



ORKUSTOFNUN
Vatnsorkudeild

ÚTLÁN
Bókasafn Orkustofnunar

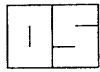
Vatnsveita Suðurnesja
Rannsóknarholur við Rauðamel

Unnið fyrir Vatnsveitu Suðurnesja

Þórólfur H. Hafstað
Freysteinn Sigurðsson

OS 89034/VOD - 06 B Október 1989

útlán



ORKUSTOFNUN
Vatnsorkueild

Verknr. 890.100

Vatnsveita Suðurnesja
Rannsóknarholur við Rauðamel

Unnið fyrir Vatnsveitu Suðurnesja

Þórólfur H. Hafstað
Freysteinn Sigurðsson

OS 89034/VOD - 06 B

Október 1989

1. Inngangur og helstu niðurstöður

Þessi skýrsla er unnin samkvæmt samningi Vatnsveitu Suðurnesja og Orkustofnunar um tækniráðgjöf, en hann var undirritaður 2. júní síðast liðinn. Þá tók Orkustofnun að sér að hafa umsjón með gerð þriggja rannsóknarhola á fyrirhuguðu vatnstökusvæði Vatnsveitunnar. Er hér fjallað um niðurstöður þessara athugana og auk þess um gerð holu sem ætlað er að kanna hvort mengunar gætti í grunnvatni í næsta nágrenni við athafnasvæðin í Rauðamel. Sú borun var utan umrædds samnings en honum nátengd þó.

Markmið þessara athugana að kanna hvort svæðið henti til vatnsnáms. Í höfuðdráttum beindust þær einkum að þrem þáttum:

- Að afla gagna um jarðlagaskipan og borgang.
- Að kanna hæð og halla grunnvatnsborðs sem og þykkt ferskvatnslagsins.
- Að athuga hvort olíumengunar verði vart í ferskvatninu.

Það tókst að afla allra þeirra upplýsinga sem eftir var sóst nema hvað varðar beinar upplýsingar um þykkt ferskvatnslagsins. Upplýsingar um jarðlagaskipan eru athygliverðar og er ástæða til að kortleggja misgengjasprungur svæðisins og innbyrðis afstöðu jarðlaganna sem fram koma í holunum og í Rauðamel.

Nú voru boraðar þrjár holur á tveim stöðum sem vænlegir hafa þótt sem vatnstökustaðir (holur nr. 1, 2 og 3). Ein hola var boruð norðvestan Rauðamels, fyrst og fremst til að kanna vatnshæð og halla grunnvatnsborðs þar með tilliti til hugsanlegrar mengunar frá Rauðamelsnámmum. Fimmta holan er milli Rauðamels og áformaðs vatnstökusvæðis og er til eftirlits með útbreiðslu hugsanlegrar grunnvatnsmengunar bæði nú og eftir að til vatnstöku kemur.

Fyrirhugað vatnstökusvæði er í hraunbreiðu sem runnin er frá Sandfellshæð og við hana kennd. Hugsanlegt er, og raunar líklegt, að undir því hrauni séu önnur hraunlög, þó oftar en ekki séu þau illsundurgreinanleg. Undir hrauninu eru setlög, í tengslum við þau sem numin hafa verið undanfarna áratugi í Rauðamel. Svæðið er rist misgengissprungum með norðaustlæga stefnu og markast í höfuðdráttum af Rauðamel í norðvestri og ferskvatnsóflunarsvæði Hitaveitu Suðurnesja í suðaustri.

Athyglinni er fyrst og fremt beint að hrauninu norðan og austan aðveituæðar Hitaveitu Suðurnesja. Suðaustan Rauðamels hafa jarðlög snarast og hallar í megindráttum til suðausturs en hins vegar orðið sig norðvestan við þau misgengi sem mest eru áberandi. Holurnar sem þar eru ná allar niður á setlög, sem einnig koma fram í Rauðamelsnámmum, og eykst dýpið ofan í setið því lengra sem þær eru frá melnum. Meðal setlaganna er vel vatnsgefandi mól. Hugsanlega gæti þótt hagfellt að losna við að bora vinnsluholur ofan í hana vegna þess hve hrungjörn hún er. Væri þá hentast að velja þeim stað þar sem setið er á hæfilegu dýpi og miða við að vatn sé fengið úr hraun- og kargalögum ofan við. Þá má benda á að þétt jökulbergslag í setlagasyrpunni gæti hugsanlega dregið úr hættu á uppdrætti sjávar í vinnsluholum, ef þær næðu ekki í gegn um það.

Samkvæmt þrem stökum vatnshæðarmælingum í ágúst og september 1989 gæti halli vatnsborðs verið til norðvesturs og jafnvel ívið meiri en talið var. Þetta er þó óvísst enn, meðal annars vegna óvanalegrar veðráttu og grunnvatnsstöðu. Úr því verður ekki skorið með vissu nema með með siritun vatnsborðs í lengri tíma. Komi þá í ljós að grunnvatnshalli sé hér meiri en líkanreikningar hafa gert ráð fyrir er rétt að þeir reikningar séu endurteknir í ljósi gleggri upplýsinga. Staðsetja mætti mengunarathugunarholur við Rauðamel á þeim grundvelli.

Olíumengunar verður ekki vart í vatnssýnum, sem tekin voru úr holunum rúmum mánuði eftir að borun þeirra lauk. Eigi að síður er ekki hægt að útiloka að hætta sé á að grunnvatn frá afhafnasvæðinu í Rauðamel geti við sérstakar aðstæður streymt inn á áformað vatnstökusvæði. Úr þessu verður ekki skorið nema að undangenginni síritun grunnvatnsborðs.

Grunnvatnshiti mældist alls staðar lágur; 4.0° - 4.5°C og samkvæmt seltumælingum í borholunum er rafleiðni á bilinu 83 μ mhos - 153 μ mhos. Er það í fullu samræmi við niðurstöður fyrri rannsókna á þessu svæði.

