

**Krafla hola KG-25. Ástand og horfur í
upphafi árs 1991**

**Ásgrímur Guðmundsson, Benedikt Steingrímsson, Guðrún
Sverrisdóttir, Halldór Ármannsson**

Greinargerð ÁsG-BS-GSv-HÁ-91-03

KRAFLA HOLA KG-25 ÁSTAND OG HORFUR Í UPPHAFI ÁRS 1991

INNGANGUR

Eftir öflugan blástur holu KG-25 allt frá upphleypingu fram í desember, þá fór að bera mjög á óeðlilegri aflhnignun holunnar. Það leiddi síðar til frekari athuganna á holunni þann 17. desember. Aflhnignun holunnar hélt síðan áfram og 7. janúar var ákveðið að loka henni og skoða hana eins og kostur var á án þess að setja yfir holuna bortæki. Hér á eftir eru niðurstöður þessara athugana ásamt tillögum um aðgerðir.

SENDING ÚR HOLUNNI

Vegna aflrýrnunar holu KG-25 var ákveðið í desember s.l. að lóða hana og kanna á þann hátt hvort útfellingar hefðu myndast. Þann 17. desember var holunni lokað og hún lóðuð. Frásögn af því fer hér á eftir:

Skömmu áður en holunni var lokað var Po (toppþrýstingur) = 18 bar og Q (heildarrennsli) = 30 kg/s. Eftir lokun fór Po um leið í 30 bar, en á næstu 15 mín. klifraði hann upp í 40 bar og hélst þannig í 2 tíma. Á þeim tíma var holan lóðuð með blýlóði, sem var um 1.3 m á lengd, en þvermál þess var 1.5". Lóðið settist á um 1410 m dýpi og festist þar. Eftir að hafa juggað vírn-um lítilega til við holutopp og tekið á honum þá losnaði úr festunni. Þegar upp var komið vantaði blýlóðið neðan á, en festingarnar sem blýið var steipt utan um komu með. Þá var ákveðið að hleypa holunni beint upp og freista þess að skjóta lóðinu á þann hátt upp úr henni. Holan blés strax krítísk um stútinn (8" í þvermál) meðan hún ruddi úr sér gufu og gasi, en strókurinn mjökkaði aðeins þegar vatnið kom. Skömmu eftir að vatnið kom skaut hátt í loft upp rúmlega 1 m bútur úr leiðaranum, langt upp fyrir gufustrókin og lenti búturinn 0.5-1 km norðan við holuna. Við þessar aðstæður blés holan í um 15 mín og var Po þá um 8 bar. Holunni var síðan lokað og fór Po í 65 bar. Hún var síðan opnuð út á hljóðdeyfi og var vatnsrennsli þá aðeins um 1 l/s.

Þá var gert hlé á aðgerðum vegna matartíma. Klukkan 13 var holunni lokað á ný í um það bil 10 mín. og fór Po þá í 45 bar. Opnað var að nýju og þá beint upp í loftið í 10-15 mín. Í framhaldi af því var reynt að hafa holuna lokaða með smá blæðingu eða að finna hentugustu aðstæður til að láta hana blása eins lítið og hægt var.

Sett í 10 mm blenda á 2" lögn. Po fór í 64 bar.

Sett í < 10 mm blenda á 2" lögn. Po fór í 50 bar. Smit virtist vera við flangs og meðan það var athugað rauk Po upp í 90 bar.

Sett var 46 mm blenda í hljóðdeyfislögn og fór Po í 70-80 bar við móturlokann. Vökvinn sem kom upp við þessar aðstæður var brúnn á litinn sem leysingarvatn.

Sett 66 mm blenda í hljóðdeyfislögn og fór Po í 40 bar. Vatnið var þá tært.

Í lok þessarar lýsingar er rétt að geta þess að PC-stúturinn fannst vöðlaður í báða enda inn í hljóðdeyfinum og hafði hann losnað af flansinum, sem hann var soðinn á.

Þannig var lýsingin á aðstæðum við holuna þegar hún var lóðuð og næstu daga á eftir.

LEIÐARABÚTUR SKOÐAÐUR

Leiðarabúturinn, sem holan blés úr sér var um 1.3 m á lengd og var hann mjög illa farinn. Hann var sendur suður á Orkustofnun til nánari skoðunar. Boðað var til fundar 20. desember með þeim sérfræðingum, sem best þekkja til tæringar og útfellingamála. Þar kom sú skoðun fram, að förin á innanverðum leiðaranum benda til þess að þar hafi átt sér stað "kavitasjón", sem sennilega hefur oðið vegna samverkandi slits (erósjónar) og tæringar (korresjónar). Slitið er talið hafa orðið vegna einhvers konar iðustreymis á blöndunarstað efri- og neðrihlutavökva. Á sama stað hefur líklega átt sér stað tæring á mjög afmörkuðu bili, þ.e. þar sem neðrihlutarenni blandast efrihlutarenni. Mögulegt er að klórvetnisgas hafi getað borist upp með gufunni og myndað mjög tærandi umhverfi á blöndunarstaðnum.

Lítill sem engin tæring var merkjanleg á utanverðu rörinu samanber það að herslumerki (lítill þríhyrningur) er sjáanlegt ofan við gengjurnar.

