



ORKUSTOFNUN

Setlagarannsókn í Öxarfirði vegna fundar á
lífrænu gasi

Guðmundur Ómar Friðleifsson, Jón Eiríksson

Greinargerð GÓF-JE-88-03

SETLAGARANNSÓKN Í ÖXAFIRÐI VEGNA FUNDAR Á LÍFRÆNU GASÍ.

1. FORMÁLI

Síðastliðið sumar var boruð 322 m djúp hola (Æ-3) í landi Ærlækjarsels í Öxarfirði, rétt hjá svokölluðu Skógalóni. Sumarið áður, þ.e. 1987, höfðu auk þess verið boraðar tvær holur (Æ-1, 70 m djúp, og Æ-2, 101 m djúp) í sama landi, en allar voru holurnar boraðar í tengslum við fiskeldisrannsóknir (sjá mynd 1). Holur Æ-3 og Æ-1 voru báðar boraðar með könnun og nýtingu á jarðhita í huga.

Dálítið af heitu vatni rann upp úr holu Æ-1 að lokinni borun 1987. Síðar um sumarið var holutoppur hækkaður lítilega, þannig að sjálfrennsli hætti, og þrýstimæli komið fyrir á holutopp. Kom þá í ljós að holan byggði upp 0.2 bar gasþrýsting. Gasi þessu, ásamt sýni af heita vatninu, var síðan safnað til efnagreininga, og kom þá í ljós að nokkuð magn af lífrænu gasi var að finna í gassýninu. 94 % gasins reyndist vera köfnunarefni, um 2 % súrefni og um 2 % metan (CH_4), þá um 0.3 % etan ($\text{C}_2 \text{H}_6$). Fundur þessi þótti svo sérstæður að gassýni var sent til Bretlands í greiningu, og fannst þá ásamt með etan, vottur af bútan, própan og pentan; kolvettissamböndum í gasi sem venjulega tengist gas- eða olíumyndun í jörðu.

Ákveðið var að fara varlega með ofangreind gögn, þar sem ekki var með öllu útilokað að um mengun af mannavöldum gat verið að raða. Þess var þó getið í verklýsingu um borun Æ-3 að varúðar skyldi gætt við fóðrun holunar vegna hugsanlegrar gasmengunar, og eins voru uppi áform um að safna gassýni úr holunni áður en vinnslufóðring yrði steyp (Sverrir Þórhallsson o.fl., 1988 a,b), í þeim tilgangi að komast að hvort lífræna gasið væri til staðar og jafnvel upprunnið á litlu dýpi, einkum og sér í lagi ef það fynndist ekki neðar síðar. Aðstæður í borun höguðu þó þannig til fyrir steypingu fóðringar að gassýni var ekki tekið. Loks voru bormenn beðnir að vera vel á verði við bergsýnatöku. Ekkert óvænt kom þó upp við þá sýnatöku, en 100 ml svarfsýni voru tekin á 2 m fresti niður alla holuna, eins og venja er hérlandis. Borun holunar gekk erfiðlega framan af vegna hruns í jarðlögum, og fór kostnaður við borunina því talsvert fram úr áætlun. Vinnslufóðringu (9 5/8") tókst þó að lokum að koma á 120 m dýpi og var hún steypit upp. Holan var síðan boruð í 322 m dýpi, og raufuðu röri (7") komið fyrir neðan vinnslufóðringar.

Umtalsvert sjálfrennsli var í holunni að borun lokinni (um 35 l/s) og mældist vatnið 87°C heitt. Um haustið var holan rennslisprófuð, og hressist hún heldur við prófunina því sjálfrennsli jókst upp í 47 l/s ásamt því að vatnið hitnaði um nokkrar gráður, og er nú um 92°C. Vatns- og gassýnum var safnað úr holunni fullopinni, 25. september

síðastliðinn, og hafði þá holan verið í sjálfrennsli í rúman mánuð. Niðurstöður efna-greininga birtust síðan í nóvember síðastliðnum (Magnús Ólafsson, 1988). Þar kemur í ljós eins og í holu $\text{Æ}-1$, að aftur greinist talsvert af lífrænu gasi í heildarsýnинu. Hér lendis er það greint sem etan, þar sem greiningartækni býður ekki upp á nákvæmari aðgreiningu. Sýni voru því aftur send til Bretlands, en niðurstöður hafa ekki borist er þetta er ritað.

