

**Verkefnið Gas í Öxarfirði (504000). Stutt
yfirlit um aðdraganda verksins og fyrstu
niðurstöður**

Magnús Ólafsson

Greinargerð MÓ-92-08

ETE. *Mynd myndastöðun rittgjafa.
hinn er frá ósigild.
Dó*

ORKUSTOFNUN

Jarðhitadeild
29. apríl 1992



ORKUSTOFNUN
Greinargerð

Greinargerð
MÓ-92/08
mó

Verkefnið GAS Í ÖXARFIRÐI (504000) Stutt yfirlit um aðdraganda verksins og fyrstu niðurstöður

Inngangur

Á undanförunum árum hefur Orkustofnun unnið að könnun jarðhitasvæða í Öxarfirði og jafnframt kannað skilyrði til fiskeldis í náinni samvinnu við sveitarfélögin þar. Í þessu skyni hafa m.a. verið boraðar 8 rannsóknarholur eftir heitu vatni og jarðsjó. Komið hefur í ljós að umtalsverðan jarðhita er að finna undir söndum Öxarfjarðar. Jafnframt er nú ljóst að jarðhitinn er í þykkum setlagabunka, og af þeim sökum eru jarðfræðilegar aðstæður í Öxarfirði um margt frábrugðnar aðstæðum annars staðar á Íslandi. Jarðeðlisfræðilegar mælingar benda til þess að setlagabunkinn geti verið 700-800m á þykkt. Auk jarðhitas hefur komið í ljós að heitu vatni og jarðhitagasi úr borholum við Skógalón fylgir vottur af lífrænu gasi, svokölluðum kolvatnsefnum. Frumrannsóknir hafa sýnt að lífræna gasið er hliðstætt því gasi sem oft fylgir olfulindum í jörðu. Fundur þessa lífræna gass í Öxarfirði er einstæður hér á landi, þrátt fyrir að áður hafi verið gerð sérstök leit að því í tengslum við þekkt gasútstreymi.

Markmið rannsóknarborunar við Skógalón

Á fjárlögum ársins 1991 fékk Orkustofnun sérstaka fjárveitingu að upphæð 8,5Mkr til að bora rannsóknarholu við Skógalón og standa straum af nauðsynlegum rannsóknarkostnaði. Markmið borunarinnar skyldi vera að finna skýringu á uppstreymi lífræns gass. Til að ná þessu marki voru afmarkaðir þrjú verkþættir. Í fyrsta lagi greining á tegund, magni og þroskastigi hvers kyns lífrænna efna í setlögnum, í öðru lagi greining á gasi og í þriðja lagi setfræðileg greining á jarðlagasúlnni. Hugsanlegt var að með þessu móti tækist að finna gasgeyma og/eða gasæðar í

setlögnum.

Framkvæmd verksins

Í fyrstu áætlun Orkustofnunar, sem lýst var í greinargerð Orkustofnunar (MÓ-GÓF-ÓGF-SP-AB-90/01), var gert ráð fyrir að dýpka holu ÆR-03 úr 320m í 700m með kjarnabor. Holan var boruð sumarið 1988 og gefur hún upp. 45 l/s af 96°C heitu vatni. Heimamenn í Öxarfirði fjármöggnuðu borunina að hluta og eiga þeir mikinn hluta holunnar. Í þessari fyrstu áætlun var gert ráð fyrir að koma fyrir 4" röri í holunni frá holutoppi og steypa það fast við botn. Kjarnaborunin átti síðan að fara fram innan í þessu röri og væri því engin hætt á að holan skaðaðist á einn eða annan hátt.

