

**Hreinsun holu RNG-9 á Reykjanesi haustið
1993**

Benedikt Steingrímsson, Grímur Björnsson

Greinargerð BS-GrB-94-01

14. apríl 1994

HREINSUN HOLU RNG-9 Á REYKJANESI HAUSTIÐ 1993

1. INNGANGUR

Hola RnG-9 á Reykjanesi var boruð vorið 1983 í 1445 m dýpi. Steypt fóðring nær í 525 m, en leiðari hékk frá 503 m dýpi. Holan fór í vinnslu strax um haustið 1983 og hefur hún blásið nær stöðugt síðan. Í upphafi var vinnslan um 70 kg/s við rúmlega 40 bara mótprýsting. Síðustu árin hefur Saltverksmiðjan þurft á æ meiri orku að halda og hefur vinnsla úr holunni því aukist. Þetta hefur verið gert með því skipta út blendum í holutoppnum og fella þar með toppprýsting. Vinnsla sumarið 1993 er talin hafa verið vel á annað handrað kg/s.

Sumarið 1993 fór að bera á lakkandi toppprýstingi á holu RnG-9 og nam breytingin um einu bari á mánuði. Þetta þótti benda til þess að útfellingar væru að myndast í holunni og þær farnar að þrengja að rennslinu. Körfumælingar í holunni 28. september 1993 staðfestu að útfellingar væru komnar og náði 19 sm víð karfa ekki niður í leiðarann, en innannál leiðararörsins er 22 sm. Fimmtán sentimetra víð karfa skrönglaðist 50-60 m niður í leiðarann. Slynkur kom á mælivírinn í 557 m dýpi, en karfan stoppaði endanlega í 567 m dýpi og gekk ekki neðar. Í hífingu varð vart við festur af og til upp í 510 m dýpi, og þurfti t.d. að taka hressilega á þegar karfan var á 552 m dýpi. Eftir körfumælingarnar var holan hita- og þrýstimæld og gengu mælarnir, sem eru rúmlega þrjár sentimetrar í þvermál, í bæði skiptin viðstöðulaust í botn. Frekari upplýsingar um þessar mælingar er að finna í greinargerð Orkustofnunar (BS/GrB-93/01), en niðurstöður mælinganna eru einnig sýndar á mynd 2 hér fyrir aftan.

Hitaveita Suðurnesja ákvað í nóvember 1993 að láta gera upp holutoppinn á holu RnG-8 á Reykjanesi svo nota mætti hana sem varaholu fyrir Saltverksmiðjuna. Jafnframt var ákveðið að hreinsa útfellingarnar úr holu RnG-9. Jarðboranir hf voru fengnar í bæði þessi verk og var jarðborinn Narfi fluttur á holu RnG-8 síðla í nóvember. Frá því verki hefur verið greint í greinargerð Okustofnunar "Holu RnG-8 á Reykjanesi: Kæfing og mælingar í nóvember 1993" (BS/GrB-93/02). Við aðgerðina stíflaðist hola RnG-8 og kom fram leki á vinnslufóðringunni á rúmlega 200 m dýpi. Holan var dæmd óhæf til vinnslu og beinlínis hættuleg. Lauk Narfi aðgerðum sínum með því að fylla vinnslufóðringuna (efstu 300 m holunnar) af steypu. Hola RnG-8 er þar með talin tryggilega jörðuð um alla framtíð.

Í eftirfarandi greinargerð er fjallað um hreinsun útfellinganna úr holu RnG-9 og er greint sérstaklega frá þeim mælingum sem Jarðhitadeild gerði í holunni meðan á verkinu stóð.

