1270 m án verulegra hléa. Þegar taka átti upp til að bæta í stöng, var allt fast. Á svipuðum tíma gaf sig olfukælir í vél 1. Af þessum sökum var ekki hægt að taka neitt á borstrengnum. Vatnsgangurinn hafði ekki stíflast þannig að útlitið var engan veginn svart. Búið var að gera við vélinu um kl 22 og skömmu síðar var borstrengur losaður án verulegra átaka og boraður var einn metri til viðbótar fyrir miðnætti. Þegar dýpið var 1255 m varð öðru hvoru vart við þrýstifall upp á 100-150 pund auk þess sem þyngdist í snúningi á sama tíma, sem benti til þess að hrundið hafi að krónu eða stangarlengju. Festur voru tíðar, en engar alvarlegar. Mjög líklegt verður að teljast að bergið hafi verið

sprungið og við hvert þrýstifall hafi sprunga (æð) opnast inn í holuna. Um kl 13, í 1258 m dýpi, var dælt 50 l/s í 30 mín. án þess að nokkuð kæmi upp. Ennfremur var botnfall ekki meira en 4-5 m, sem benti til þess að svarfið ætti greiðari leið út í æðar.

**Laugardagur 23. október:** Borað var niður í 1280 m og því lokið kl 2. Það var jafnframt endanlegt dýpi. Holan var skoluð næsta klukkutímann með 47 l/s án þess að nokkuð kæmi upp. Þá var stöðvað og botnfall mælt 9,5 m eftir 15 mínútna hlé. Næst var hallamælt í 1250 m og var hallinn þar 18. Fram að vaktaskiptum um morguninn var reynt að eyða botnfallinu og voru aðeins 3,5 m í holunni þegar byrjað var að taka upp um kl 8 um morguninn. Upptekt gekk vel fyrir sig og voru 37 standar settir í mastur, en þá átti að nota síðar við niðursetningu á leiðara. Álagsstangir og nokkrar borstangir voru settar út á rekka. Undirbúningur fyrir fóðringu hófst skömmu eftir hádegi. Þær upplýsingar sem fengust um þessa holu sem nefnd er KJ-9c eru sýndar á mynd ll. Þar eru sýnd jarðlög niður í 1210 m, en eftir það kom lítið sem ekkert svarf upp, borhraði, skoltap, dæling og hitastig niður og upp. Vegna ýmissa tafa og truflana vantar mikið af upplýsingum neðan 1200 m dýpis.



Sunnudagur 24. október: Utanádæling var höfð á um nóttina, þar sem aðeins ein vakt var eftir á Jötni þegar hér var komið sögu.

41 Byrjað var að skrúfa saman leiðara og setja niður um morguninn. Ákveðið var að hengja leiðara þannig, að neðri endi hans væri 20 m frá botni. Þegar leiðara var slakað niður gekk hengistykkið ekki niður fyrir skemmd í fólurröri í 175 m (sjá mynd 4) og var ekki um annað að ræða en að taka upp aftur.

Mánudagur 25. október: Dælt var á holuna yfir nóttina.

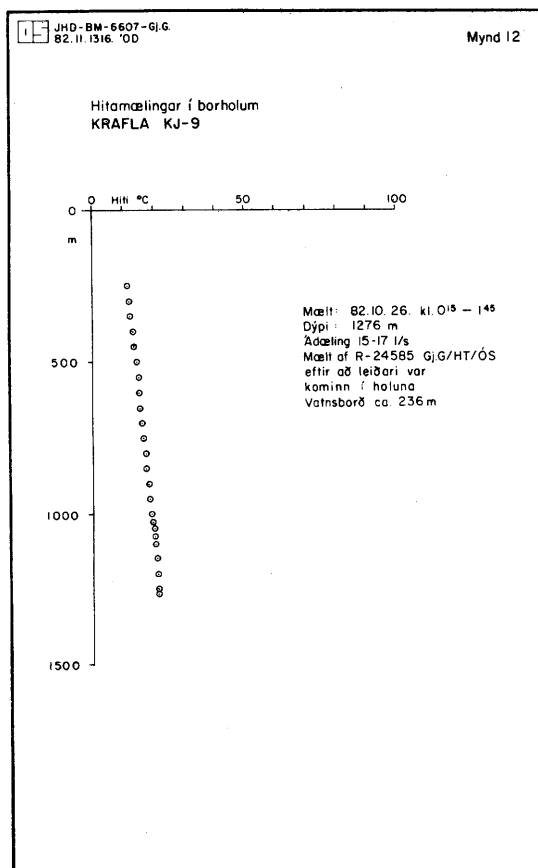
42 Leiðari var settur niður í annað skipti, en ekki vildi hann fara niður þrátt fyrir betrubætur á hengistykki. Var þá tekin ákvörðun um að taka hann upp og falla frá því að hengja hann og láta hann þess í stað standa á botni. Útbúin var sleppimúffa á efsta rör.

43 Leiðara var slakað niður í þriðja sinn og fór hann nú alla leið niður og stangarlengjan var losuð frá kl rúmlega 23. Stendur leiðarinn á sandi, en 5,5 m voru fyrir í holunni. Ef dýpi holu er miðað við kraga (flangs) þá nær leiðari frá 1056,5 m niður á rúma 1267 m. Efstu fjögur rörin (rúmir 36 metrar) eru óraufuð.

Þriðjudagur 26. október:

Tvær vaktir voru nú til staðar, þannig að vinnu var haldið áfram frá miðnætti. Hitamælt var í gegnum stangir og niður í botn og er hitaferillinn sýndur á mynd 12. Mælingin sýndi svo ekki var um að villast að æðar eru til staðar alveg niður að botni. Um nóttina voru lagðar út stangir á rekka nema þar sem nota þurfti við prepadælingu. Milli kl 8 og 9 hófst prepadæling og var lokið um hádegisbilið. Henni er lýst frekar hér fyrir aftan.

Segja má, að með þriðjudeginum sé borunar-

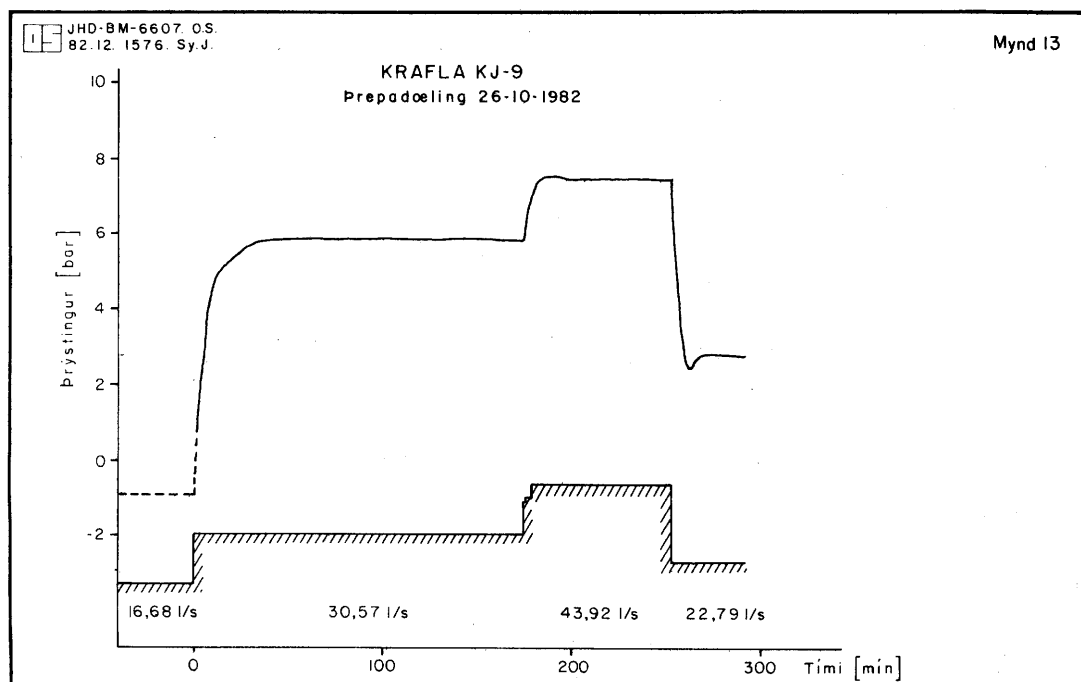


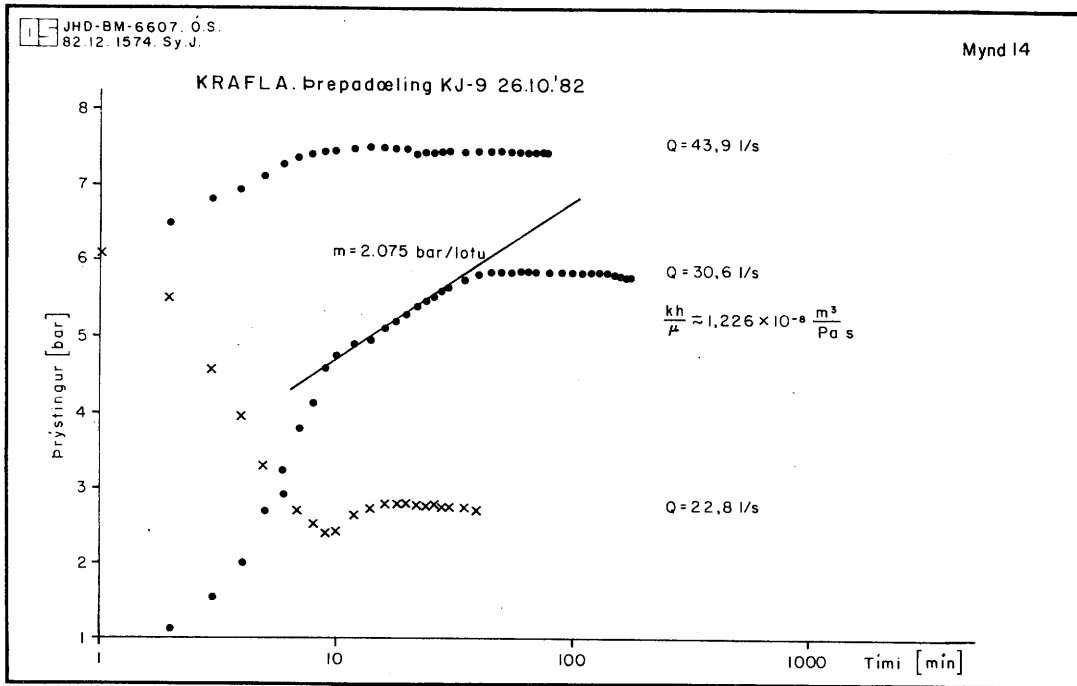
aðgerðum lokið við holuna. Daginn eftir var lokið við að taka upp og lagt út á rekka og snjór hreinsaður af bortæki, plani og vegum.

Á fimmtudeginum 28. október var allt gert klárt til að fella mastur.

#### 4 PREPADÆLING

Hola KJ-9 var þrepaðæld 26. október 1982, skömmu eftir að raufaðri fððringu hafði verið komið fyrir í holunni, en fððruninni er lýst í kafla 3 hér að framan. Aður en þrepaðæling hófst hafði verið dælt á holuna 16,7 l/s frá því kl 11:45 þann 25. október (eða 21,3 tíma). Klukkan rúmlega eitt þann 26. okt. var vatnsborð í holunni áætlað á 235 m dýpi út frá hitamælingu. Vatnsborð fannst ekki með tiltækum vatnsborðsmæli eða þrýstiskynjara sem fóru niður á 225 m dýpi við byrjun dæluprófunar um kl 9 að morgni 26. októbers. Vegna þessa varð að halda dælingu yfir 20 l/s til að þrýstiskynjari næði niður fyrir vatnsborð. Við dæluprófunina var dælingu því breytt í þrepunum 16,7 - 30,6 - 43,9 - 22,8 l/s og eru þau ásamt þrýstingsbreytingum á 225 m dýpi sýnd á mynd 13. Hvert þrep fyrir sig er svo teiknað á mynd 14. Af myndum 13 og 14 sést að verulegar truflanir eru í mælingunni. Fyrri hluti hvers þreps er verulega truflaður af holurýmddinni en seinni hluti þess af einhvers konar samspili borholu og jarðhitakerfisins. Hugsanlegt er að opnun holunnar vegna kælingaráhrifa sé enn í gangi þegar þrepaðælingin var gerð.





Erfitt er að meta vatnsleiðnina út frá dæluþrófuninni vegna einkennilegrar hegðunar holunnar við dælingunni auk annarra truflana. Fyrir þessa þrófun var vatnsleiðnin metin sem

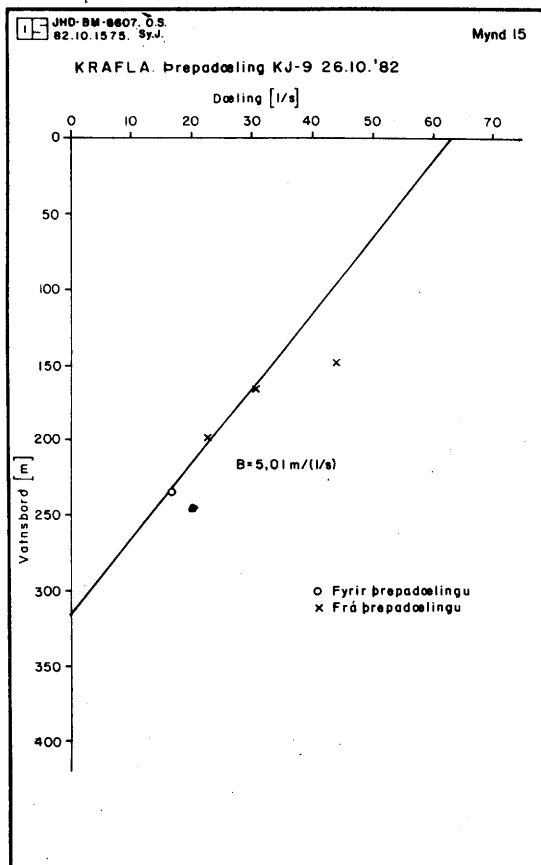
$$\frac{kh}{\mu} = 1,226 \cdot 10^{-8} \text{ m}^3/\text{Pa} \cdot \text{s}$$

Þetta er um 2 til 3 sinnum lægra gildi en fékkst fyrir holuna fyrst eftir að hún hafði verið dýpkuð í þetta vinnsludýpi.