Ákveðið var að láta efnagreina útfellingaskán í leiðarabútinum og þá um leið að kanna hvort leifar einhverra tærandi efna væru til staðar í tæringarpyttum. Farið var með rörið til greininga á Iðntæknistofnun.

Pc-stúturinn var einnig skoðaður og var ekki að sjá neina tæringu á honum heldur virtist sem suða við flansinn hafi brotnað, líklega vegna titrings.

LEIÐARABÚTUR EFNAGREINDUR

Rörbúturinn, sem er alls um 130 cm á lengd, er mjög beyglaður og rifinn auk þess sem hann er tærður nær í sundur nálægt miðju. Tæring er reyndar í rörinu öllu, en þó er annar helmingurinn mun verr farinn. Á skárri endanum sjást gengjur vel, en verri endinn er orðinn mjög þunnur. Rörið var 7" að utanmáli og upphaflega með 9.19 mm veggþykkt. Það er úr stáli af gerðinni K-55.

Nærri miðju röri er beygla þar sem það er næstum tært í sundur. Það hangir aðeins saman á tveimur nokkurra sm breiðum ræmum. Gengjumegin við beygluna myndar tæringin skeifulaga pytti í stálið, en hinu megin 2-3 mm djúpar rennur. Stálið er allsstaðar þakið þunnu svörtu lagi sem líkist útfellingu. Fjærst gengjunum, þar sem rörið er slétt, er grá útfelling. Tveir bútar voru sagaðir úr rörinu (mynd 1) og skoðaðir í SEM-rafeindasmásjá, og gráa útfellingin var auk þess skafin af og greind í XRD (kristalbygging) og XRF (efnagreining).

Sýni 1 (ÚKRA-9101a), var tekið af svæðinu með skeifupyttunum (mynd 1). Helstu efni í svörtu útfellingunni voru járn og brennisteinn, en einnig greindist kísill og klór (mynd 2). Engin kristalbygging sást. Við mikla stækkun, (x89,3) (mynd 3) komu í ljós hringlaga mynstur inni í pyttunum. Við meiri stækkun, (x714,4) (mynd 3) lítur þetta út eins og hraukar með sprungum út frá miðju. Við efnagreiningu kom í ljós að klórið sem greindist í heildarútfellingunni, fannst í þessum hrúgum en ekki utan við þær.

Sýni 2 (ÚKRA-9101b), var sagað þar sem tæringarrennurnar byrja í framhaldi af gráu útfellingunni (mynd 1). Athugað var hvort útfellingin hefði fallið ofan í tæringuna, en svo reyndist ekki vera. Útfellingin hlýtur því að hafa átt sér stað samtímis tæringunni, eða á undan en það virðist þó ósennilegra. Við greiningu á gráu útfellingunni í efnaskanni á SEM-tækinu komu fram járn og brennisteinn líkt og í svörtu útfellingunni svo og kísill, en ekki fannst vottur af klóri (mynd 4). Aftur á móti greindist talsvert kalsíum. Við meiri stækkun kom í ljós að kalsíum var bundið við smáa kristalla á víð og dreif þar sem einnig var mikið af brennisteini. Kísill og járn var aftur að finna í massa þar sem enga kristöllun var að sjá. Þar greindist brennisteinninn líka.

Þessu næst var sýni af gráu útfellingunni skafið af rörinu og efnagreint í XRF sem raunar staðfesti aðeins niðurstöður SEM-greiningarinnar. Síðan var kristalbyggingin könnuð í XRD-tæki og gaf hún ákveðna toppa fyrir anhydrít (CaSO_4). Einnig kom fram svokölluð óþalbunga fyrir ókristallaðan kísil.

EFNAGREININGAR HOLUVÖKVANS

Kísil- og varmainnihaldsmælingar voru notaðar til að reikna út hluta neðrakerfis í heildarrensli KG-25. Í þeim útreikningum kom fram, þegar niðurstöður efnagreininga á heilsýnum lágu fyrir, að sýrustig (pH) neðrihlutavökvans var áætlað $< 4 - 6.8$, sem þýðir að vökvinn sé erfiður í vinnslu.

Við samanburð á þremur heilsýnum sem tekin voru úr holu KG-25 kom í ljós aukning í SO_4 í tveimur síðari sýnunum þ.e. eftir að holan varð svört.

Súri vökvinn að neðan er yfirmettaður með tilliti til anhydríts einnig eru möguleikar á öðrum útfellingum fyrir ofan og neðan blöndunarstaðinn á um 1400 m dýpi, svo sem kalsíti, kísli og járnþrjústeinssamböndum. Þessi efnahvörf eru mjög næm fyrir breytingum á sýrustigi.