2. Vatnajarðfræðilegar aðstæður

Lágasvæði liggur á vestanverðum Reykjanesskaga. Gosbelti skagans stefnir N 70°A, en skáhallt yfir það liggja gosstöðvakerfi með stefnur nærri N 35°A. Þeim fylgja sprunguskarar með sömu stefnu. Móbergsfjalllendi liggur eftir miðju skagans, en hraunabreiður til beggja handa. Þekja þær mestan hlut skagans vestanverðs. Þó er grágrýti á yfirborði á Vogastapa og Rosmhvalanesi.

Hraunin eru hriplek en grágrýtið er minna lekt. Sprunguskararnir valda mikilli lekt, sem hefur sömu stefnu og þeir. Hraunin á Lágasvæðinu eru mjög lek og sprungur þær, er rista svæðið, auka enn við lektina. Allt umhverfis svæðið er berg talið vera minna lekt svo að það myndar eins konar "lektartskál". Inn í hana rennur hreint vatn að austan en út úr henni um skörð að vestan og suðvestan. Sprungulektin veldur því að grunnvatnsstraumar sveigja í höfuðdráttum frá Rauðamelssvæðinu, en þaðan er mengunar helst von.

Í hraununum og grágrýtinu er lektin mest í gjall- og brunalögunum á hraunlagamótunum og einnig eru í grennd við Rauðamel vel vatnsleiðandi malarlög. Lektin er miklu minni í þéttu bergstálinu og veldur þessi munur því, að grunnvatnið rennur miklu greiðara í láréttum fleti en lóðrétt, þvert á hraunlögin. Dregur þetta úr hættu á uppdrætti sjávar vegna ofdælingar. Mikill lektarauki er þar sem bergið er brotið upp í kringum sprungur.

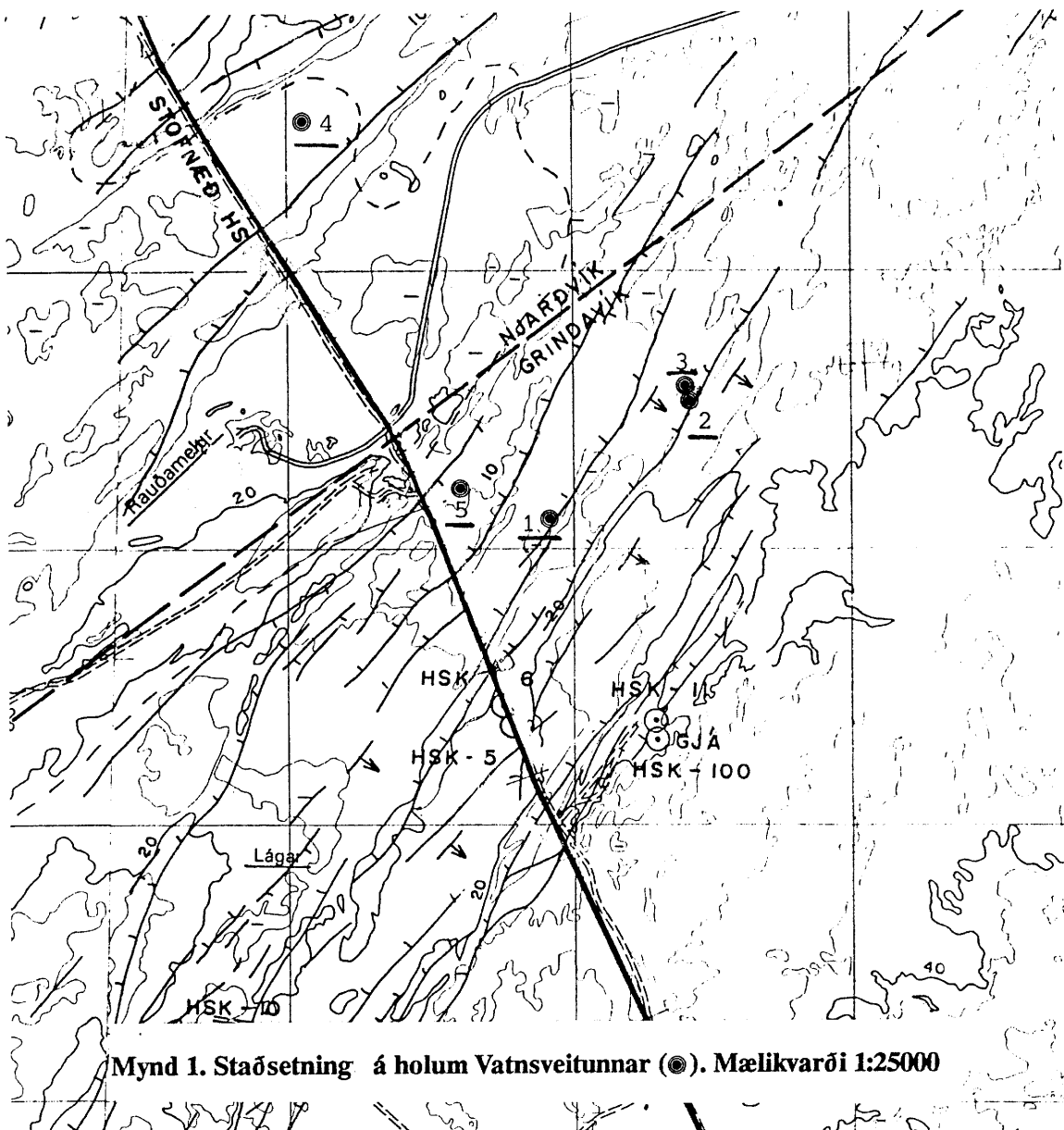
Ferskvatnið flýtur í þunnu lagi ofan á sjóvatni í berginu. Er lag þetta aðeins um 50 m þykkt á Lágasvæðinu en þynnra nær ströndinni. Þetta veldur hættu á uppdrætti sjávar við mikla dælingu. Grunnvatnshæðin er breytileg eftir árstíðum og veðurfari, en þykkt ferskvatnslagsins breytist ekki að sama skapi, og það er hún, sem ræður meðalhæðinni yfir sjó. Langtímamælingar þarf til að þekkja þessa meðalhæð nákvæmlega.

