

ORKUSTOFNUN
JARÐHITAEILD

HOLUBRÉF

Nr. 12

79-09-25

1. INNGANGUR

Í þessu holubrési er fjallað um holu KJ-9. Saga holunnar frá borun 1976 og dýpkun 1977 er rakin auk þess sem fjallað er nánar um hreinsun holunnar í júlí 1979 og það efni sem þá kom upp úr holunni.

2. BORSAGA

Hola KJ-9 var boruð í þremur áföngum eftir að höggborun lauk.

1. Áfangi

Borun hófst 6. nóv. 1976 og var borað fyrir 340 mm (13 3/8") fóðringu niður á 290 m dýpi, en fóðurrörsendinn var síðan settur niður í 286 m. Eftir að fóðring hafði verið steypt föst, var gengið frá holutoppi. Í þann mund er því verki var að ljúka, nánar tiltekið aðfararnótt 12. nóvembers, kom upp "Skvettan" (Hræðsluvíti) milli KJ-9 og KG-5. Hún jós yfir Jötunn og næsta nágrenni leir og grjóti. Þótti því ráðlegast að flytja borinn hið snarasta burt og þegar fari gafst á var hann fluttur yfir á borstæði KJ-11 og

byrjað að bora þar. Stuttu seinna kom í ljós að orsakavaldurinn fyrir uppkomu "Skvettunnar" var slitin fóðring í KG-3 á 70 m dýpi.

2. Áfangi

Þegar Jötunn hafði lokið við borun á KJ-11, þá var hann fluttur á ný yfir á KJ-9 og byrjaði borun 2. des. 1976. Borað var niður á 1101 m dýpi með 316 mm (12 1/4") krónu og var því verki lokið 8. sama mánaðar. Þá var settur niður raufaður 200 mm (7 7/8") leiðari (laus fóðring).

3. Áfangi

Í lok júlí 1977 var borinn settur yfir holuna enn á ný. Í millitíðinni, þ.e. frá 28. jan. '77, hafði holunni verið hleypt upp og hún látin blása í 180 daga. Á þessum tíma hafði komið í ljós að við tvö vatnskerfi væri verið að glíma í Kröfluholunum. Einnig að nær útilokað væri að nýta þau bæði í sömu holunni. Neðra kerfið varð fyrir valinu vegna aðgengilegri eiginleika.

Næsta skref var því að taka upp raufaða leiðarann og undirbúa fóðringu með 244 mm (9 5/8") fódurrörum og síðan að steypa hana. Erfiðleikar voru lengi við að þetta lekann, sem fyrir var áður en fóðring skyldi steyppt, en holan hafði tekið við öllu sem dælt var á hana (um 60 l/s). Þegar tekist hafði að minnka lekann niður í 19 l/s, var tekið við að fóðra og náði fódurrörsendi niður á 1081,5 m dýpi. Fóðringin var steyppt í tvennu lagi, fyrst frá botni og hálfu leið upp og síðan upp í topp. Ekki kom steypan upp í seinni steypingunni og voru um 260 m niður á hana. Því var mokað sandi niður á milli fóðringa ásamt því að steyppt var ofan frá. Holan var síðan boruð niður í 1263 m, en í 1226 m varð algjört skoltap um tíma. Það olli því að holan varð ekki dýpri. Leiðari var settur niður og náði hann niður í 1259 m og voru aðeins neðstu 52 m raufaðir.

Verkinu lauk 25. ágúst 1977.

3. KJ-9 FRÁ DÝPKUN FRAM AÐ HREINSUN

Frá borlokum var vel fylgst með upphitun holunnar. Rólega var farið í sakirnar við að hleypa henni upp. Hafist var handa 20. september og var aðeins búið að opna hana um 102 mm (4") 25. sama mánaðar. Holan blés án afláts fram til 7. nóv. sama ár, en þá var henni lokað meðan unnið var að breytingum á toppútbúnaði vegna tengingar inn á gufuveitu. Að því verki loknu hefur holan blásið inn á veituna að undanskyldu haustinu 1978, en þá var lokað fyrir hana um tíma.

Strax í september fór að verða vart við sveiflur í varmainnihaldi vökvans og héldu þær áfram. Einnig hafa orðið breytingar í efnasamsetningu og þá einkum sveiflur í gasstyrk, þannig að í lágsveiflum líkist gassamsetningin efrihluta samsetningu þeirri er þekkt var fyrir dýpkun. Kísilhitasveiflur má einnig merkja, en þær eru minni en sveiflurnar í gasstyrk og fylgja þeim ekki alltaf. Fyrst eftir dýpkun var kísilhiti um 300°C, en lækkaði smám saman og var orðinn u.þ.b. 260°C í júní 1978. Hefur hann haldist stöðugur síðan. (sjá mynd 1).