Athugun á tæringu leiðarabútsins hefur einkum verið túlkað þannig, að tæringarleiðin sé sú, að yfirhituð gufa þéttist við blöndunarstaðinn og verði tímabundið mjög tærandi. Niðurstöður reikninga á ástandi neðrihlutans eru hins vegar á þá lund, að alltaf hafi verið þar eitthvað vatn og því aldrei yfirhituð gufa. Forsendur þeirra reikninga eru fyrst og fremst tölur um samband leysni kísils og hita, en mældar stærðir, sem reiknað er frá eru hitastig, vermi og kísilstyrkur. Samkvæmt því streymir mismunandi súr vökví (pH $< 4 - 6.8$) í mismiklu magni (1 - 8 kg/s) upp holuna og getur alla vega tímabundið valdið tæringu á bilinu frá botni að blöndunarstað. Hins vegar verður tæring alla jafna mest, þar sem miklar ójöfnur eru í stálinu. Ætla má, að iðustreymi það, sem fram kemur á blöndunarstaðnum geti veikt bletti ekki síst ef haft er í huga, að við blöndunina yfirmettast vatnið m.t.t. nokkurra steinda og geta myndast útfellingaagnir, sem mundu reynast hjálplegar við að hola stálið. Því er sýnilegt ástand leiðarabútsins ekki endilega í mótsögn við þá útkomu reikninga, að neðrihlutavökvinn sé ekki yfirhituð gufa.

Að lokum má geta þess, að radon er verulega lægra í KG-25 en KG-10 og er minnkunin í samræmi við breytingarnar í gasi, þ.e. að ekki varð beint vart við kvikugös, en áhrifa þeirra gætir þó enn í vökvunum.

ÁSTAND HOLUNNAR KANNAÐ Í JANÚAR 1991

Hér að ofan hefur ekki verið tekin afstaða til þess hvaðan úr holunni rörbúturinn hafi komið. Sterkar vísbendingar gefa til kynna, að búturinn hafi komið af um 1400 m dýpi. Því til stuðnings má nefna nokkur atriði:

- Blýlóðið stoppaði á rúmlega 1400 m dýpi.
- Blöndunarstaður efri- og neðrihlutavökva er á um 1400 m dýpi.
- Í niðurstöðum efnagreininga á leiðarabútinum er að finna vott af blýi, sem getur verið af lóðinu sem varð eftir í holunni.

Afköst holunnar voru aðeins svipur hjá sjón í upphafi nýs árs eins og fram kemur á mynd 5. Því var ákveðið að loka holunni 7. janúar og körfumæla hana hið fyrsta til að kanna útfellingar. Vel viðraði til slíkra athafna í 3. viku ársins. Fimmtudaginn 17. janúar var holan mæld. Nið-

urstöður eru sem hér segir:

- 4 1/2" karfa fór í 1380 m (hún merkti ekki neinar þrengingar og þótti ekki ráðlegt að fara með hana dýpra, þar sem hún gæti fest þar sem leiðarinn var í sundur á um 1400 m).
- 5 1/4" körfu var slakað niður á 1378 m dýpi í leiðara án þess að merkja þrengingar.
- 6 1/4" karfa fór niður á toppinn á leiðaranum á 1116 m dýpi og settist þar ofan í hengistykkið. Það lætur nærri að þetta sé innanmál leiðara.
- 7 1/2" fór hindrunarlaust niður vinnslufóðringuna. Henni var slakað niður þar til 2-3 m voru að hengistykkinu þá var ákveðið að stoppa og taka enga áhættu um að festa körfuna í toppinum á leiðaranum.
- Reynt var að setja niður körfur sem voru um það bil 8" í þvermál, en þær komust ekki niður úr rafmagnslokanum á holutoppinum.

Í stuttu máli sagt þá sýna körfumælingarnar að holan er hrein (án útfellinga) ofan við blöndunarstað efri- og neðrihlutavökva.

Í lokin var holan hita- og þrýstimæld. Þar kom skýrt fram að ennþá streymdi úr botnæðinni upp holuna samanber mynd 6.

TILLÖGUR UM AÐGERÐ Á HOLUNNI

Hér að framan hefur verið rakin saga holunnar eftir að vart varð við óeðlilega aflhnignun í henni. Til grundvallar þeim tillögum sem hér koma á eftir liggja fyrir þessar forsendur:

- Leiðarabútur, sem holan spýtti úr sér er ættaður frá um 1400 m dýpi.
- Ástand bútsins gaf til kynna umhverfi öflugss og tærandi iðustreymis í holunni, sem stafar af blöndun efri- og neðrihlutavökva.
- Niðurstöður körfumælinga benda til, að engin útfellingamyndun hefur átt sér stað ofan við blöndunarstaðinn þrátt fyrir að skilyrði séu fyrir hendi samkvæmt niðurstöðum efnagreininga.

Lagt er til bor verði settur á holuna n.k. sumar til könnunar og viðgerða á holunni. Nauðsynlegt er að framkvæma eftirfarandi:

- (i) Taka upp efrihluta leiðarans (sennilega 292 m eða 23 rör ásamt hengistykki).
- (ii) Laga toppinn á neðri hluta leiðarans og hreinsa hann niður í botn.

Að fengnum upplýsingum úr þessari framkvæmd er hægt að ákveða hvernig holan skuli vera í næstu framtíð. Ef engar útfellingar eru til staðar í neðri hlutanum, þá er búið afmarka staðinn þar sem meinsemd holunnar er. Næst er að meta hvernig hægt er að koma holunni í gagnið á ný. Þar eru tveir möguleikar efstir á blaði. Það verður að vega þá og meta með tilliti til öryggis og kostnaðar.