3. Boranir og jarðlagaskipan

Rannsóknarholur Vatnsveitu Suðurnesja voru boraðar með bor Ræktunarsambands Flóa og Skeiða dagana 25. júlí - 2. ágúst 1989. Verk þetta var boðið út og lágsta tilboði af þrem tekið. Holurnar eru hér nefndar nr. 1 - nr. 4. Dagana 2. - 5. ágúst var unnið að borun og frágangi holu nr. 5, en henni er ætlað að vera eftirlitshola vegna athugunar á huganlegri mengun frá afhafnasvæðinu í Rauðamel. Þetta eru náskyld verk og því rakin saman hér. Orkustofun annaðist daglegt eftirlit með boruninni og varð framvinda verksins í höfuðdráttum þessi:

- 25. júlí. Bor fluttur að holu nr. 1 og borun hafin. Borað ofan í 18 m dýpi.
- 26. júlí. Hola nr. 1 fódruð og boruð áfram í 25,2 m dýpi. Bor fluttur í holu nr. 2 og borað fyrir yfirborðsfóðringu. Smábilun varð í bor.
- 27. júlí. Ekki borað.

- 28. júlí. Viðgerð. Hóla nr. 2 boruð ofan í 48 m dýpi; lítil svarfheimta og mikið hrun. Í slæmri festu tapaðist borkróna og 12 m af borstreng.
- 29. júlí. Sett niður 3" fóðring, en hún festist illa og tvíbrotnaði. Horfið frá frekari björgunaraðgerðum og borað fyrir yfirborðsfóðringu hólunnar nr. 3 skammt frá.
- 30. júlí. Hóla nr. 3 boruð og fóðruð ofan að grunnvatnsborði. Bilun tafði áframhald.
- 31. júlí. Borað áfram í 51 m. Fóðring skekkist í hrúni sem í holunni varð og gerði það frekari borun ómögulega.
- 1. ágúst. Afráðið að hætta við tilraunir til að bora niðurúr ferskvatnslaginu. Sett götuð 63 mm plaströr í hólur nr. 2 og 3 og bor fluttur norður fyrir Rauðamel og hólur nr. 4 boruð niður í 23 m dýpi.
- 2. ágúst. Sett 63 mm gatað plaströr í hólur nr. 4 og borinn fluttur og hafin borun mengunarmæliholu, nefnd nr. 5, við Rauðamel, en sú hola er viðbót við umsamið verk.
- 3. ágúst. Hóla nr. 5 boruð niður í ríflega 20 m dýpi. Fóðring raufuð og byrjað að setja hana niður.
- 4. ágúst. Lokið við að setja niður fóðringu í hólur nr. 5, hólur hreinsuð.
- 5. ágúst. Holutoppur steypur fastur, fóðringu lokað og læst.

