



ORKUSTOFNUN  
Jarðhitadeild

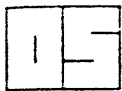
**KALMANSTJÖRN**  
**Dæluþrófun KAL-6**

Sæþór L. Jónsson, Orkustofnun  
Hrefna Kristmannsdóttir, Orkustofnun  
Verkfræðistofan Vatnaskil hf.

Unnið fyrir Silfurlax hf.

OS-86055/JHD-19 B

September 1986



**ORKUSTOFNUN**  
Grensásvegi 9, 108 Reykjavík

**KALMANSTJÖRN**  
**Dæluprófun KAL-6**

Sæpór L. Jónsson, Orkustofnun  
Hrefna Kristmannsdóttir, Orkustofnun  
Verkfræðistofan Vatnaskil hf.

Unnið fyrir Silfurlax hf.

OS-86055/JHD-19 B

September 1986

## EFNISYFIRLIT

	bls.
1 INNGANGUR	3
2 SKILGREININGAR	5
3 SJÁVARFALLAMÆLING	6
4 ÞREPAPRÓFUN	7
5 LANGTÍMAPRÓFUN	9
6 HITAMÆLING	11
7 EFNASAMSETNING VATNS ÚR HOLU KAL-6 Í KALMANSTJÖRN	12
8 NIÐURSTAÐA	13
VIÐAUKI I Staðsetning borholu	15

## MYNDASKRÁ

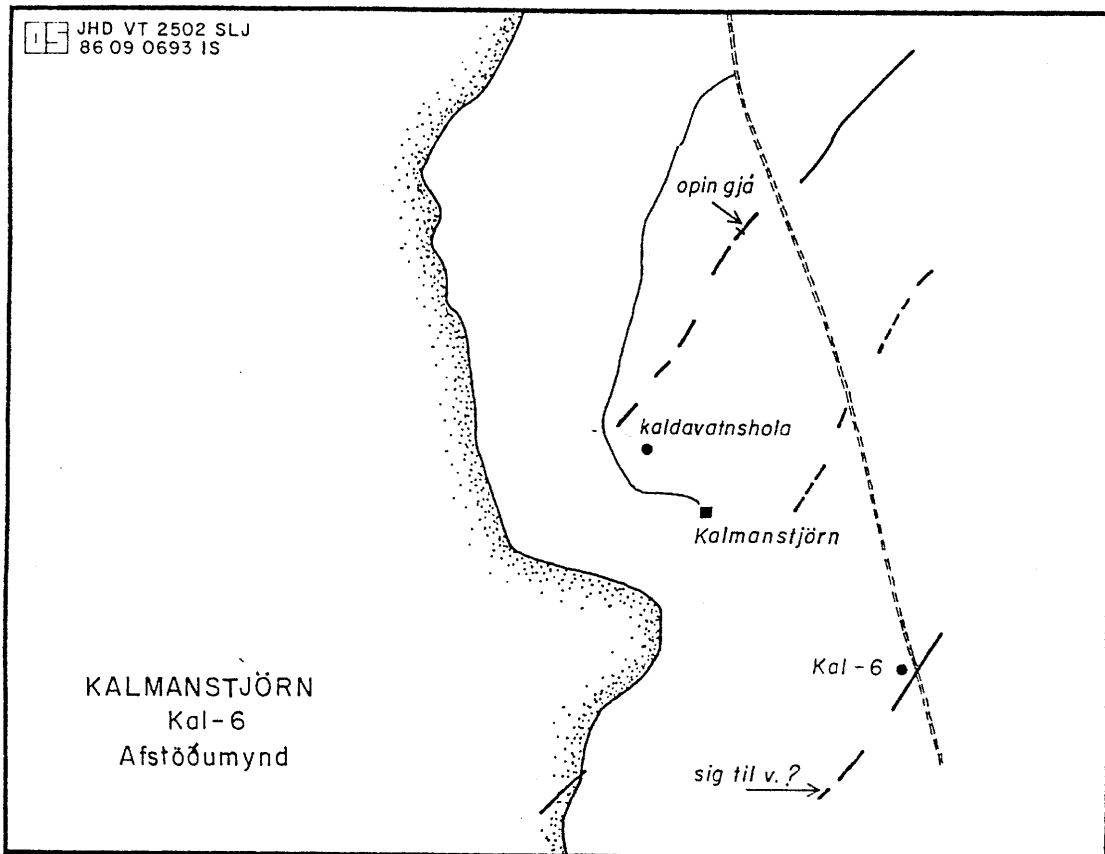
1 Afstöðumynd	3
2 Borholusnið	4
3 Lagstreymistap - iðustreymistap	6
4 Sjávarfallamæling 29. og 30. júlí 1986	6
5 Þrepaðæling	7
6 Sjóhola við Kalmanstjörn, spá um niðurdrátt	8
7 Langtímadæluprófun 30. júlí til 8. ágúst	10
8 Tengsl sjávarfalla og hita	11
9 Hitamæling	12

## TÖFLUSKRÁ

1 Áhrif sjávarfalla í borholum	7
2 Spá um niðurdrátt	9
3 Efnasamsetning sýna úr KAL-6 á Kalmanstjörn	13