A mynd 15 er hæsta vatnsborðsstaða í holunni sýnd fyrir hvert dæluþrep. Út frá því má áætla b-stuðulinn fyrir jarðhitakerfið sem

$$b = 5,01 \text{ m/(l/s)}.$$

Til að bera þessar tvær stærðir saman má nota reynslusamband þeirra við rennsli með 2700 kJ/kg varmainnihaldi (Valgarður



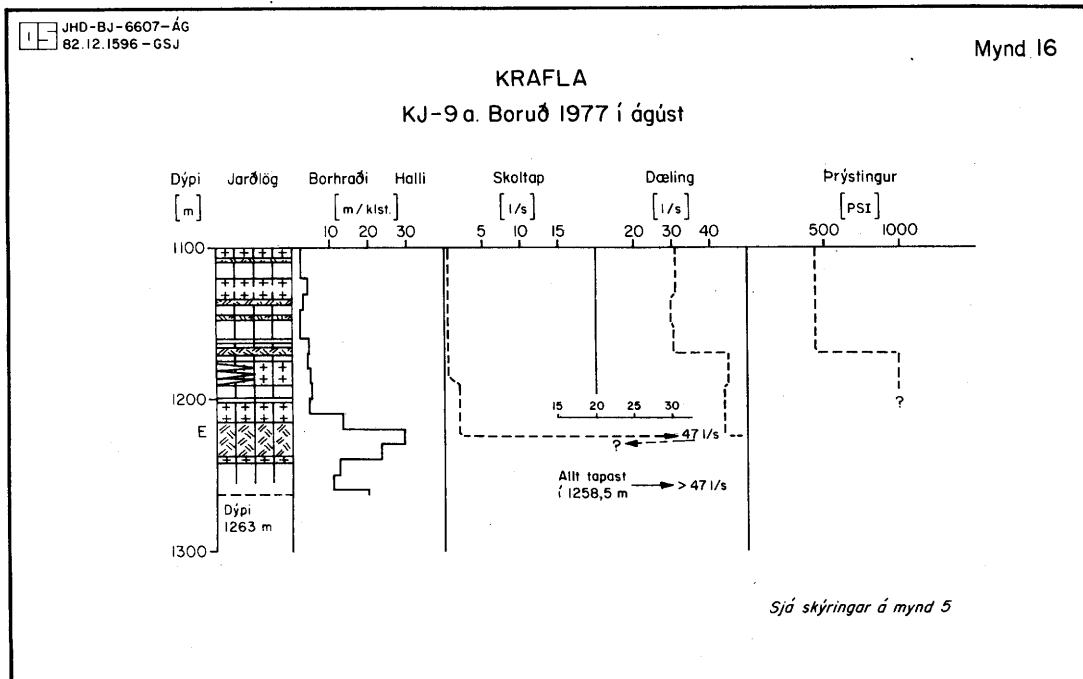
Stefánsson o.fl. 1982). Samkvæmt vatnsleiðninni fæst  $Q_{2700} = 3,7$  kg/s en samkvæmt B-stuðlinum er  $Q_{2700} = 3,2$  kg/s. Mismunurinn milli þessara tveggja  $Q$ -gilda verður að teljast hér innan skekkjumarka. Þessi samanburður styrkir því ofangreint mat fyrir vatnsleiðnina.



## 5 JARÐLÖG OG VATNSÆÐAR

Fylgst var með hreinsun og endurborun holu KJ-9 á sama hátt og gert er þegar holur eru í borun á Kröflusvæðinu. Verkið gekk nokkuð á annan veg en gert var ráð fyrir í fyrstu eins og getið er um hér á undan. Á mynd 9 (bls. 19) er sýndur kaflinn þar sem borað var út úr holunni, eins og talið er að hann hafi litið út áður en aðgerðir hófust. Mikið rask átti sér síðan stað neðan við vinnslufóðringu og niður í 1100 m. Meginhluti tímans fór í að hreinsa og mylja burt leifar úr leiðara á þessu dýpi og er frá því sagt í kafla 3. Afraksturinn var tvær hliðarholur, sem nefndar voru KJ-9b og KJ-9c, og eru þær sýndar á myndum 10 og 11 (bls. 21 og 26). Að lokinni borun á KJ-9c var litið svo á að aðgerðin hefði heppnast eins og til var ætlast.

Í ágúst 1977 var vinnslufóðring (9 5/8") sett niður í KJ-9 og steypt. Síðan var holan dýpkuð niður í 1263 m (mynd 16).



Í svarfgræiningunni var merkilegast að sjá öðru hvoru tiltölulega þunna fersklega basaltganga neðan 1150 m dýpis og niður undir botn. Ennfremur varð mikil breyting þegar komið var niður í 1220 m. Þar var bergið mjög breksfulegt og útfellingaríkt. Epidót var þar mjög áberandi, en sú steind er talin myndast við ekki lægri hita en 230°C. Líklegt þótti að þar sem steindin var mjög áberandi við sprunguna, væri hitastigið á vatninu ofan við 230°C og þar af leiðandi ekki um að ræða "efra kerfis" vatn. Í 1226 m varð fyrsta stóra skoltapið eins og sýnt er á mynd 16 og töpuðust 47 l/s í u.þ.b. 5 mín., en síðan minnkaði tapið niður í á að giska 20-30 l/s (ekki vitað nákvæmlega). Útfellingaríka breksfan teygði sig niður í tæpa 1240 m, en þar er borað niður í dólerít og síðan þétt basaltlög. Hvorutveggja má telja til innskota, en í tæpum 1260 m verður aftur mikil breyting, þ.e. borhraði eykst á svipaðan hátt og þegar borað var niður í breksfuna í 1220 m. Ekki er vitað hvað þar er, þar sem algjört skoltap varð í 1257 m og ekkert kom upp eftir það. Á þeim tíma var talið að æðar í 1226 m hafi opnast betur og aðallega fætt holuna, en minni háttar æðar væru þar neðan við. Nákvæm jarðlagasnið af allri holunni og lýsingar á svarfi eru birt í skýrslu Hrefnu Kristmannsdóttur o.fl. 1977.

Frá því að holan var dýpkuð 1977 og fram að endurborun 1982, hefur hún verið hreinsuð fimm sinnum eins og getið er um í inngangi. Á mynd 1 (bls. 8) eru sýndar útfellingaprengingarnar samkvæmt lýsingum í borskýrslum. Mynd 2 (bls.8) sýnir aftur á móti mylsnuna sem féll niður á botn meðan á hreinsunum stóð og hvernig skoltap breytist við að hreinsa hana í burtu. Þessar upplýsingar eru einnig byggðar á borskýrslum. Ef mynd 2 er skoðuð kemur fram ákveðin vísbending um að aðalskoltapið sé neðan við 1250 m. Það er í samræmi við þær breytingar sem urðu á skoli, þegar holan var dýpkuð 1977 (mynd 16).

Eftir að búið var að bora holur KJ-13 og KJ-15 virtist allt benda til þess að æðarnar, sem fæða KJ-9 væru tengdar mjög þröngri rás. Síðar bættust við niðurstöður halla- og stefnumælinga í holunni (mynd 3, bls. 9) og vörpuðu þær alveg nýju ljósi á málið. Nú er tiltölulega einfalt að tengja æðarnar við sprungu, sem sást á yfirborði vestan við holur KG-12 og KW-1 með stefnu á holu KG-3. Halli sprungunnar er samkvæmt því 3-5° til suðvesturs eða vesturs. Við endurborun KJ-9 var gengið út frá þessu líkani og má segja að það hafi staðist.

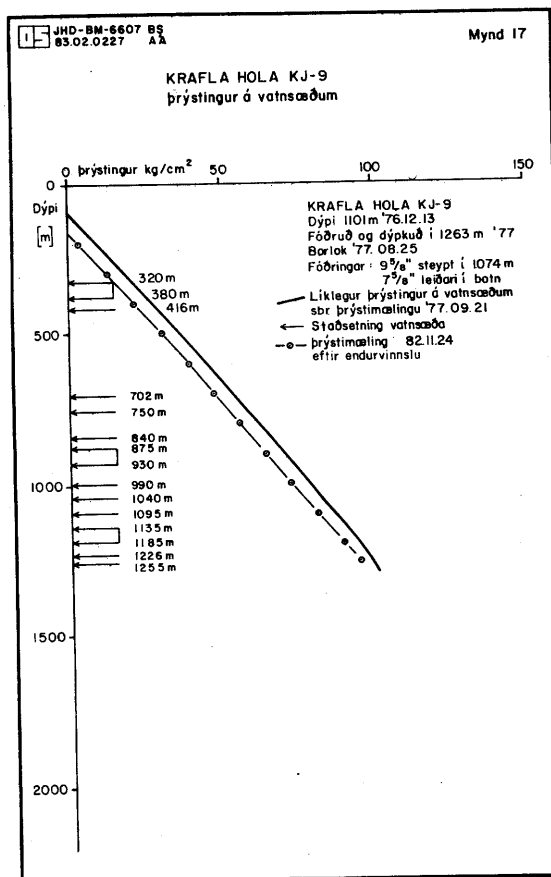
Jarðlög í KJ-9b eru eins og búast mátti við skv. KJ-9a, en útfellingabreksfan var skorin þar allt að 10 m ofar. Gert hafði verið ráð fyrir að skera sprunguna neðar. Þrátt fyrir það er ekki óeðlilegt að lenda inn í sprungunni aðeins ofar, ef litið er á afstöðu holunnar og sprungunnar (mynd 3). Ef borinn leitast aðeins til hægri (vesturs) þá lendir hann ofar í sprungunni, þar sem hún er skorin undir það litlu horni. Ekki er hægt að gera beinan samanburð á borhraða milli hola, þar sem öllu minna álagi var beitt í KJ-9b. Í holu KJ-9b var skoltap komið í 5 l/s á 1110 m og hélst í 4-5 l/s þar til komið var niður fyrir 1200 m, en þar fór það upp í 13 l/s. Líklega stafar 5 l/s lekinn af tengslum milli KJ-9a og KJ-9b, en aukningin neðan við 1200 m er tengd sprungunni. Sömu skýringar eru haldbærar fyrir KJ-9c. Breksfukaflinn í KJ-9c er skorinn í tæpum 1210 m, þ.e. ofar en í hinum holunum. Breytingar á skoli eru í fullu samræmi við þær breytingar sem urðu í KJ-9a, en tengsl milli holanna áður en komið er niður í sprunguna skýra lekann frá 1100 m niður í rúma 1200 m. Svarfgreining úr holu KJ-9c var mjög erfið vegna innbyrðis blöndunar svarfsins, en ekkert af því sem kom upp var frábrugðið því, sem búist var við. Neðan við 1220 m kom ekkert svarf upp, sem nothæft var við gerð jarðlagasniðs. Eftir þrýstingsbreytingum á dælum að dæma, sem getið er í lýsingu á gangi borverksins síðustu metrana voru öðru hvoru að opnast nýjar æðar neðan við 1255 m (þrýstifall sást öðru hvoru). Engar aðrar vísbendingar eru um það að borað hafi verið í gegnum sprungukaflann. Líklegt má telja að um margar smásprungur sé að ræða, en ekki eina ákveðna. Hitamæling (mynd 12, bls. 27), sem gerð var eftir að fódoring var sett niður í lok verksins, benti til þess að æðar væru til staðar alveg niður að botni holunnar. Allt frá því að borað var inn í sprungusvæðið, var talsvert hrun í holunni á sprungusvæðinu og eftir því sem dýpra var farið jókst hættan á að festa borinn. Skoltap var komið vel yfir 50 l/s í lokin og upphaflegu takmarki því náð. Þar af leiðandi var ástæðulaust að taka frekari áhættu og borun því hætt.

## 6 VATNSÆÐAR, ÞRÝSTINGUR OG BERGHITI

Á mynd 17 eru sýndar niðurstöður þrýstimælinga í holu KJ-9 og staðsetning vatnsæða. Æðarnar í efri hluta holunnar eru fðör-aðar af með vinnslu-fðöringu, og því ekki nýttar, enda hitastig þeirra um 210°C. Verður ekki fjallað frekar um þessar æðar hér. Neðan fðöringardýpis taka við nokkrar smáar efrakerfis-æðar, en tver dýpstu æð-arnar eru neðrakerfisæðar.

Hitastig djúpu æðanna tveggja mældist um 290°C í upphitun eftir dýpkun holunnar haustið 1977, en lækkaði í 250-260°C strax og holan fór að blása. Hefur þessi kæling á æð-unum verið túlkuð á þann veg, að þær væru tengdar lóðréttum sprungum, og vinnsla úr æðunum dragi efrakerfisvatn niður sprungurnar, og blandist það innstreyminu í holuna.