Veturinn 1990/1991 hófust viðræður við Jarðboranir h/f um framkvæmd verksins eftir að í ljós kom að þeir væru líklega eini verk-takinn hér á landi sem unnið gæti verkið. Fljótlega kom þó í ljós að þar á bæ var mikil fyrirstaða gegn því að vinna verkið samkvæmt áætlun Orkustofnunar og lögðu þeir til að boruð yrði ný hola í stað þess að dýpka holu ÆR-03. Jafnframt kom í ljós að Öxfirðingar voru heldur á móti því að dýpka holu ÆR-03 vegna ótta við að hún skemmdist. Niðurstaða viðræðna við Jarðboranir h/f og Öxfirðinga var síðan sú, að ákveðið var að ganga til samninga við Jarðboranir h/f á grundvelli tilboðs um borun nýrrar holu. Samningur var undirritaður 7. júní 1991 og í stuttu máli fólst hann í því að Jarðboranir h/f tækju að sér að bora og fódra 320m holu á föstu verði 30m vestan við holu ÆR-03. Þar fyrir neðan yrði borað með kjarnabor á daggjöldun. Einnig tóku Jarðboranir h/f að sér gerð borplans og hönnun holutopps.

Jarðborinn Glaumur boraði og fóðraði holu ÆR-04 í ágúst. Holan varð 325m á dýpt og var sérstökum svarfsýnum safnað til greininga á lífrænum leifum auk hefðbundinna svarfsýna. Það dróst síðan fram til 22. septembers að kjarnaborinn Hrfmnir kæmi til að halda verkinu áfram. Vegna mistaka við frágang holutopps gat borun þó ekki hafist fyrr en 24. september og í stuttu máli sagt gekk kjarnaborun holunnar vægast sagt illa. Borun var hætt 14. október og varð holan aðeins 455m á dýpt og ekki fengust nema 123m af kjarna til rannsókna. Nánari lýsing á kjarnaboruninni verður í skýrslu sem verið er að taka saman um verkið og niðurstöður rannsókna. Í lok borunar voru gerðar ýmsar mælingar í holunni, fyrst í gegnum borstangir og síðan eftir að borinn fór af holunni. Jafnframt voru tekin sýni af gasi og vatni eftir að holan fór í blástur.

Fyrstu niðurstöður rannsókna

Sýni af svarfi og kjarna voru send til Danmerkur til mælinga á lífrænum efnum, gropuhlutfalli, lekt og gasi í setlögnum. Bor-kjarninn og svarfið voru greind á sérstakri rannsóknarstofu sem komið var upp í gamla skólahúsinu í Lundi. Þar var gerð ítarleg lýsing á svarfi og kjarna, ummyndun skoðuð sérstaklega með tilliti til hitaástands í setlagabunkanum, sýni valin til sérgreininga, mæld eðlisþyngd kjarnabúta og fleira. Sýni af gasi voru send til Bretlands til efnagreininga.

Jarðgas

Greining á borsvarfi og kjarna hefur leitt í ljós, að efsti hluti setlaganna er fremur grófur, möl og sandur, sem rekja má til framburðar úr Jökulsá á Fjöllum. Þar fyrir neðan greinist fínkorna sjávarset, víða með skeljum, sem talið er líklegt að hafi myndast nærri strönd.

Niðurstöður gasgreininga sýna að efnasamsetning gassins úr holu 4 er lítið frábrugðin efnasamsetningu gass úr holum 1 og 3 við Skógalón. Gasið er að langmestu leyti köfnunarefni ($\approx 86\%$), koldíoxíð ($\approx 7\%$) og metan ($\approx 5,5\%$), en auk metans finnast eftirtalin kolvatnsefni í mælanlegu magni:

etan, própan, iso-bútan, n-bútan, neopentan, iso-pentan, n-pentan, iso-hexan, n-hexan og benzen.

Heildarmagn kolvatnsefna með hærri mól-

þunga en metan (ΣC_{2+}) eru um 4-4,5 % þegar andrúmsloftgös hafa verið reiknuð frá, en magn metans reiknast á þann hátt $\approx 95\%$. Niðurstöður ísotópamælinga á gasinu liggja ekki fyrir. Til samanburðar má geta þess, að náttúrulegt jarðgas er að langmestu leyti metan ($\approx 80-100\%$). Auk þess eru þó oft til staðar kolvatnsefni þyngri en metan (aðallega etan, própan og bútan), koldíoxíð, brennisteinsvetni, köfnunarefni, vetni, argon og helíum.