Afl holunnar minnkaði nokkuð fyrst eftir dýpkun. Var gufumagn um 11 kg/sek við 9 bar abs. í nóvember 1977, en um 7 kg/sek við sama þrýsting í janúar 1978. Hést það stöðugt þar til í ágúst sama ár, en um haustið var holan mikið til lokað eins og áður greinir. Í desember 1978 voru gerðar nokkrar aflmælingar og sveiflaðist þá gufumagn frá 6-10 kg/sek við 9 bar abs. þrýsting, en í janúar og febrúar 1979 virtist gufumagnið orðið stöðugt, þ.e. um 8 kg/sek við ofangreindan þrýsting. Seinni hluta apríl mánaðar verða starfsmenn Kröfluvirkjunar varir við minnkandi gufumagn. Dalar holan síðan verulega og féll toppþrýstingurinn, P_0 , úr 8,6 bar niður í 4,1 bar á tímabilinu 18. apríl - 8. júní.

Á þessu tímabili átti sér stað kvikuhlaup, sem gat að einhverju leyti verið tengt þessum breytingum. Samfara kvikuhlaupum hefur m.a. komið fram þrýstingsaukning í efra kerfinu. Því var talið líklegt að áhrif efra kerfisins kæmu fram í holu KJ-9 á þeim tíma og gæti þar af leiðandi valdið kalkútfellingu, þar sem suða færi fram. Á mynd 2 sjást

breytingar í toppþrýstingi holu KJ-9, sem benda til þess að þrengingar af völdum útfellinga eigi sér stað eða þá að breytingar verði á innstreymi í holuna. Af ofansögðu þykir það fyrrnefnda líklegra. Var því ákveðið að lóða holuna, sem gert var 6. júní 1979 og eftirtaldar niðurstöður fengust:

- a) 1 1/2" lóð stoppaði á 643 m dýpi
- b) 5" karfa stoppaði á 633 m dýpi
- c) 7 1/2" karfa stoppaði á 540 m dýpi

Ekki tókst að ná í sýnishorn af því er olli þrengingunum.

Að fengnum þessum upplýsingum til viðbótar áður nefndum hugmyndum um áhrif efra kerfisins á holuna, var ákveðið að fá borinn Glaum (Wabco) til hreinsunar, þ.e. bora út útfellinguna.

4. HREINSUN

Seinnihluta mánudagsins 2. júlí 1979 var Glaumur fluttur yfir að holu KJ-9. Eftir að búið var að koma öllu fyrir á holunni, var tekið til að dæla á hana, alls 25 l/s, en notað sjálfrennsli meðan hún var "víddarmæld" (þreifufóð). Á 166-630 m dýpi reyndist vera útfellingahúð innan á fóðurrörum og þykknaði með dýpi. Í 630 m stoppaði mælirinn og virtist holan vera lokuð þar.

Eftir að öryggisloka hafði verið komið fyrir var tekið til við að setja niður 211 mm (8 1/2") krónu. Í tæpum 450 m stífaðist hún. Ekki höfðu verið teknir upp nema 100 m, þegar stíflan fór úr af sjálfu sér. Var því tekið til við að setja niður á ný og lengjunni snúið með dælingu á frá 327 m. Ekki varð vart við neina fyrirstöðu fyrr en á 451 m dýpi, en þá byrjar rýming og fljótlega var eins og um borun væri að ræða. Nær allt skolvatn kom upp þar til í 602 m, en þá tók holan við öllu sem á hana var dælt. Það var ekki fyrr en í 680 m að skol fór að koma upp á ný. Á fimmtudeginum 5. júlí var tekið upp og farið í frí, þegar dýpið var orðið 786 m.

Þann 10. júlí, að fríi loknu, var haldið áfram. Fyrst var dælt á holutopp og var þrýstingur þar fyrir 2,5 kg/cm², en við aðeins 7 l/s dælingu fór þrýstingurinn upp í 18 kg/cm². Dælur sýndu 250-300 psi. Þá var sett niður og hreinsun haldið áfram. Neðan við 936 m fór borinn nær álagslaust niður, en engin fyrirstaða var fyrir neðan 945 m fyrr en í 1146 m. Í 1060 m var komið niður á efri enda leiðara. Þá var tekið upp og sett niður 159 mm (6 1/4") króna. Á 1146 m dýpi var komið niður á sand eða útfellingu og þurfti að hreinsa holuna þaðan og niður í 1236 m. Heildarþungi borlengjunnar var þá orðinn 25 tonn og réði borinn ekki við meira.