2. KÆFING HOLU RNG-9

Jarðborinn Narfi var tilbúinn til hreinsunar holu RnG-9 um miðjan dag 30. nóvember 1993, og var þá hafist handa um að kæfa holuna. Þrýstingur á holutoppi var 27 bör og var í fyrstu dælt 6,5 l/s af köldu vatni á holuna, en dæling síðan minnkuð í 5,2 l/s. Samkvæmt borskýrslum féll toppþrýstingur jafnt og þétt, og lá holan dauð eftir klukkutíma dælingu. Áfram var dælt, en um fimmtán mínútum eftir andlát fór toppþrýstingur að byggjast upp að nýju. Í fyrstu hægt upp í tíu bör, en síðan "alveg á fullu upp í 50 bör", eins og segir í borskýrslum Narfa. Bormenn skýrðu þessa hegðun holunnar á þann veg að hún hefði stíflast á meðan á kæfingunni stóð.

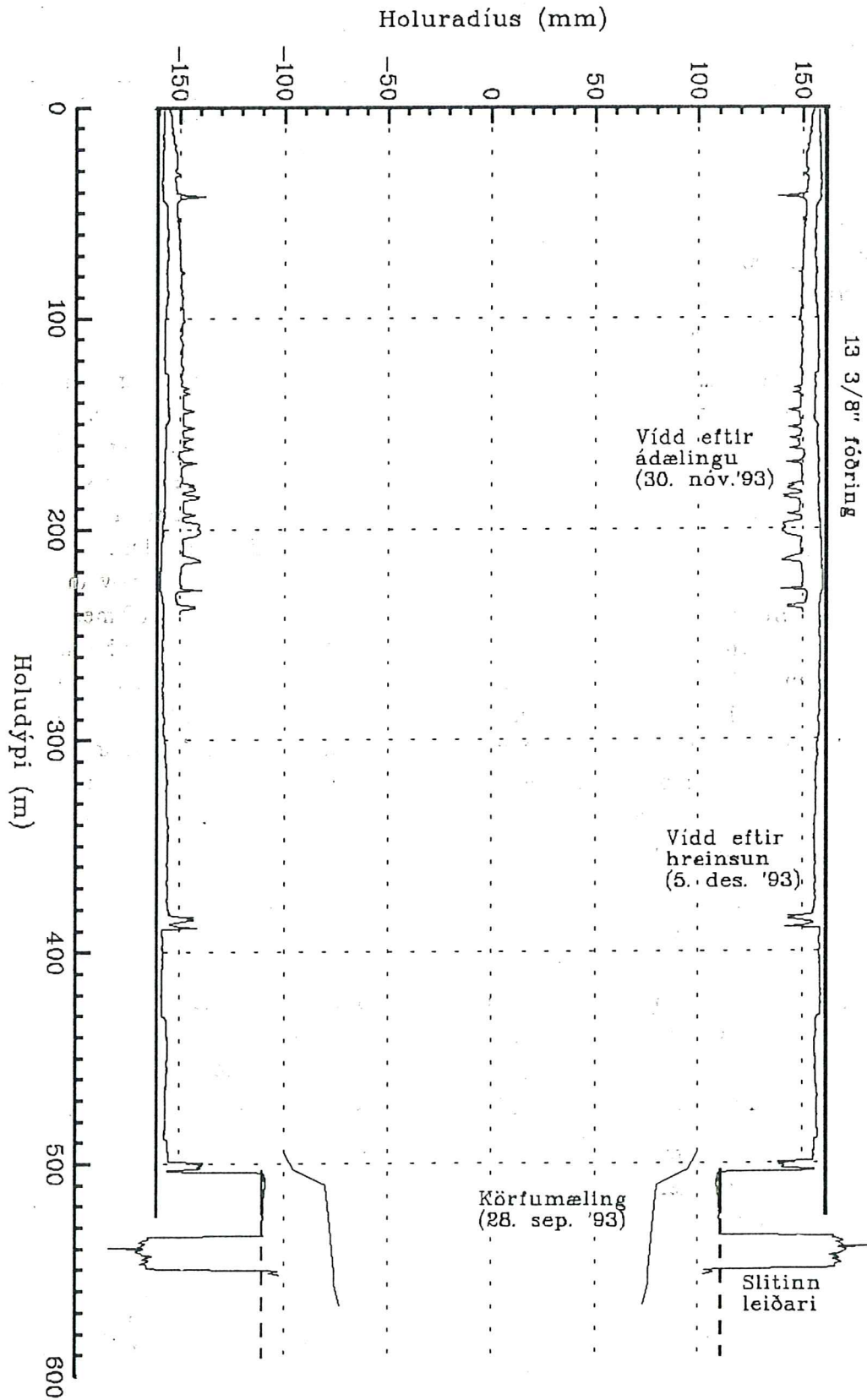
Borholumælingamenn voru kallaðir á staðinn til að kanna nánar ástand holunnar og finna nákvæmlega hvar hún hefði stíflast. Fyrsta verk á dagskrá var lóðun og fannst stíflan á 466 m dýpi, eða um 35 m ofan við topp leiðarans. Holan var þá hitamæld í 310 m og loks víddarmæld í 240 m dýpi. Ekki var óhætt að fara með þau mælitæki dýpra vegna mikils hita í holunni. Hitamælingarnar á mynd 1 sýna þetta glögglega og var hiti á 310 m dýpi tæplega 200°C. Vegna stíflunnar voru hins vegar engin tæk á því að kæla holuna svo hægt væri að mæla niður á 466 m dýpi. Á mynd 2 er sýnd víddarmælingin frá 30. nóvember. Þar sést að vinnslufóðringin er mjög svo óslétt að innan einkum þó í neðstu 100 metrunum, sem mældir voru. Greinilegt er að útfellingin, sem vitað var um í leiðaranum hefur einnig náð upp í vinnslufóðringuna og allt upp að holutoppi. Þetta kom ekki sérlega á óvart, þar sem hrúður af útfellingum sást innan í holutoppnum þegar holan var körfumæld síðastliðið haust (BS/GrB-93/01). Þykkt útfellinganna í efstu 240 m fóðringarinnar er mjög breytileg samkvæmt víddarmælingunni á mynd 2, en fer upp í nokkra tugi millimetra þar sem hún er þykkust. Á mynd 2 er einnig sýnd víddarmæling frá 5. desember 1993, og verður fjallað um þá mælingu síðar í þessari greinargerð.