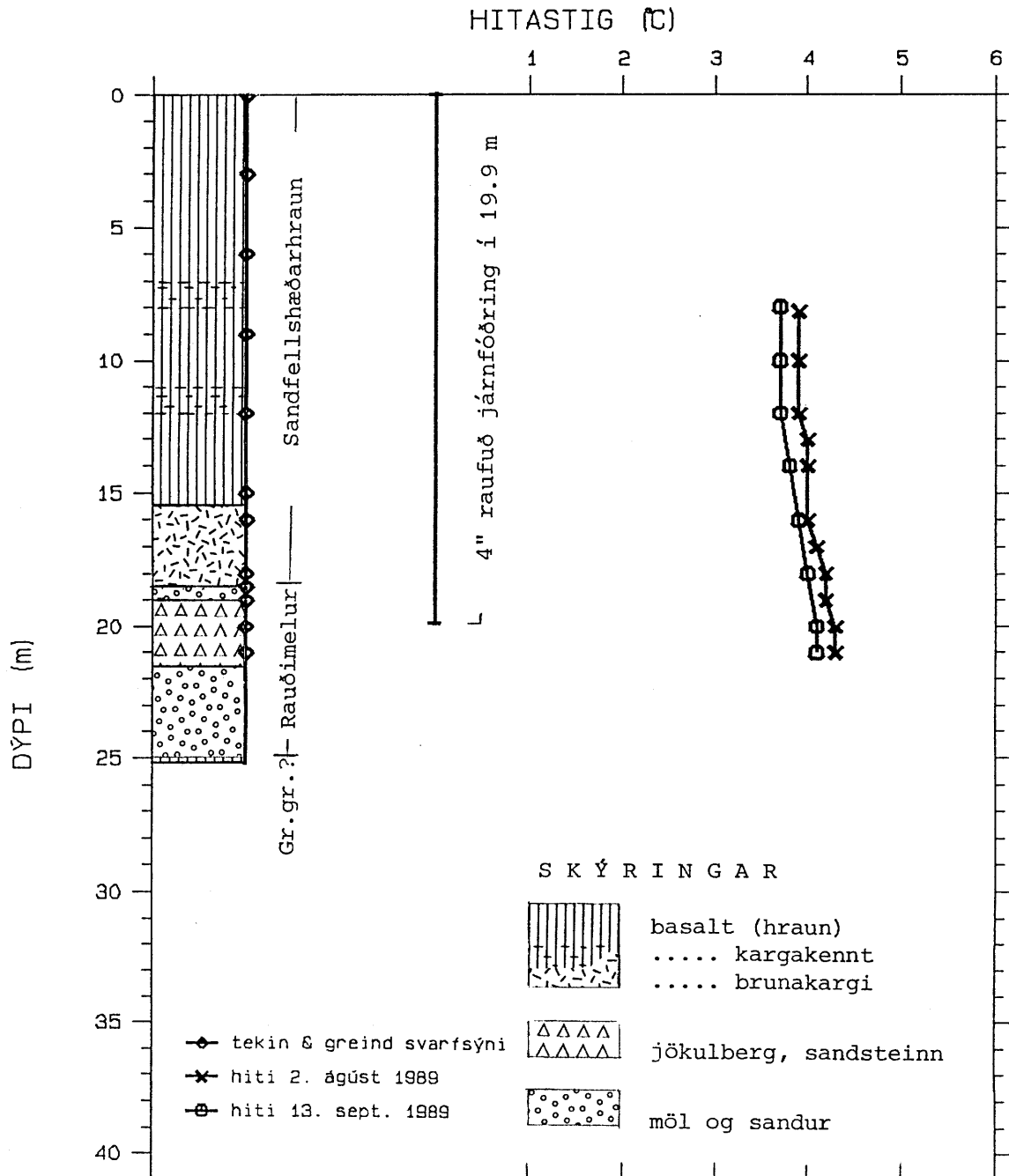


3.1 HOLA nr. 1

Hola nr. 1 er 21.5 m djúp en var boruð í 25.2 m með 5" krónu. Í henni er 19.9 m löng og 4" víð, raufuð járnfóðring. Fóðurrörið er brotið á 7.5 m dýpi, en eigi að síður er holan vel fær mæli-tækjum.

Hola nr. 1 er um 25 m norðvestan undir 5 m háum misgengisstalli og veitir mjög glöggar jarðfræðiupplýsingar. Borað var í sémilega heillegt hraun, en neðst í því er hárauður og hrungjarn kargi. Hann virðist vera vel vatnsgefandi, en skolvatnið var afar rauðlitað. Undir karganum er þunnt malarlag, þá jökulberg og mól á ný, en þar undir fast berg; líklega grágrýti (sjá mynd af holu nr.-1). Þessari jarðlagaskipan ber vel saman við lög í Rauðamel; t.d. þar sem hitaveitullögnin liggur yfir hann. Neðra malarlagið virtist vera vel vatnsgefandi og enginn rauðalitur á því.

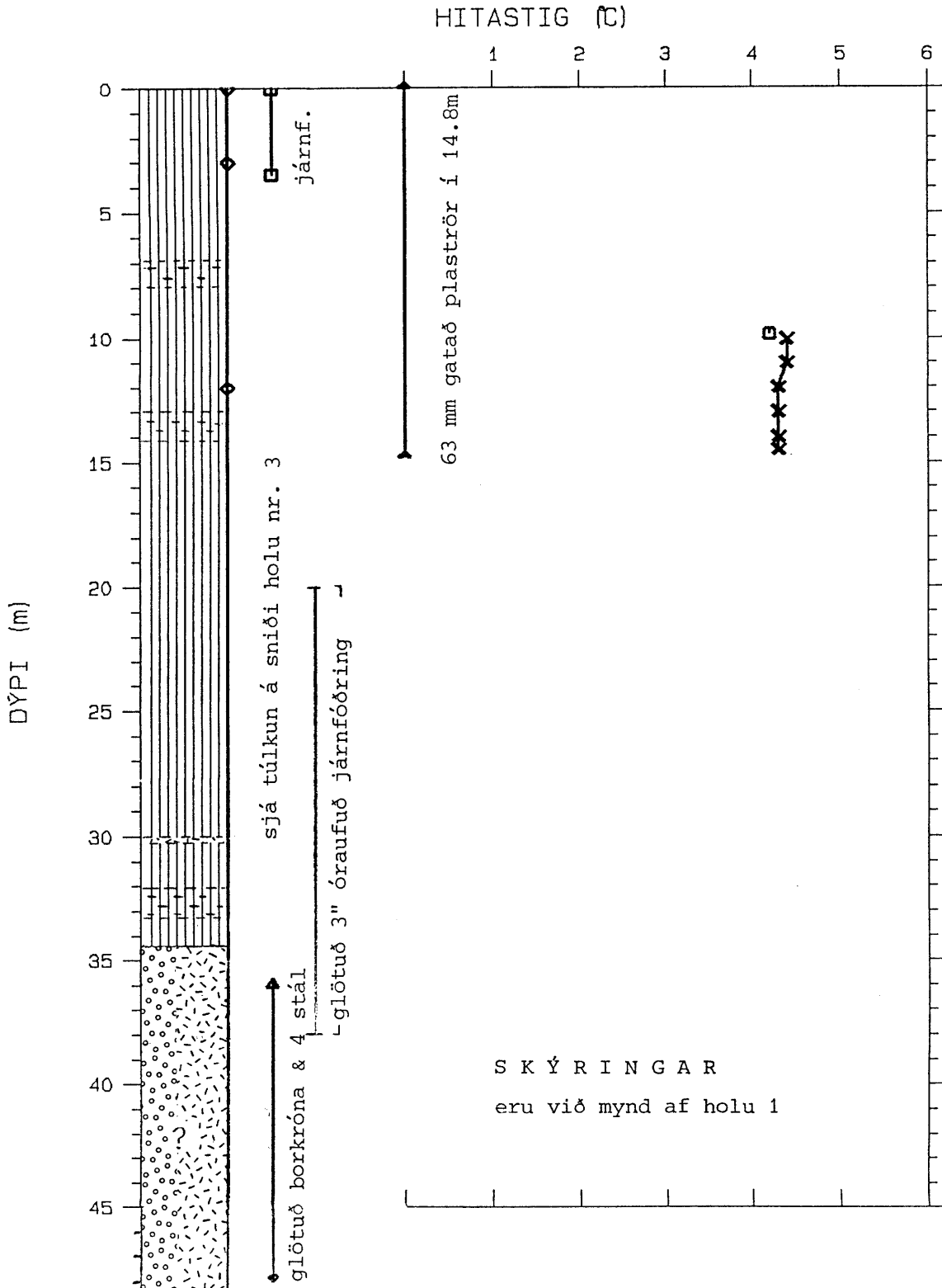
Þá var einnig dælt daglangt úr holunni með smádælu, um 3 l/mín. Þá var enn móleitur litur á vatninu, líklega ættaður úr karganum. Vatnshiti er um 4°C og hækkar lítillega með dýpi. Svo er einnig um rafleiðnina, sem mældist vera 83 - 89 μmhos.