Hitamælingar sem gerðar voru meðan á borun stóð og síðar, sýna að þrjú vatnskerfi eru í holunni (mynd 2). Tvö þeirra eru yfir 100°C heit, það eftir á 140 m dýpi (ca. 105°C) og það neðan 200 m dýpis ($110\text{-}120^{\circ}\text{C}$ heitt), og má vera að bæði þessi kerfi séu samtengd í uppstremmissprungu, rétt utan við borholuna. Þriðja vatnskerfið liggur milli hinna tveggja á u.p.b. 180-200 m dýpi. Er það mun kaldara, rétt rúmlega 30°C heitt, og jarðhitaaðstæður því mjög sérstæðar. Öll vatnskerfin þrjú leggja til sjálfrennslisins úr borholunni, og má áætla að um $1/3$ komi úr neðri æðunum tveim, á móti $2/3$ úr efstu æðinni. Það að jafn kalt vatn skuli finnast milli laga með mun heitara vatni er mjög sérstætt, en sýnir þó ótvíráett, að blöndun milli vatnskerfa er hæg eða óveruleg. Sú vitneskja leiðir hugann að því hvort fleiri slík misheit lög sé að finna neðar í setlögum Öxarfjarðar. Kjörskilyrði til olíu eða gasmyndunar gætu því verið til staðar í hitafarslegum skilningi. Eins mætti velta fyrir sér hvort gasþúðar kynnu að liggja milli setlaga, svo ekki sé rætt um þaðan af verðmætara efni.

Jarðlagagreining á borsvarfi, sem gerð var meðan á borun stóð (mynd 3) sýnir að holan var boruð í setlagastafla. Frá yfirborði og niður á 55 m dýpi var holan boruð í laus-an sand. Þar fyrir neðan taka við setlop með breytilegri kornasamsetningu (sand-steinn, siltsteinn, leirsteinn) allt niður á 310 m dýpi, er hraunlag greindist í borsvarfinu. Vísbending um annað hraunlag eða grjótagrund sást jafnframt á 230 m dýpi. Auk vatnsæðakerfana þriggja sem merkt eru með örbum, eru skeljalög táknuð með "S" við jarðlagasniðið á mynd 3. Þar sést að skeljar og skeljasteingervingar finnast á nokkrum stöðum í holunni. Berggerð á öllum þeim stöðum er sambland af silt- og leirsteini, sem ásamt skeljunum er tilorðin á sjávarbotni. Eins víst er að þörungagróður og botnfiskar hafi einnig þrifist í þessu umhverfi fyrr á tímum, og talsvert af lífrænum leifum hafi því fallið til í tímans rás. Fergus og jarðhiti hafa síðan valdið hörðnun setlaganna. Nokkuð er óljóst með aldur setlaganna, nema hvað líkur benda til að mestur hluti þeirra sé frá nútíma (yngri en 10.000 ára). Raunvísindastofnun HÍ var t.d. fengin til að gera tilraun til aldursgreiningar með kolefnisíslópum í skeljum úr holu $\text{Æ}-2$, neðan 70 m dýpis, og benda frumniðurstöður til tæplega 3000 ára aldurs á þeim skeljum (Árný Sveinbjörnsdóttir, óbirt gögn). Séu þær niðurstöður réttar er hugsanlegt að setlögin sem hola $\text{Æ}-3$ sker, séu öll yngri en 10.000 ára. Grjótagið á 230 m dýpi gæti þá verið myndað samtímis myndun Jökulsárgljúfurs, svo jarðlop séu túlkuð lauslega, en af þessu má ljóst vera að hægt er að komast nokkuð nærrí um aldur og uppruna setlagana. Að sama skapi má freista þess að rekja hraunlagið neðst í holunni til Þeistareykjabungu, eða annara eldstöðva, sem gera yrði með bergfræðilegum samanburði.