Þegar mæliniðurstöður lágu fyrir þótti nokkuð ljóst hvað gerst hefði þegar holan var kæfð. Kalda vatnið, sem notað var í kæfingunni, hefur losað um útfellinguna vegna mismunandi hitaþenslu hennar og stálsins í fóðringunni. Útfellingarmylsna hefur síðan hrundið niður og sest til og myndað tappa (stíflu) í þrengslum djúpt í holunni, trúlega við upphengju leiðarans á 503 m dýpi. Samkvæmt því hefur tappinn verið tæplega 40 m langur. Það hversu óregluleg útfellingarskánin mælist í holunni (smb. mynd 2), bendir til þess að útfellingin hafi losnað hér og þar innan úr fóðringunni, en ekki losnað frá í heilu lagi.

Stíflun holu á meðan kæfing stendur yfir er ekkert einsdæmi. Það sama gerðist, þegar hola RnG-8 á Reykjanesi var kæfð aðeins viku fyrr en hola RnG-9. Sú stífla er einnig talin hafa myndast þegar útfellingar losnuðu frá holuveggjum og féllu niður í holuna.

3. HREINSUN OG MÆLINGAR

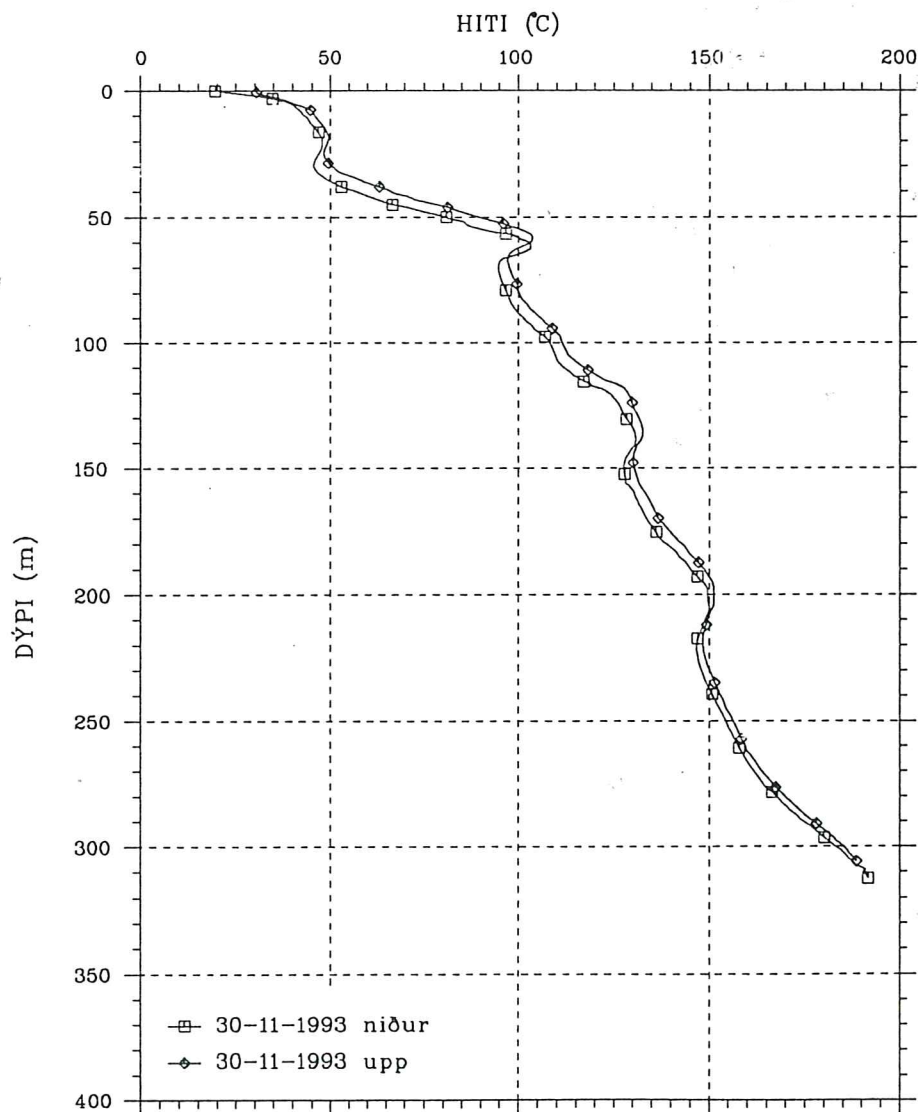
Þegar ljóst var að hola RnG-9 væri stífluð af útfellingum og engin leið að kæfa hana var ákveðið að grípa til búnaðarins sem notaður er við hreinsanir í blæstri í Svartsengi. Tók um tvo sólarhringa að skipta um búnað á holutoppi, en að því loknu var opnað fyrir hol-



Mynd 2: Viddarmælingar í holu RnG-9, fyrir og eftir kæfingu og eftir hreinsun.

una. Holan kom strax upp með gos, sem varaði í um 30 mínútur. Bormenn töldu að holan hefði tæmt sig að mestu af vatni niður á stífluna á 466 m dýpi. Einnig kom upp mikið af útfellingum, en holan var samt sem áður jafnstífluð og fyrir. Næst var hafist handa um að hreinsa holuna með 8 ½"-borkrónu, en innanmál leiðarans er rúmlega 8 ½". Innanmál vinnslufóðringarinnar er hins vegar um 12 ½" og því fyrirfram ljóst að krónan myndi ekki hreinsa útfellingarnar fullkomlega úr fóðringunni. Borleðja var notuð til skolunar.

12 Apr 1994 grb
L= 18909 Oracle



Mynd 1: Hitamælingar í holu RnG-9 eftir kæfingu þann 30. nóvember 1993.