Niðurstöður mælinga á heildarmagni lífræns kolefnis (TOC) í svarfi og kjarna í 20 sýnum gefa til kynna að magn lífræns kolefnis í efstu 450m setlagabunkans sé mjög lágt (0,014 - 0,047 %), en algengt er að miða við að TOC þurfi að vera 1-2 % svo unnt sé að telja viðkomandi berg hugsanlegt móðurberg fyrir olfu eða gas. Niðurstöður TOC mælinga á setlögnum í Óxarfirði eru sambærilegar við TOC mælingar sem gerðar voru á setlögum undir Flatey á Skjálfanda, en þar var boruð 554m djúp rannsóknarhola árið 1982. Ekkert vatn eða gas kom úr holunni í Flatey. TOC mælingarnar á báðum þessum stöðum sýna að þau setlög sem borað hefur verið í gegnum eru snauð af lífrænum efnum og geti því ekki verið móðurberg fyrir jarðölfu. Ekkert er unnt að fullyrða um hvað neðar leynist, á grundvelli TOC mælinganna.

Lekt, gropuhlutfall og eðlisþyngd voru mæld í 11 kjarnabútum á dýptarbilinu 330m til 440m. Niðurstöður eru á þann veg að lektin mældist víðast hvar 0,03-0,07 mD (millidarcy), en á dýptarbilinu 410-415m mældist hún 0,2-0,3 mD. Gropuhlutfall (porosity), sem segir til um hlutfall opinna og samtengdra holrúma á móti heildarrúmmáli, mældist nokkuð hátt og spannaði bilið 25-42%. Langflest gildin falla þó milli 36 og 40%. Eðlisþyng setlaganna mældist á bilinu 2,65-3,00 g/cm³.

Jarðhiti

Í lok borunar var holan hitamæld og jafnframt reynt við ófullkomnar aðstæður að meta afköst hennar eftir að hún fór í blástur. Aðalæð holunnar er á 370m dýpi og er hún rétt um 150°C heit. Lokunarþrýstingur mældist 2,7 bar-y og hiti á holutoppi rétt um 130°C. Afköst holunnar voru metin upb. 10 kg/s. Hitamælingar sýna að á dýptarbilinu 180-190m er hiti lágur, allt að 30-35°C. Þetta

kemur vel heim og saman við hitamælingar úr holu 3 og bendir til lárétts rennslis á köldu vatni ($\approx 30^\circ\text{C}$) á þessu dýptarbili.

Athugum á ummyndunarsteindum í svarfi og kjarna hafa leitt í ljós að hiti í setlögnum hefur að öllum líkindum náð $200\text{-}220^\circ\text{C}$, en það er allnokkrum hærra hiti en nú mælist í holunni. Þessi niðurstaða bendir sterklega til þess að jarðhitasvæðið við Skógalón eigi meira skylt við háhita en lághita.

Efnahiti vatnsins, sem byggir á jafnvægjum við kfsilsteindir og feldspöt, bendir til þess að hiti í jarðhitakerfinu sem fæðir æðar holunnar geti verið á bilinu $160\text{-}170^\circ\text{C}$.

Hugleiðingar um uppruna gassins

Því miður tókst borun holunnar ekki sem skyldi og endanlegt holudýpi varð aðeins 450m í stað þeirra 700m sem áætlunin hafði gert ráð fyrir. Til að standa staum af auknum kostnaði við verkið vegna breyttrar verktilhögunar fékk Orkustofnun sérstaka aukafjárveitingu að upphæð kr. 2,7Mkr frá Iðnaðar-ráðuneyti.

Um þessar mundir er verið að vinna að úrvinnslu þeirra gagna sem safnað var við borun holu 4 síðastliðið haust. Niðurstöður flestra greininga og mælinga liggja fyrir og vinna við lokaskýrslu um verkið er vel á veg komin.

Með hefðbundnum rannsóknaraðferðum hefur ekki tekist að finna uppruna lífræna gassins í efstu 450m setlagabunkans. Í ljósi þeirra upplýsinga sem liggja fyrir er helst rætt um tvær hugsanlegar skýringar á myndun lífræns gass í setlögnum í Öxarfirði. Þær snúast um það hvort gasið sé myndað úr lífrænum leifum ættuðum úr sjó (hafrænt) eða hvort það hafi myndast úr lífrænum leifum af landi (landrænt).