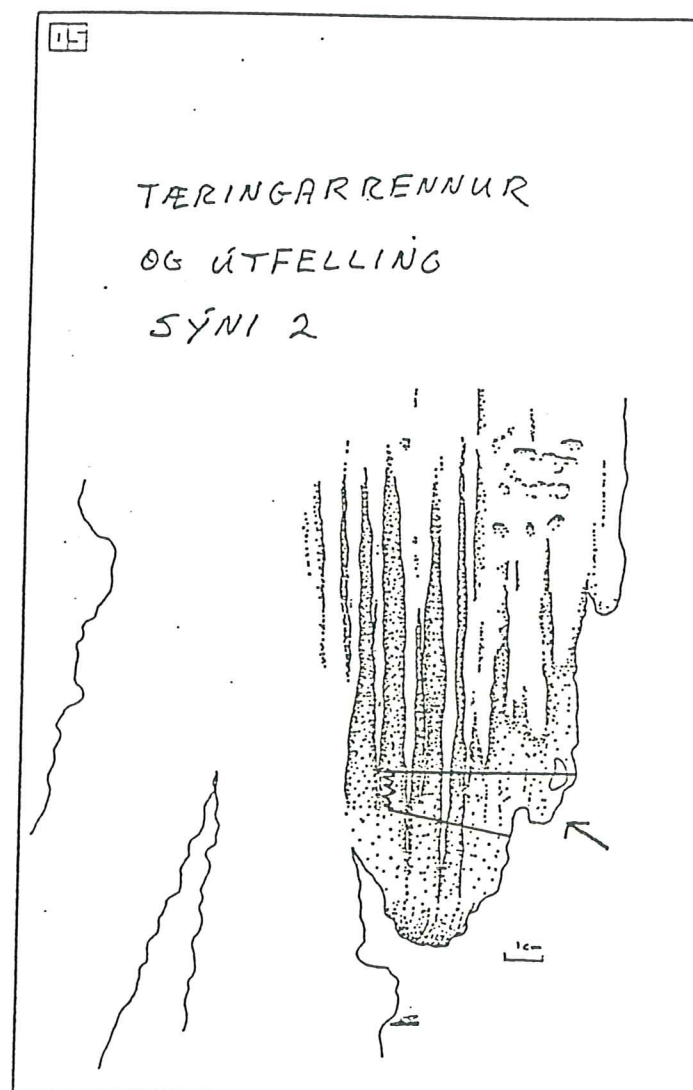
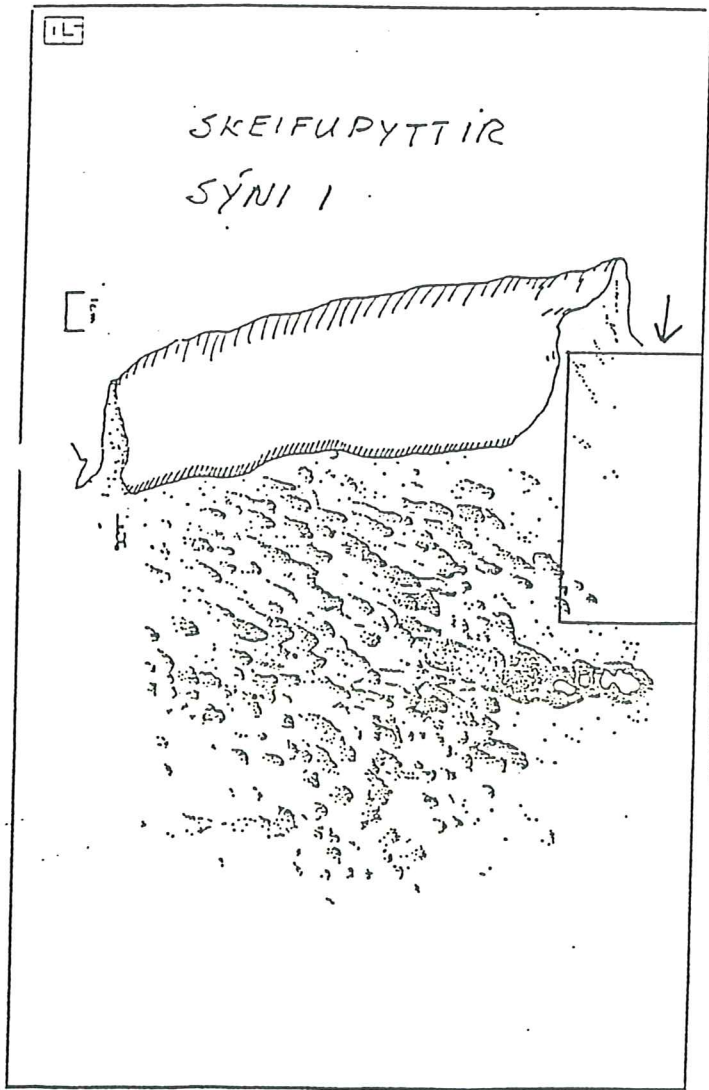
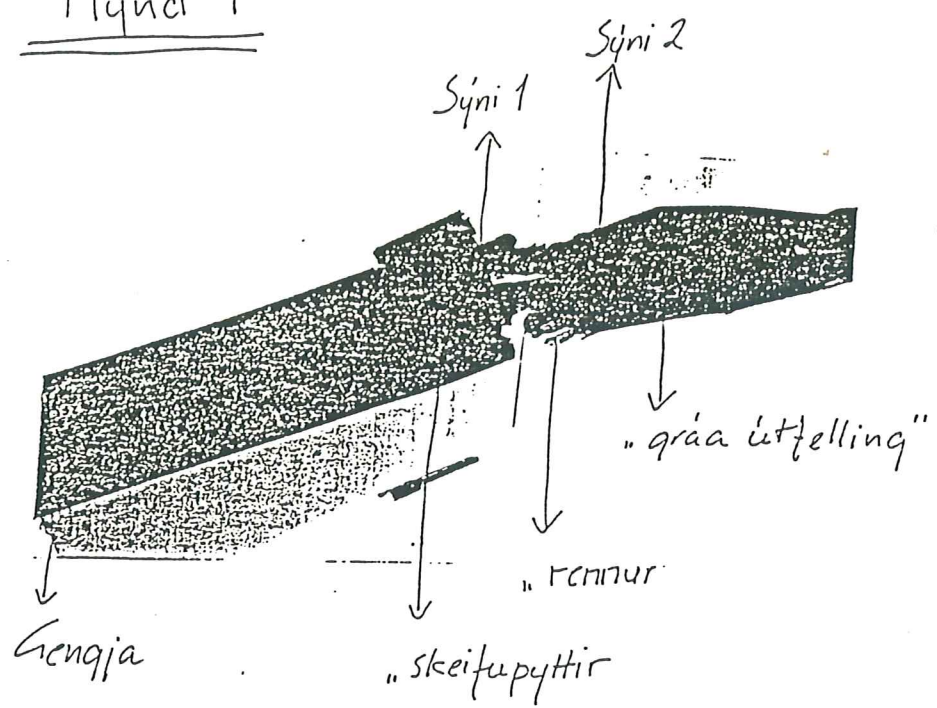
- Setja í holuna sérstyrktan leiðara, þar sem meinsemdin er.
- Láta holuna standa leiðaralaus á mótis við meinsemdarkaflann.