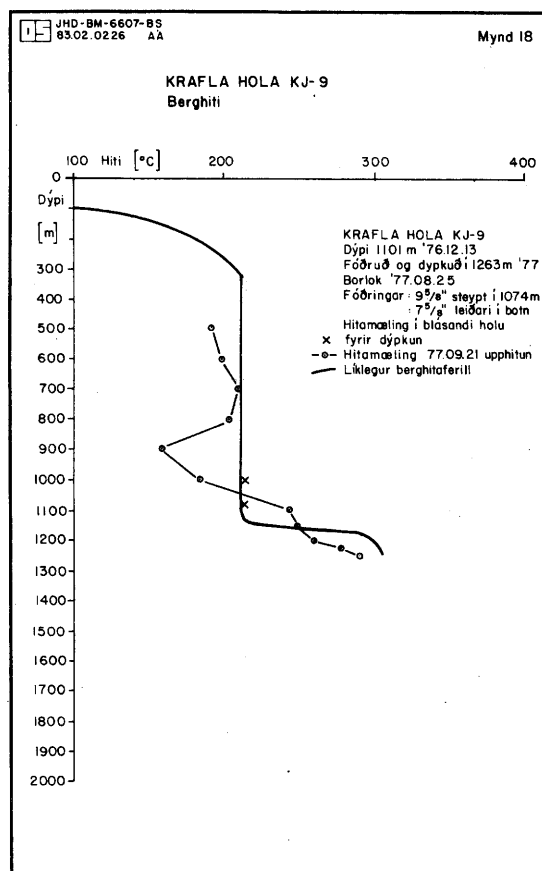
Eins og komið hefur fram áður var tilgangur endurborunar KJ-9 haustið 1982 og borun nýs vinnsluhluta neðan 1080 m dýpis m.a. sá að skera sprungurnar dýpra til að draga úr blöndun við efrakerfis vatn. Ekki tókst að ná þessu marki. Æðarnar komu fram á mjög svipuðu dýpi í holu 9c eins og fyrstu holunni þ.e. 9a. Hitamælingar í holunni eftir endurborun benda til að æðar á 1090-1200 m dýpi séu opnari í nýju holunni en þeirri gömlu (Halldór Ármannsson o.fl. 1982). Líklegt má telja, að meiri lekt á þessu dýptarbili sé tilkomin vegna skammhlaups í gegnum holur a, b og c niður í dýpri æðar, en lágt varmáinnihald eftir að



holan fór að blása bendir til að samband holunnar við efrakerfið sé í raun betra nú en fyrir endurborun.

A mynd 17 kemur fram hver þrýstingur var í kerfinu áður en vinnsla hófst úr holunni haustið 1977, og einnig er sýndur til samanburðar mældur þrýstingur eftir endurborun haustið 1982. Mismunur á niðurdrætti við djúpu æðarnar mælist um 5 bar milli þessara mælinga, en tekið skal fram, að á meðan á endurborun stóð var stöðugt dælt á holuna, og er niðurdráttur vegna blásturs holunnar í fimm ár því væntanlega nokkru meiri en mælingarnar sýna.

A mynd 18 er sýndur berghitaferill holu KJ-9. Ferillinn sem er dæmigerður fyrir holur á Leirbotnasvæðinu, sýnir að efrakerfishiti við KJ-9 er um 210°C. Einnig kemur fram að holan nær aðeins efst í neðra kerfið.



## 7 BLÁSTURSSAGA

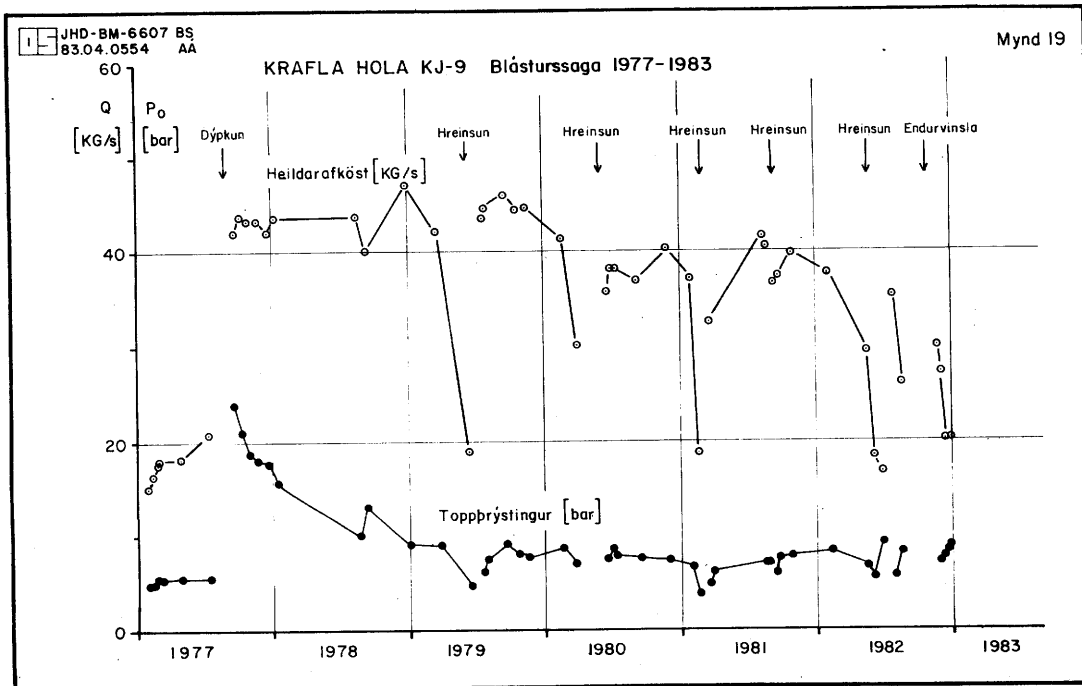
Holu KJ-9 var fyrst hleypt í blástur í ársbyrjun 1977. Þá var hún 1100 m djúp og náði vinnslufóðring (340 mm) í um 280 m dýpi. Holan gaf eingöngu efrakerfisvökva og var því lágprýst (lokunarprýstingur um 6 bar) með varmainnihald um 880 kJ/kg. Heildarafköst voru tæp 20 kg/s.

Síðla sumars 1977 var sett 244 mm vinnslufóðring niður í 1074 m dýpi, og holan dýpkuð í 1263 m. Góðar æðar komu fram neðan 1200 m dýpis, og sýndu hitamælingar í upphitun eftir dýpkunina að hitastig þeirra væri um 300°C.

Holu KJ-9 var hleypt að nýju í blástur í september 1977. Gaf hún mun heitari vökva en fyrir dýpkun (1100-1200 kJ/kg) og voru heildarafköst holunnar um 40 kg/s við 20 bar móttprýsting, en um 65 kg/s við 10 bar móttprýsting. Hefur hún blásið næstum samfelld síðan ef frá eru talin hreinsunartímabil og þrjár mánuðir haustið 1982, þegar holan var endurboruð.

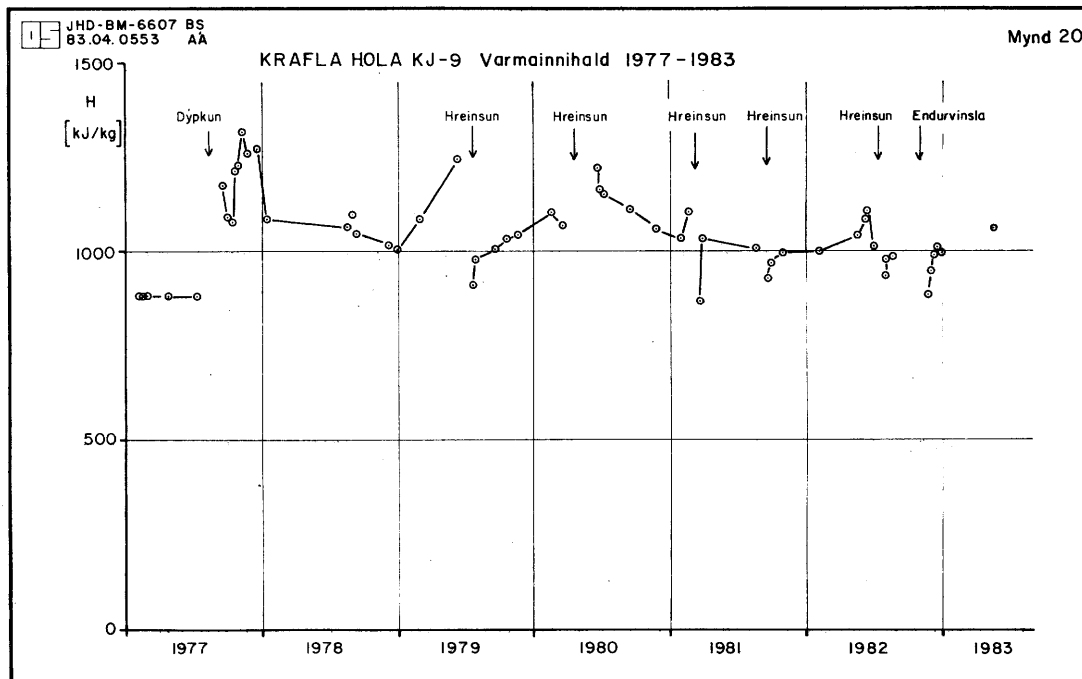
Allar aflmælingar, sem gerðar hafa verið á KJ-9 síðan hún fór fyrst í blástur í febrúarbyrjun 1977 og fram til ársloka 1982 eru birtar í töflu 2. Dreifing mælinga í tíma er nokkuð ójöfn. Þéttast var mælt srax eftir upphleypingu holunnar eftir dýpkun árið 1977, en síðan urðu mælingar stopullar. Mælt var á nokkurra mánaða fresti, þegar holan var í notkun, en tíðar þegar útfellingar voru að draga niður í henni, eða þegar holunni hafði verið hleypt upp eftir hreinsun. Blásturssaga KJ-9 verður því að teljast vel skjalfest, og gefa aflmælingarnar skýra mynd af því hvernig blásturseiginleikar holunnar hafa breyst.

Upp úr aflmælingunum hafa verið unnar þrjár myndir til að sýna hvernig holan hefur þróast. Á mynd 19 er sýnt hvernig toppprýstingur og heildarafköst holunnar voru á tímabilinu (1977-1982). Sést þar afkastaukning holunnar við dýpkunina sumarið 1977. Afköstin haldast síðan óbreytt að því er virðist fram til 1979, en lakkandi toppprýstingur sýnir að í raun hefur holan dalað verulega á þessu tímabili.



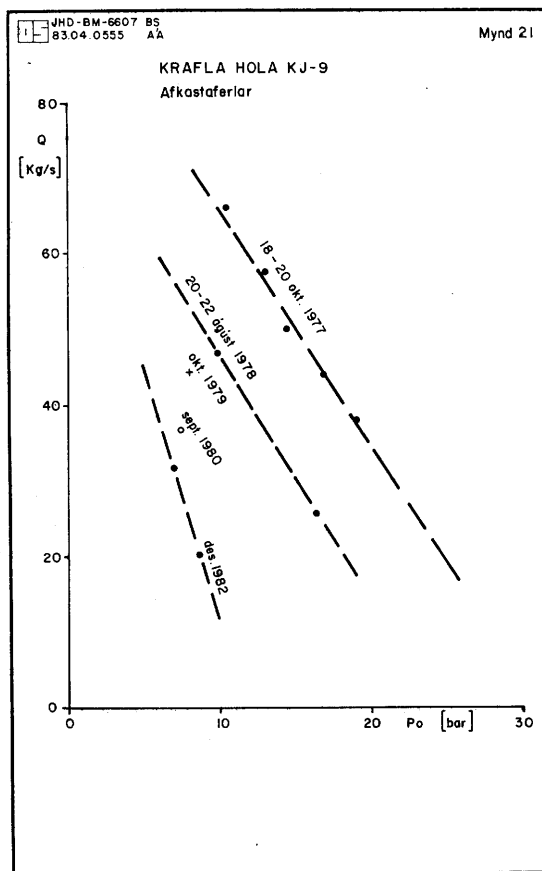
Vorið 1979 var KJ-9 að lokast vegna útfellinga og var því hreinsuð. Hefur síðan þurft að hreinsa hana u.þ.b. árlega, en hefur þó aldrei náð jafnmiklum afköstum og fyrir hreinsun, nema eftir hreinsunina 1979 þá náði holan svipuðum afköstum og fyrir hreinsun. Eftir hreinsunina í júlí 1982 reyndist holan ekki vinnsluhæf, og var því ráðist í að endurbora hana. Aflmælingarnar undir árslok 1982 sýna að endurborunin bætti holuna óverulega. Árangurinn er þó ekki jafnslakur og mælingarnar gefa til kynna, þar sem holan hafði ekki þegar síðast var mælt náð að hitna upp eftir borunina, og er afl hennar því eitthvað meira en sýnt er hér. Holan hefur verið í vinnslu síðan um áramótin 1982/83 og aflmæling sem var gerð 24. maí 1983 sýnir að varmáinnihald og gas hafa aukist í holunni síðan í desember 1982 (Halldór Ármannsson o.fl. 1983).

Á mynd 20 er sýnt hvernig varmáinnihald rennis úr KJ-9 breyttist á tímabilinu 1977-1982. Eftir borun 1976 mældist varmáinnihald um 880 kJ/kg en hækkaði við dýpkun holunnar 1977 í 1100-1200 kJ/kg. Á árinu 1978 og síðar hefur varmáinnihaldið mælst um 1000-1100 kJ/kg, og ekki breytt við hreinsanir. Eftir endurborunina mældist varmáinnihaldið tæplega 1000 kJ/kg í desember 1982 en 1060 kJ/kg í maí 1983.