Lengi vel kom allt skolvatn upp, en undir lokin var dælt niður 19 l/s, fimm komu upp, en fjórtán töpuðust út. Þegar dælt var á holuna í upptekt, tapaðist allt skolvatn. Laugardaginn 14. júlí var verkinu lokið.

Fyrirfram var búist við, að kalsítútfellingar væru aðal orsakavaldur þrenginganna í fóðurrörum. Í fyrstu leit út fyrir að svo væri, en á rúmum 530 m fór að koma upp svartur sandur og þegar nánar var að gáð kom í ljós, að eingöngu var um ferskt basaltgler og basalt að ræða. Það hélt áfram niður í rúma 590 m, en þá kom upp kalsít á ný þar til allt skolvatn tapaðist í 602 m. Farið var niður í 680 m með algjöru tapi, en þá kom skolvatnið aftur upp og með kalsítútfellingar. Í 696 m kom svartur sandur á ný og áfram niður í 820 m. Þar fyrir neðan jókst kalsít aftur og var yfir 90% á 860 m dýpi. Eins og að framan getur rann borinn nær álagslaust frá 936 m niður í 1146 m. Sýni voru tekin niður í 1000 m og var það að mestu kalsít dreif blönduð bergbrotum og járnflísnum innan úr fóðurrörum. Lítið sem ekkert kom upp með skolvatninu fyrr en í 1146 m og þá að mestu kalsít niður í 1200 m. Frá 1202-1210 m kom upp nánast eingöngu bergbrot, fersk eins og á undan. Síðan tóku við kalsítútfellingar niður á botn, lítillaga blandað bergbrotum og járnflísnum (sjá mynd 3).

Þegar svarti sandurinn tók að koma upp, var kannað í fyrstu hvort möguleiki væri á því, að sandur af yfirborði bærst niður með skolvatninu. Voru því ker og leiðslur hreinsuð og kom í ljós að svo var ekki. Enda hefðu dælurnar fljótt látið frá sér heyra ef svo hefði verið.

Spurningin er því: "Hvernig komst bergmylsnan (bergið) inn í holuna?".

Við athugun á borskýrslum við hreinsun kemur í ljós, að samfelld borun er niður í 936 m, en þaðan og niður virðist holan hrein, nema hvað bora þurfti frá 1146 m, en það gæti einfaldlega verið mylsna að ofan, sem fallið hefur niður á botn ýmist í rýmingu og þegar skolvatnið tapaðist. Ekki varð vart við annað á meðan borun stóð yfir, en að fóðringin væri heil frá toppi í botn. Eina opningin inn í holuna, sem vitað er um, eru því neðstu 52 m, þar sem er raufaður leiðari. Greinilegt er að kvika hefur verið þarna á ferðinni, en ekki er ljóst hvort hún hafi storknað fyrir utan holuna og mylsnan síðan borist inn eftir æðinni í föstu formi eða þá að kvikan hafi komist inn í holuna og storknað þar. Hvoru tveggja á sér stað undir þrýstingi.

Ef höfð er í huga myndun bólstrabergs, þá er þar kvika á ferðinni, sem storknar undir hydrostatískum þrýstingi, þannig að innri þrýstingur (hydrost.- og gasþrýstingur) kvikunnar nær ekki að yfirvinna hann. Ytra borð bólstrans verður glerjað en innri hlutinn kristallaður og blöðróttur. Á svipaðan hátt verða til þunnir basaltgangar alveg niður í fáeina sm, sem hafa þrengrt sér inn í móbergsmýndanir. Ekki er nein algild regla til fyrir því á hvaða dýpi eða við hvaða þrýsting kvikan nær að yfirvinna ytri hydrostatískan þrýsting og komast í nánari snertingu við vatn. Það virðist aðallega háð samsetningu, seigju og möguleika á afgösun kvikunnar, þar af leiðandi hitastigi og rennslis hraða.

Frauðkenndur gjallhluti myndast þegar kvika nær að yfirvinna ytri hydrostatískan þrýsting og komast í nána snertingu við vatn sbr. holu 4 í Bjarnarflagi. Ekkert gjall fannst, sem bendir til þess að svo hafi orðið. Því má segja með nokkurri vissu að bergmylsnan hafi komið frá botni holunnar eða næsta nágrenni við hana og borist síðan með holuvökvanum upp í útfellingaprengingarnar.

5. NÁNARI ATHUGUN Á SVARFINU

Við nánari athugun á bergmylsnunni kom í ljós að eingöngu var um að ræða ferskt berg eins og frumrannsókn leiddi í ljós. Svanur Pálsson hjá OS Keldnaholti mældi ljósbrot glersins og var það á bilinu $n = 1.606 - n = 1.610$, þar af leiðandi basískt berg ekki alveg homogent.