## 1 INNGANGUR

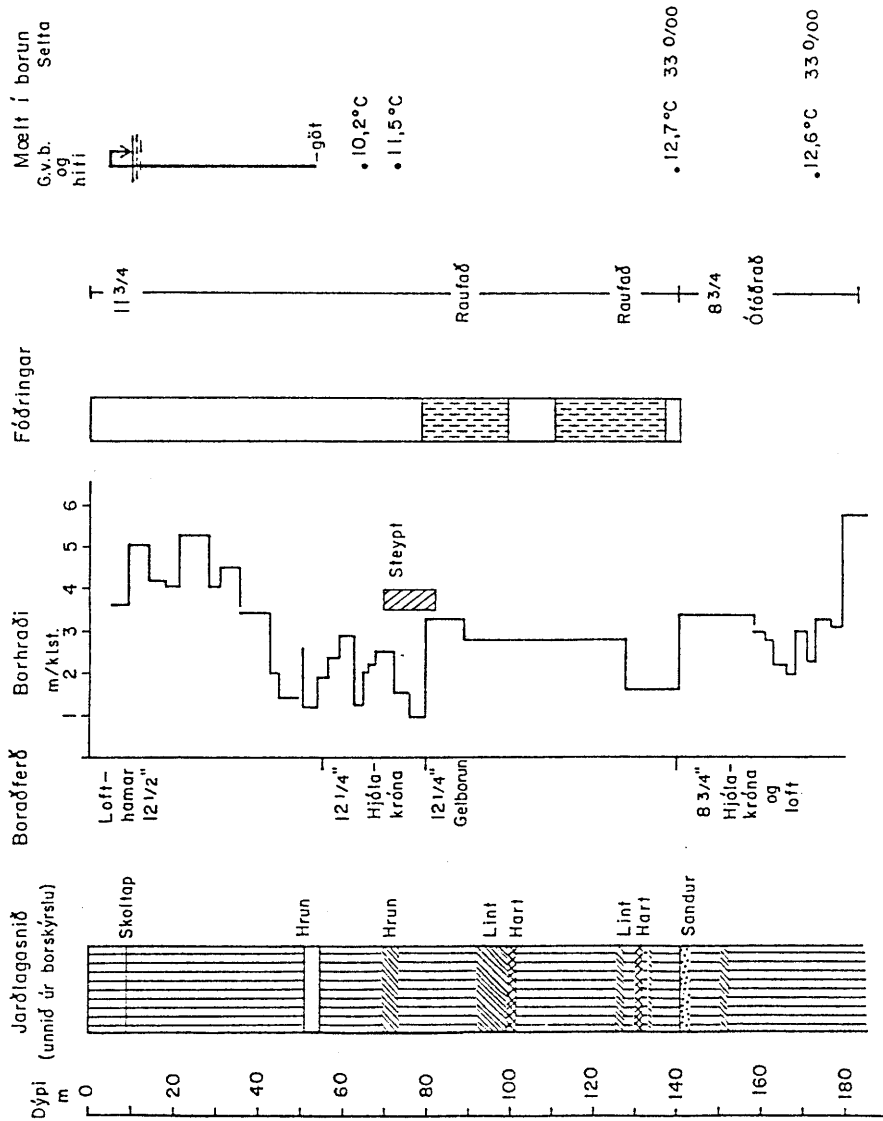
Dagana 25. júní til 17. júlí 1986 var boruð 184ra m djúp hola við Kalmanstjörn í Hafnarhreppi (mynd 1). Tilgangur borunar var að afla volgs sjávar til fiskeldis. Holan er fóðruð með 1 3/4" víðri fóðringu niður á 140,8 m. Fóðringin er raufuð milli 78 m og 99 m dýpis og eins frá 110 m og niður á 147 m. Frá 140,5 m niður á botn var holan boruð með 8 3/4" krónu og stendur sá hluti hennar ófóðraður. Mynd 2 sýnir gróft jarðlagasnið og aðrar upplýsingar unnar upp úr borskýrslu.



MYND 1 Afstöðumynd

Í verklok var holan lofdæld með tækjum borsins. Reyndist unnt að dæla miklu magni af sjó úr holunni (ca. 40 - 50 l/s samkvæmt borskýrslu). Við loftdælinguna kom hins vegar mikið magn af sandi upp með sjónum og eins skeljabrot.

# KALMANSTJÖRN, KAL-6



MYND 2 Borholusnið

JHD.VT. 2502-DE  
86.09-0692-EK

Að ósk Silfurlax hf. var holað dæluþrófuð og fór dæluþrófunin fram dagana 30. júlí til 15. ágúst. Markmið þrófunarinnar var að meta vatnsgæfni holunnar, hitastig og efnainnihald og var eftirfarandi aðferðum beitt:

- a) Mældur skammtímaniðurdráttur við þrepaðælingu.
- b) Mældur langtímaniðurdráttur út frá vikulangri þrófun.
- c) Kannað hlutfall leiðnigilda og geymslustuðuls með sjávarfallamælingu.
- d) Könnuð áhrif langvarandi dælingar á hitastig vatnsins.
- e) Tekin efnasýni 4 sinnum á meðan á dælingu stóð og þau efnagreind.