Niðursetning borstanga gekk greiðlega og er fyrst getið um fyrirstöðu á 416 m dýpi. Bor-að var í 420 m en þá tókst ekki að skola upp útfellingum, og bættist stöðugt efni í holuna. Virtist sem útfellingaskán ættuð ofar úr holunni félli stöðugt niður, og á tímabili hækkaði frekar en hitt í holunni. Eftir nokkurra klukkutíma bras og nýja lögun á borleðju tókst að ná skolun á holunni og var hreinsað áfram niður í 480 m dýpi. Þá brast útfellingastíflan og gleypti holan allt skol. Áfram var hreinsað niður vinnslufóðringuna og niður í leiðarann, en nú var skolað með köldu vatni. Á 548,2 m dýpi töldu bormenn sig finna skemmd á leiðaranum og tókst þeim ekki að bæta í stöng. Ákveðið var að hætta hreinsun að sinni og taka upp úr holunni og kanna með mælingum ástand leiðarans. Borkróna fór dýpst í 552,2 m dýpi í þessum áfanga hreinsunarinnar.

Sýnum af útfellingunum var safnað og hafa þau verið greind sem zinksúlfíð (ZnS) og vottur af magnésíumsúlfati (kristallað efni). Einnig greindist járnkísill og brennisteinn á ókristölluðu formi.

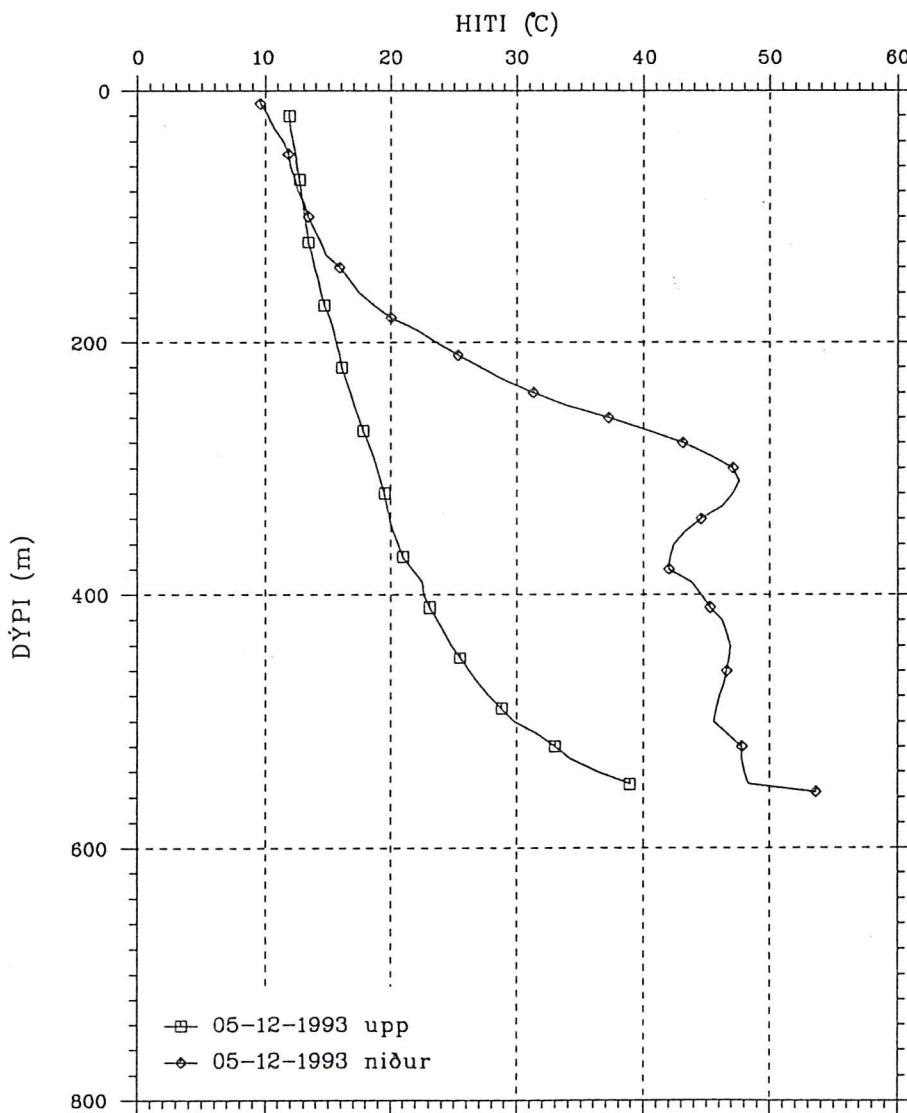
Mælingar hófust 5. desember og var fyrst kannaður hiti. Hitamælingarnar eru sýndar á mynd 3. Hitamælirinn settist á 389, 499 og 556 m dýpi og fór alls ekki dýpra. Dæling var sett á holuna skömmu áður en mælt var og því mældist hún heldur heitari þegar farið var niður, en á uppleiðinni. Áætlað vatnsmagn frá dælum var um 20 l/s. Hitamælingarnar sýna að holan hefur verið vel opin niður í gegnum fyrirstöðuna á 556 m dýpi, og hefur allt vatnsmagnið farið þar í gegn. Dæling var síðar aukin í 40 l/s og tók holan sömuleiðis við því magni. Vatnsborð var ekki mælt í ádælingunni og þess vegna er ekki hægt að meta hversu mikið vatnsmagn þurfti til að fylla holuna. Þess má geta að sléttfull tók holan við yfir 100 l/s eftir borun 1983.