Lækkun varmainnhaldsins 1977-1978 er í samræmi við hitamælingar í holunni, og sömuleiðis við kvars-hita, skv. efnagreiningum, og hefur verið túlkað á þann veg, að í blæstri dragi holan efrakerfisvatn niður í æðina á 1226 m dýpi. Nánar er fjallað um þessa túlkun í kafla 8.

Hér að framan hefur verið fjallað um hvernig afköst og varmainnhald KJ-9 þróuðust á árunum 1977-1982. Önnur aðferð til að skoða aflbreytingar borholu, er að líta á aflferil holunnar, og hvernig hann breytist. Fyrir KJ-9 er þetta sýnt á mynd 21. Þar kemur fram að afl KJ-9 hefur dalað verulega síðan





hún fór í blástur eftir dýpkun haustið 1977. Mest er dölunin fyrsta blástursárið, en af hennar hefur minnkað ár frá ári, og mældist lægst eftir endurvinnsluna 1982.

JHD-BM-9000 Gj.G.  
8111 1359 Sy J

TAFLA 2 Aflmælingar 1977-1982

AFLMÆLINGAR Krafla KJ-9 1977

DAGSETNING ár, mán, dags	TÍMI klukkan	DAGAR frá upp- hleypingu	P <sub>0</sub> bar	P <sub>c</sub> bar	STÚTUR mm	VATN cm	VATN kg/sek	H KJ/kg	Q <sub>T</sub> kg/sek	$\frac{I}{Q}$	Q <sub>G</sub> kg/sek	Q <sub>G</sub> kg/sek	ATH. nr.
77.02.05 <sup>1)</sup>			3,6				12,0	883	15,1		3,1	1,5	
77.02.08			3,8				13,2	883	16,6		3,4	1,5	
77.02.09			3,8				13,0	883	16,4		3,4	1,4	
77.02.16			4,3	1,1	105		14,0	883	17,6		3,6	1,6	
77.03.01			4,3	1,2	-		14,5	883	18,2		3,7	1,8	
77.04.24			4,4				14,5	883	18,2		3,7	1,8	
77.06.30			4,4				16,5	883	20,8		4,3	2,0	
77.09.25 <sup>2)</sup>	22:30		23,0	6,5	102		28	1165	41,8		13,8	9,5	
77.09.27	17:45		20,0	2,4	160		29	1243	45,6		16,6	12,1	
77.09.30	17:45		21,0	6,5	102		30	1130	43,9		13,9	9,2	
77.10.01	17:35		21,0	5,7	-			1088	41,2		12,2	7,8	
77.10.02	09:00		21,0	5,8	-		30	1075	42,3		12,3	7,7	
77.10.03	11:26		20,5	6,2	-		29	1130	42,3		13,3	8,9	
77.10.04	11:00		20,5	6,1	-			1130	41,7		13,1	8,7	
77.10.05	16:30		20,2	5,9	-		30	1080	42,6		12,6	7,9	
77.10.06	18:45		20,0	5,9	-			1080	42,6		12,6	7,9	
77.10.08			20,0	5,9	-		33	1025	45,2		12,2	7,2	

ATH. 1) Holan 1100 m á dýpt

2) Holan dýpkuð í 1263 m í ágúst 1977

JHD-BM-9000 Gj.G.  
8111 1359 Sy J

TAFLA 2 (frh)

AFLMÆLINGAR Krafla KJ-9 1977 (frh.)

DAGSETNING ár, mán, dags	TÍMI klukkan	DAGAR frá upp- hleypingu	P <sub>0</sub> bar	P <sub>c</sub> bar	STÚTUR mm	VATN cm	VATN kg/sek	H KJ/kg	Q <sub>T</sub> kg/sek	$\frac{I}{Q}$	Q <sub>G</sub> kg/sek	Q <sub>G</sub> kg/sek	ATH. nr.
77.10.09			20,0	5,6	102		32	1017	43,7		11,7	6,8	
77.10.11	16:35		20,0	6,2	-		26	1197	39,7		13,7	9,6	
77.10.15			19,8	6,0	-			1214	38,0		13,4	9,5	
77.10.19	18:00		17,0	2,1	160		28	1210	43,0		15,0	10,7	
77.10.20	13:30		17,0	2,2	-		25	1298	41,0		16,0	11,9	
77.10.22	10:30		17,0	2,1	-		27	1231	42,2		15,2	10,9	
77.10.26	14:30		17,0	2,2	-			1352	39,2		16,2	12,4	
77.10.27	20:00		16,8	2,2	-		23	1352	39,2		16,2	12,4	
77.10.30	15:00		17,7	2,3	-		27	1268	43,3		16,3	12,0	
77.11.01			17,7	2,3	-		25	1319	41,5		13,5	12,5	
77.11.02	08:45		17,5	2,3	-			1319	41,5		13,5	12,5	
77.11.02	10:15		17,7	2,2	-		23	1352	39,2		13,4	12,4	
77.11.04	11:10		17,5	2,3	-		25	1319	41,5		13,5	12,5	
77.11.05	10:50		17,5	2,3	-		25	1319	41,5		13,5	12,5	
77.11.18	13:00		17,9	1,0	208			1256	45,9		13,5	12,4	
77.11.21	14:20		17,0	0,9	-			1256	43,2		12,9	11,7	
77.12.17	13:00		15,8	2,2	160		24	1323	40,1		13,1	12,2	
77.12.20			16,5	2,2	-		26	1273	41,9		12,7	11,7	

ATH.

JHD-BM-9000 GJ.G  
8.II.1359. Sy.J.

TAFLA 2 (frh)

AFLMÆLINGAR Krafla KJ-9 1978

DAGSETNING ár, mán, dags	TÍMI klukkan	DAGAR frá upp- hleypingu	P <sub>0</sub> bar	P <sub>c</sub> bar	STÚTUR mm	VATN cm	VATN kg/sek	H KJ/kg	Q <sub>T</sub> kg/sek	$\frac{1}{Q}$	Q <sub>G</sub> kg/sek	Q <sub>G</sub> kg/sek	ATH. nr.
78.01.08			15,5	2,0	155		30,8	1079	43,6		12,7	8,1	
78.08.20			9,9	2,2	-		33,5	1066	47,0		13,5	8,5	
78.08.22			16,3	0,7	-		18,2	1068	25,6		7,3	4,6	
78.08.31			10,8	2,5	-		34,8	1096	49,7		14,9	9,7	
78.09.01	10:15		11,7	2,1	-		36,4	998	49,0		12,6	7,2	
78.09.02	13:45		15,0	1,0	-		23,0	1021	31,4		8,4	5,0	
78.09.03	10:15		15,5	0,6	-		17,5	1055	24,4		6,9	4,3	
78.09.04	10:20		14,2	1,3	-		26,0	1029	35,6		9,6	5,8	
78.09.04	17:55		13,0	1,7	-		29,0	1054	40,4		11,4	7,0	
78.09.05	14:00		13,0	1,65	-		28,9	1045	40,1		11,1	6,8	
78.12.13	10:40		10,0	2,22	-		37,0	1011	50,1		13,1	7,7	
78.12.21			9,5	2,0	-		36,5	978	48,5		12,0	6,7	
78.12.22			9,0	2,0	-		36,5	975	48,7		12,0	6,1	
78.12.27			9,0	2,0	-		35	1004	47,2		12,2	7,1	

ATH.

JHD-BM-9000 GJ.G  
8.II.1359. Sy.J.

TAFLA 2 (frh)

AFLMÆLINGAR Krafla KJ-9 1979

DAGSETNING ár, mán, dags	TÍMI klukkan	DAGAR frá upp- hleypingu	P <sub>0</sub> bar	P <sub>c</sub> bar	STÚTUR mm	VATN cm	VATN kg/sek	H KJ/kg	Q <sub>T</sub> kg/sek	$\frac{1}{Q}$	Q <sub>G</sub> kg/sek	Q <sub>G</sub> kg/sek	ATH. nr.
79.03.01	12:00		8,7	2,0	155		27,3	1154	40,5		13,2	9,0	
79.03.03	13:10		8,7	1,9	-		30,0	1082	42,1		12,3	7,9	
79.06.08			4,1	0,47	-		12,5	1242	18,8		6,9	5,0	
79.07.21	20:15		5,9	1,45	-		34,0	907	43,5		9,4	4,5	
79.07.22	11:00		6,5	1,65	-		35,9	920	46,1		10,2	5,0	
79.07.23	12:00		6,8	1,75	-		35,0	955	45,9		10,9	5,8	
79.07.24	10:00		6,8	1,80	-		33,0	999	44,4		11,4	6,6	
79.07.26	09:05		7,3	1,75	-		33,5	979	44,6		11,1	6,2	
79.09.18	08:30		8,95	1,92	-		34,0	1004	46,0		11,9	6,9	
79.10.25	16:30		8,0	1,9	-		32,2	1032	44,3		12,0	7,3	
79.11.15			7,7	1,95	-		32,2	1042	44,6		12,3	7,5	

ATH.

JHD-BM-9000 G.J.G.  
8.II.1359 Sy.J.

TAFLA 2 (frh)

AFLMÆLINGAR Krafla KJ-9 1980

DAGSETNING ár, mán, dags	TÍMI klukkan	DAGAR frá upp- hleypingu	P <sub>0</sub> bar	P <sub>c</sub> bar	STÚTUR mm	VATN cm	VATN kg/sek	H KJ/kg	Q <sub>T</sub> kg/sek	$\frac{1}{Q}$	Q <sub>G</sub> kg/sek	Q <sub>G</sub> kg/sek	ATH. nr.
80.02.19			8,5		155			1101	41,3		12,5	8,1	
80.03.27			7,1	1,0	-		21,2	1069	29,8		8,6	5,4	
80.06.26			7,3	1,75	-		22,6	1219	35,0		12,4	8,9	
80.07.03			8,3	1,85	-		25,6	1163	38,2		12,6	8,7	
80.07.04			7,6	1,8	-		25,7	1152	38,0		12,3	8,4	
80.07.06			7,6	1,8	-		25,6	1152	38,0		12,1	8,4	
80.09.16			7,5	1,6	-		25,6	1108	36,9		11,3	7,4	
80.11.24			7,1	1,7	-		28,8	1059	40,2		11,4	7,1	

ATH. Holan hreinsuð 80.06.08 - 11

JHD-BM-9000 G.J.G.  
8.II.1359 Sy.J.

TAFLA 2 (frh)

AFLMÆLINGAR Krafla KJ-9 1981

DAGSETNING ár, mán, dags	TÍMI klukkan	DAGAR frá upp- hleypingu	P <sub>0</sub> bar	P <sub>c</sub> bar	STÚTUR mm	VATN cm	VATN kg/sek	H KJ/kg	Q <sub>T</sub> kg/sek	$\frac{1}{Q}$	Q <sub>G</sub> kg/sek	Q <sub>G</sub> kg/sek	ATH. nr.
81.02.03	14:00		6,5	1,4	155		27,0	1034	36,9		10,0	6,1	
81.02.20	10:10		3,5	0,33	-		12,8	1137	18,8		6,0	4,0	
81.02.20	12:52		7,7	0,25	-		12,8	1100	18,4		5,6	3,6	
81.03.19	17:10		4,7	0,71	-		25,9	868	32,3		6,4	2,7	
81.03.24			5,9		-			1038	24,6		6,8	4,1	
81.08.15	21:45		6,9	1,52	-		31,5	966	41,6		10,1	5,5	
81.08.19	13:05		6,9	1,55	-		29,8	1005	40,3		10,5	6,1	
81.09.16	07:30		5,8	1,1	-		25,6	985	34,2		8,6	4,8	
81.09.16	17:20		6,2	1,15	-		28,8	930	37,3		8,4	4,3	
81.09.17	07:35		6,4	1,2	-		27,8	963	36,7		8,8	4,8	
81.09.17	16:50		6,5	1,25	-		27,8	975	37,0		9,1	5,0	
81.09.18	07:35		6,6	1,3	-		27,2	1001	36,7		9,5	5,5	
81.09.18	19:00		6,7	1,35	-		27,2	1014	36,9		9,7	5,7	
81.09.20	10:45		7,3	1,25	-		28,2	969	37,2		9,1	5,0	
81.10.26	14:10		7,8	1,50	-		29,8	994	40,0		10,2	5,8	
81.10.26	16:40		7,3	1,45	-		29,5	990	39,5		10,0	5,6	

ATH. Holan hreinsuð 81.03.07 - 12 og 81.09.07 - 09

JHD-BM-9000. G.j.G.  
8.II.1359. Sy.J.