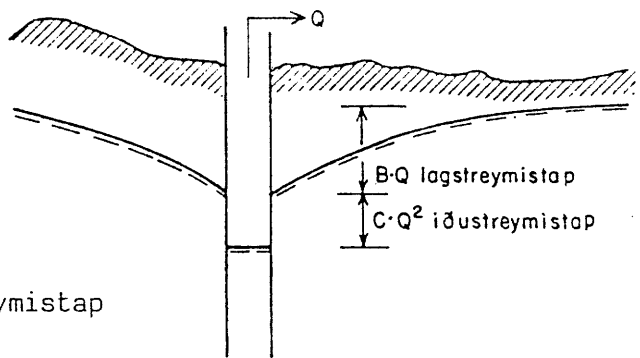
Á meðan þrófun holunnar stóð yfir var eftirfarandi skráð á tölvustýrt mælitæki: Rennsli úr borholu, hæð vatnsborðs og hitastig vatns (sjávar).

Starfsmenn Vinnslutæknideildar Orkustofnunnar sáu um framkvæmd þrófunar og gagnasöfnun en Verkfræðistofan Vatnaskil annaðist úrvinnslu. Efnasýni voru tekin og greind af starfsmönnum efnafræðistofu Orkustofnunnar.

## 2 SKILGREININGAR

Við dæluþrófanir eru ákvarðaðir ýmsir stuðlar sem gefa vísbendingu um það hve miklu hægt er að dæla úr viðkomandi borholum og jarðlögum.

Lagstreymis- og iðustreymistap. Við dælingu vatns úr borholum lækkar vatnsborð þeirra yfirleitt nokkuð. Þessi niðurdráttur stafar annars vegar af iðustreymistapi í holunni sjálfri og hins vegar af lagstreymistapi við að vatnið rennur um jarðlögin í átt að holunni, mynd 3. Iðustreymistap kemur yfirleitt fram strax við upphaf dælingar. Það er oft talið vera tengt dældu magni í öðru veldi og nær endanlegri stærð mjög fljótt. Lagstreymistapið er línulega háð rennsli. Það vex að jafnaði því lengur sem dælt er úr holunni og nær yfirleitt ekki endanlegri stærð nema við sérstakar aðstæður. Taka þarf tillit til beggja þessara þátta þegar metið er hvaða vatnsmagni er heppilegast að dæla úr viðkomandi holu þar sem þeir vaxa mishratt með aukinni dælingu.



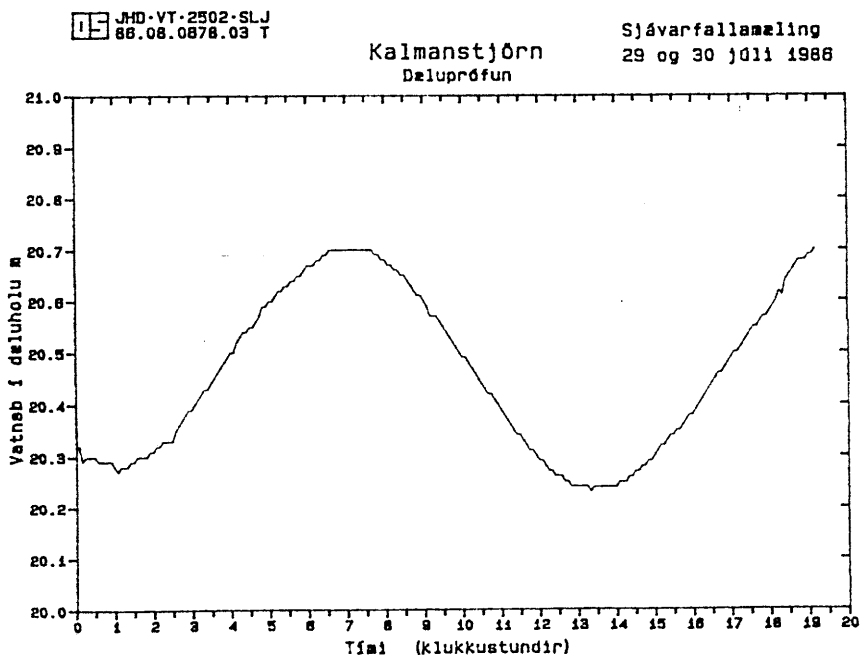
MYND 3 Lagstreymistap - iðustreymistap

Geymslustuðull S er mælikvarði á rúmmál þess vatns sem unnt er að taka úr jarðlögum.

Leiðnistuðull T vatnsleiðara er mælikvarði á það hversu hratt vatn streymir eftir honum undan vatnshalla. Leiðnigildi vatnsleiðara liggja á bilinu  $1 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$  til  $10 \text{ m}^2/\text{s}$ . Vatnsleiðari sem hefur leiðnina um  $10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$  nægir tæpast fyrir einstaka sveitabæi, hins vegar er alla jafna unnt að dæla 200 - 500 l/s úr jarðlögum sem hafa vatnsleiðni upp á  $10 \text{ m}^2/\text{s}$  að því tilskyldu að nægilegt vatn berist á annað borð til leiðarans. Þetta vatnsmagn dugir vel fyrir flest iðnaðarnot, þar með talið fiskeldi.

### 3 SJÁVARFALLAMÆLING

Grunnvatnshæð í holunni var sírituð dagana 29. og 30. júlí 1986. Áhrifa sjávarfalla gætir í henni í sama mæli og í grynri holunni (Kal-1 - Kal-4) í grenndinni, mynd 4 og tafla 1.

