

**ROSMHVALANES
jarðsjór, jarðvatn, jarðhiti**

Sérverkefni í fiskeldi 1988

Þórólfur H. Hafstað
Lúðvík S. Georgsson

OS 90003/VOD - 02 B

Febrúar 1990



ORKUSTOFNUN
Vatnsorkueild

Verknr. 894.700

**ROSMHVALANES
jarðsjór, jarðvatn, jarðhiti**

Sérverkefni í fiskeldi 1988

Þórólfur H. Hafstað
Lúðvík S. Georgsson

OS 90003/VOD - 02 B Febrúar 1990

Efnisyfirlit

1. Inngangur	3
2. Helstu niðurstöður	3
3. Rannsóknarholur	5
3.1 Gufuskálar	5
3.2 Útskálar	6
3.3 Sjávarfallamæling	6
3.4 Dæling úr holunum	7
3.5 Efnainnihald jarðsjávar	9
4. Pykkt grunnvatnslinsunnar	9
5. Grunnvatn í Garði	10
6. Viðnámsælingar	10

Myndaskrá

Mynd 1: Rosmhvalanes, yfirlitsmynd	4
Mynd 2: Gufuskálar. Holusnið, hiti og selta	5
Mynd 3: Útskálar. Holusnið, hiti og selta	6
Mynd 4: Útskálar. Breytingar vegna dælingar	8
Mynd 5: Gufuskálar. Breytingar vegna dælingar	8
Mynd 6: Grunnvatnshiti í Garði	10
Mynd 7: Viðnámsmælingar á Rosmhvalanesi	11
Mynd 8: Schlumberger-viðnámsmæliferlar og túlkum þeirra	12
Mynd 9: TEM-mæling á Rosmhvalanesi	11

Töfluskrá

Tafla 1: Gufuskálar. Sjávarföll í hafi og holu	6
Tafla 2: Útskálar. Sjávarföll í hafi og holu	7
Tafla 3: Sjávarfallamælingar. Niðurstöður	7
Tafla 4: Gufuskálar. Jöfnun vatnsborðs eftir dælingu	8
Tafla 5: Efnasamsetning (mg/l)	9
Tafla 6: Pykkt grunnvatnslinsunnar	9
Tafla 7: Nokkrar holar í Gerðahreppi	10

1. Inngangur

Hér verður gerð grein fyrir einu af þeim sérverkefnum Orkustofnunar sem beinast að náttúrulegum aðstæðum til fiskeldis. Athugunin var gerð í samvinnu við Gerðahrepp og einkum beint að möguleikum á vinnslu jarðsjávar á Rosmhvalanesi, en jafnframt var hugað að fersku grunnvatni sem og jarðhitalíkum.

Til þess arna voru bordaðar tvær grannar rannsóknarholur um haustið 1988. Í þeim voru mældar og síritaðar vatnsborðssveiflur, gerðar hita- og seltumælingar og úr þeim dælt í tilraunaskyni. Einnig voru tekin sýni til efnagreininga af jarðsjónum. Þá var hugað að fjölmögum grunnum ferskvatnsholum og mælt í þeim eftir því sem við varð komið. Einnig og ekki síst voru gerðar viðnámsmælingar til að kanna hvort nýtanlegur jarðylur gæti leynst undir Rosmhvalanesi.

Berggrunnurinn er upp hlaðinn af grágrýtishraunlögum sem runnið hafa frá fornnum dyngjum. Einstök grágrýtishraun eru jafnan beltuð; þ. e. hlaðin upp af misþykkum hrauntungum sem aðskilin eru af endasleppum gjall- og brunalögum. Vitað er að berggrunnurinn er nokkuð misjafnlega vel vatnsleiðandi, en alla jafnan er bruninn mun lekari en hinn heillegi hluti bergsins. Þegar á heildina er litið á vatn og sjór nokkuð greiða leið um það.

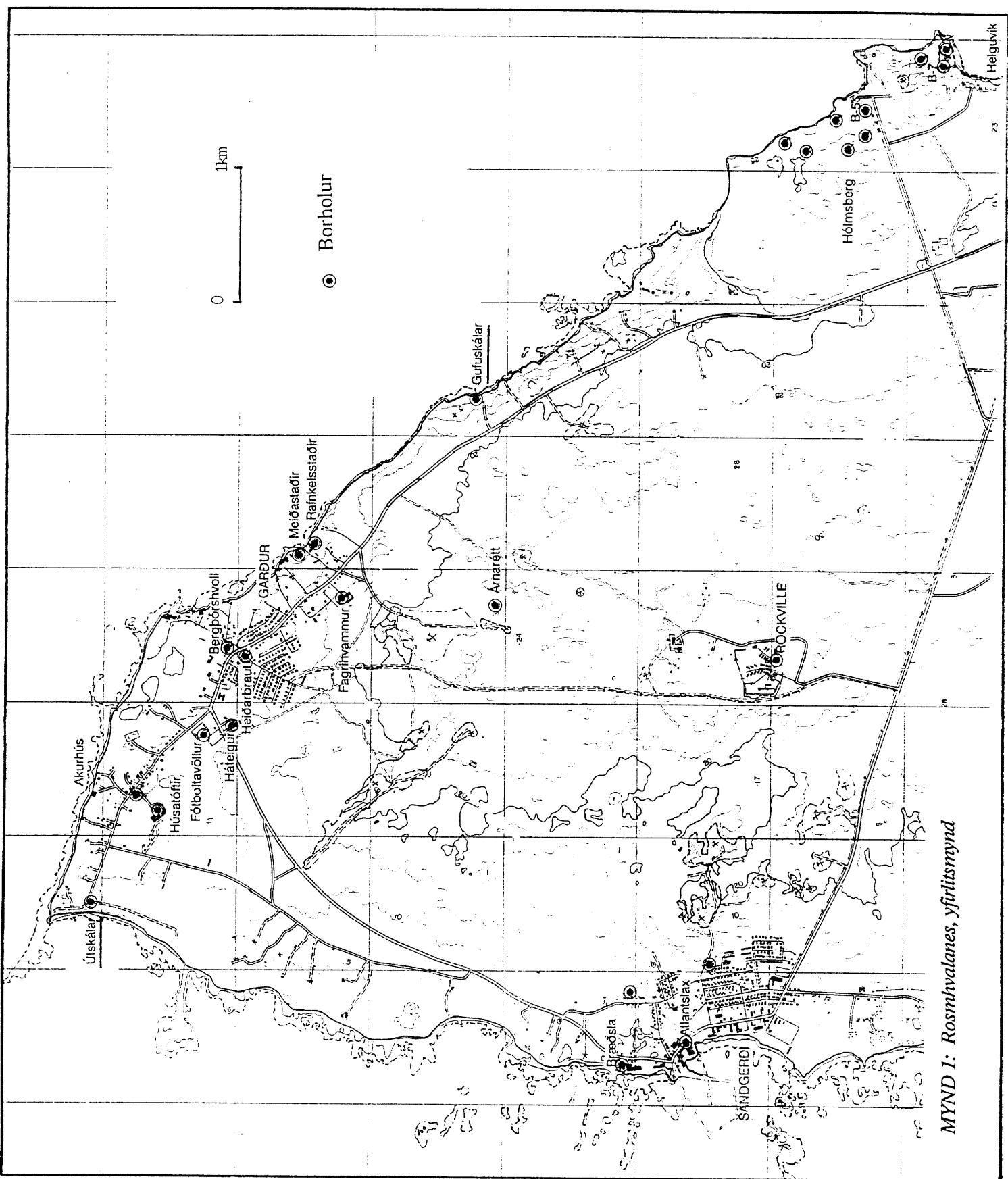
Úrkoma er tiltölulega mikil á þessum slóðum, en umtalsverður hluti sumarúrkommunar gufar upp. Sá hluti hennar sem ekki gufar upp, sígur nær undantekningalaust ofan í bergið og myndar þar grunnvatn. Hvergi renna lækir til sjávar og engar fjörulindir eru þekktar við sjávarmál á skaganum. Grunnvatnsborð stendur alls staðar lágt yfir sjávarmáli; víðast hvar 1,0 - 1,5 m. Undir ferskvatninu er jarðsjór.