Ennfremur var talið í fjórum þunnsneiðum til þess að meta innbyrðis-hlutfall glers og bergs með tilliti til dýpis.

Nr.	Dýpi	Gler	Hálfkristallað	Blöðrótt og kr.	Dílar
Þ.9033	540 m	30,9%	28,7%	35,6%	5,1%
Þ.9034	581 m	33,7%	34,1%	27,0%	4,9%
Þ.9036	729 m	40,9%	22,6%	34,2%	2,7%
Þ.9037	760 m	39,2%	21,2%	34,4%	5,1%

Ekki voru sjáanlegar neinar breytingar, sem gætu skýrt nánar tilvist bergsins innan fóðurröra, en dreifingin er svipuð því, er búast mætti við í bólstrabergi.

Við frumathugun virtist eingöngu vera um kalsítútfellingar að ræða. Til öryggis voru valin sýni niður eftir holunni, og greind með XRD-aðferð (sjá töflu). Sömu niðurstöður fengust í megin atriðum nema hvað aragónít vottur fannst í þremur sýnum.

XRD-greiningar á útfellingum úr KJ-9

Dýpi	Tegund
472 m	Kalsít
534 m	"
598 m	"
680 m	"
870 m	" , og vottur af aragóníti
930 m	Kalsít - " -
1150 m	" - " -
1200 m	"

6. NIÐURSTÖÐUR

Ekkert hefur enn fundist, sem bendir til þess að skemmdir séu á fódurrörum í KJ-9. Þar af leiðandi eru aðeins neðstu 52 m opnir út í grannbergið. Aðeins á þeim kafla hefur ferska basaltmylsnan eða kvikan átt innkomuleið. Ekki er ljóst hvort kvikan hefur storknað í holunni eða rétt fyrir utan holuna. Hins vegar skiptir það ekki meginmáli, því kvikan hefur haft lítil áhrif á holuna. Í holunni hefur verið fyrir langur og þykkur útfellingakafli, frá 450 m niður í 936 m, þó ekki samfelldur. Það bendir til, að útfellingin hafi orðið við mismunandi suðuborð og þá væntanlega á löngum tíma. Síðan hefur bergmylsnan troðist upp í útfellingaþrengingarnar. Minnkandi afköst stafa bæði af útfellingum og að einhverju leyti af bergmylsnu í holunni.

7. LÝSING Á BORSVARFI VIÐ HREINSUN 1979

- 460 m Að mestu kalsít útfellinar, blandað bergbrotum, þar á meðal sést ferskt gler.
- 472 m Yfir 90 % er kalsít útfellingar, en afgangur samanstendur af fersku, glerjuðu, blöðróttu basalti og fersklegu basaltgleri.
- 484 m -"-
- 502 m -"-
- 522 m -"-
- 534 m -"- , nema smávægileg aukning í bergbrotum.
- 540 m Þunnsneið.
- 541 m Veruleg aukning í bergbrotum. Hér er um að ræða frauðkennda, blöðrótta, mjög fínkornótta basaltmola og fersklegt gler. Lítur út eins og bólstri sem er molaður niður. Dreif er af kalsítútfellingum.
- 562 m -"-
- 567 m -"-
- 581 m Þunnsneið.
- 598 m Að mestu leyti kalsítútfellingar ásamt dreif af sams konar bergi og hér að ofan.
- 680 m -"-
- 696 m Nær eingöngu bergbrot þ.e. basaltgler og kristallað fínkornótt basalt hvoru tveggja mjög fersklegt.