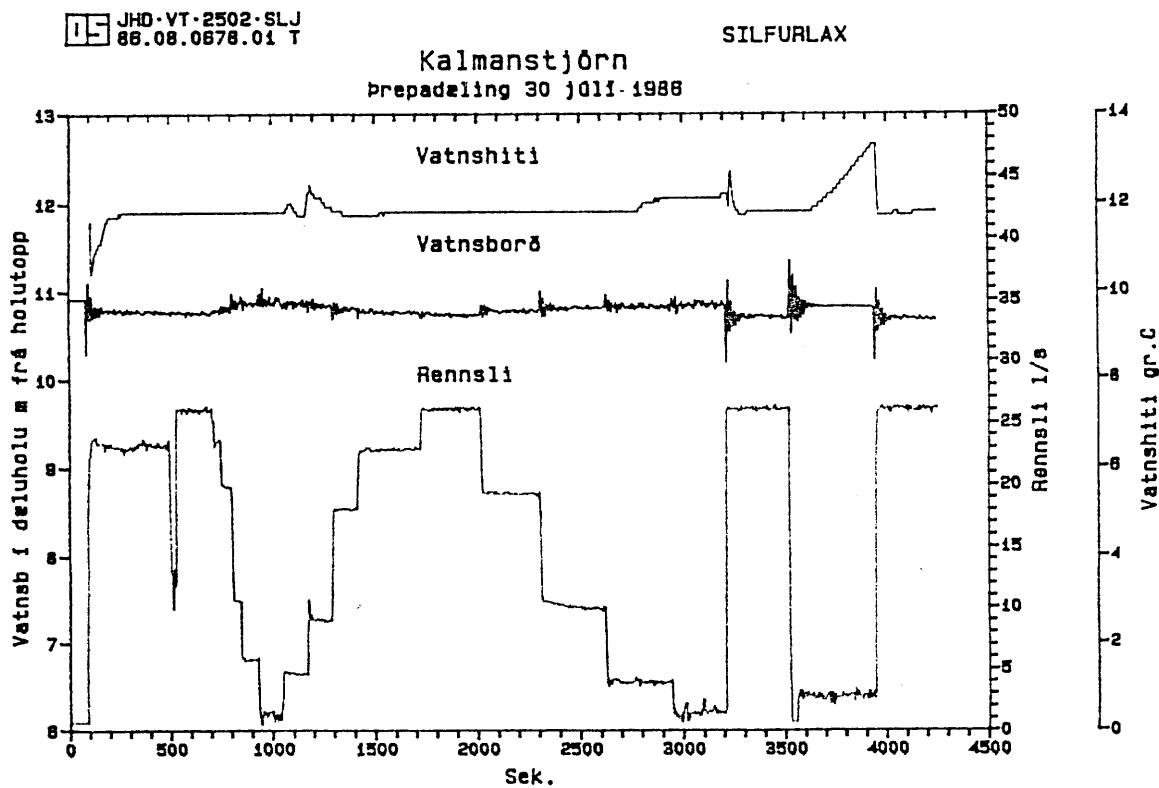


MYND 4 Sjávarfallamæling 29. og 30. júlí 1986

TAFLA 1. Áhrif sjávarfalla í borholum

	Hlutfall af sjávarföllum	Taftími sjávarfalla	Hlutfall leiðni og geymslustuðuls	
	%	mínútur	m <sup>2</sup> /s Miðað við sjávarfalla-sveiflu	Miðað við taftíma
KAL-1	37	90	3,8	6,4
KAL-2	37	76	1,2	2,9
KAL-3	40	84	2,8	4,5
KAL-4	44	73	0,8	1,3
KAL-6	33	78	21,8	40,2

KAL-6 nær mun lengra niður í vatnsleiðarann en athugunarholurnar og því mælast eðlilega talsvert hærri leiðnigildi í henni.



MYND 5 Prepæðling



#### 4 ÞREPAPRÓFUN

Þrepaprófun var gerð hinn 30. júlí 1986. Mælingarnar eru sýndar á mynd 5. Líkt og sést á myndinni er dælingin það lítil að varla markar fyrir áhrifum á vatnsborðið. Áhrifin eru það lítil að leiðrétta varð fyrir breytingu á vatnsborði vegna sjávarfalla á meðan á dælingu stóð. Niðurdráttur fyrir hvert þrep er sýndur á mynd 6, og er þá búið að leiðrétta fyrir breytingum vegna sjávarfalla. Líkingin sem lýsir niðurdrættinum er:

$$h = 2,671 Q + 91,51 Q^2$$

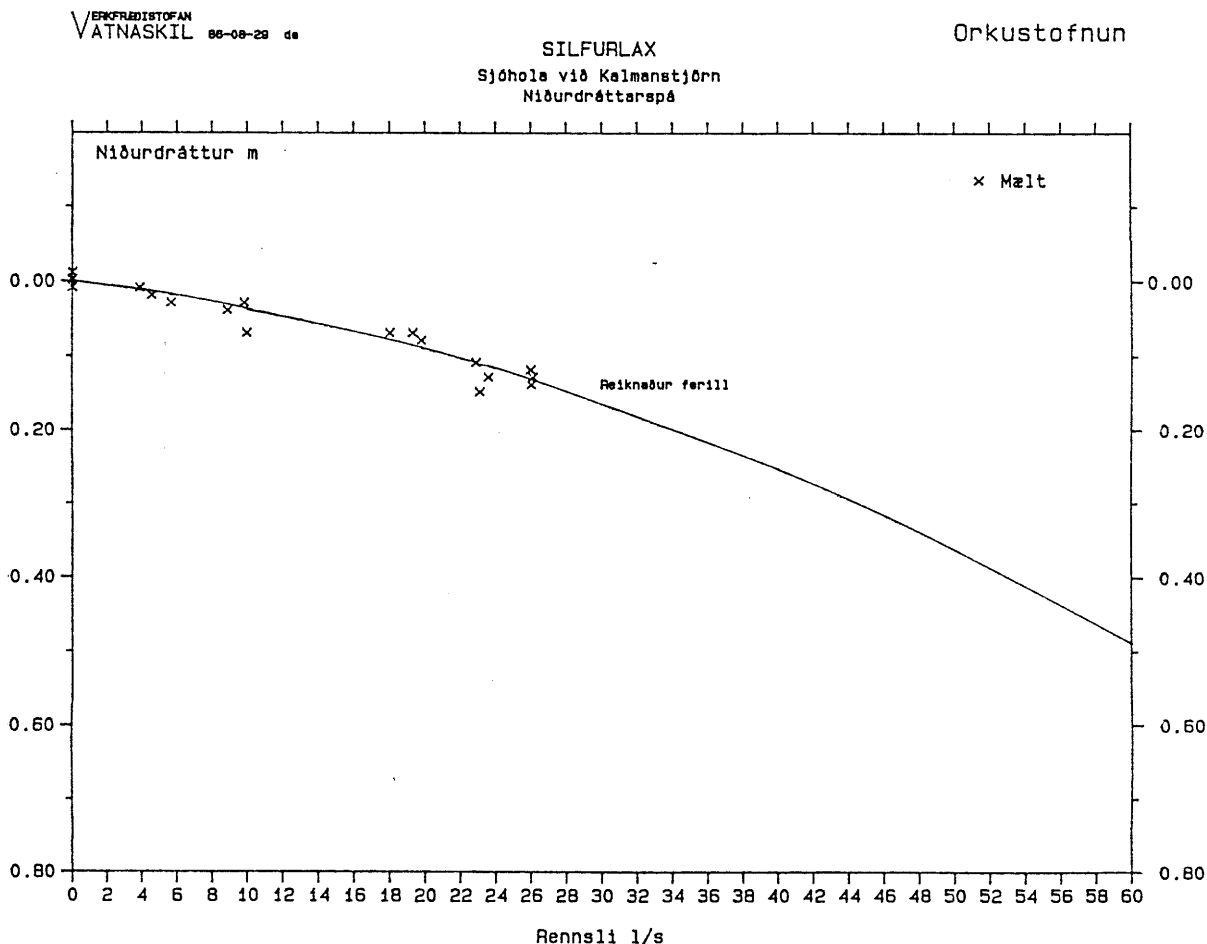
þar sem

$h$  = niðurdráttur í holunni í m

$Q$  = rennsli í m<sup>3</sup>/s

2,671  $Q$  = niðurdráttur sem stafar af vatnsleiðni bergssins.

91,51  $Q^2$  = niðurdráttur sem stafar af iðustreymi inn í holuna.



MYND 6 Sjóhola við Kalmanstjörn, spá um niðurdrátt

Niðurdráttur við skammtímadælingu er settur fram í töflu 2.

TAFLA 2 Spá um niðurdrátt

Dæling l/s	Niðurdráttur m	Aths.
0	0	
20	0,09	
26	0,13	Mesta dæling í prófun
40	0,25	
60	0,49	
80	0,80	
100	1,20	
(150	2,45)	Ónákvæmni í spá fer
(200	4,20)	að verða umtalsverð
(250	6,40)	

Þessi spá miðar við meðalsjávarborð í holunni en þar að auki þarf að bæta við sjávarföllum. Leiðnigildi metið út frá skammtímapreparófun reynist vera  $0,35 \text{ m}^2/\text{s}$

Rétt er að vekja athygli á að sakir þess hve dælan afkastaði litlu er varhugavert að taka niðurdráttarspána við mikla dælingu of bókstaflega. Hins vegar er ljóst að holan ber vel 100 - 150 l/s dælingu. Verði svo miklu vatnsmagni dælt úr holunni er rétt að fódra hana betur svo að sandur og hrun komi ekki til með að eyðileggja dælur (sjá kafla 1).