2. Helstu niðurstöður

Möguleikar til jarðsjávarvinnslu í Garði virðast vera sæmilega góðir. Mestu skiptir að borholur skeri vel vatnsleiðandi, kargakennd millilög í grágrýtinu. Þessi lög eru oftar en ekki mjög svo misþykk og iðulega endaslepp. Þannig er við því að búast að boranir eftir jarðsjó geti reynst misvel lukkaðar. Einnig er líklegt að millilögin séu að jafnaði þéttari eftir því sem neðar dregur í jarðlagastaflann, þannig að ekki er hægt að búast við að jarðsjávarholur gefi jafn vel og vel heppnaðar ferskvatnsholur. Rannsóknarholan að Útskálum nær ofan í vel leiðandi jarðlag, sem gæti gefið verulegt magn af jarðsjó. Gufuskálaholan er á hinn bóginn mun þéttari í botninn og þar af leiðandi ekki eins gjöful á sjóinn.

Möguleikar á ferskvatnsnámi úr borholum eru töluvert góðir þar sem borholur ná að skera kargakennd lög. Í Garði er neysluvatn fengið úr allmörgum holum víðs vegar um byggðina. Úrkomuvatn á greiða leið frá yfirborði niður að grunnvatnsborði og þá um leið mengun, sem ávallt fylgir þéttbylli. Upplýsingar um þykkt ferskvatnslinsunnar á Rosmhvalanesi eru ekki fullnægjandi. Nærri ströndinni er þykktin á bilinu 30 - 50 m, en inni á miðjum skaga má ætla að linsan sé eitthvað þykkari, en þar eru öngvar holur nægilega djúpar til að skera úr um það.

Viðnámsmælingar á Rosmhvalsnesi benda ekki til að þar séu líkur á jarðhita á nesinu. Það er í samræmi við töluvert víðtækar hitamælingar í neysluvatnsborholmum í Garði. Hitastig grunnvatns mælist sumsstaðar riflega 7°C, sem að sönnu er venju fremur hátt. Hitastig jarðsjávarins mælist allt að 10°C.



MYND I: Rosnávalanes, Yfirlitismynd

3. Rannsóknaholur

Haustið 1988 voru boraðar tvær grannar rannsóknaholur, en sá verkþáttur hafði verið boðinn út. Borað var með tækjum Ellerts Skúlasonar, sem átti lægsta tilboðið. Borvagn hans er knúinn 750 rúmfeta loftpressu og notar lofthamar, sem gengur sjálfur ofan í holuna (DHH búnaður). Tilgangurinn með borunum þessum var margþættur, en þessi þó helstur:

- Fá hugmynd um gerð jarðlagastaflans með athugun á borsvarfi.
- Leggja mat á lekt jarðlaganna með samanburði á sjávarföllum í holum og við strönd.
- Finna mörk milli fersks vatns og sjávar og kanna efnainnihald vökvanna.

Holunum var valinn staður þar sem líkur þóttu á að þær næðu niður úr grunnvatnslaginu og ofan í sjó án þess að bora þyrfti óheyrilega djúpt. Staðsetning þeirra er sýnd á mynd 1.

3.1 Gufuskálar

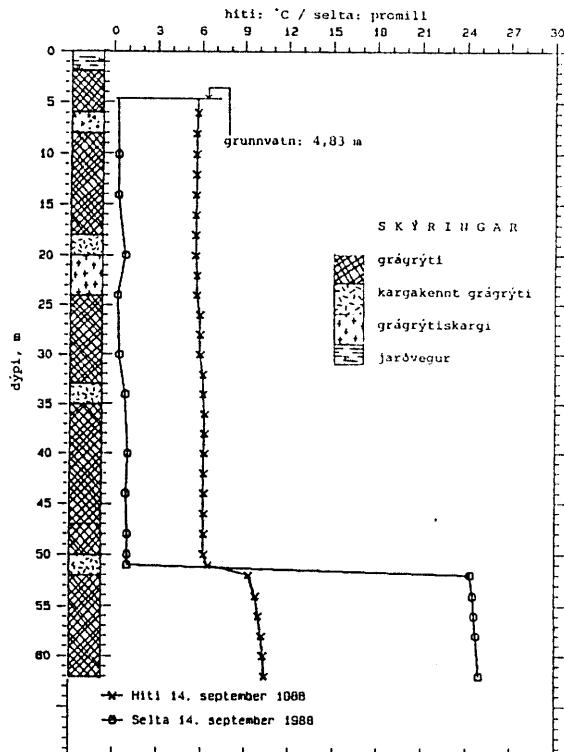
Fyrri rannsóknaholan var boruð 8. september 1988 í landi Gerðahrepps við Gufuskála á nesinu austanverðu. Hún er rétt ofan klappa við vörina, og 15 - 20 m frá flóðmörkum. Grafið var ofan á fasta klöpp með traktorsgröfu til að koma fyrir yfirborðsfóðringu. Borunin gekk algerlega snuðru-laust og varð hvergi vart við hrun í holunni. Var því afráðið að láta ógert að fóðra hana með götuðu plaströri eins og vanalegast er þó að gera. Holan er 62 m djúp og boruð með 41/2" borkrónu alla leið. Holutoppur er 2,5 m langt og 4" vítt járnhröt með loki, sem steypt er fast í klöppina og stendur það sem næst metra upp úr jörð. Á rörinu er lok.

Á mynd 2 er jarðlagaskipanin sýnd eins og hún sýnir sig í borsvarfinu. Bergið er mestallt heillegt, en athyglan beinist að kargakenndu lögnum, því þar er vatnsleiðnin að jafnaði best. Kargi er fyrst á 6 - 8 m dýpi. Aftur verður kargakennt á um 18 m,

og á 20 m dýpi verður fyrir gjallkennt millilag sem nær niður á 24 m. Efst er lagið rauðlitað og er að því virðist það sama og kemur fram í mörgum vatnsholum úti í Garði. Þenn er bergið kargakennt á um 34 m og aftur neðan við 50 m dýpi.