TAFLA 2 (frh)

AFLMÆLINGAR Krafla KJ-9 1982

DAGSETNING ár, mán, dags	TÍMI klukkan	DAGAR frá upp- hleypingu	P <sub>0</sub> bar	P <sub>c</sub> bar	STÚTUR mm	VATN cm	VATN kg/sek	H KJ/kg	Q <sub>T</sub> kg/sek	$\frac{1}{Q}$	Q <sub>G</sub> kg/sek	Q <sub>G</sub> kg/sek	ATH. nr.
82.02.10	11:00		8,0	1,35	155		28,0	996	37,6		9,6	5,5	
82.05.24	13:25		6,5	0,9	-		21,2	1039	29,3		8,0	4,9	
82.06.03	11:30		5,4	0,22	-		12,8	1086	18,2		5,4	3,5	
82.06.04	08:40		8,9	0,10	-		10,9	1126	15,9		5,0	3,3	
82.07.01	12:50		9,8	1,3	104,5		12,2	1007	16,6		4,3	2,5	
82.07.27	12:40		8,2	2,6	-		21,2	937	27,6		6,2	3,2	
82.07.30	18:25		5,4	1,15	155		26,6	977	35,3		8,5	4,8	
82.08.01	15:25		5,6	1,10	-		28,0	934	36,3		8,1	4,2	
82.08.20	14:40		8,9	2,6	104,5		20,4	985	26,1		6,5	3,7	
82.08.25	18:00		8,2	2,6	-		20,4	985	26,1		6,5	3,7	
82.11.26	18:22		2,4	0,1	129	14,5	11,5	881	14,4		2,9	1,3	
82.11.26	18:26		3,0	0,3	-	15,6	13,0	898	16,6		3,4	1,6	
82.11.26	18:38		3,4	0,4	-	16,0	13,9	903	17,7		3,7	1,8	
82.11.26	18:52		3,8	0,5	-	16,6	15,2	889	19,2		3,9	1,8	
82.11.26	20:25		5,1	0,9	-	18,1	18,8	896	23,9		4,9	2,3	
82.11.27	08:50		5,9	1,25	-	18,8	20,7	935	26,8		6,0	3,1	
82.11.27	14:45		6,0	1,25	-	18,8	20,7	935	26,8		6,0	3,1	
82.11.28	14:00		6,4	1,4	-	19,1	21,5	948	28,1		6,4	3,4	

ATH.

JHD-BM-9000. G.j.G.  
8.II.1359. Sy.J.

TAFLA 2 (frh)

AFLMÆLINGAR Krafla KJ-9 1982 (frh.)

DAGSETNING ár, mán, dags	TÍMI klukkan	DAGAR frá upp- hleypingu	P <sub>0</sub> bar	P <sub>c</sub> bar	STÚTUR mm	VATN cm	VATN kg/sek	H KJ/kg	Q <sub>T</sub> kg/sek	$\frac{1}{Q}$	Q <sub>G</sub> kg/sek	Q <sub>G</sub> kg/sek	ATH. nr.
82.11.29	14:00		6,6	1,5	129	19,3	22,1	956	29,0		6,7	3,6	
82.11.29	16:15		6,6	1,5	-	19,2	21,8	963	28,7		6,8	3,7	
82.11.30	13:10		6,7	1,5	-	19,3	22,1	956	29,0		6,7	3,6	
82.11.30	16:55		6,7	1,55	-	19,5	22,6	952	29,7		6,8	3,7	
82.12.01	10:15		6,9	1,6	-	19,4	22,4	970	29,6		7,1	3,9	
82.12.07	14:40		6,7	1,7	-	19,8	23,5	962	31,0		7,4	4,0	
82.12.08	09:00		6,8	1,7	-	20,0	24,1	947	31,5		7,4	3,9	
82.12.09	08:00		7,0	1,8	-	20,0	24,1	968	31,9		7,7	4,2	
82.12.09	08:50		6,9	1,7	-	20,2	24,7	933	32,0		7,3	3,7	
82.12.09	13:19		6,9	1,8	-	20,5	25,6	933	33,2		7,6	3,8	
82.12.09	15:00		7,3	1,4	-	18,9	21,0	970	27,4		6,7	3,7	
82.12.10	08:05		7,5	1,45	-	18,7	20,4	990	27,3		6,9	3,9	
82.12.11	09:10		7,6	1,45	-	18,8	20,7	982	27,6		6,9	3,8	
82.12.14	08:35		8,1	0,8	-	16,4	14,8	1009	20,0		5,2	3,0	
82.12.14	15:00		8,2	0,75	-	15,7	13,3	1054	18,5		5,2	3,2	
82.12.18	08:35		8,2	0,8	-	16,4	14,8	1009	20,0		5,2	3,0	
82.12.22	08:00		8,6	0,85	-	16,4	14,8	1022	20,2		5,4	3,2	
82.12.29	08:45		8,7	0,8	-	16,5	15,0	997	20,2		5,2	3,0	

ATH.

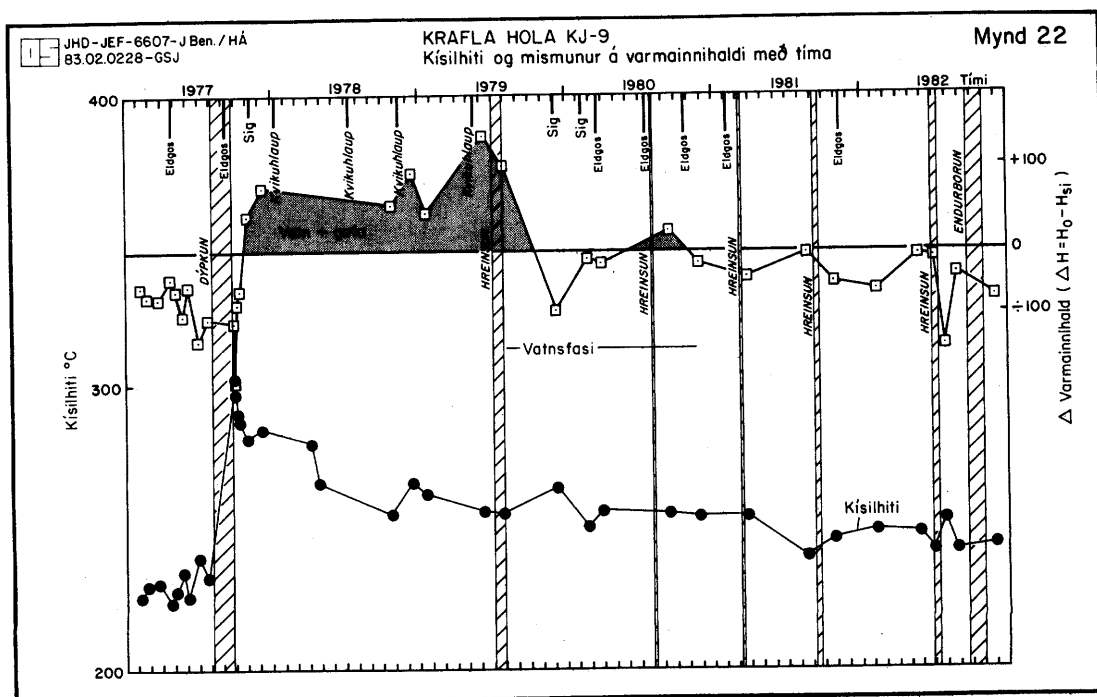
## 8 EFNASTYRKUR RENNIS

### 8.1 Niðurstöður efnagreininga

Niðurstöður allra efnagreininga reiknaðra til styrks í renni í forritinu HHEIL og hlutföll milli ýmissa efna reiknuð í forritinu HHLUT (Trausti Hauksson 1981) eru skráð í töflur 3 og 4. Áður en holan var dýpkuð og efri æðar skermaðar af haustið 1977, var styrkur flestra efna tiltölulega stöðugur. Eftir dýpkun urðu ýmsar breytingar, og efnasamsetning hefur ekki haldist eins stöðug og hún var fyrir. Um þessar breytingar og orssakir þeirra verður fjallað í eftirfarandi köflum.

### 8.2 Eðlisástand rennis

Mismunur ( $\Delta H$ ) varmáinnihalds ( $H_O$ ), sem mælt er með aðferð Russel James (1962), og varmáinnihalds ( $H_{Si}$ ), sem reiknað er út frá kvarshita (Fournier & Rowe 1966), er notaður sem mælikvarði á eðlisástand rennis. Þar sem fyrirtalda aðferðin gefur niðurstöðu fyrir gufu- og vatnsfasa en sú síðartalda einungis fyrir vatnsfasa, ætti mismunur að vera núll ef renni er vatnsfasi einn, en þóitífur ef það er vatns-gufublanda. Fáist negatíf gildi er um vatnsfasa einan að ræða.



TAFLA 3 Krafla KJ-9 frá upphafi til ársloka 1982. Styrkur efna í renni.

Dags.	Nr.	P <sub>O</sub> bar	H <sub>2</sub> O kJ/kg	SiO <sub>2</sub> mg/kg	Na mg/kg	K mg/kg	Ca mg/kg	Mg mg/kg	SO <sub>4</sub> mg/kg	Cl mg/kg	F mg/kg	Uppl. efni mg/kg	CO <sub>2</sub> mg/kg	H <sub>2</sub> S mg/kg	H <sub>2</sub> mg/kg	CH <sub>4</sub> mg/kg	N <sub>2</sub> mg/kg	
1)	770206	1016	4,6	897	383	203	16,2	3,4	0,04	214,4	27	0,57	991	506	71,3	0,96	0,70	10,89
1)	770222	1028	4,8	897	404	188	17,2	2,3	0,02	204,7	25	0,58	1027	345	66,5	0,61	0,82	8,19
1)	770322	1059	5,3	897	408	195	19,0	1,9	0,05	205,4	31	0,57	1030	479	67,5	0,53	3,45	8,09
1)	770423	1085	5,4	897	371	201	19,6	2,1	0,02	197,8	39	0,51	1072	631	62,7		18,22	
1)	770504	1100	5,3	897	392	196	18,3	2,2	0,00	201,9	29	0,51	989	506	61,2	0,77	1,14	3,68
1)	770523	1119	5,2	897	435	191	16,7	2,6	0,02	185,6	28	0,48	993	495	69,7	0,65	0,55	2,75
1)	770604	1126	5,2	897	384	187	17,3	2,4	0,02	191,2	31	0,47	1001	493	64,2	0,75	0,39	0,00
1)	770630	1141	5,5	897	467	192	17,1	1,9	0,03	186,5	31	0,45	984	479	55,3	0,54	1,08	3,48
1)	770723	1150	5,5	897	424	196	17,5	2,2	0,00	182,6	23	0,47	974	496	63,8	0,68	0,51	2,70
2)	770924	1173	5,3	1179	598	94	17,4	11,0	0,72		15	0,36	895					
2)	770924	1174	12,3	1264	677	110	19,8	3,0	0,08		15	0,33	988	1369	19,5	0,09	0,48	17,28
2)	770924	1175	20,6	1303	709	139	20,2	2,6	0,06	37,2	7	0,34	1082	1757	32,0	0,00	0,82	0,00
2)	770925	1176	21,5	1286	695	113	20,5	1,0	0,01	37,4	9	0,32	954	3012	320,9	0,10	3,15	0,75
3)	770927	1177	23,0	1244	773	127	25,1	1,0	0,02	73,2	13	0,42	1029	10543	117,2	1,91	15,27	68,62
3)	770930	1178	22,0	1131	798	167	23,7	1,2	0,02	82,1	22	0,53	1189	4817	83,1	0,61	9,79	15,06
3)	771005	1180	21,2	1198	708	160	23,1	1,2	0,02	86,8	20	0,53	1157	1610	190,1	0,34	0,45	7,31
3)	771011	1182	21,0	1198	682	144	21,2	0,8	0,01	86,7	29	0,54	1152	5422	73,1	2,10	1,87	7,42
3)	771030	1195	18,7	1270	607	147	21,2	0,7	0,00	80,2	15	0,56	949	1120	48,1	0,63	0,64	0,00
3)	771206	1206	18,0	1324	597	144	20,4	0,4	0,00	78,9	16	0,55	988	7391	137,5	0,95	10,09	0,00
3)	780111	1001	12,1	1081	683	155	23,1	0,8	0,02	87,4	19	0,63	1141	5559	91,3	5,96	1,19	0,00
3)	780205	1008	12,2	1081	626	156	21,8	1,3	0,00	88,6	22	0,73	1126	5208	115,9	4,49	1,80	4,00
3)	780323	1021	11,3	1081	655	158	21,4	1,4	0,11	86,8	30	0,70	1007	3169	101,0	2,66	2,03	0,00
3)	780405	1023	11,1	1081	684	162	24,6	1,1	0,00	86,7	16	0,70	1050	3771	98,0	2,78	1,24	7,08
3)	780425	1027	10,8	1081	579	166	24,2	0,8	0,01	92,3	24	0,65	1067	2789	110,1	1,49	1,19	1,33
3)	780528	1045	10,8	1141	597	152	21,1	0,9	0,00	96,9	21	0,58	1040	3682	199,0	1,52	4,88	9,12
3)	780620	1049	10,6	1141	511	131	18,8	1,1	0,01	89,7	17	0,50	942	4284	206,3	3,39	2,86	5,68
3)	780902	1086	16,3	1141	559	145	21,1	1,0	0,00	110,3	20	0,67	985	1445	162,0	0,82	0,82	1,82
3)	781023	1100	14,7	1140	477	164	20,9	1,3	0,00	126,5	26	0,71	1006	1240	122,0	0,87	1,17	7,36
3)	781213	1112	10,4	1241	509	157	18,2	1,3	0,01	173,6	38	0,61	956	1794	113,6	1,41	2,15	12,75
3)	790117	1005	9,8	1165	514	161	20,9	1,1	0,00	120,1	22	0,62	999	4136	119,1	1,85	0,49	10,49
3)	790307	1010	9,2	1088	530	139	16,7	1,1	0,00	119,5		0,60	970	2460	98,0	1,63	1,53	3,41
3)	790608	1026	4,8	1245	449	139	17,6	3,9	0,00	129,8	23	0,60	900	1084	75,8	0,99	1,53	10,93
3)	790728	1042	8,3	1198	460	159	15,8	1,9	0,00	140,8	24	0,65	919	1075	91,1	0,98	1,25	19,56
3)	791207	1079	8,0	1043	583	179	21,9	1,4	0,00	146,3	21	0,65	1049	1034	65,2	1,17	0,05	0,00
3)	790723	3048	7,9	962	507	171	25,5	2,2	0,06	171,2	25	0,77	1089	558	62,4	0,70	0,66	7,54
3)	800222	1001	7,4	1101	464	174	22,8	1,6	0,01	149,7	19	0,64	995	1041	69,2	1,04	1,05	10,02
3)	800328	1013	7,5	1070	516	174	22,6	2,6	0,00	158,0	26	0,72	1031	805	79,8	0,60	0,71	7,89
3)	800731	1031	7,6	1108	489	168	21,1	1,9	0,00	148,2	24	0,65	888	174	27,6			
3)	800806	1035	7,4	1108	485	167	21,2	1,6	0,00	148,8	25	0,68	911	1045	61,9	0,79	0,96	8,80
3)	800912	1042	7,3	1108	495	169	21,7	1,5	0,00	146,2	26	0,65	982	993	71,8	0,80	1,03	9,59
3)	801021	1055	7,6	1108	471	142	18,2	1,6	0,00	144,1	23	0,69	979	1010	78,4	0,80	0,90	8,04
3)	801125	1062	7,8	1059	505	170	20,1	1,7	0,00	136,4	22	0,65	1023	2830	100,4	1,00	1,03	26,81
3)	810324	1008	6,5	1038	511	160	22,7	2,0	0,00	155,5	29	0,76	1016	648	49,5			
3)	810819	1064	7,8	1005	435	176	22,6	1,5	0,00	147,3	26	0,72	1024	858	48,6			
3)	811004	1090	8,9	969	508	178	22,8	1,8	0,00	160,3	24	0,78	1020	540	52,6	0,11	0,15	1,71
3)	811025	1095	9,3	990	473	174	23,1	1,8	0,00	156,4	27	0,74	1024	720	67,8	1,00	0,88	8,45
3)	820207	1001	9,1	996	493	171	22,1	1,6	0,00	151,4	25	0,71	1053	1180	84,8	0,96	0,58	12,64
3)	820523	1024	9,9	1039	473	169	23,0	1,6	0,01	159,9	25	0,76	1051	923	75,3	0,87	0,65	8,14
3)	820629	1035	10,6	1007	446	171	22,5	1,9	0,00	170,8	34	0,81	969	561	77,1	0,51	0,64	6,45
3)	820727	1051	9,2	937	541	184	22,4	2,2	0,01	174,1	29	0,79	1010	348	59,6	0,26	0,33	4,03
3)	820825	1108	9,2	985	452	170	23,2	1,7	0,00	166,7	27	0,74	1035	459	67,3	0,33	0,43	4,33
4)	821129	1125	7,4	963	474	170	21,2	2,9	0,01	182,1	27	0,77	992	392	76,1	0,16	0,51	14,16
	Meðaltal		11,5	1076	532	163	20,7	1,9	0,03	137,1	24	0,61	1013	1947	89,9	1,18	1,83	9,92
	Staðalfrávik	±78,3	11,5	19,9	14,2	12,0	77,9	331,5	32,9	27,0	20,6	6,4	107,4	57,1	95,9	155,4	109,5	