1. Lífræna gasið gæti verið upprunið úr setlögum sem liggja dýpra í setlagabunkanum (hafrænt). Setlöggin á þessum slóðum eru líklega um 700m á þykkt. Upphaflegur tilgangur með borun holu ÆR-04 var einmitt að leita að uppruna gassins í þessum 700m setlagastafla. Talið er að þykk setlög geti leynst undir hraunlögum, sem talið er að myndi berggrunn á 700-800m dýpi. Óvissa

rðkir þó um þessi dýpri setlög, en hugsanlegt er að Tjörneslögin nái þetta langt austur í Öxarfjörðinn neðan 1km dýpis. Frekari úrvinnsla á jarðeðlisfræðilegum mælingum á Öxarfirði gæti varpað ljósi á þessi dýpri setlög.

Í þessu samhengi má geta þess, að nýlegar rannsóknir á jarðhitakerfi í Guayma sigdældinni í Kaliforníuflóa hafa leitt í ljós olfuumyndun í setlögum, sem hafa verið að hlaðast upp á síðastliðnum 150000 árum. Gropuhlutfall setlaganna mældist um 50% og TOC gildi spönnuðu bilið 2,0-0,2%. Olfan er talin hafa myndast vegna samspils jarðhitavökvans og lífræna leifa í setlögnum. Hún hefur efnasamsetningu svipaða venjulegri jarðolfu og aldur hennar er einungis tæplega 5000 ár.

2. Lífræna gasið hefði getað myndast við upphitun á lífrænum leifum sem uxu á landi (t.d. surtarbrandi) og finna má í hraunlagastaflanum neðan við botn núverandi holu (landrænt). Vitað er um nokkur þykk surtarbrandslög ($\approx 1\text{m}$) milli hraunlaga á Tjörnesi, vestan Öxarfjarðar. Rannsóknir á jarðhitasvæðinu Cerro Prieto í Mexíkó hafa gefið til kynna að lífrænt gas, sem þar finnst með hefðbundnu jarðhitagasi, geti verið upprunið úr surtarbrandslögum í setlagabunkanum sem jarðhitakerfið er í.

Lengi vel var talið að allt gas myndað frá lífrænum leifum af landrænum uppruna væri eingöngu metan. Þessar hugmyndir voru grundvallaðar á rannsóknum á olfu- og gasvæðum í NV-Evrópu. Seinni tíma rannsóknir á olfusvæðum í Kína, Ástralíu og Indónesíu, hafa síðan leitt í ljós, að olían á þessum svæðum er einmitt af landrænum toga og henni fylgja iðulega kolvatnsefni önnur en metan. Þessar nýlegu upplýsingar hafa haft veruleg áhrif á hugmyndir manna um uppruna olfu almennt.

Niðurlag

Að lokum má geta þess, að ekki þarf nema einn örlítinn dropa af jarðolfu til að greina á milli þess hvort um sé að ræða olfu af hafrænum (líður 1 hér að ofan) eða landrænum (líður 2 að ofan) toga. Þar sem TOC mældist svo lágt sem raun ber vitni var ekki unnt að setja sýnin í þær framhaldsmælingar sem geta greint þar á milli. Lágt TOC innihald í þeim

setlögum sem holar sker, bendir hinsvegar eindregið til þess að olfa geti ekki myndast í þeim. Hvað leynist neðar vitum við ekki. Því miður tókst ekki að bora niður í berggrunn á 700-800m dýpi.

Setlöggin í Öxarfirði sem borað hefur verið í eru ung. Aldurákvörðun á skeljabrotum af tæplega 100m dýpi bendir til þess að setlöggin þar séu aðeins nokkur þúsund ára gömul. Setlöggin undir Flatey á Skjálfanda eru aftur á móti talsvert eldri, talin mynduð fyrir 0,7-2,5 miljónum ára.

Magnús Ólafsson