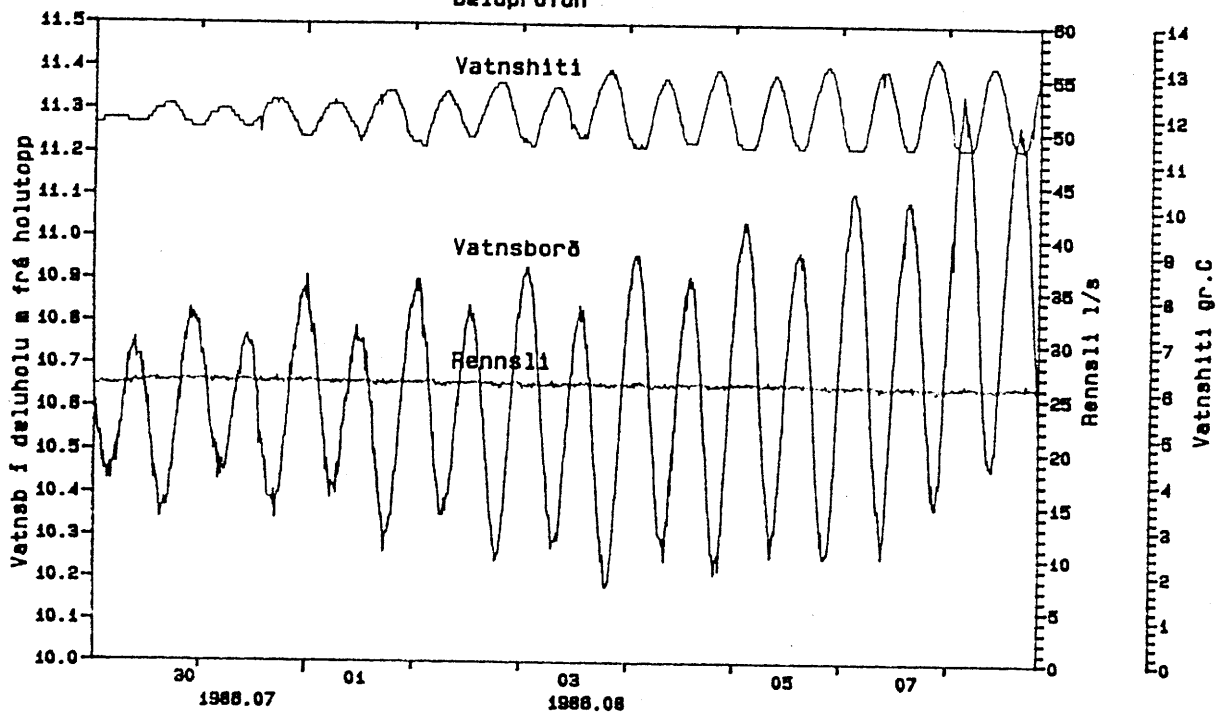
## 5 LANGTÍMAPRÓFUN

Langtímaprófun stóð yfir frá 30. júlí til 8. ágúst 1986. Dælt var 26 l/s úr holunni. Mynd 7 sýnir mæliniðurstöður. Tvennt kemur vel fram á myndinni: a) dælingin er það lítil að hún nær engan veginn að upphefja áhrif sjávarfalla og b) hitastig sjávar breytist um  $1,5^\circ\text{C}$  við breytilega sjávarstöðu. Skýringarinnar er efalítið að leita í hönnun holunnar. Fódringin sem raufuð er á 80-100 m dýpi hleypir inn sjó,  $11,3^\circ\text{C}$ , sem blandast  $13^\circ\text{C}$  heitum sjó neðar í holunni. Hlýrri sjórinn á greiðari aðgang að holunni og við lága vatnsstöðu vex hlutur hans á kostnað þess kaldari (mynd 8). Lauslegir líkanreikningar gefa til kynna að dæla þurfi um 200 l/s til að dæluvatnið nái  $13^\circ\text{C}$ .

JHD-VT-2502-SLJ  
88.08.0878.02 T

SILFURLAX H.F.