1) Fyrir dýpkun. 2) Upphleyting eftir dýpkun. 3) Eftir dýpkun. 4) Eftir endurvinnslu.

TAFLA 4 Krafla KJ-9 frá upphafi til ársloka 1982. Hlutfóll efna í renni

Dags.	Nr.	H <sub>2</sub> O/SiO <sub>2</sub> kJ/mg	Na/Cl mg/mg	Na/K mg/mg	Ca/F mg/mg	Ca/SO <sub>4</sub> x10 <sup>3</sup> mg/mg	CO <sub>2</sub> /Cl mg/mg	H <sub>2</sub> /CO <sub>2</sub> x10 <sup>3</sup> mg/mg	CO <sub>2</sub> /H <sub>2</sub> S mg/mg	H <sub>2</sub> /CO x10 <sup>3</sup> mg/mg	H <sub>2</sub> S/SO <sub>4</sub> mg/mg	F/Cl x10 <sup>3</sup> mg/mg	SiO <sub>2</sub> /UF mg/mg	CH <sub>4</sub> /CO <sub>2</sub> x10 <sup>3</sup> mg/mg	N <sub>2</sub> /CO <sub>2</sub> x10 <sup>3</sup> mg/mg	Ca/CO <sub>2</sub> x10 <sup>3</sup> mg/mg	Ca/Cl x10 <sup>3</sup> mg/mg	H <sub>2</sub> /Cl mg/mg	
1)	770206	1016	2,34	7,50	12,5	10,6	15,9	18,7	13,4	7,10	1,89	0,332	21,0	0,386	0,858	21,5	6,71	126	2,64
1)	770222	1028	2,22	7,45	10,9	6,82	11,1	13,6	9,25	5,19	1,78	0,325	22,8	0,394	1,49	23,8	6,59	90	2,63
1)	770322	1059	2,20	6,38	10,3	5,91	9,44	15,7	7,88	7,10	1,11	0,329	18,7	0,396	4,50	16,9	4,05	63,4	2,21
1)	770423	1085	2,42	5,13	10,3	8,01	10,6	16,1		10,1		0,317	13,1	0,346		28,9	3,33	53,6	1,60
1)	770504	1100	2,29	6,69	10,7	8,53	11,0	17,3	12,6	8,27	1,53	0,303	17,5	0,397	1,40	7,27	4,41	76,2	2,09
1)	770523	1119	2,06	6,85	11,4	11,1	14,0	17,7	9,27	7,10	1,31	0,376	17,4	0,438	0,694	5,55	5,24	93,1	2,50
1)	770604	1126	2,34	6,14	10,9	11,0	12,6	16,1	11,7	7,68	1,52	0,336	15,3	0,383	0,491		4,87	78,7	2,10
1)	770630	1141	1,92	6,29	11,2	9,57	10,4	15,7	9,73	8,66	1,12	0,297	14,8	0,474	1,40	7,26	4,06	63,8	1,81
1)	770723	1150	2,12	8,41	11,2	10,1	12,1	21,2	10,7	7,76	1,37	0,350	20,1	0,435	0,639	5,45	4,46	94,7	2,73
2)	770924	1173	1,97	6,30	5,41	85,4							24,0	0,668				735	
2)	770924	1174	1,87	7,46	5,58	27,8		92,5	4,6	70,3	0,065		22,3	0,685	0,218	12,6	2,21	204	1,32
2)	770924	1175	1,84	19,3	6,87	22,3	69,5	244		54,9		0,861	47,3	0,655	0,292		1,47	358	4,44
2)	770925	1176	1,85	12,7	5,54	9,39	26,1	337	0,306	9,39	0,033	8,59	36,0	0,729	0,653	0,25	0,324	109	3,59
3)	770927	1177	1,61	10,0	5,08	5,84	13,9	831	16,3	89,9	0,181	1,60	32,9	0,752	0,905	6,51	0,097	80,3	9,24
3)	770930	1178	1,42	7,67	7,07	4,37	15,2	221	7,37	58,0	0,127	1,01	24,5	0,671	1,27	3,13	0,259	57,1	3,81
3)	771005	1180	1,69	7,83	6,90	4,28	13,7	78,8	1,78	8,47	0,210	2,19	25,8	0,612	0,175	4,54	0,740	58,3	9,31
3)	771011	1182	1,76	4,88	6,79	2,59	8,82	184	2,87	74,2	0,387	0,843	18,5	0,593	0,215	1,37	0,141	26,0	2,49
3)	771030	1195	2,09	9,78	6,94	2,30	8,98	74,5	1,31	23,3	0,561	0,60	37,2	0,639	0,357		0,643	47,9	3,20
3)	771206	1206	2,22	8,88	7,05	1,29	4,87	456	6,88	53,8	0,128	1,74	33,6	0,604	0,853		0,052	23,7	8,48
3)	780111	1001	1,58	8,08	6,70	1,98	9,12	290	65,2	60,9	1,07	1,04	33,0	0,599	0,134		0,143	41,5	4,76
3)	780205	1008	1,73	7,11	7,17	2,44	14,6	237	38,8	44,9	0,862	1,31	33,2	0,556	0,216	0,769	0,249	59,0	5,28
3)	780323	1021	1,65	5,22	7,41	2,87	16,1	105	26,3	31,4	0,839	1,16	23,0	0,651	0,400		0,440	46,1	3,33
3)	780405	1023	1,58	10,3	6,59	2,26	12,6	239	28,4	38,5	0,738	1,13	44,1	0,651	0,205	1,88	0,291	69,4	6,20
3)	780425	1027	1,87	6,95	6,85	1,81	8,35	117	13,5	25,3	0,533	1,19	27,3	0,543	0,267	0,475	0,276	32,3	4,61
3)	780528	1045	1,91	7,31	7,20	2,65	9,19	177	7,66	18,5	0,414	2,05	28,0	0,574	0,828	2,48	0,242	42,9	9,59
3)	780620	1049	2,23	7,94	6,98	4,32	11,9	259	16,4	20,8	0,792	2,30	30,0	0,542	0,417	1,33	0,249	64,5	12,5
3)	780902	1086	2,04	7,16	6,87	2,31	9,29	71,4	50,3	8,92	0,564	1,47	32,9	0,568	0,353	1,26	0,709	50,6	8,00
3)	781023	1100	2,39	6,31	7,81	2,52	10,0	47,8	7,17	10,2	0,705	0,964	27,4	0,474	0,588	5,93	1,02	48,9	4,70
3)	781213	1112	2,44	4,10	8,61	3,43	7,40	46,9	12,4	15,8	0,787	0,655	16,0	0,533	0,750	7,11	0,716	33,6	2,97
3)	790117	1005	2,27	7,16	7,71	2,97	9,56	184	15,5	34,7	0,446	0,992	27,7	0,514	0,074	2,54	0,278	51,1	5,30
3)	790307	1010	2,05		8,32	3,14	9,38		16,6	25,1	0,662	0,820		0,546	0,389	1,39	0,456		
3)	790608	1026	2,78	5,98	7,90	10,7	30,1	46,6	13,0	14,3	0,909	0,584	25,9	0,498	0,880	10,1	3,60	168	3,26
3)	790726	1042	2,60	6,57	10,1	4,44	13,2	44,4	10,7	11,8	0,907	0,647	26,7	0,501	0,726	18,2	1,72	76,5	3,76
3)	791207	1079	1,79	8,45	8,19	3,37	9,66	48,8	17,9	15,8	1,13	0,446	30,6	0,556	0,030		1,37	66,7	3,08
3)	790723	3048	1,90	6,93	6,69	3,81	13,1	22,6	11,3	8,94	1,26	0,364	31,1	0,465	0,742	13,5	4,01	90,7	2,53
3)	800222	1001	2,37	9,27	7,66	4,01	10,9	55,3	15,0	15,1	0,998	0,462	33,9	0,466	0,631	9,63	1,57	86,7	3,67
3)	800328	1013	2,07	6,59	7,70	5,10	16,6	30,5	7,48	10,1	0,742	0,505	27,2	0,501	0,554	9,80	3,25	99,4	3,03
3)	800731	1031	2,27	7,06	7,98	4,35	12,5	73,0		6,3		0,186	27,4	0,551			10,6	77,7	1,16
3)	800806	1035	2,28	6,82	7,88	3,61	11,1	42,6	12,8	16,9	0,76	0,416	27,5	0,532	0,575	8,43	1,58	67,2	2,52
3)	800912	1042	2,24	6,49	7,81	3,59	10,4	38,1	11,1	13,8	0,803	0,491	24,9	0,504	0,649	9,66	1,53	58,2	2,75
3)	801021	1055	2,35	6,18	7,80	3,33	10,9	44,0	10,3	12,9	0,796	0,544	29,8	0,481	0,554	7,96	1,55	68,1	3,41
3)	801125	1062	2,10	7,85	8,45	3,95	12,2	131	9,97	28,2	0,354	0,736	30,0	0,494	0,228	9,48	0,588	76,9	4,64
3)	810324	1008	2,03	5,55	7,05	3,47	12,9	22,5		13,1		0,318	26,4	0,503			3,10	69,5	1,72
3)	810819	1064	2,31	6,74	7,81	2,91	10,3	32,8		17,6		0,330	27,5	0,425			1,76	57,7	1,86
3)	811004	1090	1,91	7,34	7,82	3,03	11,4	22,2	2,17	10,3	0,211	0,328	32,0	0,498	0,176	3,17	3,40	75,5	2,17
3)	811025	1095	2,09	6,34	7,53	3,20	11,2	26,3	14,8	10,6	1,39	0,434	27,0	0,462	0,767	11,7	2,43	64,0	2,48
3)	820207	1001	2,02	6,91	7,71	3,16	10,6	47,8	11,3	13,9	0,813	0,560	28,9	0,468	0,308	10,7	1,36	64,9	3,44
3)	820523	1024	2,20	6,87	7,35	2,80	10,0	37,4	11,5	12,3	0,941	0,471	30,6	0,450	0,437	8,82	1,73	64,9	3,05
3)	820629	1035	2,26	5,08	7,61	2,83	11,0	16,7	6,59	7,28	0,905	0,451	24,1	0,460	0,708	11,5	3,33	55,5	2,29
3)	820727	1051	1,73	6,39	8,21	3,55	12,9	12,1	4,34	5,84	0,742	0,342	27,5	0,536	0,591	11,6	6,45	77,8	2,06
3)	820825	1108	2,18	6,33	7,34	3,10	10,2	17,0	4,95	6,82	0,726	0,404	27,5	0,437	0,580	9,42	3,70	63,2	2,50
4)	821129	1125	2,03	6,42	8,03	4,98	16,1	14,8	2,08	5,16	0,403	0,418	28,9	0,478	0,810	36,1	7,49	111	2,87
	Meðaltal		2,07	7,36	7,99	6,98	13,3	104	12,9	21,6	0,794	0,899	27,1	0,525	0,659	9,02	2,37	90,6	4,48
	Staðalfrávik		13,6	30,6	20,7	173,1	68,5	139,9	83,5	94,2	56,2	136,4	25,2	17,9	101,4	86,5	98,5	116,2	114,8

1) Fyrir dýpkun. 2) Upphleypling eftir dýpkun. 3) Eftir dýpkun. 4) Eftir endurvinnslu.