Rétt er að gera sér fljótlega grein fyrir hvernig standa skuli að lagfæringu holunnar, ef ákveðið er að fara út í framkvæmdir. Ekki skiptir þá máli hvort reynt verði að láta holuna blása eða hún "geymd" eftir að viðgerð er lokið. Ef útfelling er í neðri hluta leiðarans þá er sennilega

best að "geyma" hana, þó fer það eftir því hvaða útfellingar það eru og hversu miklar. Það að geyma holuna felur m.a. í sér að hana megi nýta sem niðurdælingaholu þar til annað verður ákveðið.

Mikilvægt er að taka ákvörðun um verkið fljótlega ef vera kynni að einhver tæki, sem þarf til þess, séu ekki tiltæk í landinu og þurfi að leigja þau eða þanta erlendis frá.

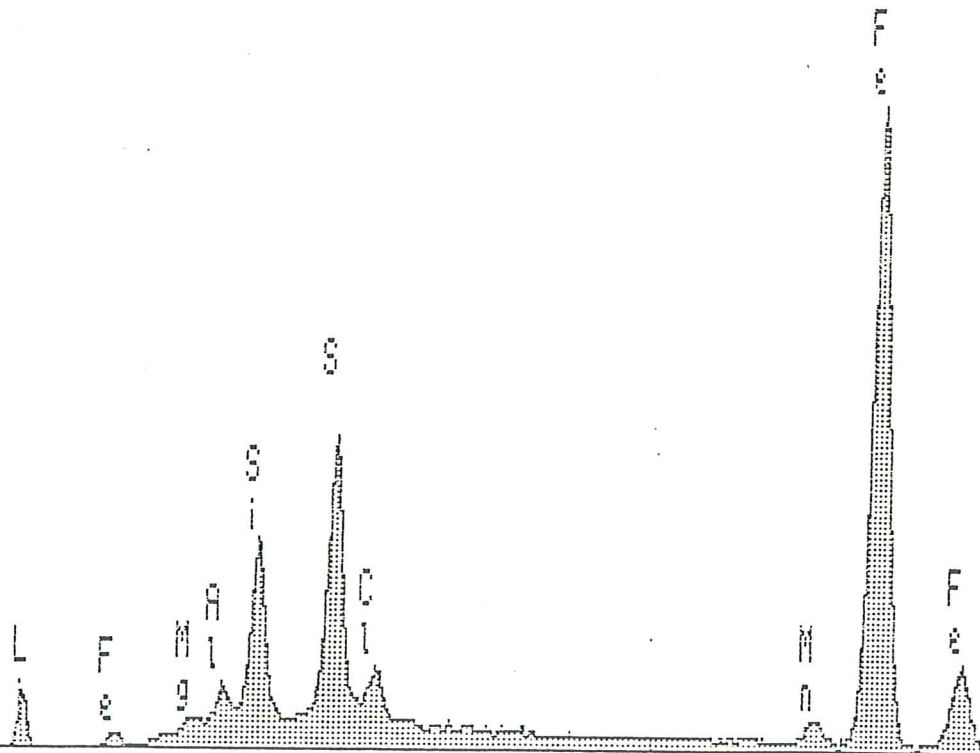
Mynd 1



Mynd 2

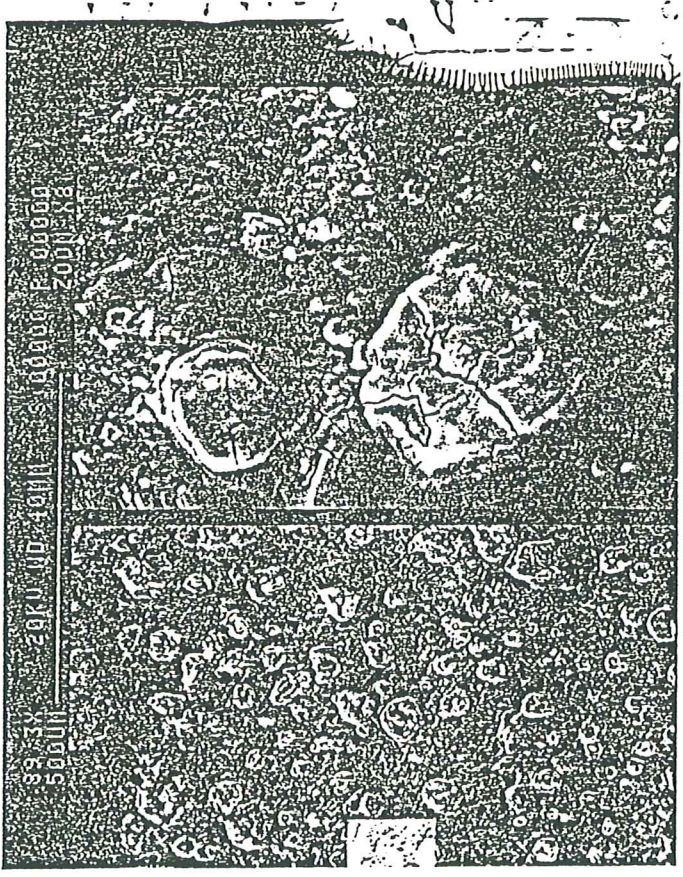
IDNTÆKNISTOFNUN ÍSLANDS
Keiðranóit, 112 Reykjavík
Sími (91) 68 7000
Telex 3020 Istecni IS
Póstfax 68 74 09