Kalmanstjórn  
Dæluþrófun

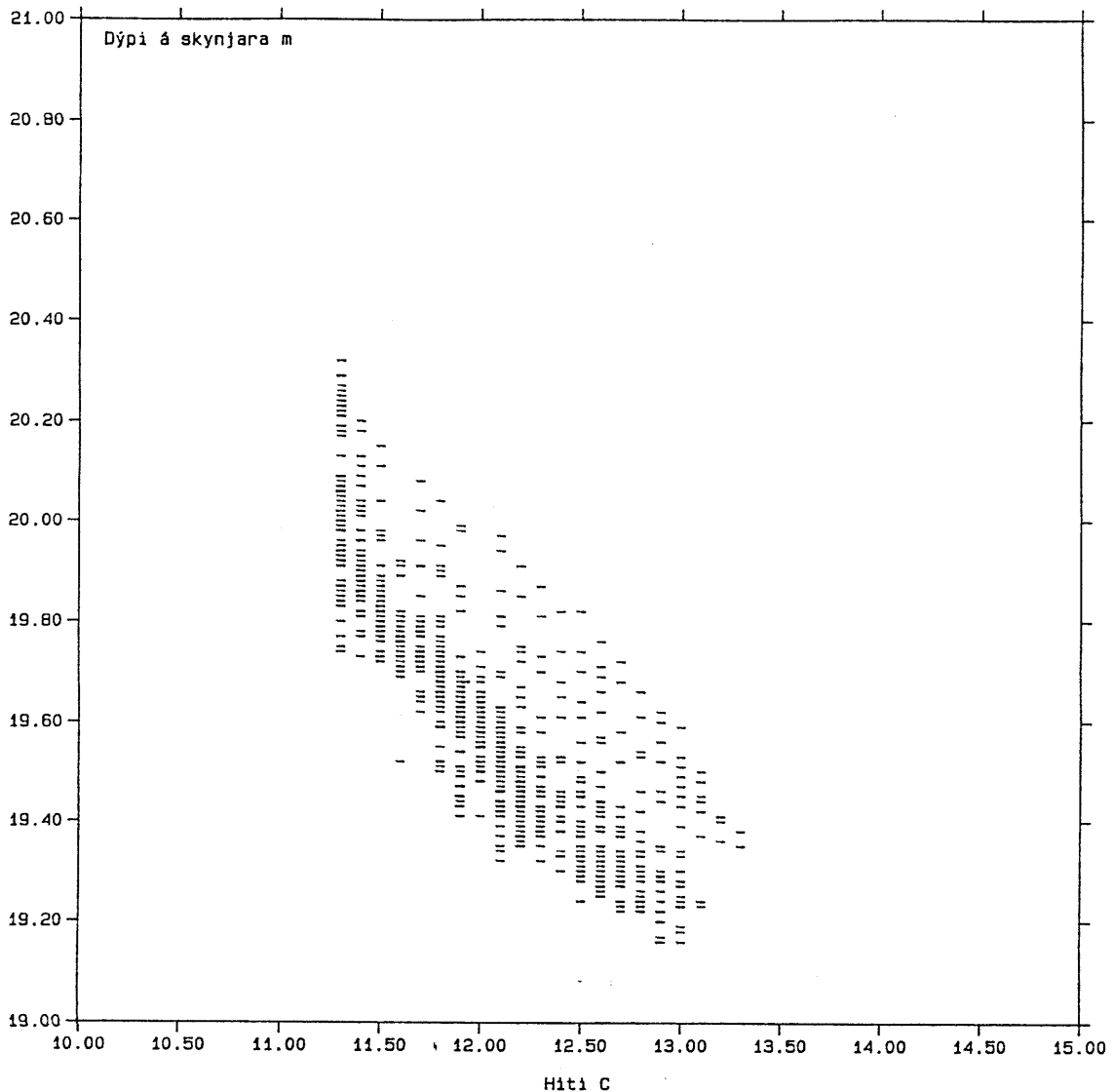


MYND 7 Langtímaprófun

Sjávarfallabreytingar í holunni valda því að mjög erfitt er að greina nokkurn lagstreymis niðurdrátt vegna dælingar. Verður að álykta út frá langtímaprófuninni að langtímaniðurdráttur við 26 l/s dælingu sé hverfandi. Það er í samræmi við hið háa leiðnigildi fengið með þrepa-  
prófuninni og T/S hlutfallið sem reiknast eftir áhrifum sjávarfalla.

Langtímabreyting á hitastigi greinist ekki.

SILFURLAX  
Sjóla við Kalmanstjörn  
Tengsla sjávarfalla og hita.



MYND 8 Tengsl sjávarfalla og hita

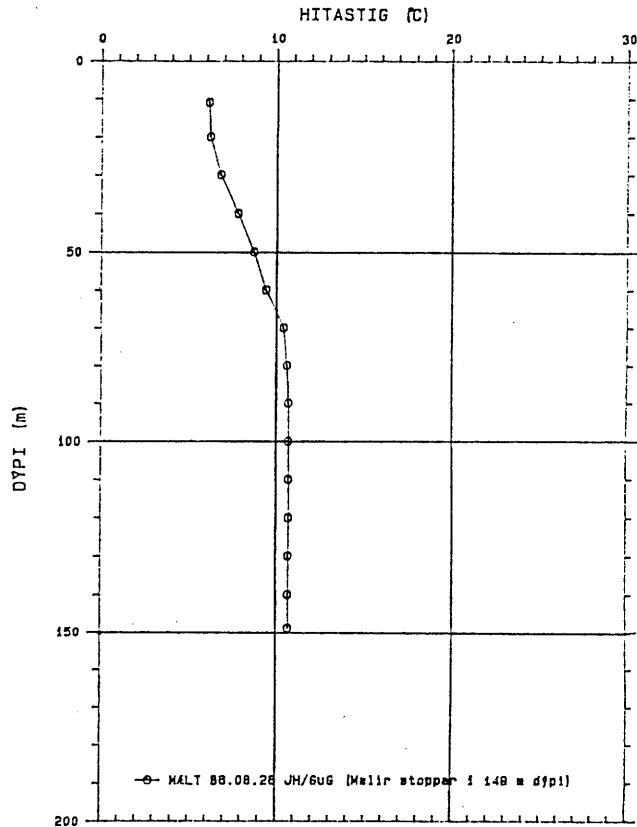
## 6 HITAMÆLING

Holan var hitamæld að lokinni dæluþrófun og er hitasniðið sýnt á mynd 9. Hitaskil eru á 50 til 70 m dýpi, rétt ofan við raufaða fóðringu, og skýrir það áhrif sjávarfalla á hitastigið (sjá kafla 5). Raunar mælist hitastig vatnsins í borun og eins í langtímaprófuninni nokkru hærri en í mælingunni sem sýnd er á mynd 9. Engin viðhlýtandi skýring hefur fengist á því.

Skynjarinn komst ekki neðar en í 149 m sem gefur til kynna að hrun sé í holunni neðan fóðringar. Verður að hafa í huga að verulegur sandburður var upp holuna bæði við loftdælinguna í borlok og eins við hina venjulega dæluþrófun. Líklegt er að hann aukist við aukna dælingu og er efalítið æskilegt að tryggja öryggi dælunnar með betri frágangi.

JHD-BM-2502 GJG  
86.09.0678 T

KALMANSTJÖRN KAL 6  
HITAMÆLING



MYND 9 Hitamæling

7 EFNASAMSETNING VATNS ÚR HOLU KAL-6 Í KALMANSTJÖRN

Tekin voru fjögur vatnssýni úr holu KAL-6 meðan á dæluþrófun stóð. Sýnin voru tekin á tímabilinu 1. til 8. ágúst 1986. Niðurstöður efnagreininga eru í töflu 1.