Breytingar  $\Delta H$  með tíma eru sýndar á mynd 22 ásamt breytingum á kvarshita. Meðan holan dró eingöngu úr efri æðum var  $\Delta H$  alltaf greinilega negatíft og renni því eingöngu vatnsfasi. Kvarshiti var að jafnaði um 225°C, þ.e. nokkuð hærri en mældur hiti (210°C), og gæti það bent til einhvers innstreymis af heitari uppruna.

Fyrst eftir dýpkun, þ.e. í lok september og a.m.k. fram í miðjan október 1977, virðist rennið vera vatnsfasi u.þ.b. 300°C heitur og ber kvarshita þá vel saman við mældan hita í upphitun. Í lok október er kvarshiti orðinn 281°C og rennið orðið að vatns-gufublöndu. Kvarshiti sígur síðan jafnt og þétt niður í u.þ.b. 260°C. Lækkun kvarshita var hægari en mælds hita, sem varð 260°C á nokkrum dögum (ca 1 viku). Ástandið (þ.e. vatns-gufublanda u.þ.b. 260°C) helst nokkuð stöðugt fram á árið 1979, en þá verður rennið vatnsfasi einn. Um sama leyti kólnar það niður í u.þ.b. 250°C og hefur enn kólnað síðan, t.d. var kvarshiti 243°C nú eftir endurbörun (1982-11-29) og 241°C áður en hún hófst (1982-08-25).

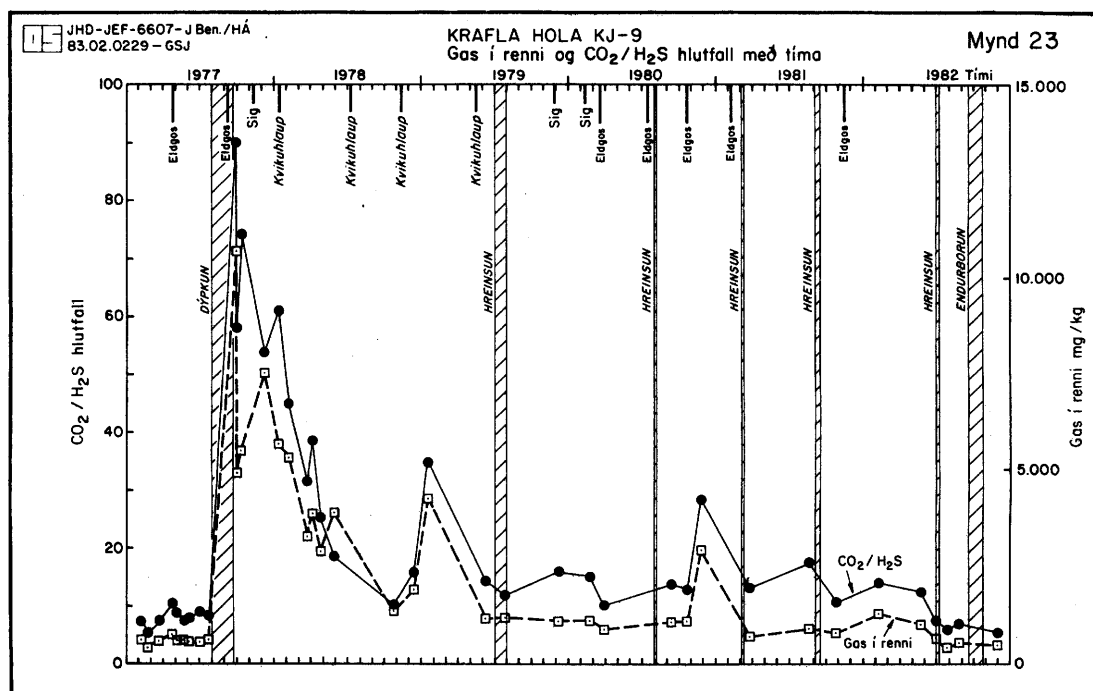
### 8.3 Gasstyrkur

Helstu merki kvikuáhrifa í renni Kröfluhola árið 1976 (Gestur Gíslason & Stefán Arnórsson 1976; Stefán Arnórsson 1977), voru mjög aukinn gasstyrkur og breytingar á hlutfallslegum styrk gastegunda (Armannsson et al. 1982). Mest áberandi var aukning koldíoxíðstyrks, og leiddi þar af hákkun hlutfalla koldíoxíðs við aðrar gastegundir, t.d. H<sub>2</sub>S. Breytingar þær, sem komu fram í holu KG-3, eru sýndar í töflu 5. Breytingar á gasstyrk og CO<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>S hlutfalli

TAFLA 5. Gasstyrkur og CO<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>S hlutfall í renni holu KG-3 fyrir og eftir innspýtingu kvikugasa 1976

Tímabil	Gas í renni mg/kg	CO <sub>2</sub> /H <sub>2</sub> S (mg/mg)
Sept. 1975-jan. 1976 meðaltal	402	2,3
Júní-okt. 1976 meðaltal	13316	121

rennis í holu KJ-9 frá upphafi til nóv. 1982 eru sýndar á mynd 23. Góð fylgni er á milli þessara stærða. Meðan eingöngu er um að ræða æðar í efri hluta fást lág gildi. Þó eru þau heldur hærri en þau, sem fengust í holu KG-3 fyrir breytingarnar 1976. Um holubundin áhrif gæti verið að ræða, en með hliðsjón af nálægð holanna við hvor aðra er eðlilegt að álíta, að einhver gasaukning hafi orðið í efrihlutarenni við umbrotin, en á þessum slóðum, er talið að tengsl milli hinna tveggja hluta jarðhitakerfisins séu allnán. Fyrst eftir dýpkun haustið 1977 eru kvikuáhrif (mikill gasstyrkur og hátt  $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{S}$  hlutfall) mjög greinileg, en þau þverra tiltölulega fljótt og eftir það er eins og um púlsavirkni sé að ræða fremur en stöðugt gasstreymi. Síðasti púlsinn, sem mældist, kom í nóvember 1980, í kjölfar goss, sem varð á Leirhnúksprungunni í lok október 1980. Nú er svo komið, að bæði gasstyrkur og  $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{S}$  hlutfall mælast lægri í heildarrenni en í efrihlutarenni fyrri hluta ársins 1977, og eru farin að nálgast þau gildi, sem mældust í KG-3 fyrir umbrot (sbr. töflu 5).



#### 8.4 Hugsanlegar ástæður kólnunar og gasminnkunar

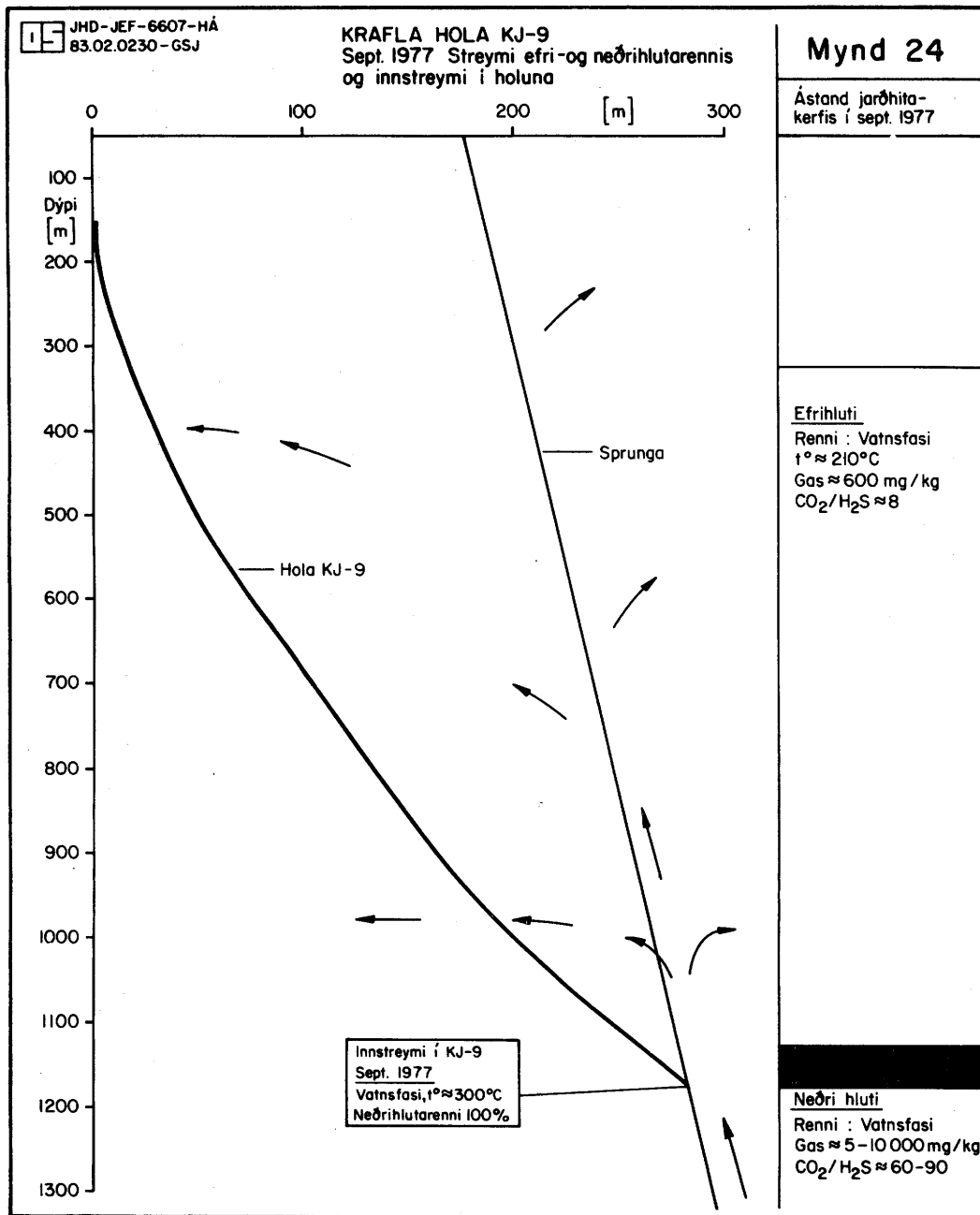
Ein hugsanleg skýring á kólnun og dvinun gasstyrks í holu KJ-9 hefur verið talin kólnun neðstu æða (Halldór Armannsson o.fl. 1982) og að heitt, gasríkt renni þeirra næði ekki af þeim sökum að brjóta sér leið inn í holuna. Litlar breytingar hafa orðið við hreinsanir og því hugsanlegt að ekki hafi náðst til þessara æða við hreinsun. Púlsavirkni gasstyrks mælir hinsvegar á móti því að gasríkt renni hafi ekki greiðan aðgang í holuna, og fjarvera gasríks rennis eftir endurbörun gerir þessa tilgátu ákaflega ólíklega. Annar möguleiki er, að við kvikuáhrifin 1976 hafi snögg hitnun fylgt gasinnspýtingunni, en kerfið sé að kólna aftur samfara gasminnkuninni. Kólnun sú, er fram kemur fyrst eftir dýpkun, er greinileg, sé litið til kvarshita, en á sama tíma lækkaði mældur hiti svo hratt (sjá kafla 6) að ólíklegt er að um eðlilega leiðnikólnun (conductive cooling) geti verið að ræða. Haldbesta skýringin á svo snöggri kólnun er blöndun við kaldari vökva. Nærtækastur kaldra vökva er vatnið í efri hluta jarðhitakerfisins, sem mældist u.p.b.  $210^{\circ}\text{C}$  heitt fyrir dýpkun. Unnt er að kanna líkur á slíkri blöndun, ef styrkur helstu efna í renni efri og neðri hluta er þekktur. Til eru efnagreiningar á efrihluta renni frá því fyrir dýpkun. Þó að ekki sé lokað fyrir það skotið, að neðrihlutarennis gæti þar lítilsháttar. Gerð hefur verið tilraun til að reikna efnasamsetningu neðrihlutarennis í sýni frá 1977-12-06 (Trausti Hauksson 1980). Samkvæmt mynd 22 var þá um vatns-gufublöndu að ræða í neðrihluta, og ekki víst að efnastyrkur sé algerlega sambærilegur við þann upphaflega. Hins vegar er líklegt, að sýni, sem tekið var 1977-09-27 sé mjög lítið blandað efrihlutarenni, og enn fremur benda niðurstöður efnagreininga til þess að þá hafi áhrif frá skolvatni verið að mestu horfin. Í töflu 6 er rakinn styrkur helstu efna í efrihlutarenni, reiknaður styrkur í neðrihlutarenni frá 1977-12-06, mældur styrkur í neðrihlutarenni 1977-09-27, meðalstyrkur í renni yfir tímabilið september 1977 til júlí 1979, og meðalstyrkur tímabilsins frá desember 1979 til nóvember 1982. Athyglisvert er, að styrkur klóríðs eykst í átt til efrihlutastyrks með tíma, en hita- og þrýstingsbreytingar hafa alla jafna lítil áhrif á klóríðstyrk. Styður það þá skoðun, að kólnunin stafi af blöndun efri- og neðrihlutarennis.