- 702 m Þunnsneið.
- 710 m Sama og 696 m.
- 725 m --
- 729 m Þunnsneið.
- 738 m Sama berg og á undan, en minna virðist vera af gleri.
- 760 m Þunnsneið.
- 766 m Sama berg og á undan, en er nú verulega blandað kalsíti.
- 790 m Sama berg og á undan. All mikil oxun sést í nokkrum kornum.
- 800 m --, dreif af kalsíti.
- 810 m Kristallað fínkornótt basalt ásamt basaltgleri hvoru tveggja fersklegt.
- 820 m --, nema oxun sést víða, einnig virðast vera þarna örfínir pyrítkristallar.
- 830 m Svarfið blandað 50-50 af bergbrotum og kalsítútfellingum.
- 840 m Minnkun í berginu og aukning í útfellingum.
- 850 m Enn eykst hlutur útfellingar, en nokkur járnbrost sjást líklega flísar innan úr fóðurrörum.
- 860 m Yfir 90 % kalsítútfellingar afgangur fersklegt basalt.
- 870 m Kalsítútfellingar ásamt dreif af járnflísum úr fóðurrörum.
- 880 m --
- 890 m --
- 900 m --
- 910 m --
- 920 m --
- 930 m --
- 940 m --, nema meira blandað drullu, sem setið hefur innan í fóðurrörum.
- 950 m --, ásamt dreif af fersklegu gleri. Vottur af grænleitri leirhúð sést á fáeinum kornum.
- 960 m --
- 970 m --
- 1000 m Blanda af fersku bergi, járnflísum og kalsítútfellingum.
- 1050 m Nánast eingöngu kalsítútfellingar.
- 1060 m --, rauðgulur litur litar sýnið að miklu leyti líklega veldur oxun því.
- 1070 m --
- 1190 m --
- 1200 m --
- 1202 m Fínkornótt fersklegt basalt og basalt gler 60-70 %.

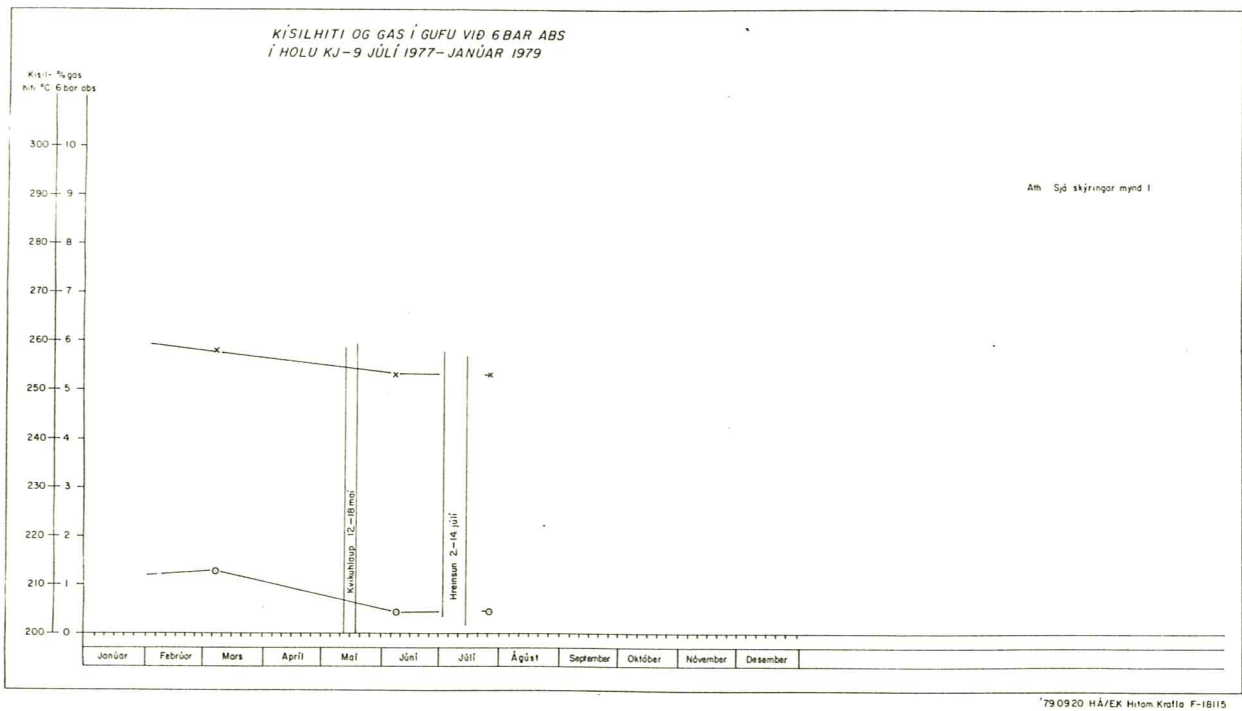
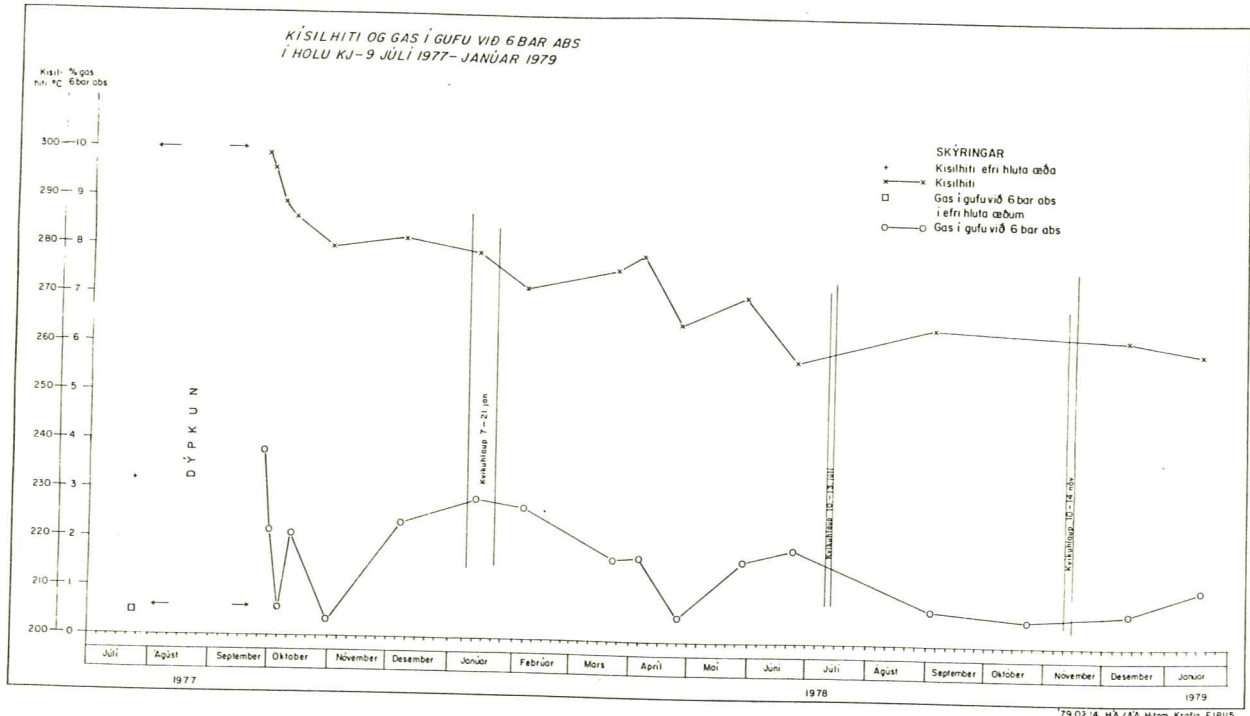
Smávægileg oxun í basaltinu. Afgangur kalsítútfellingar.