3.2 HOLA nr. 2

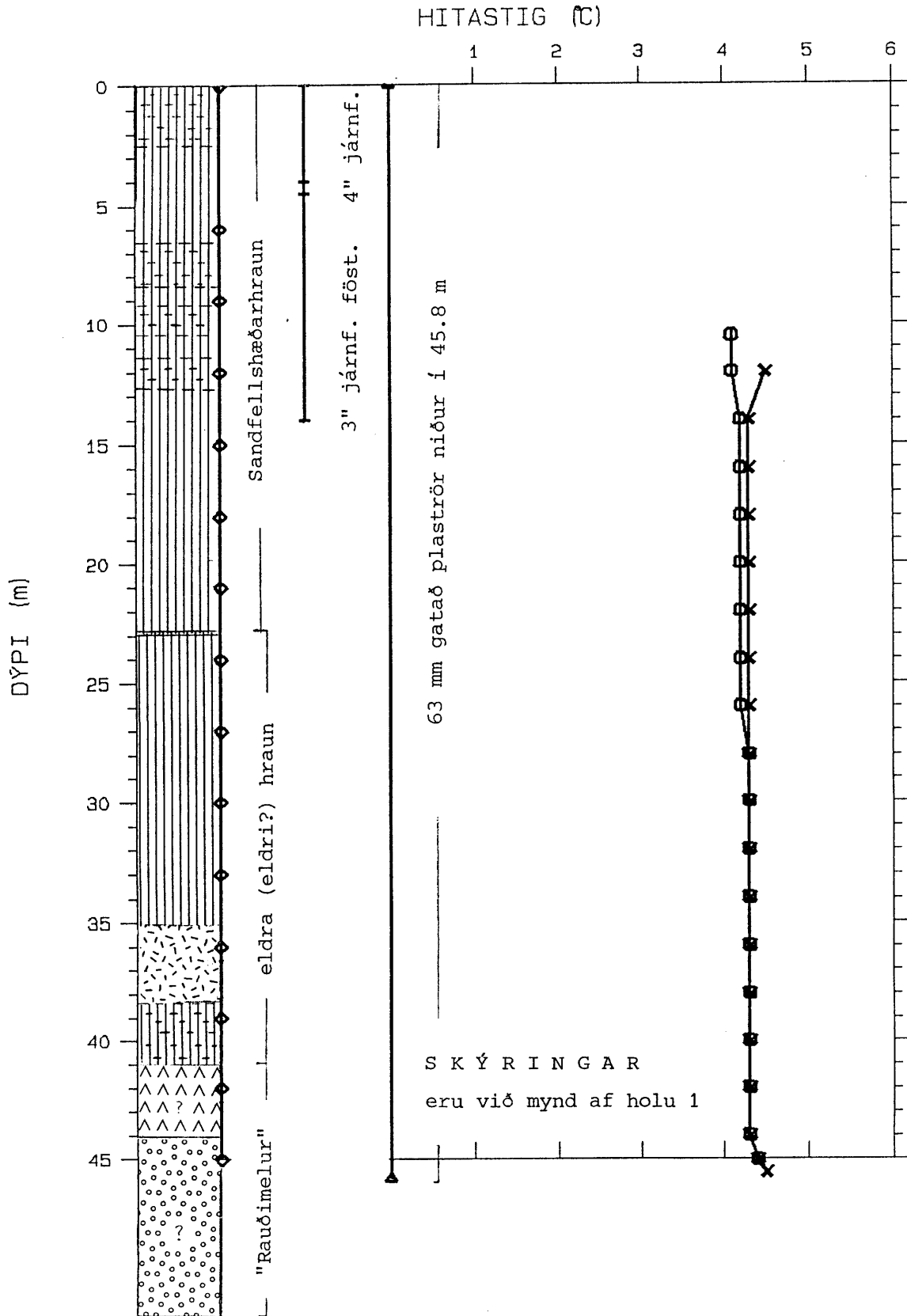
Hola 2 átti að ná gegn um ferskvatnslagið og vera um 60 m djúp. Holan var boruð með 5" krónu, sem týndist, borunin mistókst, holan hrundi saman og er aðeins 14.8 m djúp og er 63 mm gatað plaströr í henni. Hún nýtist aftur á móti mætavel sem vatnsborðsmælingahola.

Holan er norðvestan undir ca. 5 m háum misgengisstalli og er nálægt 10 m frá brotinu. Bor-svarf barst illa upp úr holunni, enda var hún hálfstífluð. Þar af leiðandi er jarðlagasniðið á mynd 2 ekki óyggjandi. Ekki er alveg hægt að útiloka að holan hafi lent í brotalömum tengd-um misgenginu. Hitastig vatnsins er um 4,3°C og rafleiðni mældist 132 μ mhos.



3.3 HOLA nr. 3

Hola 3 átti sömuleiðis að vera 60 m djúp, en ekki tókst að ná nema í 45.8 m dýpi og er hún fúðruð með 63 mm, götuðu plaströri. Hún er boruð með 5" krónu efst, en 4" neðar. Mjög góð svarfsýnaheimta alla leið niður, en komist varð í 51 m dýpi. Um 10 m löng, 3" járnfóðring er fóst í hruni ofarlega í holunni.



Holan er um 25 m frá misgenginu, örskammt frá holu nr. 2, enda ætlað að koma í stað hennar. Borað var í gegn um rúmlega 40 m þykkann hraunlagabunka, en hraunlagamót eru óglögg. Undir hraununum virðist vera jökulberg og síðan mól, sem ekki varð komist niður úr sökum hruns.