Ljóst, leirkennt skæni er nokkuð áberandi í blöðrum og smásprungum neðan við 47 m. Þetta er ekki alveg einhlítt, þar sem bergið er mjög misgropið, en eigi að síður virðist það vera orðið eitthvað þéttara þar en ofar.

Gufuskálaholan
hiti, selta og
jarðlagasnið

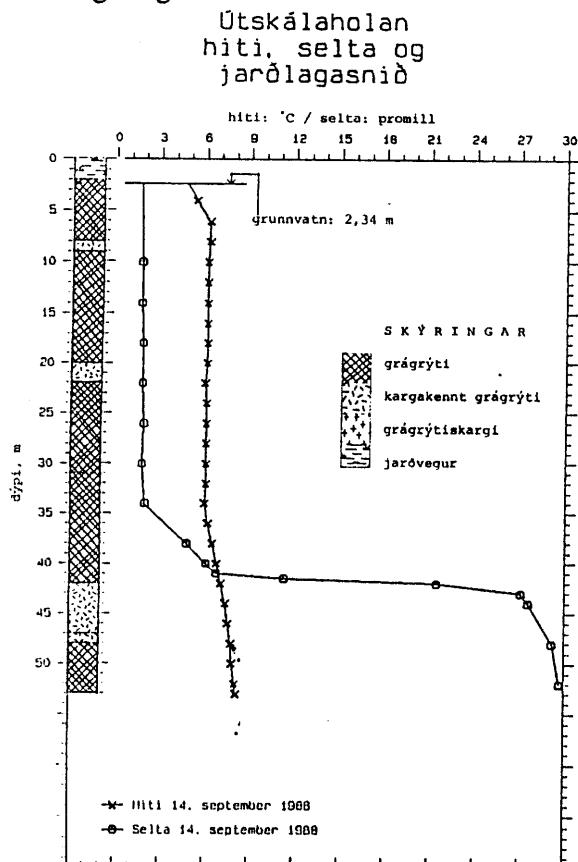


MYND 2: Gufuskálar. Holusnið, hiti og selta

Samkvæmt hita- og seltumælingum, sem gerðar voru þann 14. september, koma mjög glögg skil í ljós á riflega 50 m dýpi. Þar er komið í nær fullsaltan sjó, sem er um 4°C hlýrri en ferskvatnið ofar í holunni. Athyglisvert er, að skilin verða í kargakenndu lagi og einnig sést að kargalag hefur örlítill áhrif á seltuna á um 20 m dýpi. Þetta kemur betur fram eftir að dælt hefur verið úr holunni (mynd 5).

3.2 Útskálar

Seinni holan var boruð þann 10. september 1988 í landi Útskála í Garði. Hún er rétt sunnan vegar, við vegamót að Garðskagavita. Yfirborðsfóðringu var komið fyrir með svököljuðum ODEX-búnaði, en það er hjámiðjukróna sem borar undan fóðringunni og dregur hana um leið með sér niður.



MYND 3: Útskálar. Holusnið, hiti og selta

Hér gekk borun vel, uns komið var á 47 m dýpi, en þar varð stöðugt hrun í kargakenndu jarðlagi. Ofan þess stóð holan vel og var plastfóðringu því sleppt sem fyrr, enda komið ofan í jarðsjó, eins og til var ætlast. Endanlega varð holan 53 m djúp, en er illfær mælitækjum neðan við 47 m. Hún er 31/2" við og fóðruð upp úr klöpp með 2,2 m löngu og 5" víðu járnröri. Holutoppur nær aðeins um spönn upp úr jörð og er á honum lok.

Samkvæmt greiningu á borsvarfinu, sem sýnd er á mynd 3, eru þunn kargakennd lög á um 8 m dýpi og aftur neðan við 20 m. Milli 42 og 47 m er bergið aftur kargakennt, sér-

staklega þar sem mest hrundi sem fyrr er sagt. Annars er bergið heillegt og virtist orðið nokkuð holufyllt neðan við 31 m dýpi.

Hita- og seltumælingar sýna ekki eins glöggan skilflöt og í Gufuskálaholunni, en á 45 m dýpi mælist allt að því fullsaltur sjór.

3.3 Sjávarfallamæling

Mælingar á sjávarföllum í borholum miða að því að fá hugmynd um vatnsleiðni þeirra jarðlaga sem holan er boruð í. Annars vegar er seinkun fallabylgjunnar mæld, þ.e. hversu munar á flóði og fjöru í holunni miðað við sjóinn úti fyrir. Hins vegar er dempun sjávarfallanna mæld.

Fylgst var með vatnsborðsbreytingum með síritandi þrýstingsskynjara sem látinna var vera í holunni í sólarhring (tvö flóð) 13. - 14. júní 1989. Tölur um flóðhæð og tíma voru fengnar úr Sjávarfallatöflum Sjómælinga Íslands. Tekið var mið af flóðtíma í Keflavík og Sandgerði og út frá honum ákvarðað hvenær háflóð og fjara er við strönd úti fyrir rannsóknaholunum.

Megindrættir vatnsborðsbreytinganna í Gufuskálaholunni eru sýndir í töflu 1. Í henni koma fram sem næst 40% af sjávarföllum við strönd og seinkar bylgjunni um sem næst fimmtán mínútur.

TAFLA 1. Gufuskálar
Sjávarföll í hafi og holu

Föll við Gufuskála 13.-14. júní	Sjávarhæð: m	Föll í holu; tími;	Dýpi á vatn í holu þá: m
fj kl.20:33	1,3		4,42
fl kl.02:30	2,9	02:46	3,90
fj kl.08:50	1,2	09:06	4,56
fl kl.15:14	3,0	15:28	3,88
fj kl.21:31	1,2		

Einkennistölur vatnsborðsbreytinganna í Útskálaholunni eru í töflu 2. Í henni koma fram nærrí 30% af sjávarfallabylgjunni og seinkunin er rúmar 20 mínútur.