2. RANNSÓKN Á UPPRUNA LÍFRÆNA GASSINS

Ljóst má vera af formála að full ástæða er til að kanna til hlítar hugsalegan uppruna lífræna gassins í borholunum við Skógalón. Þar koma þrenns konar rannsóknir til greina:

- (A) JARÐFRÆÐILEGAR
- (B) JARDEFNAFRÆÐILEGAR
- (C) JARÐEÐLISFRÆÐILEGAR

Þegar hefur verið birt greinagerð um þær jarðeðlisfræðilegu rannsóknir sem eðlilegast væri að framkvæma í fyrsta áfanga (Ólafur G. Flóvenz, 1988), áður en til kostnaðarsamra endurkastsmælinga kæmi. Er því vísað til greinagerðar Ólafs um þátt (C) hér að ofan, en hann áætlaði að um 1600 þús. krónur þyrfti til úrvinnslu á þeim gögnum sem til eru nú.

Samtímis þessari greinagerð hér, er birt önnur greinagerð um þátt (B) að ofan (Magnús Ólafsson og Halldór Ármannsson, 1988). Þar er lýst aðferð við djúpsýnatöku úr vatnskerfunum, og gerð úttekt á þeim fjölda efna- og ísótópamælingum sem gera þarf. Gasið er vitaskuld skýrasta vísboundingin um olíu- eða gasmyndun úr lífrænum setlögum í eða undir borholunum, og rannsókn á því hlýtur því að hafa forgang umfram aðrar athuganir, komi til þess að setja þurfi upp forgangsröð rannsókna. Áætlaður kostnaður við þennan rannsóknarþátt (B) er 700 þús. krónur, svo sem fram kemur í greinagerðinni.

Hér að neðan er loks fjallað um nokkrar af þeim jarðfræðilegu athugunum (A) sem beita þarf á setlögini sjálf til að finna hugsanleg tengsl þeirra við gasmyndunina. Höfundar styðja rannsóknaráætlunina við fyrirmund sem sótt var til námskeiðs í "Source Rock Geology", sem þeir sóttu til Danmerkur 1986 á vegum Nordisk Ministerrad, en námskeið þetta fjallaði um tilurð gass og olíu í setlögum og þær rannsóknaraðferðir sem beitt er nú á tímum.

Frumgreiningu á borsvarfinu (mynd 3) þarf að fylgja eftir með eins ýtarlegri greiningu á setlögunum og svarfsýnin bjóða upp á. Svo sem fram kemur í formála eru líkur á lífrænum leifum í skeljalögnum talsverðar, og því eðlilegt að rýna vel í innviði þeirra. Auk nákvæmrar svarfskoðunar í smásjá þarf að gera einhvern fjölda af þunnsneiðum til skoðunar í bæði gegnfallandi og áfallandi ljósi. Gróflega má áætla að 40 til 50 þunnsneiðar af hvorri gerð þurfi til verksins. Eitthvað af gljásneiðunum mætti nýta til efnagreininga í örgreini og/eða rafeindasmásjá, tæki sem hægt er að komast í hjá Norrænu Eldfjallastöðinni og Iðntæknistofnun. Þunnsneiðagreining yrði gerð hérleidis fyrst, sýni yrðu valin í þeirri greiningu, og síðan send til frekari rannsókna er-lendis. Áætla má að a.m.k. 10 sýni verði send í framhaldsgreiningu.

Auk þeirra stofnana íslenskra sem að ofan er getið, er gert ráð fyrir að leitað verði

aðstoðar Raunvísindastofnunar við ísótópagreiningar á föstu efni og gași til aldurs- og uppruna athugana. Einhver fjöldi ísótópagreininga yrði síðan gerður erlendis á völdum sýnum. Framhaldsathuganirnar (hér lendis og erlendis) felast svo fyrst og fremst í eftirtoldum atriðum:

1. Aldursgreining á skeljunum. Tilgangur: Hraði setmyndunar.
2. Magngreining á lífrænu kolefni (TOC). Tilgangur: Möguleiki á myndun olíu eða gas úr viðkomandi bergi.
3. Ísótópagreining á kolefnisleifum. Tilgangur: Uppruni.
4. Gasgreining á kolefnisleifum. Tilgangur: Prosíki með tilliti til olíu eða gasmyndunar (efnagreining á kolvetnum).
5. "Vitrinite Reflectance". Tilgangur: Ummyndun og þroski lífræns efnis metin með sérstökum smásjárgreiningum.
6. Efnagreining á hraunum. Tilgangur: Tenging við eldstöðvar.
7. Röntgengreiningar. Tilgangur: Ummyndun og hiti.