1210 m "-, nema smávægileg aukning í útfellingum.

1220 m Kalsít útfellingar 80-90% af sýninu afg. basalt.

1230 m "- .

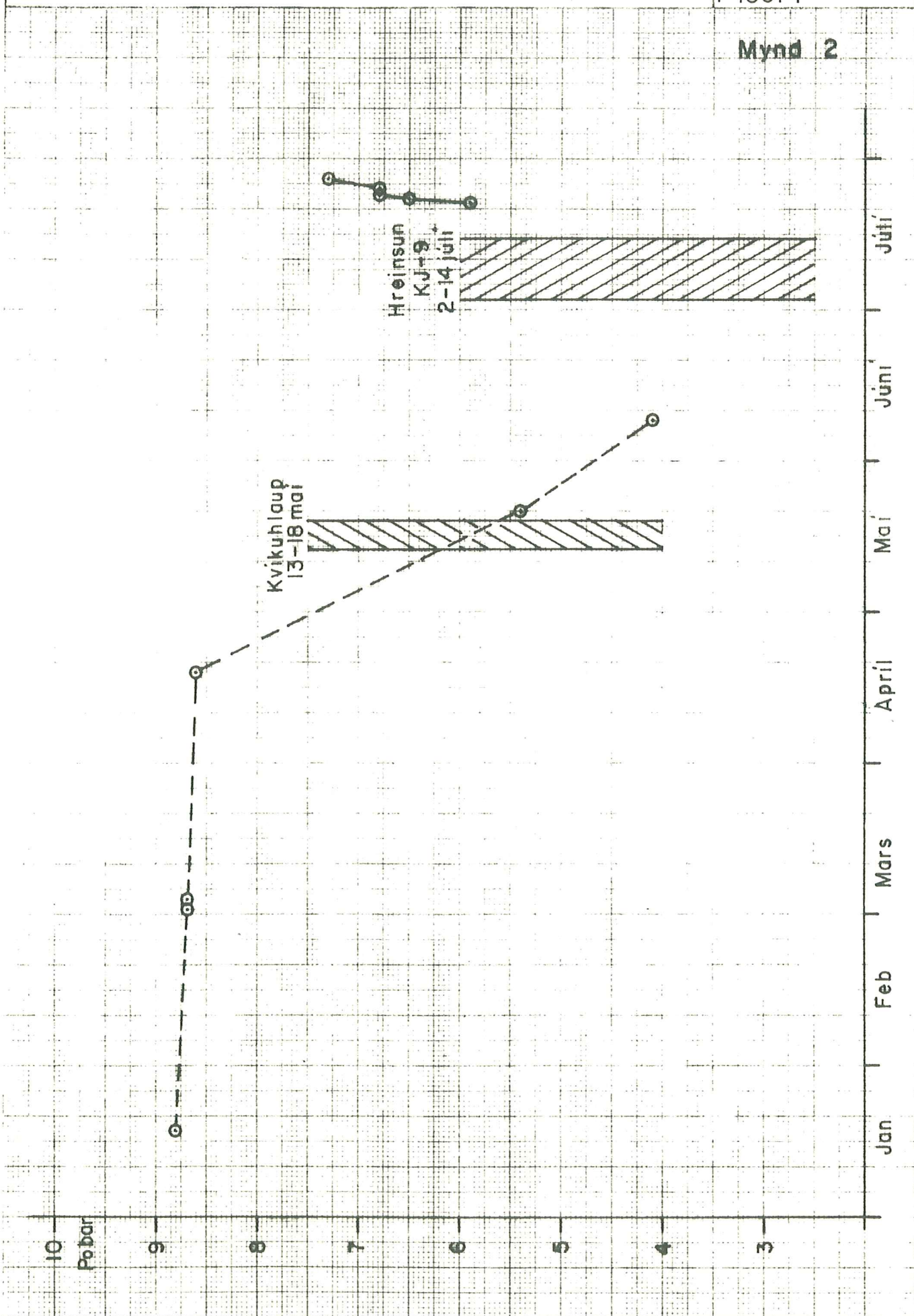
Ásgrímur Guðmundsson.