Samkvæmt víddarmælingu frá 5. desember (sjá mynd 2) er vinnslufóðringin hrein af útfellingum, ef frá eru taldir um 5 m langir kaflar á um 385-390 m dýpi og ofan við topp leiðarans á 503 m dýpi. Hitamælirinn settist á niðurleið á báðum þessum stöðum eins og fram kom hér að framan og sýnir víddarmælingin að 20-30 mm þykk útfellingaskán hefur orðið eftir á þessum stöðum í hreinsuninni. Þetta er vel skiljanlegt, þegar haft er í huga að borkrónan, sem notuð var, fyllti alls ekki út í fóðringuna.

Aðalatriðið, sem fram kemur á víddarmælingunni á mynd 2, er hins vegar að leiðari holunnar er slitinn í sundur á 534-550 m dýpi. Samkvæmt skýrslum um leiðarann, eru tvö efstu rörin heil, en síðan taka við raufuð rör. Slitstaðurinn var skoðaður sérstaklega með svonefndum CCL-mæli, en sá mælir skynjar breytingar í járnþykkt. Sáust í mælingunni samskeyti á rorum og sömuleiðis raufar. Niðurstaðan var sú að leiðarinn hefur slitnað um mitt efsta, raufaða rörið. Víddarmælingin frá 5. desember náði niður í 555 m. Neðstu fimm metrana mælist holan um 215 mm víð, sem er um það bil innanmál leiðarans. Til að ná þessari vídd utan leiðarans þurfti rörið að hafa lagst nokkurn veginn saman. Líklegast er því talið að víddarmælirinn hafi þræðst niður í neðra brot leiðarans, en síðan stoppað á útfellingum. Það er þó erfitt að fullyrða um þetta því væntanlega er rörendinn, sem upp snýr, kuðlaður eftir ítrekaðar tilraunir við að þræða borkrónununa niður í rörið.

Þegar mæliniðurstöður lágu fyrir þótti sýnt að erfitt yrði að ljúka hreinsun holu RnG-9, og veruleg hættu væri á því að borað yrði út úr henni. Þar sem vitað var að holan tók greiðlega við vatni og væri vel opin niður í gegnum skemmdina og útfellingarnar um og neðan við 550 m var því ákveðið að hleypa holunni í gos og meta afköst hennar og afl. Við upphleypinguna ruddi holan úr sér miklum útfellingum, og var afl hennar metið heldur hærra en fyrir hreinsun, enda þótt holan væri ekki eins spræk og fyrst eftir borun. Þegar þessar upplýsingar lágu fyrir var ákveðið að fresta frekari hreinsun holunnar.