Umfang einstakra þátta ræðst að nokkru af niðurstöðum þeirra rannsóknarþátta sem fyrstir koma. Áætlun á kostnaði er því nokkrum vandkvæðum bundin, einkum hvað varðar aðkeypta þjónustu erlendis frá. Fyrirhugað er að leita samstarfs við norræn rannsóknarfyrirtæki.

Höfuðmarkmið með ofangreindum athugunum á setlögunum í holu Æ-3 er fyrst og fremst eitt. Gengið skal úr skugga um hvort gasið sé upprunnið úr setlögunum í holu Æ-3, eða hvort leita þurfi annars uppruna dýpra. Með hliðsjón af niðurstöðum úr rannsóknarþætti (B) má síðan komast nær hugsanlegum upptökum innan jarðhitakerfisins í efstu 300 m setlagastaflans undir Skógalóni.

Áætlað er að komast megi langt með rannsóknarþátt (A) fyrir 600 þús. krónur. Þar af er reiknað með innlendum kostnaði tveggja sérfræðinga í u.p.b. 1 mánuð. Kostnaður við hverskyns þunnsneiðagerð er þá innifalinn, notkun á innlendum tækjum ásamt aðkeyptri þjónustu við þau, teiknistofuvinnu, ritvinnslu og útgáfu skýrslu um rannsóknirnar. Um 30-35 % af heildarupphæð er áætluð til greiðslu fyrir aðkeypta rannsóknarþjónustu erlendis frá.

3. NIÐURLAG

Það er mat undirritaðra sérfræðinga Orkustofnunar og Raunvísindastofnunar Háskóla Íslands að fundur á "olíutengdu" lífrænu gasi í borholum við Skógarlón í Öxarfirði sé svo einstæður að full ástæða sé til að rannsaka allar aðstæður ítarlega. Í greinargerðinni hér að ofan er fyrst og fremst fjallað um þær jarðfræðirannsóknir (A) sem venja er að framkvæma við setlagarannsóknir í olíuborunum. Hér á eftir er hins vegar

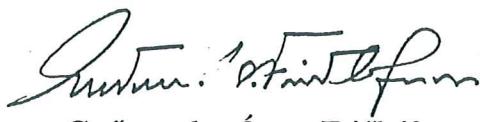
birt kostnaðaráætlun fyrir þá þrjá rannsóknarþætti sem ræddir voru að ofan.

4. KOSTNAÐARÁÆTLUN

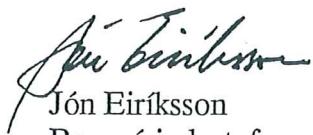
Samkvæmt þessari greinargerð og þeim sem vísað er til yrði áætlaður heildar-kostnaður við rannsókn á gasi í Öxarfirði sem hér segir:

(A) JARÐFRÆÐILEGAR RANNSÓKNIR	600 þús. kr.
(B) JARÐEFNAFRÆÐILEGAR RANNSÓKNIR	700 þús. kr.
(C) JARÐEÐLISFRÆÐILEGAR RANNSÓKNIR	1600 þús. kr.

Reykjavík 8. desember, 1988.



Guðmundur Ómar Friðleifsson
Jarðhitadeild Orkustofnunar



Jón Eiríksson
Raunvísindastofnun Háskólags

HEIMILDIR

Árný E.Sveinbjörnsdóttir 1988, óbirt gögn.