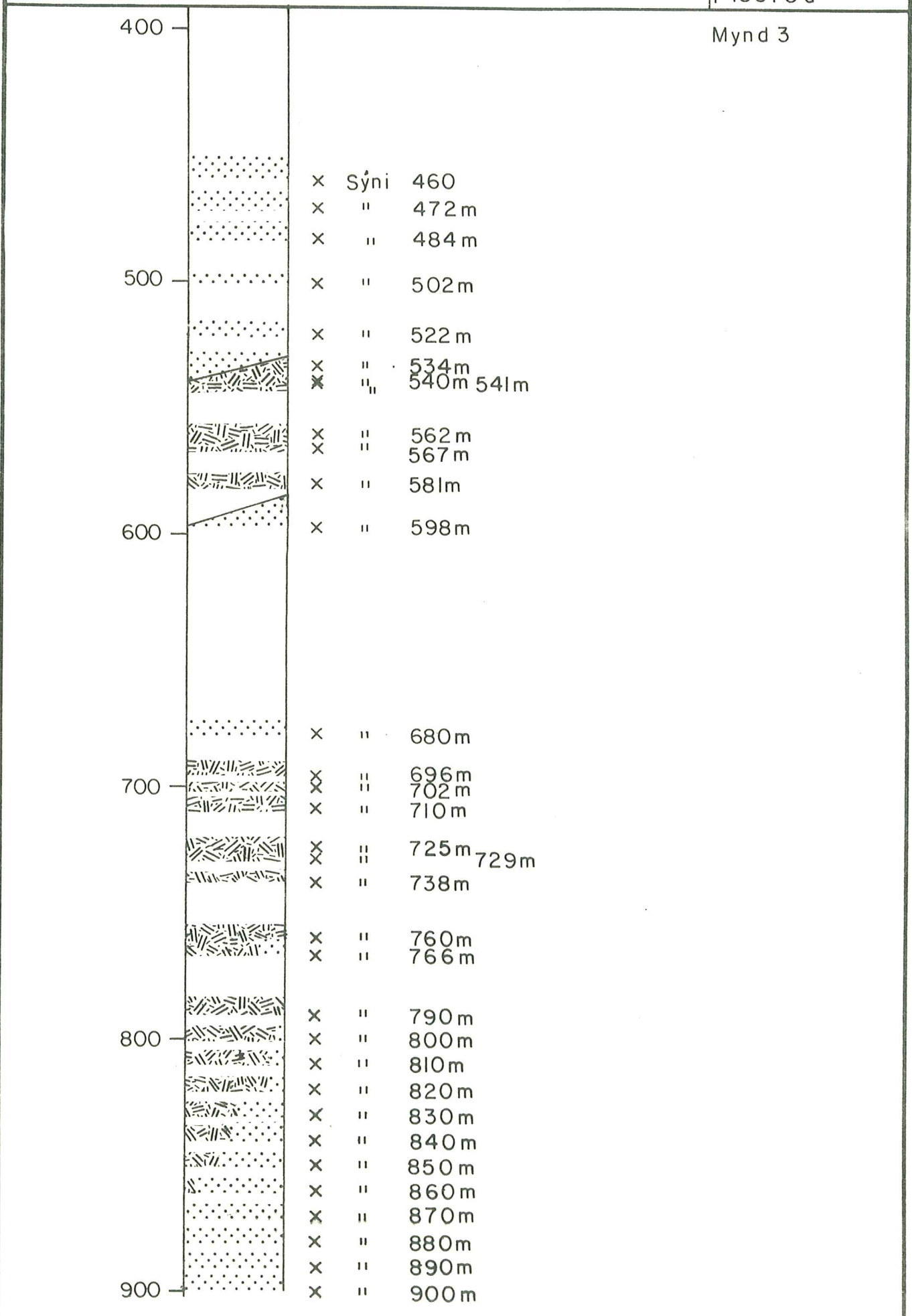
Breytingar á toppþrýstingi Po á holu KJ-9 í bar