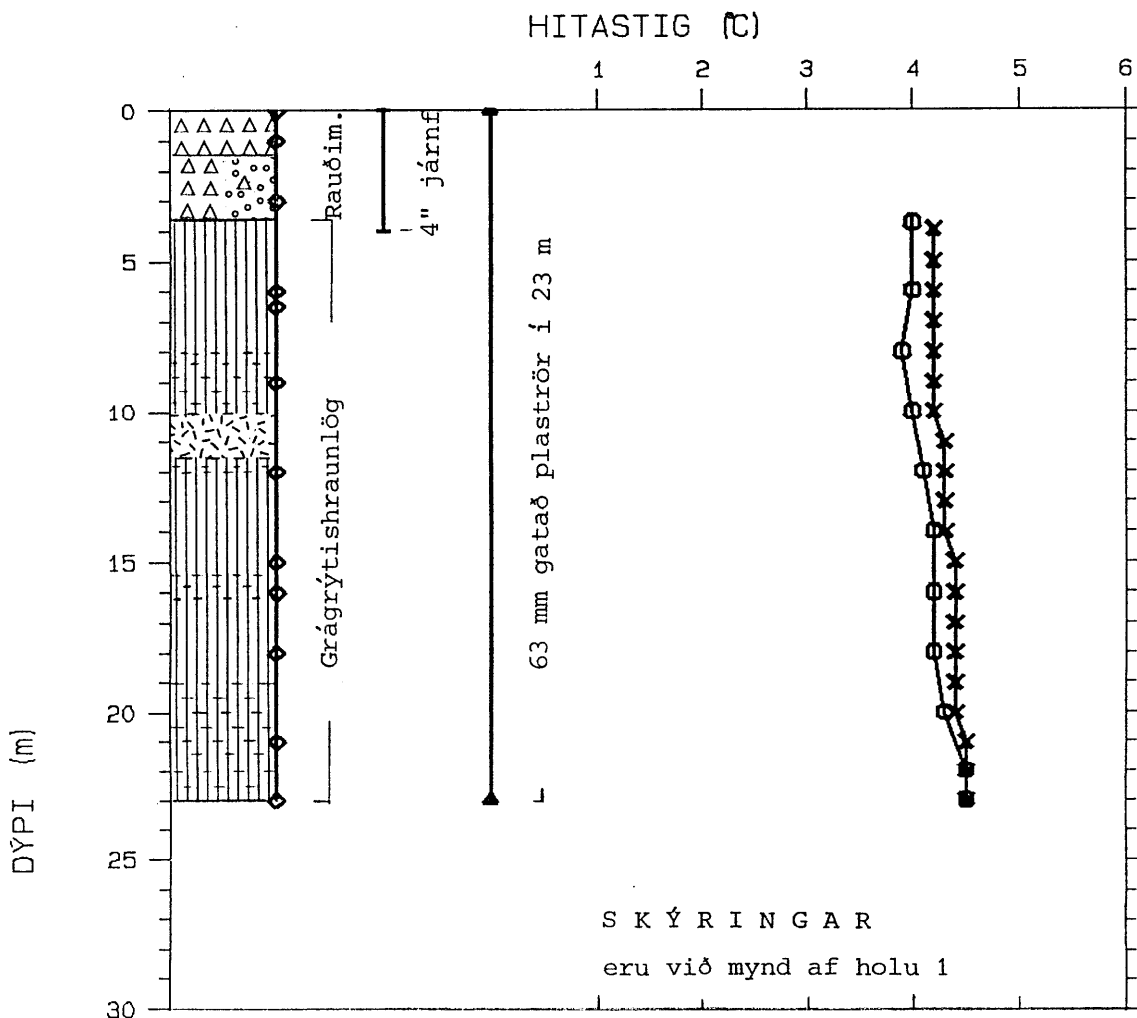
Meiningin hafði verið að holan næði niður úr ferskvatnslaginu eða a.m.k. ofan í sjóblandað vatn. Samkvæmt mælingum í holum Hitaveitu Suðurnesja; HSK-6 og HSK-11, má búast við að komið sé í fullsaltan sjó á um 60 m dýpi undir grunnvatnsborði. Blandlagið er 13 - 16 m þykkt í þeim. Grunnvatnsborð hér er rétt um 10 m undir yfirborði. Þannig hefði mátt gera ráð fyrir að blandlagsins færi að gæta á milli 50 og 55 m og að fullsaltur sjór sé á sem næst 70 m dýpi. Hugsanlegt er að örlítið örla á áhrifum hærra hitastigs blandlagsins allra neðst í holunni, en engra seltubreytinga varð þar vart. Hitinn hækkar nú bara úr 4,3° í 4,5°C og leiðni mældist vera 143 - 153 μ mhos í alls staðar í holunnis. Við borunina hrærist vatn af mismunandi dýpi saman í holunni, þannig að hugsanlegt er að áhrifa blandlagsins gæti hér eitthvað í leiðninni. Þarna gægist holuendinn ofan úr þéttu jökulberginu ofan í vatnsríka mölina.

3.4 HOLA NR. 4

Holan er 23 m djúp og var boruð með 4" krónu og fóðruð með 63 mm götuðu plaströri. Borunin gekk mætavel.

Borað var ofan í allhart jökulberg og sandstein og ofan í grágrýti sem undir er. Holan er í svolítilli sigdæld norðvestan við Rauðamel. Sums staðar er jökulbergið hulið tungu úr Sandfelhæðarhrauni. Ekki er annað vitað en að jökulbergið sé hið sama og fram kemur í Rauðamel, en malarlögin ofan þess og neðan eru hér ekki.

Grunnvatnshiti er hér 4,2° - 4,5°C og rafleiðnin á bilinu 92 - 99 μ mhos.