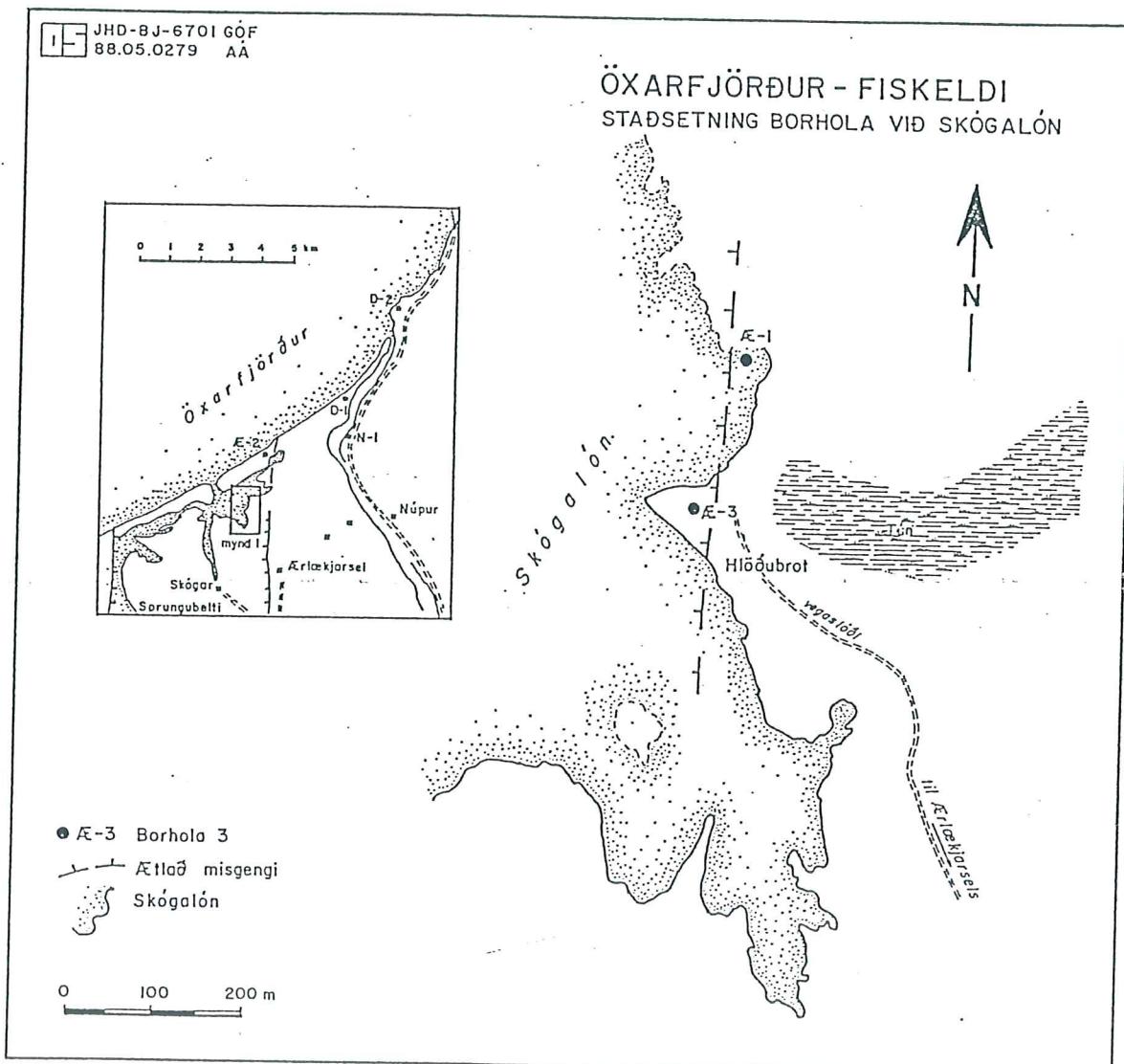
Ólafur G. Flóvenz, 1988. Hugmyndir um setlagarannsóknir í Öxarfirði. Greinargerð
ÓGF-88/04.

Magnús Ólafsson, 1988. Öxarfjörður -1988-. Efnasamsetning vatns. Greinagerð,
MÓ-88/20.