Mynd 2





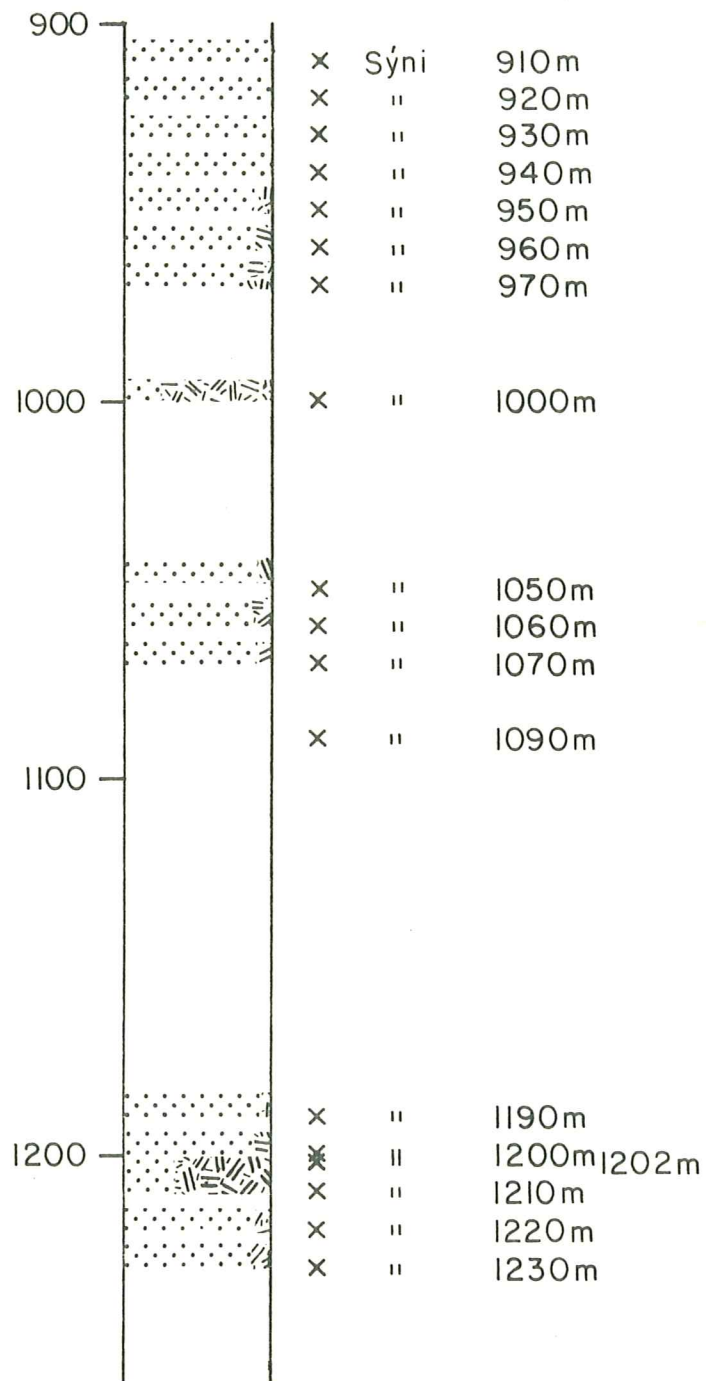
KJ-9 Hreinsun





KJ-9. Hreinsun

Mynd 3



SKÝRINGAR

 Glerjað basalt, bólstraberg

 Útfellingar