*TAFLA 2. Útskálar
Sjávarföll í hafi og holu*

Föll við Útskála; 13.-14. júní	Sjávar- hæð: m	Föll í holunni: tími	Dýpi á vatn í holu þá: m
fj kl.20:31	1,3		1,86
fl kl.02:28	2,9	02:50	1,42
fj kl.08:48	1,2	09:10	1,94
fl kl.15:12	3,0	15:31	1,43
fj kl.21:29	1,2		

Reikna þarf hlutfallið T/S þar sem T er leiðnin (transmissitivity) en S er forðastuðull (storage coefficient), sem álitinn er samsvara virkri gróppu (porosity) jarðlagsins, sem líkast til er á bilinu 1% til 10%. Leiðina má annars vegar reikna út frá dempun bylgjunnar:

$$\frac{T}{S} = \left(\frac{x}{\ln \frac{h_x}{h_0}} \right)^2 \cdot \frac{\pi}{t_0} \quad (1)$$

eða þá samkvæmt seinkun sjávarfallanna frá hafi að holu:

$$\frac{T}{S} = \left(\frac{x}{t_1} \right)^2 \cdot \frac{t_0}{4\pi} \quad (2)$$

Eftirtaldar stærðir eru þekktar:

x = fjarlæggð Gufuskálaholu frá strönd: 25 m
eða fjarlæggð Útskálaholu frá strönd: 110 m
t₀ = sveiflutími sjávarfallabylgjunnar: 45000 sek
t₁ = tímamunur falla í hafi og Gufusk.holu: 900 sek
eða: tímamunur falla í hafi og Útsk.holu: 1260 sek
h_x/h₀ = deyfing sjávarfallabylgjunnar: hola/haf
Gufuskálar: Hæðarmunur í holu: 0,67 m; hafi: 1,75 m, = 0,38.
Útskálar: Hæðarmunur í holu: 0,51 m; í hafi: 1,75 m, = 0,29.

Niðurstöður eru dregnar saman í töflu 3, en þar eru einnig fram settar sambærilegar niðurstöður úr holum í grenndinni til samanburðar.

Eins og sést í töflunni er töluverður munur á niðurstöðnum innbyrðis og verður að álíta að samband jarðlaganna við hafið sé flóknara en líkingarnar gera ráð fyrir. Nokkru veldur líka að sennilega er mikill munur á lóðréttir og láréttir leiðni í bergeninu. Einnig má ætla að fjarlæggð frá sjó sé vanmætin og að réttara sé að miða hana við hraunkantinn úti í sjó en flæðarmálið.

Nú er það þekkt að vatnsleiðni reiknast alla jafnan hærri út frá sjávarföllum en við dælingu (Jón Ingimarsson o.fl. 1978). Sömuleiðis er við því að búast að virk gróppa og þá um leið vatnsleiðni, sé afar mismikil eftir holum, enda er hún fyrst og fremst háð því hversu mikið er af karga kenndum millilögum á hverjum stað. Af þessu leiðir að rétt er að horfa á niðurstöðurnar með gagnrýnu hugarfari. Eigi að síður virðist útkoman úr dæluprófuninni vera í bærilegu samræmi við sjávarfallamælinguna.

*TAFLA 3. Sjávarfallamælingar
Niðurstöður*

staður	seinkun T/S m ² /s	dempun T/S m ² /s	ath
Útskálar	27	0,53	(¹)
Gufuskálar	2,8	0,05	(¹)
Hólmsberg 5	2,7	0,39	(²)
Hólmsberg 7	19	1,7	(²)
Hólmsberg 8	0,69	0,23	(²)
Flugstöð 1	86	33	(²)
Sandgerði	184	70	(³)

Athugendur voru þessir:

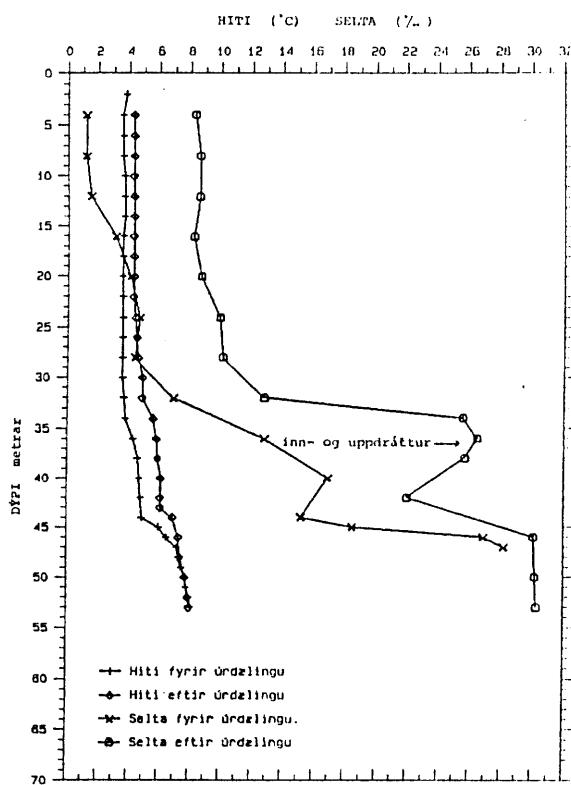
(¹: Þórólfur H. Hafstað 1989. (²: Snorri P. Snorrason 1982. (³: Davið Egilson 1988.

3.4 Dæling úr holunum

Ákveðið var að reyna að dæla úr holunum með yfirborðsdælu ef vera skyldi að það glöggvaði eithvað hugmyndir um misjafna vatnsleiðni í holunum. Sogbarka var stungið 6 - 8 m ofan í holurnar og dælt með bensíknúinni dælu og fylgst með hitastigi og settu vökvans sem upp kom. Mælingar voru líka gerðar í holunum fyrir og eftir úrdælingu (sjá myndir 4 og 5).

Útskálaholan var dæld þann 10. júní 1989. Ekki reyndist unnt að mæla hversu mikið vatnsborðið í henni lækkaði við dælinguna, en upp komu 6,2 l/s að jafnaði og mældist hitinn allan tímann 7,0°C. Upp kom saltur vökví; 22,5 % fyrst, en 23,4 í lok dælingarinnar, sem stóð í 128 mínútur.

Útskálar



MYND 4; Útskálar
Breytingar vegna dælingar

Fyrir dælingu mældist nálega fullsaltur, 8,0°C heitur sjór í botni holunnar. Ætla má að vökvinn sem kom upp, sé að 4/5 hlutum ættaður úr neðri hluta holunnar. Þetta þykir benda til að vatnsleiðni í kargalaginu á um 47 m dýpi, sé miklu mun betri en ofar.

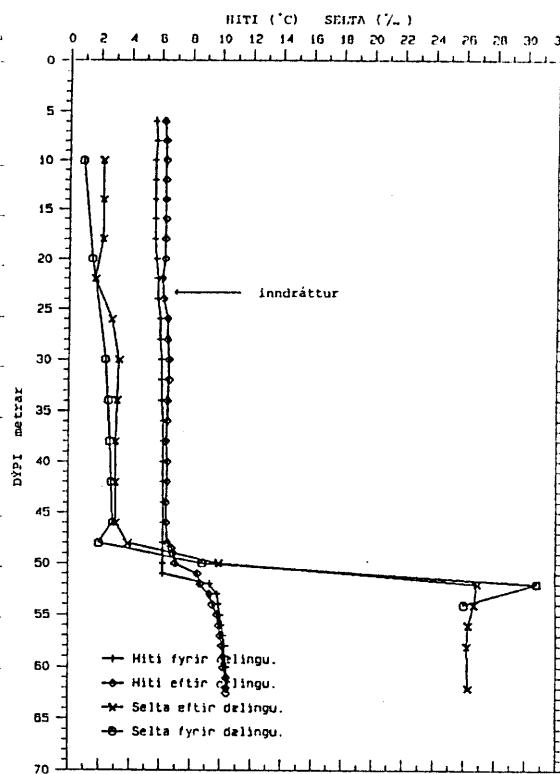
Dælt var úr Gufuskálaholu þann 2. júlí, 5 l/s í 100 mínútur. Hitinn varð fljótlega 6,3°C og seltan 2,2 ‰, eða svipaður og í öllum efri hluta holunnar. Ekki verður séð að þessi hóflega dæling hafi haft nein áhrif á jarðsjóinn neðst í holunni. Við þessa úrdælingu lækkaði vatnsborð um ríflega 50 cm í holunni. Fylgst var með því hvernig vatnsborðið jafnaði sig að lokinni dælingu (tafla 4) Eftir þessu er reiknuð vatnsleiðni bergsins með jöfnu Jacobs:

$$T = \frac{\Delta Q}{4\pi\Delta sd} \ln 10 \quad (3)$$

Samkvæmt þessu er $T = 9 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$, sem er í samræmi við þumalfingursreglu Logans. Ef S er áætlað vera 5%, er hlutfallið

T/S um 0,2

Gufuskálar



MYND 5; Gufuskálar
Breytingar vegna dælingar

TAFLA 4. Gufuskálar
Jöfnun vatnsborðs eftir dælingu

	Δt mín.	Δh m	d
stopp	0	0	
eftir 1	1	0,45	0,01
eftir 2	2	0,48	0,02
eftir 3	3	0,50	0,03
eftir 4	4	0,51	0,04
eftir 6	6	0,53	0,06
eftir 9	9	0,545	0,08
eftir 14	14	0,56	0,12
hætt:	27	0,56	0,21

Δt = tími frá dælingarlokum

d = $\Delta t / (\Delta t + 100 \text{ min.})$

Δh = vatnshæð í holu

Δsd = hallatala ($\Delta h = y$, $d = \log x$) = 0,1

ΔQ = dælt vatnsmagn, m^3/s

sem er sambærilegt við gildi sem reiknuð eru út frá hegðun sjávarfallabylgjunnar í töflu 3.

3.5 Efnainnihald jarðsjávar

Tekin voru tvö sýni af jarðsjó til efna-greininga, sitt úr hvorri rannsóknarholunni og er eru niðurstöður þeirra sýndar í töflu 5. Til þess var notuð lítil 12 V rafmagnsdæla í plaströri, sem látið var ná allt niður undir botn í rannsóknarholunum. Með þessu móti átti að láta á það reyna hvort seltan neðst í holunum breyttist eitthvað við þessa smá-vægilegu úrdælingu.

TAFLA 5: Efna samsetning (mg/l)

Númer	Útskálar	Gufuskálar
Hiti (°C)	7,4	7,6
Sýrust (pH/20°C)	7,83/23	7,82/23
leiðni ($\mu\text{S}/^\circ\text{C}$)	49500/22	29900/22
Kísill (SiO_2)	11,3	11,7
Natríum (Na)	10280	5530
Kalíum (K)	417	75,4
Kalsíum (Ca)	416	918
Magnesíum (Mg)	1229	488
Karbónat (CO_2)	145	22,7
Súlfat (SO_4)	2605	1480
Brennist.vetni (H_2S)	<0,03	<0,03
Klóríð (Cl)	18380	10630
Flúoríð (F)	0,80	0,09
Upplyst efni	36564	2101
Nítrat (NO_3)	3,15	0,86
Bróm (Br)	64,6	37,4
Reiknuð selta, %	33,2	19,2

Útskálaholan. Selta mældist 31,1 % neðan við 45 m dýpi, en þangað náði inn-taksrör dælunnar. Dælt var um 13 l/mín í um það bil klukkutíma og náðist fljóttlega full selta. Hiti vökvans upp komins var 7,4°C. Ekki verður annað séð en að jarðsjór eigi greiða leið inn í holuna.

Gufuskálaholan. Selta mældist 26 % neðan við 52 m dýpi og hiti 9 - 10°C, en dælirör náði niður á 54 m. Dælt var riflega 10 l/mín og upp kom vöki með 18 % seltu og hit-anum 7,6°C. Hér virðist einsýnt að jarðlag ofan í jarðsjávarlaginu sé tölvert þéttara en í Útskálaholunni. Sjóvinnsluhola á þessum slóðum gæti hæglega skorið betur leiðandi jarðlag og þannig orðið gjöfulli

Hér er ekki ýkja mikill munur á mældri og reiknaðri seltu. Úr Útskálaholu fékkst sem næst fullsaltur sjór en Gufuskálavök-vinn er vatnsblandaður til helminga. Ekki

verður um það spáð hvernig hiti og selta breytast við langvarandi úrdælingu. Efna-innihald bendir ekki til annars en að jarð-sjórinn í Rosmhvalanesi geti hentað ágæt-lega til fiskeldis. Þess ber þó að geta, að járns og mangans er hér ekki getið, vegna þess að ekki reyndist unnt að greina þessi efni með viðunandi nákvæmni. Komi upp einhver nýtingaráform, er nauðsynlegt að gera nýjar efna-greiningar eftir rösklega dæ-lingu.

4. Þykkt grunnvatnslinsunnar

Borholur eru mjög margar á Rosmhvalanesi. Flestar eru boraðar til að ná úr þeim neysluhæfu vatni og þar af leiðir að þær ná aðeins skammt ofan í grunnvatn-ið en ekki í gegn um það. Þær sem ná ofan í jarðsjó eru allar nálaðt ströndum og gefa því ekki neina heildarmynd af grunnvatns-linsuþykktinni á nesinu í heild.

TAFLA 6. Þykkt grunnvatnslinsunnar

Staður	Þykkt; metrar	Frá sjó metrar
Atlantslax Sandgerði	30	250
Bræðslan Sandgerði	>28	100
Útskálar í Garði	40	100
Rafnkelss., Garði	>45	50
Gufuskálar í Garði	47	25
Hólmsberg (B-5)	29	200
Hólmsberg (B-7)	22	80
Njarðvík (MV-1)	40	750

Samkvæmt athugun Verkfræðistofunnar Hnit 1980 er grunnvatnshæð í borholum út við strönd á nesinu víðast hvar 1,0 - 1,4 m y.s. (Jón Jónsson 1981). Jafnan má búast við að ferskvatnslinsan nái allt að 40 sinnum lengra niður fyrir sjávarmál. Samkvæmt því ætti "edlileg" linsuþykkt því að vera 40 - 60 m. Mæld þykkt er altént í góðu samræmi við þetta, en eigi að síður er full þörf á mælingaholum inni á nesinu svo haegt sé að gera sér fullkomna grein fyrir skilfletinum milli ferskvatns og sjávar þar og einnig til að glöggva heildarmyndina af rennslisleiðum grunnvatnsins út Rosmhvalanes.