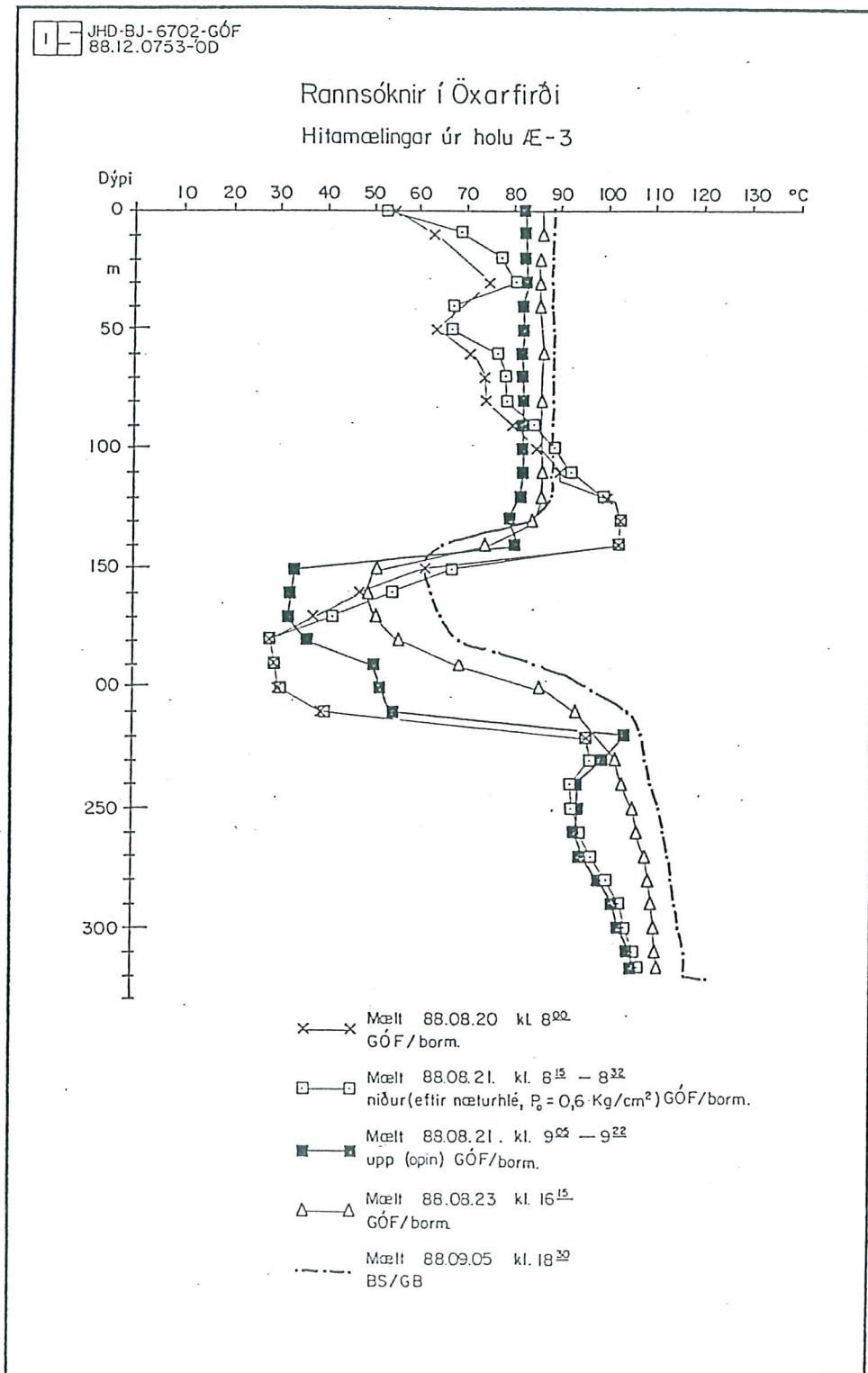
Magnús Ólafsson og Halldór Ármansson, 1988. Djúpsýnataka úr holu Æ-3 Öxarfirði
í tengslum við lífrænan gasfund. Greinargerð MÓ-HÁ-88/22.

Sverrir Þórhallsson, Guðmundur Ómar Friðleifsson og Lúðvík Georgsson, 1988 a.
Borun þriggja rannsóknarhola í Öxarfirði sumarið 1988 - Verklýsing. OS-
88008/JHD-04 B, apríl 1988, 14 s.

Sverrir Þórhallsson, Guðmundur Ómar Friðleifsson og Lúðvík Georgsson, 1988 b.
Borun djúprar rannsóknarholu í Öxarfirði sumarið 1988 - Verklýsing. OS-
88008/JHD-04 B, breytt, júní 1988, 11 s.