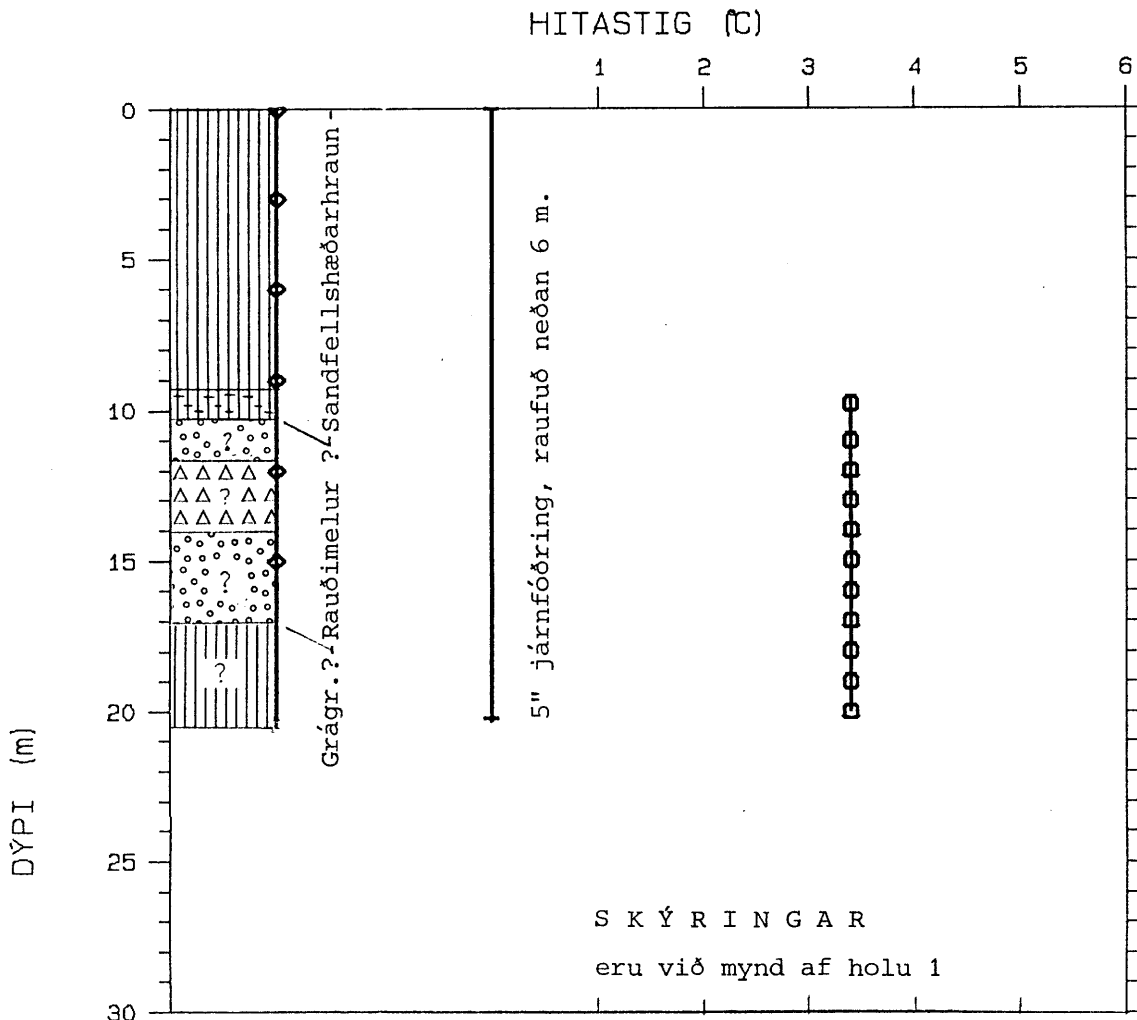


3.5 Hola nr. 5; mengunarhola

Í þessari holu á að vera greið leið ofan í grunnvatnið svo auðvelt sé að ná af því sýnum. Holan nær sem næst 10 m niður fyrir vatnsborð og er fóðruð með 5" víðri og sérstaklega vel raufaðri járnfóðringu. Raufarnar skarast og á vatnið því að eiga sérstaklega greiða leið inn í hana. Efstu 6 m fóðringarinnar eru ekki raufaðir og allra efst er holutoppur steypur fastur og þannig komið í veg fyrir hugsanlega mengun frá yfirborði.

Holan var boruð með 7 1/2" krónu og svarfið sogað upp með nokkurs konar ryksugu. Það barst af þeim sökum heldur treglega og ójafnt upp og blandaðist töluvert saman. Þess vegna er jarðlagagreiningin dálítið óviss. Borað er ofan í Sandfellshæðarhraun, sem hér er um 10 m þykkt. Þar undir eru að líkindum setlög Rauðamels og grágryti frá 17 m dýpi.

Borað er í óhreyft land en steinsnar norðan holunnar hefur efni úr Rauðamelsnámunni verið rutt út á hraunið og er þar í margvíslegur sóðaskapur. Þar á meðal eru tunnuræflar með tjörukenndu innihaldi. Hitamælingin á myndinni hér að neðan er hugsanlega röng, en hiti mældur ofan í holunni, er áberandi lægri en í hinum holunum, eða 3,4°C. Við sýnatöku mældist vatnið upp komið hins vegar vera 4.1°C, sem er í góðu samræmi við vatnshita í hinum holunum.



4. Grunnvatnshæð og halli

Mælingar á vatnshæð í holunum fimm gefa til kynna að breytingar eru töluverðar á grunnvatnshæð og einnig að áhrifa úrkomu gæti skjótt. Samkvæmt mælitölunum (sem raunar eru allt of fáar til að draga af þeim algildan sannleik) í töflu 1 er ekki annað að sjá en að breytingarnar séu nokkuð samstiga í holunum innbyrðis.

Tafla 1
Vatnshæðarmælingar í rannsóknarholum

Dags.	hola númer 1	hola númer 2	hola númer 3	hola númer 4	hola númer 5
26. júlí	8.13				
2. ágúst	8.14	10.05	10.71	3.94	
13. sept.	7.95	9.85	10.51	3.73	9.79
18. sept.	7.83	9.74	10.39	3.60	9.67

Vatnshæðin er miðuð við brún járnfóðringa. Miðað er við hæstu hnútu, séu brúnirnar ójafnar.

Settur var síritandi vatnshæðarmælir í holu nr. 1 og látinn vera þar í tæpa tvo daga; 26. - 28. júlí. Þá var veður þurrt og þökkalegt og er engar vatnshæðarbreytingar vegna úrkomu. Áhrif sjávarfallasveiflunnar mældust vera um 1 cm, eða um 1/2% af því sem hún er við strönd.

Staðsetning holanna er sýnd á mynd 1. Í töflu 2 eru mælingarnar sýndar sem hæð yfir sjávarmáli.