X-RAY: 0 - 20 keV
Live: 100s Preset: 100s Remaining: 0s
Real: 133s 25% Dead

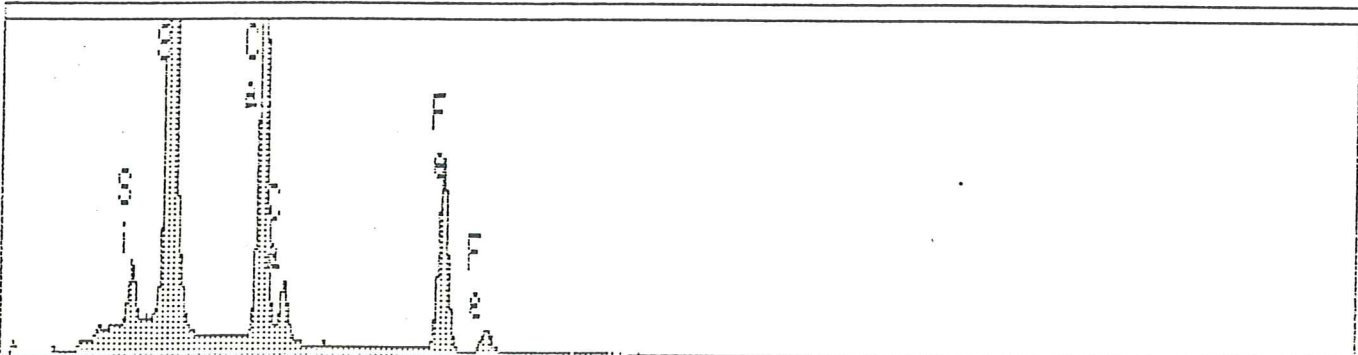


4.680 keV 9.8 >
FS= 1SK ch 244= 364 cts
MEM1: PYTTUR, DEKKRA A BSD MYND