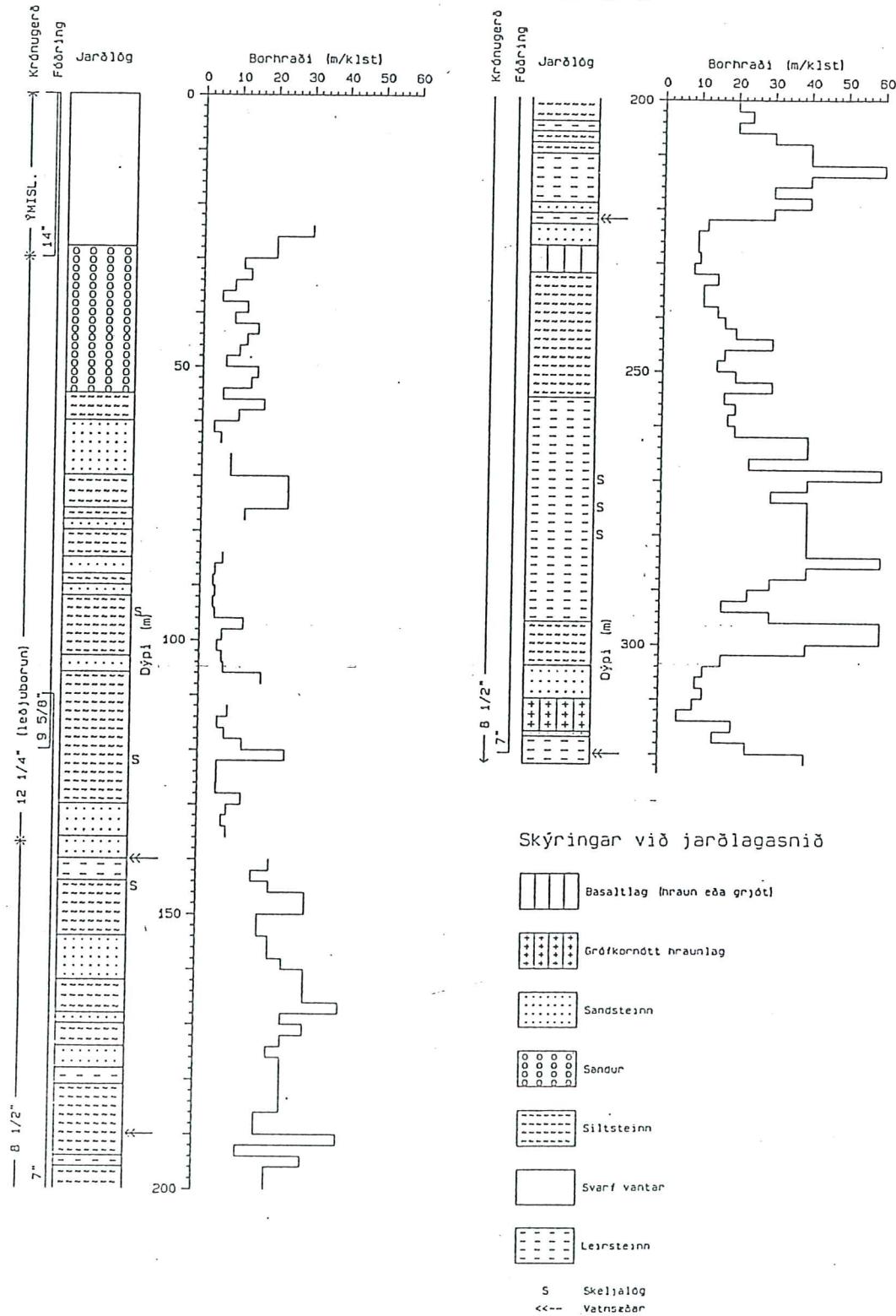
Mynd 1. Staðsetningarkort af holu Æ-3.



Mynd 2. Hitamælingar úr holu Æ-3.

JHD-BJ-6702-GOF
88.12.0752 T

RANNSÓKNIR I ÓXARFIRDI 1988
JARDLAGASNID HOLU Æ-3



Mynd 3. Jarðlagasnið af holu Æ-3.