5. Grunnvatn í Garði

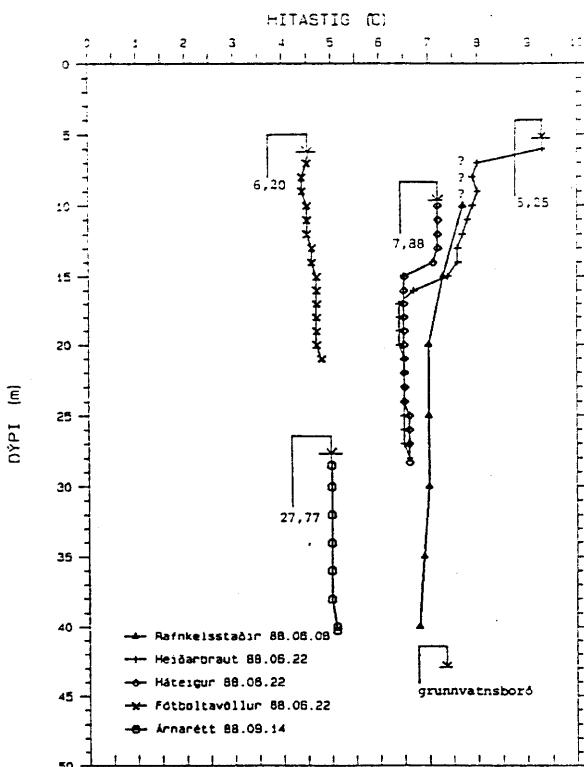
Grunnar ferskvatnsborholur eru fjölmargar í Garði sem og víðar á Rosmhvalanesi. Elstu holurnar eru síðan á stríðsárunum, en alls eru þekkt deili á 30 - 40 holum innan marka hreppsins. Þessar holur eru flestar ónýtar, en í töflu 7 og á mynd 1 eru fáeinarr til nefndar, svo sem eins og nokkurs konar úrval. Holurnar eru í meginindráttum raktar frá vestri til austurs.

TAFLA 7. Nokkrar holur í Gerðahreppi

Heiti holu	bor- ár	dýpi, m	athugas.
Útskálar	1988	53,0	ranns.hola
Akurhús	1956	32,0	'Útgardshola'
Húsatóftir	1963	20,0	virkjuð
Fótboltavöllur	1988	21,0	virkjuð
Háteigur	1954	30,0	virkjuð
Bergþórshvoll	1954	25,0	hnitamæld
Heiðarbraut	1954	36,5	virkjuð
Fagrihvammur	1947	26,2	'Inngardshola'
Gauksstaðir	1973	17,2	'Hreppshola'
Meiðastaðir	1971	23,4	hnitamæld
Rafnkelssstaðir	'54 '66	52,0	virkjuð
Árnarétt	1978	40,6	hnitamæld
Gufuskálar	1988	62,0	ranns.hola

Á mynd 6 eru sýndar valdar hitamælingar úr fimm af þessum holum. Fram kemur, að þær skiptast algerlega í tvö horn. Hitaferlarnir í Árnaréttar- og Fótboltavallarholunum eru því sem næst lóðréttir og hitastig-ið 4,5°C - 5,0°C. Í hinum holunum er hitinn tölувart hærri, einkum efst, en áberandi eru hitaskil á um 15 m dýpi. Vera má að það sé vegna þess að jarðlög verði þéttari neðan þessa dýpis, en líklegast er að hinn hái vatnshiti efst í holunum sé af völdum sumarhlýnda.

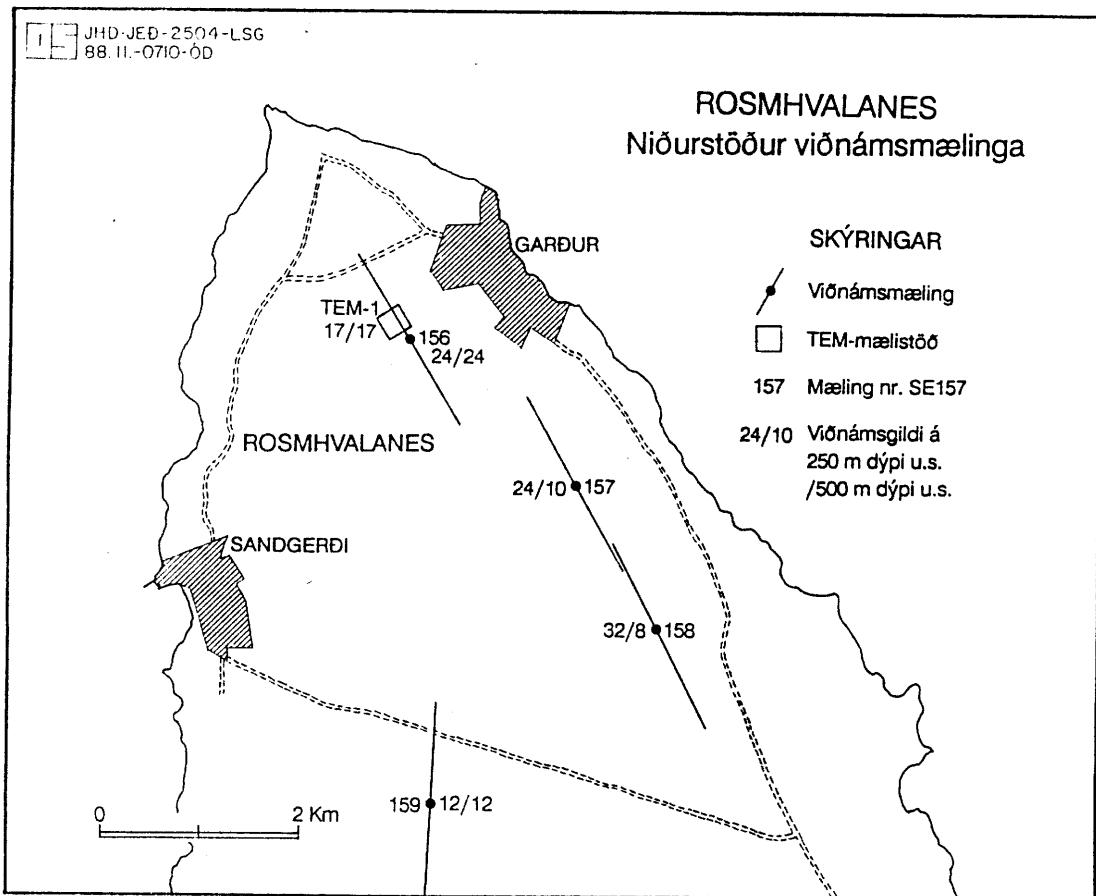
Eins og málin standa núna virðast möguleikar á sjónámi vera allsæmilegir. Hins vegar er rétt að benda á, að jarðlög neðan við um 20 m dýpi eru ekki eins lek og þar ofan við. Þar af leiðandi má búast við að ekki fáist eins mikil úr sjóholum eins og úr sambærilegum ferskvatnsholum.