12 Apr 1994 grb
L= 18909 Oracle



Mynd 3: Hitamælingar í holu RnG-9 eftir hreinsun, gerðar 5. desember 1993.

4. UMRÆÐA OG NIÐURSTÖÐUR

Helstu niðurstöður borframkvæmda og mælinga í holu RnG-9 haustið 1993 eru þessar:

- 1) Verulegar útfellingar voru komnar ofan til í holunni eftir 10 ára rekstur. Sýni af útfellingunni sýna að hún samanstendur af kristölluðu zinksúlfaði og votti af magnesíumsílikati. Einnig greindist járn og kísill á ókristölluðu formi.
- 2) Dæling kalds vatns á holuna með tilheyrandi hitaþenslum varð til þess að útfellinga-skánin sprakk frá á löngum köflum og hrundi niður. Skænið virðist síðan hafa stoppað við hengistykkið í 503 m og myndaðist þar um 40 m langur vatnsþéttur tappi af útfellingamylnu.
- 3) Útfellingarnar héldu áfram að hrynja við niðursetningu og hreinsun með 8 ½" krónu. Þurfti borleðju til að ná mylsnunni upp. Í 480 m dýpi brast svo útfellingastíflan og holan gleypiti allt skol.
- 4) Ekki tókst að hreinsa dýpra en í 552 m dýpi, þar sem leiðarinn er í sundur á þessu bili. Sýna víddar- og CCl-mælingar að leiðarinn slitnaði á 534 m og féll um 15 m niður. Slitnaði efsta, raufaða leiðararörið.
- 5) Í upphleypingu að hreinsun afstaðinni kom mikið magn útfellinga úr holunni. Þá sýna aflmælingar að holan bætti sig töluvert við hreinsunina.

Kæfing holna RnG-8 og RnG-9 sýnir að útfellingin, sem myndast í þeim, er mjög viðkvæm fyrir kælingu og hitaþenslum, hún losnar af holuveggjum, hrynur niður og stíflar holurnar. Kæfingarnar í haust eiga það sammerkt að ádælingin var væg, um og innan við 5 l/s. Þar áður var hola RnG-8 kæfð árið 1978, án þess að stíflast. Þá var dælt af mun meiri krafti, eða um og yfir 20 l/s. Má því giska á, ef kæfa á útfellingaríkar holur á Reykjanesi án þess að þær stíflist, að dæla verði á þær í miklu magni.

Þá eiga hreinsanir holu RnG-8 árið 1978 og holu RnG-9 haustið 1993, það sammerkt að leiðararnir slitna í bæði skiptin. Þar veldur að öllum líkindum viðbótartogið, sem kemur við að leiðarinn kólnar, og boráraun þegar útfellingin er hreinsuð innan úr honum.

Í þriðja lagi virðist sem fódðingar og leiðarar fari illa í jarðhitakerfi Reykjanes. Þannig kann efnatæring leiðara að skýra hví þeir slitna svo auðveldlega í hreinsunum. Eins getur tæring skýrt fódðingargatið sem var komið á 210-220 m dýpi í holu RnG-8 haustið 1993. Til að kanna þetta nánar er lagt til að reynt verði að ná upp efri hluta leiðarans í holu RnG-9 (2½ rör), komi til þess að hún verði hreinsuð aftur.

Að lokum má slá því fram, í ljósi sögu holna RnG-8 og RnG-9, að djúpar holur á Reykjanesi megi reka með góðum afköstum í allt að 10 ár, en að þá taki vandkvæða að gæta. Því séu 10 ár eðlilegur afskriftatími fyrir vinnsluholur á svæðinu. Að þeim tíma liðnum getur þurft að steypa í þær eða taka til annarra nota, t.d. í eftirlit eða niðurdælingu. Líklega má lengja endingartíma holnanna ef komist er hjá því að kæla þær í hreinsunum eða holutopp sviðgerðum. Þetta mætti t.d. gera með hreinsun í blæstri líkt og nú er gert í Svartsengi.

Reykjavík 14. apríl 1994

Benedikt Steingrímsson og Grímur Björnsson