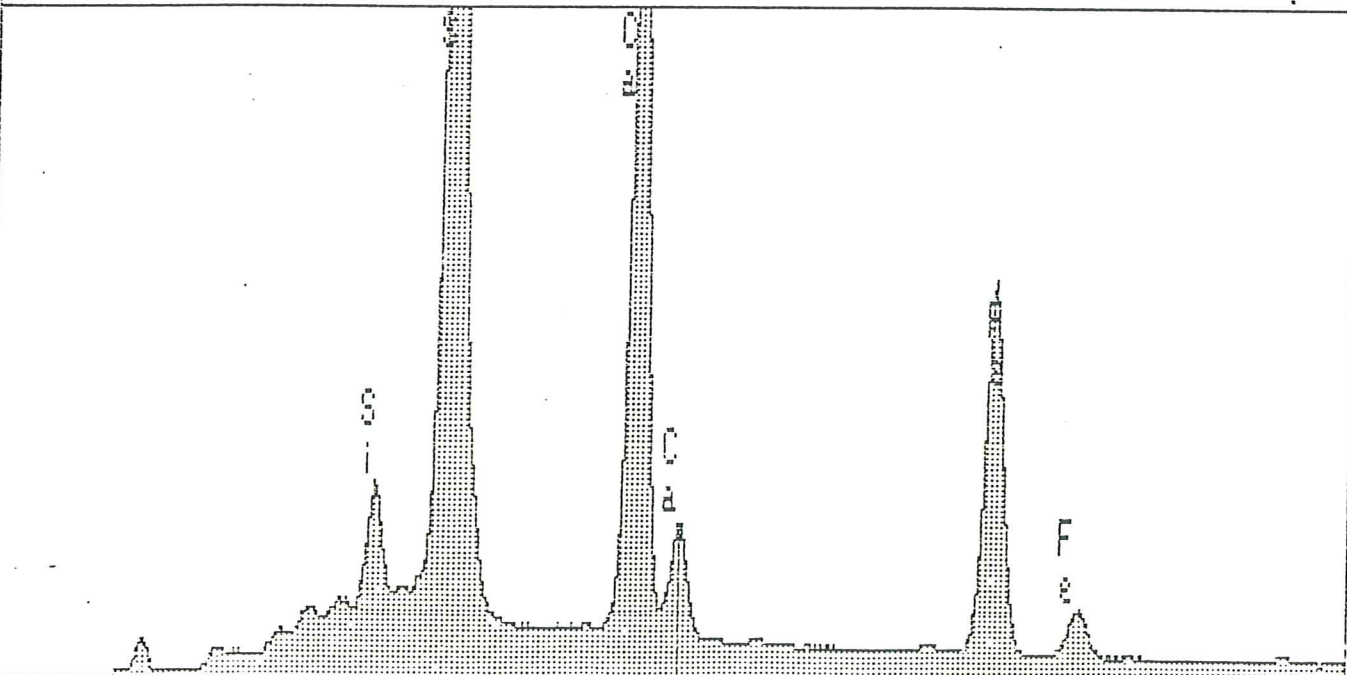
Mynd 3



Mynd 4

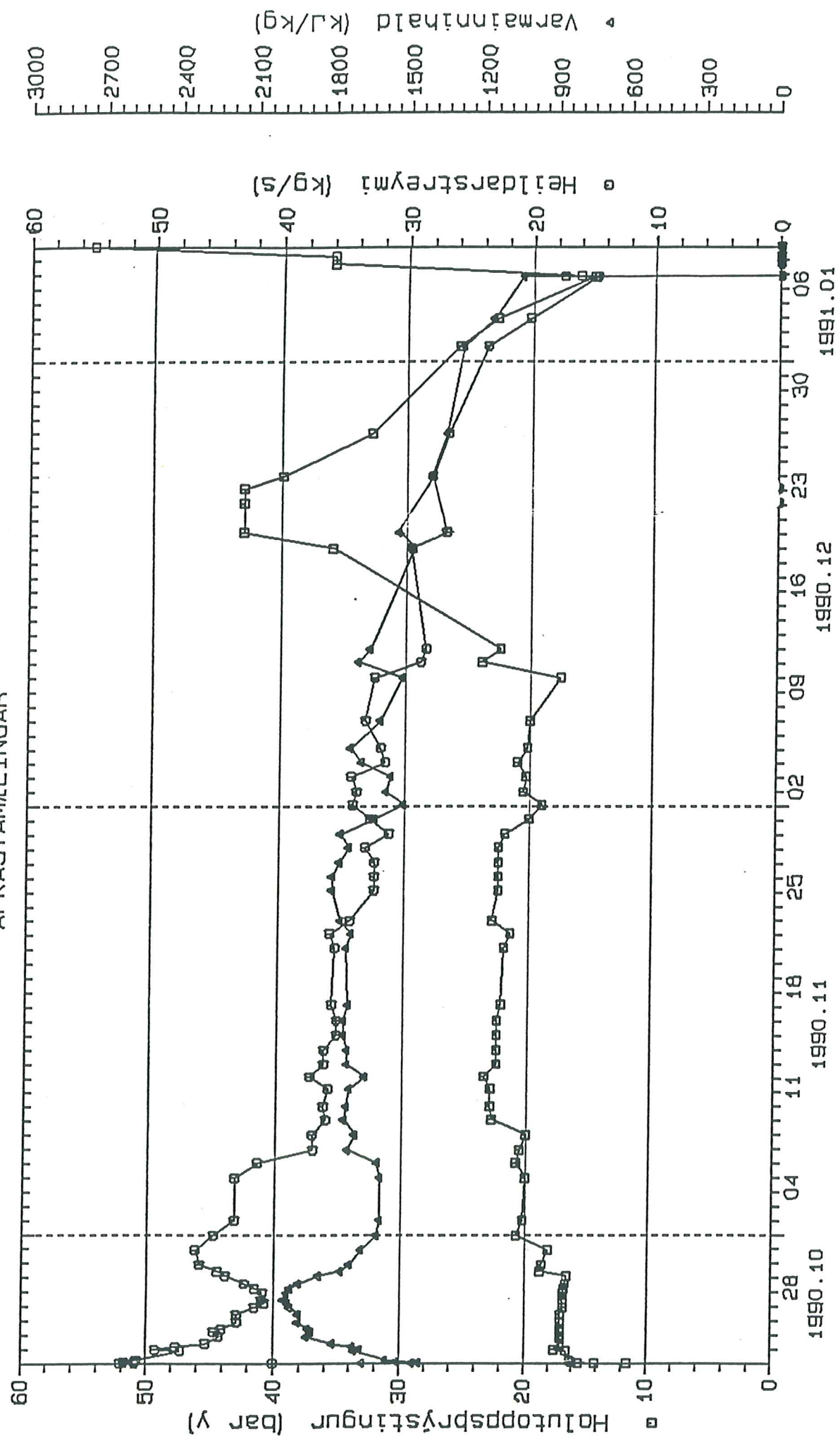


X-RAY: 0 - 20 keV
Live: 92s Preset: 100s Remaining: 8s
Real: 190s 48% Dead Rate 12.29kcp/s