MYND 6. Grunnvatnshiti í Garði

6. Viðnámsmælingar

Viðnámsmælingar hafa lengi verið mikilvægur þáttur í jarðhitarannsónum á Íslandi. Mismun í eðlisviðnámi bergs má fyrst og fremst rekja til mismunandi sprunguleiðni bergsins og hitabreytinga. Selta getur skipt verulegu máli nærrí ströndinni, en þó einkum þar sem sjór gengur langt inn undir land eins og á utanverðum Reykjanesskaga. Vegna jarðsjávarins er djúpviðnám almennt lágt. Dæmigerð viðnámsmæling á utanverðum Reykjanesskaga sýnir 3 - 4 mismunandi jarðlög. Efst er hraunkargi eða jarðvegur ofan á þurrum hraunum. Viðnámið er hátt og lagið nær niður að grunnvatnsborði, sem er í 1-2 m hæð yfir sjávarmáli. Næsta lag er ferskvatnslinsan en hún flytur á jarðsjónum. Viðnámið í ferskvatninu er nokkuð mismunandi og háð jarðlöögum og áhrifum jarðhita, en er gjarnan á bilinu 300-3000 Ωm. Eftir að komið er niður í jarðsjóinn lækkar viðnámið í 9-14 Ωm.

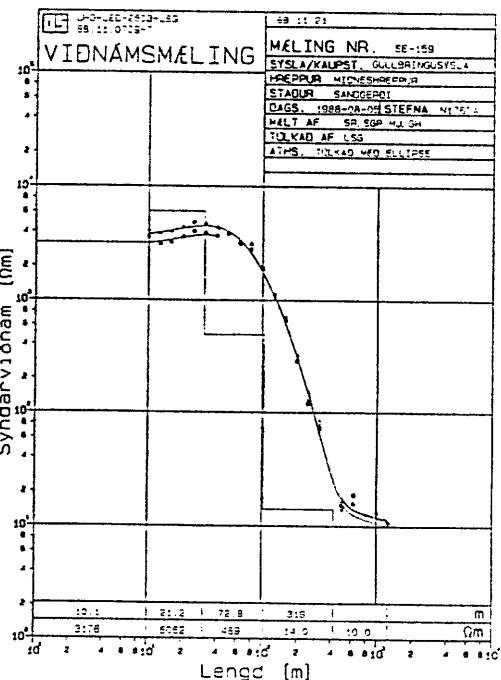
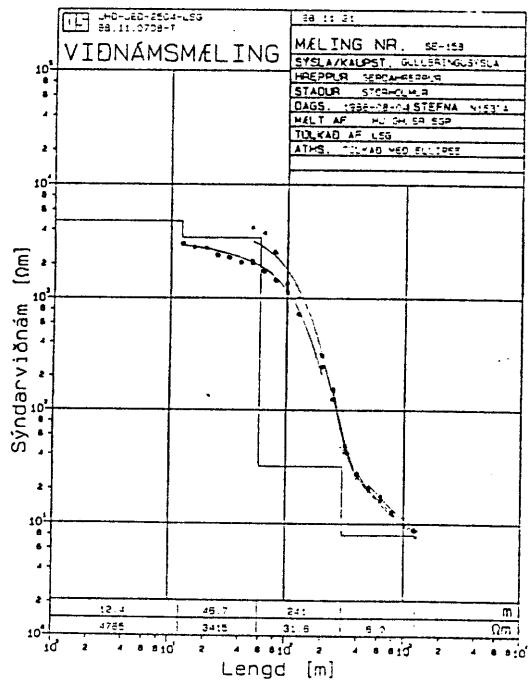
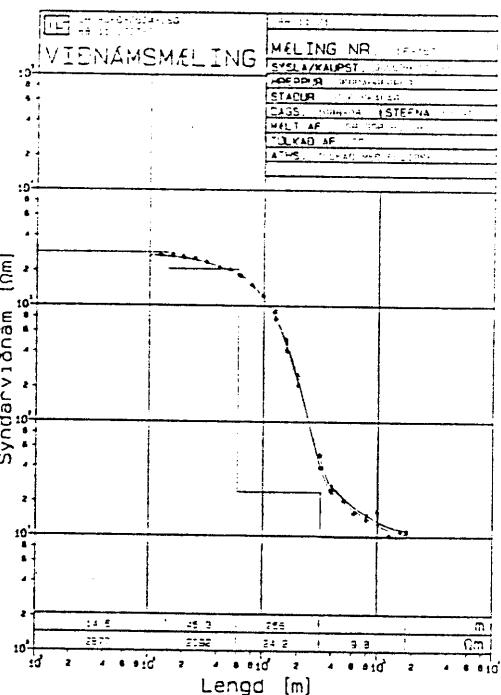
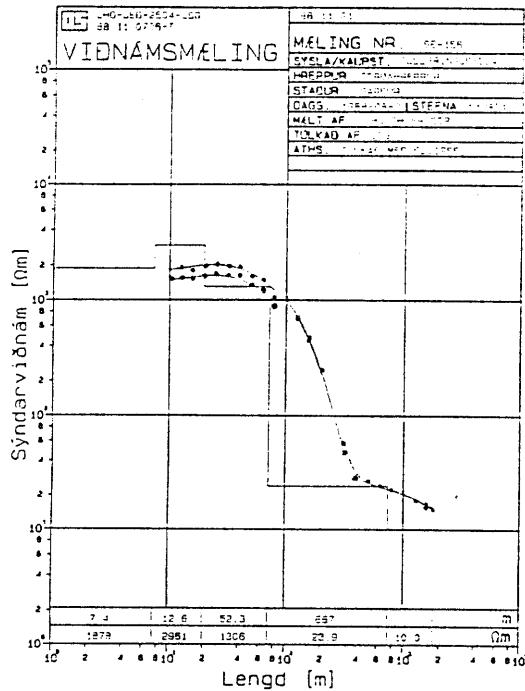


MYND 7. Viðnámsmælingar á Rosmhvalanesi

Annars staðar mundi þetta yfirleitt vera túlkað sem jarðhiti, en svo er ekki hér. Þar sem jarðhitaáhrifa gætir, lækkar viðnámið enn frekar og fer niður í 2-4 Ωm á háhitavæðunum.

Við mælingarnar er venjulega notuð svokölluð Schlumberger-uppsetning mælskauta, en með henni fást upplýsingar um eðlisviðnám jarðar á mismunandi dýpi undir mælistað og næsta nágrenni hans. Þessi uppsetning er einkum notuð til að afmarka svæði með afbrigðilega lágu eðlisviðnámi en út frá því má meta stærð hitasvæða. Jafnframt veita mælingarnar upplýsingar um innri gerð jarðhitakerfanna. Með hefð-bundnum útbúnaði fást upplýsingar um eðlisviðnám niður á 500-1000 m dýpi. Svipaðar upplýsingar fást með svokölluðum TEM-viðnámsmælingum, sem er nýleg aðferð. TEM-viðnámstækin eru mjög dýr, en á móti kemur mikill sparnaður í vinnutíma.