Tafla 2
Hnit, hæðir og vatnsborð

Holunúmer	X-hnit	Y-hnit	Rörbrún m y.s.	Vatnsborð 2. ágúst	Vatnsborð 13. sept.	Vatnsborð 18. sept.
Hola 1	719123.7	387500.9	9.55*	1.41	1.60	1.72
Hola 2	718627.4	387900.5	11.454	1.40	1.60	1.71
Hola 3	718637.5	387906.2	12.119	1.41	1.61	1.73
Hola 4	720039.7	388960.3	5.252	1.31	1.52	1.65
Hola 5	719478.2	387595.2	11.347		1.56	1.68

* Holutoppur er ójafn, en viðmiðunarstaður grunnvatnsmælinga er 90 mm ofan hæðarmælingamerkis á rörinu.

Hæðir og hnit eru fengnar frá Verkfræðistofu Suðurnesja og eru í sama hæðarkerfi og holur Hitaveitu Suðurnesja.

Vatnsborð í holu 3 mælist í tvö skipti vera 1 cm hærra en í holu 2 og einu sinni 2 cm hærra. Þarna ætti að mælast nokkurn veginn sama vatnsborðshæð og sýnir þetta því nákvæmni hæðar- og vatnsborðsmælinga. Vatnsborð í holu 1 mælist 1 cm lægra en í holu 3 í tvö skipti af þrem. Mældur munur á vatnshæð í þessum holum er ekki marktækur.

Tvisvar (með aðeins 5 daga millibili) er vatnsborð 4 cm lægra í holu 5 en í holu 1. Samkvæmt grunnvatnslíkani ætti meðalhæð grunnvatnsborðs að vera um 1.30 m y.s. á þessum slóðum. Aðstæður voru því frábrugðnar meðalástandi þegar mælt var. Því ber að varast að oftúlka þessar mælingar.

Munur á vatnsborðshæð í holu 1 og í holu 4 var 10 cm, 8 cm og 7 cm. Þessi breytilegi munur gæti átt rætur sínar að rekja til munar í gropi (porösiteti) jarðlaganna milli staða, mismunandi

opinna (confined) veita (aquifers) eða mismunar á undirvatnasviðum (subbasins). Því verður að túlka þennan mun með varúð, enda er hann nálægt skekkjumörkum mælinganna.

Í heild benda þessar þrjár mælingaraðir til þess, að vatnsborði halli frekar til norðvesturs á þessum slóðum. Það er svo annað mál hvort hallinn sé mestur í þá átt og enn annað mál hvort vatnsborðshallinn stýri stefnu grunnvatnsrennslis að mestu eða öllu leyti, sökum misleitni í lekt jarðar á þessum slóðum. Enn fremur er alls óvísst hve mikill þessi halli sé. Úr því verður ekki skorið með örfáum mælingum á stuttu tímabili. Til þess þarf sýritun vatnsborðshæðar í lengri tíma og samband við sýritun vatnsborðshæðar í borholum Hitaveitu Suðurnesja (HSK-6, Stapafell, Seltjörn).

5. Sýnataka og niðurstaða greiningar

Tekið var eitt vatnssýni úr hverri holu til að athuga hvort olíuættaðra efna yrði vart. Vatninu var dælt upp úr holunum með smádælum sem knúðar eru rafgeymum. Búast mátti við að einhver olía hefði borist niður í holurnar við borun (úr loftpressu) og var því beðið í lengstu lög með að taka sýnin til að gefa grunnvatninu tíma til að jafna sig.

Dælt var úr holum nokkra hríð áður en sýnin voru tekin, bæði til að losna við mesta gruggið sem oft er í stöðnuðu vatninu í holum og einnig til að fá vatn til að streyma að holunni með sína mengun ef einhver væri. Vitað var að búast mátti við gruggi því búið var að reyna sýnatökuaðferðina í holu nr. 1. Það kom líka á daginn að upp úr öllum holunum nema nr. 2, kom móleitt vatn til að byrja með. Dælt var mismengi úr hverri holu, eða þangað til bunan var orðin sæmilega hrein.

Tafla 3
Vatnssýni tekin 18. september 1989

Holunúmer	Dýpi á vatn	Dýpi sýnis	Dæling l/mín	Dælt alls	Vatns-hiti	Athugasemdir
Hola nr. 1	7.83 m	9.0 m	5.5	330 l	4.3°C	mórátt fyrst, skánaði
Hola nr. 2	9.74 m	10.7 m	3.9	60 l	4.4°C	hreint strax
Hola nr. 3	10.39 m	11.4 m	2.7	120 l	4.2°C	óhreint fyrst, skánaði
Hola nr. 4	3.60 m	5.0 m	10	300 l	4.2°C	mórátt fyrst, skánaði
Hola nr. 5	9.67 m	10.5 m	4.3	130 l	4.1°C	móleitt fyrst, skánaði

Það er athygli vert að hreint fékkst vatnið aðeins upp úr grynstu holunni. Líklegt er að móleitt gruggið sé ættað úr kargalögnum sem holurnar skera. Kargalög eru jafnan mjög vel vatnsleiðandi og oftast verður vatnið sen úr þeim fæst hreint eftir að dælt hefur verið um hríð.

Sýrð vatnssýnin voru hrist saman við trichlorotrifluoroethane, sem hefur þá náttúru að draga til sín olíu og feiti og raunar fleiri lífræn efni. Vatnið er síðan skilið frá og fylgja þá hugsanleg lífræn mengunarefni meðhöndlunarefninu, sem að síðustu er eimað burt. Eftir sitja þá olíukennd efni, séu þau til staðar, og eru þá vaktuð. Aðferð þessi er talin henta best sé olíublöndun meiri en sem nemur 10 mg/l (Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater; 15. ed. 1980).

Ekki varð vart olíukenndra efna í neinu sýnanna, séu þau fyrir hendi eru þau altént innan mælinákvæmni greiningaraðferðarinnar. Sýnið úr holu nr. 4 brást eilítið á annan veg við meðhöndlun en hin; þar varð vart við örlitla froðumyndun. Engin froða var notuð við borun þessarar holu en hins vegar hallar grunnvatnsborði til hennar frá Rauðamel.