4.020 keV 9.1 >
FB= 16K OS= 288 ch 211= 3679 cts
MEM1:

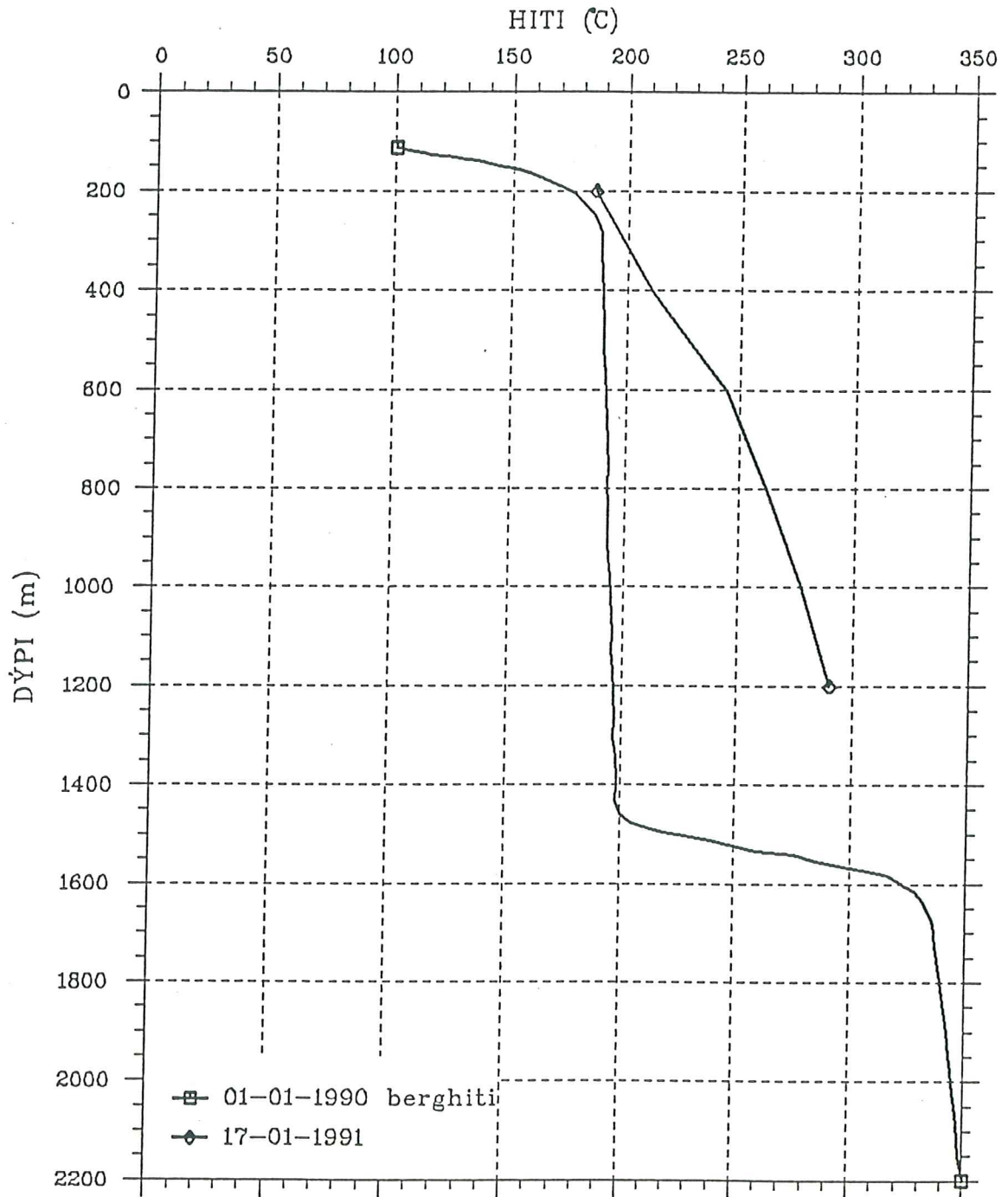
KRAFLA HOLA KG-25
AFKASTAMÆLINGAR



Mynd 5

21 Jan 1991 grb
L= 58025 Oracle

KRAFLA



Mýnd 6