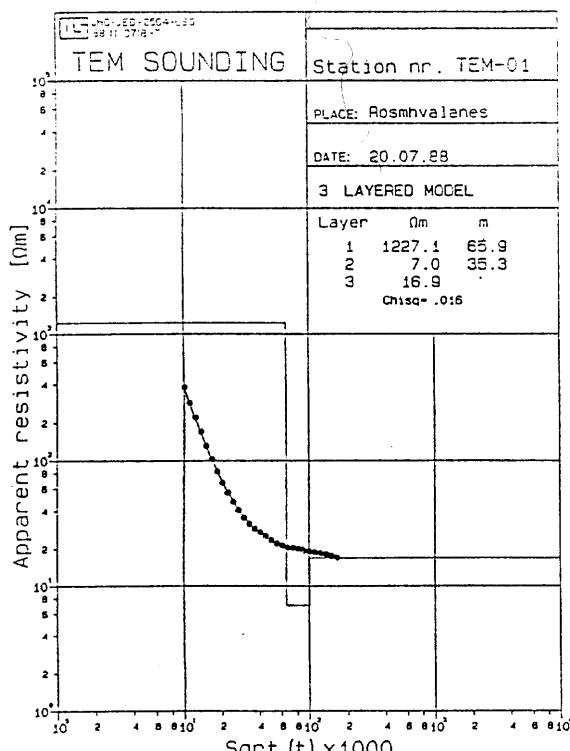
Mikill fjöldi Schlumberger-viðnámsmælinga er til frá utanverðum Reykjanesskaga og þekja þær næstum allt svæðið. Mælingarnar voru gerðar á árunum 1971-1982 í tengslum við rannsóknir á háhitavæðunum í Svartsengi, Eldvörpum og á Reykjanesi. Það skýtur nokkuð skökku við að engar mælingar voru gerðar á Rosmhvalanesi á þessu tímabili, og er það eina svæðið sem ekki var skoðað. Þegar fiskeldisverkefnin komu upp þótti rétt að bæta úr þessu því að ekki var lokað fyrir það skotið að þarna mætti finna einhvern nýtanlegan yl í jörðu fyrir fiskeldi. Í þessu skyni voru sumarið 1988 gerðar 4 Schlumberger-viðnámsmælingar á Rosmhvalanesi (SE156-SE159). Auk þeirra var gerð ein TEM-mæling til samanburðar nærri nyrsta mælistaðnum. Orkustofnun var um þær mundir með slík tæki í leigu og hefur reyndar keypt þau núna. Staðsetning mælinganna er sýnd á mynd 7 en mæliferlarnir og túlkun þeirra eru á mynd 8 og 9.



MYND 8. Schlumberger-viðnámsmæliferlar
og túlkun þeirra

Meginniðurstöðurnar koma fram á mynd 7. Þar má sjá mælt viðnám á 250 og 500 m dýpi undir sjávarmáli. Viðnám á 250 m dýpi er hærra en vænta mátti, eða á bilinu 14-24 Ωm. Þetta eru hærri gildi en mælst hafa sunnar og ekki hægt að draga viðstöðulaust af þeim þá ályktun að jarðsjór með fullri seltu sé strax undir ferskvatnslaginu.

Neðar lækkar eðlisviðnámið alls staðar í 9-1 Ωm, sem er dæmigert fyrir jarðlög sem innihalda jarðsjó. Þetta gerist á nokkuð mismunandi dýpi. Dýpst er á þetta í mælingu SE156, um 750 m, en grynnst í SE157, um 300 m. Ofantil eru niðurstöður svipaðar og sunnar. Viðnámið í grágrýtishraununum er að vísu nokkru lægra ofan grunnvatnsborðs en í nútímahraununum sunnar, en við því mátti búast. Ferskvatnslinsan er 50-70 m þykk inni á nesinu, sem er nokkru hærra gildi en mælst hefur í holunum úti við ströndina.



MYND 9. TEM-mæling á Rosmhvalanesi

Tvær mögulegar skýringar má nefna á því "háa" eðlisviðnámi sem mælist undir ferskvatnslaginu. Sú líklegri er að vegna meiri ummyndunar séu jarðlög þéttari þarna en inni í gosbeltinu. Lækkun meðal-

groppuhluta um 30%, að öðru óbreyttu, mundi skýra þennan mun. Lækkun viðnáms með dýpi mætti þá skýra með því, að almennur hitastigull sé hærri en inni í gosbeltinu, sem verður að teljast sennilegt. Hin skýringin gerir ráð fyrir að jarðsjórinn nái ekki fullri seltu fyrr en viðnámið lækkar í 10 Ωm. Þetta kemur þó ekki heim við þær upplýsingar sem til eru úr borholum úti við ströndina. Það verður að teljast heldur ósennilegt að blandlag ferskvatns og jarðsjávar geti verið svo þykkt, nema við sérstök skilyrði.

Hvað líkur á jarðhita varðar eru niðurstöður mælinganna neikvæðar. Engar vísbindingar koma fram sem benda til að þarna megi vinna jarðhita með borunum.

Heimildir

Davíð Egilson 1988: Sandgerði. Athugun á grunnvatnsástandi. Unnið fyrir Miðneshrepp. Verkfræðistofan Vatnaskil 88.04. 8 s, 14 m.

Guttormur Sigbjarnarson o.fl. 1982. Keflavíkurflugvöllur og nágrenni. Umsögn um jarðfræði, grunnvatn og mengunarhættu. OS 820101/VOD43 B. Viðauki: Hólmsberg - Jarðfræðiskýrsla.

Freysteinn Sigurðsson 1985: Jarðvatn og vatnajarðfræði á utanverðum Reykjanesskaga. Orkustofnun OS 85075/VOD 06. 102 s + viðaukar.

Freysteinn Sigurðsson 1988: Vatnsmengunarhættu frá atvinnurekstri á Rockville-svæðinu. Orkustofnun grg. FS-88-03. 2 s.

Jón Ingimarsson og Snorri Páll Kjaran 1978: Svartsengi. Framvinduskýrsla um ferskvatnsat-huganir. Orkustofnun OS ROD 7802. 33 s.

Jón Jónsson 1978: Jarðfræðikort af Reykjanes-skaga. Orkustofnun OS JHD 7831, 303 s.

Jón Jónsson 1981: Öflun neysluvatns á Rosmhvalanesi. Unnið fyrir Skipul. ríkisins, 7 s.

Snorri Páll Snorrason 1982: Note on Tidal Measurements at Hólmsberg. Orkustofnun, óbirt gögn.

Snorri Páll Snorrason 1989: Vangaveltur um grunnvatn og mengunarrannsóknir á Suðurnes-jum. Heilbrigðiseftirlit Suðurnesja, 2 s.

Sjómælingar Íslands 1988: Sjávarföll við Ísland 1989. 18 s.

Pórólfur H. Hafstað 1988: Boranir eftir jarðsjó á Rosmhvalanesi 1988. Orkustofnun grg. PHH-88-04. 2 s.