TAFLA 6 Styrkur nokkurra efna í efri- og neðrihluta renni holu KJ-9, og meðalstyrkur þeirra í heildarrenni hennar á tímabilunum sept.1977 - júlí 1979 og des.1979 - nóv.1982

Renni	Na mg/kg	K mg/kg	Ca mg/kg	SO <sub>4</sub> mg/kg	Cl mg/kg
Efrihluti, Meðaltal 1977 febr.-júlí	194	17,7	2,3	197	29
Neðrihluti, reiknað 1977-12-06	144	21	0,4	80	16
Neðrihluti, mælt 1977-09-27	127	25,1	1,0	73,2	13
Meðaltal 1977-09 til 1979-07	154	21,3	1,3	104	22
Meðaltal 1979-12 til 1982-11	172	22,3	1,9	157	26

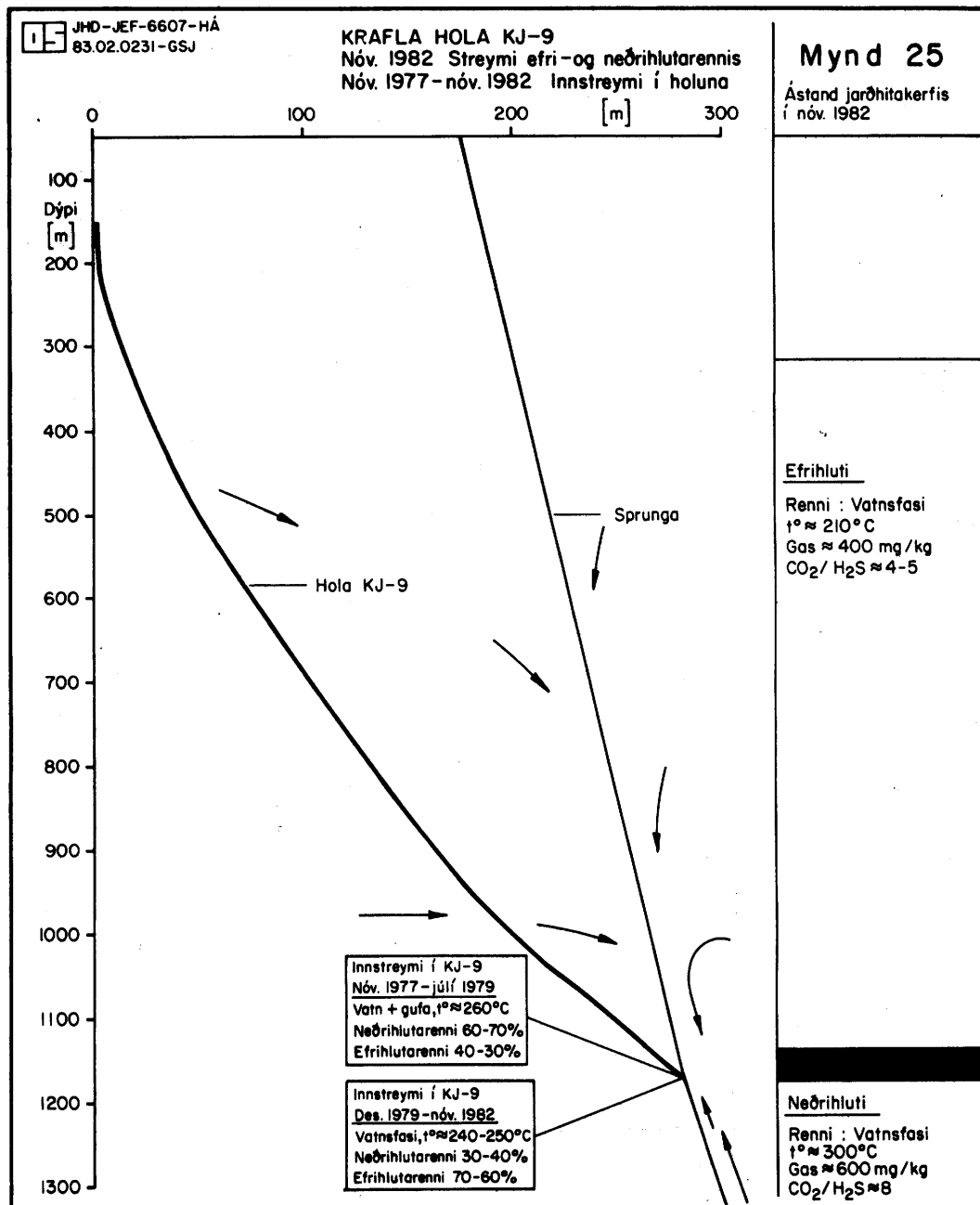
Séu meðaltal efrihlutastyrks annars vegar og styrkur helstu efna í renni 1977-09-27 lögð til grundvallar blöndunarreikningum, fæst að frá september 1977 og þangað til í júlí 1979 hafi hlutur neðrihluta í rennsli verið 60-70%, en frá því í desember 1979 hafi hann verið 30-40%.

Saga kólnunarinnar er þá sú, að við upphleypingu eftir dýpkun hafi holan dregið inn neðrihlutarenni, sem þá er vökvi u.þ.b. 300°C heitur. Fljótlega fer þó efrihluta vökvi (u.þ.b. 210°C heitur) að dragast með, og kólnar þá renni holunnar smátt og smátt, þar til stöðugu hitastigi, u.þ.b. 260°C er náð. Jafnframt fer fram suða og rennið verður vatns- gufublanda. Á árinu 1979 verður svo sú breyting, að rennið verður eingöngu vatnsfasi og kólnar jafnframt í u.þ.b. 250°C. Síðan hefur það farið kólnandi og reyndist kvarshiti tveggja síðustu sýna 241°C (1982-08-25 fyrir endurborun) og 243°C (1982-11-29 eftir endurborun). Virðist endurborun ekki hafa breytt neinu þar um. Þó er ekki útilokað, að sýnið frá 1982-11-29 hafi verið tekið of stuttu eftir upphleypingu til að það hafi náðst við jafnvægisáðstæður, og að rennið hafi eitthvað hitnað síðan. Einfalt líkan af þessum ferlum er sýnt á myndum 24 og 25.

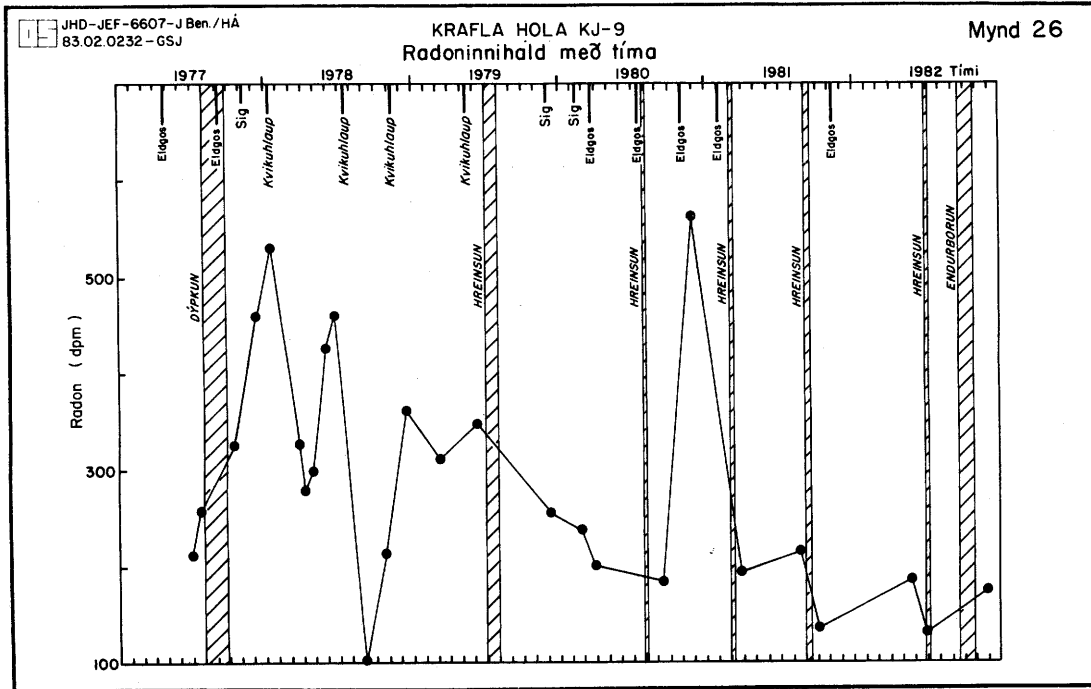


Dvínun gasstyrks er ekki að öllu leyti vegna þessarar blöndunar við efriakerfi vatns. Orsakir hins mikla gasstyrks og háa  $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{S}$  hlutfalls má sennilega leita til gasstreymis vegna kvikuáhrifa tengdum eldsumbrotum á svæðinu. Virðist um tímabundnar innspýtingar gass að ræða og a.m.k. í sumum tilvikum unnt að tengja þær eldsumbrotum, þó að alla jafna komi þær fram nokkru síðar sem gasaukning í holunum. Hinn mikli gasstyrkur fyrst eftir upphleypingu að lokinni dýpkun 1977 gæti vel verið tengdur septembergosinu það ár (1977), og eins og minnst var á áður, kom þáls í kjölfar

októbergossins 1980. Gasaukningin, sem fram kemur í janúar 1979, virðist hafa verið nokkuð lengi á leiðinni, eigi hún uppruna sinn í kvikuhlaupi í október 1978, þótt það sé alls ekki útilokað.



Fylgst hefur verið reglulega með styrk radons. Tengsl virðast milli kvikuvirkni og radonstyrks á þann veg að fram kemur hér radonstyrkur um sama leyti og kvikuhlaup verða (Mynd 26).



Um þessar mundir er styrkur kvikugass hverfandi lítilt í sprungunni, sem hola KJ-9 dregur renni sitt úr. Nýja kvikuatburði þarf til þess að gasaukning verði. Þar sem gasáhrif þessi dvína mjög skjótt þarf ekki að hafa áhyggjur af kvikugassþólsum í holu KJ-9 meðan hún er í vinnslu þó að innstreymi kvikugass sé annars staðar á svæðinu, svo sem í holu KJ-15. Hinsvegar er ljóst að forðast þarf nálægð "efrihluta" jarðhitageymisins ef vinna á gufu af einhverjum krafti úr þessari sprungu og m.a. þarf að varast niðurdrátt úr efrihluta í neðrihluta.

## HEIMILDASKRÁ

- Ármansson, H., Gíslason, G. & Hauksson, T. 1982: Magmatic gases in well fluids aid the mapping of the flow pattern in a geothermal system. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 46: 167-177.
- Arnórsson, S. 1977: Changes in the chemistry of water and steam discharged from wells in Námafjall geothermal field, Iceland during the period 1970-76. *Jökull*, 27: 47-59.
- Ásgrímur Guðmundsson 1979: Holubrэф nr. 12 Orkustofnun, Jarðhitadeild, 10 s.
- Fournier, R.O. and Rowe, J.J. 1966: Estimation of underground temperatures from the silica content of water from hot springs and wet steam wells. *Am. J. Sci.*, 264: 685-697.
- Gestur Gíslason & Stefán Arnórsson 1976: Framvinduskýrsla um breytingar á rennsli og efnainnihaldi í borholum 3 og 4 í Kröflu. Orkustofnun, JHD-7640, 9 s.
- Halldór Ármannsson, Gestur Gíslason & Trausti Hauksson 1982: Sjá Ármannsson, H., Gíslason, G. & Hauksson, T. 1982.
- Halldór Ármannsson, Guðjón Guðmundsson & Guðni Guðmundsson 1982: Helstu niðurstöður Kröfluferðar. 1982.11.23 - 12.02. Orkustofnun, OS82110/JHD-28 B. 16 s.
- Hrefna Kristmannsdóttir, Ásgrímur Guðmundsson & Margrét Kjartansdóttir 1977: Krafla Hóla KJ-9. Borun skoltöp, jarðlög og ummyndun. Orkustofnun, JHD-7710, 9 s.
- James, R. 1962: Steam water critical flow through pipes. *Proc. Instn. Mech. Engrs.*, 176, 26: 741-748.
- Jarðboranir Ríkisins 1979: Borskýrslur Glaums.
- Jarðboranir Ríkisins 1980: Borskýrslur Narfa.
- Jarðboranir Ríkisins 1981: Borskýrslur Narfa.



Jarðboranir Ríkisins 1982: Borskýrslur Narfa.

Jarðboranir Ríkisins 1982: Borskýrslur Jötuns.

Kröfluvirkjun 1982: Fundur í Siglufjarðarhúsi, 9. september 1982. Fundargerð.

Kröfluvirkjun 1982: Fundur á skrifstofu Kröfluvirkjunar, 16. september 1982. Fundargerð.

Stefán Arnórsson 1977: Sjá Arnórsson, S. 1977.

Trausti Hauksson 1980: Krafla - Reiknuð efnasamsetning vatns og gufu í borholum. Orkustofnun, OS80027/JHD10, 29 s.

Valgarður Stefánsson, Asgrímur Guðmundsson, Benedikt Steingrímsson, Halldór Ármannsson, Hjalti Franzson, Ómar Sigurðsson & Trausti Hauksson 1982: Krafla Hóla KJ-13. Borun, rannsóknir og vinnslueiginleikar. Orkustofnun, OS82046/JHD07, 108 s.