Selta sýnanna er á bilinu 34,5-35,1 o/oo, sem er talsvert herra en í grunnsjó umhverfis Reykjanes, en nálægt seltu venjulegs djúpsjár á þessum slóðum. Ekki er sjáanleg nein fylgni á milli seltubreytinga og tíma. Sýnin eru hvað aðra efnasamsetningu varðar mjög áþekk. Sýrustig sýnanna er verulega lægra en í sjó. Kísilstyrkur er mun hærri en í sjó enda er hitastig þeirra líka verulega herra en í sjónum. Styrkur flúors er talsvert lægri en í sjó, en járnstyrkur verulega hærri. Járnstyrkur lækkar með tíma og gæti hafa verið mengun frá rörum í fyrstu sýnunum. Hugsanlega gæti einnig verið breytilegur styrkur vegna útfellingar járnsins. Manganstyrkur er mjög hár, álíka eða hærri en styrkur járns. Ekki sést fylgni milli járns og mangan-

styrks. Í sjó er manganstyrkur stærðargráðu lægri en járnstyrkur og í basalti er járnstyrkur um fimmtíu sinnum hærri en styrkur mangans. Í jarðsjó frá háhitasvæðinu á Reykjanesi er manganstyrkur 2-3 mg/kg og er það svipað og fæst í vatnið við basalt-sjó hvörfunartilraunir við 200-400°C. Styrkur Ca er heldur hærri en í sjó af sömu seltu og sýnin. Önnur efni hafa mjög áþekkan styrk og í sjó af sömu seltu.

Segja má að þetta vatn sé að flestu leyti dæmigerður volgur jarðsjór, sem ekki sýnir veruleg jarðhitaáhrif, né áhrif hvörfunar við berg við herra hitastig. Undantekning frá þessu er e.t.v. Mn-styrkur, en lítið er þó vitað um Mn í volgu söltu grunnvatni á basaltsvæðum. Styrkur mangans er stærðargráðu of hár til að standast kröfur um drykkjarvatn (<0,05 mg/kg) og járnstyrkur er einnig of hár miðað við drykkjarvatnskröfur (<0,1 mg/kg). Annar mismunur (miðað við samsetningu sjávar) sem nefndur var hér að framan er fyrstu merki hvörfunar við berg. Þær eru ekki mjög stórvægilegar og spilla ekki vatninu. Styrkur súrefnis í vatninu þegar því er dælt upp er mjög lágur, 0,8 mg/kg, og langt undir þeim mörkum sem nauðsynleg eru til fiskeldis.

TAFLA 3 Efnasamsetning sýna úr KAL-6 á Kalmanstjörn

Sýni nr.	9116	9117	9118	9119
Dagsetning	860801	860805	860807	860808
Hiti °C		11,9	12,1	11,1
pH/°C	7,78/21,6	7,77/23,5	7,78/23,6	7,75/21,3
OHMM	0,19/21,7	0,19/21,3	0,19/21,3	0,19/21,7
SiO <sub>2</sub>	12,4	12,4	12,5	11,8
Na	10662	10683	10609	10689
K	438,0	438,7	445,1	447,3
Ca	501,8	501,8	493,3	489,7
Mg	1208,4	1231,0	1250,8	1233,8
CO <sub>2</sub>	95,8	96,3	97,1	102,0
SO <sub>4</sub>	2670	2692	2668	2651
Cl	19300	19335	19414	19120
F	0,48	0,49	0,49	0,49
Uppl. efni	39582	39838	39564	39594
O <sub>2</sub>	0,65	0,75	0,80	0,65
Fe	0,34	0,34	0,28	0,16
Li	0,15	0,14		
Mn	0,27	0,22	0,26	0,40

## 8 NIÐURSTAÐA

Leiðnigildi eru metin talsvert há eða um  $0,35 \text{ m}^2/\text{s}$ . Spá um niðurdrátt er sett fram í töflu 2. Holan þolir vel að öllu óbreyttu a.m.k. 100 l/s dælingu. Gæta þarf þess þó vel að verja dælur þar sem mikill sandburður er upp holuna.

Vatnið sem er dælt úr holunni er  $11,3 - 13^\circ\text{C}$ , háð sjávarstöðu. Hita-  
svseiflur vegna sjávarfalla stafa að öllum líkindum af frágangi holunnar. Til að koma í veg fyrir þær þarf að loka efri raufar-  
lengjunni í fóðringunni eða dæla miklu vatni úr holunni. Langtíma-  
niðurdráttur eða kæling eru ekki merkjanleg, við 26 l/s dælingu.

VIÐAUKI I

Staðsetning borholu



## STAÐSETNING BORHOLU

KAL-6 er 25 m frá miðri sprungu sem er um 1/2-1 m á vídd. Sig er til vesturs, en lítið. Sprungan er sandorpin og gróin melgresi. Sumstaðar eru í henni niðurföll. Kröfur Silfurlax eru 20°C heitur sjór. Ef vandamál koma upp í borun holunnar mætti til vara nota hana til dælingar á kaldari sjó. Holan er nærri sprungu sem þýðir hvort tveggja í senn möguleika á góðri lekt og hættu á köldu innstreymi gegnum sprunguna. Hræðsla við að bergmassinn neðan yngstu hraunanna og bólstrabergsins sé lítið lekur, veldur því að ég vil ekki bora í heilu spilduna milli sprunganna. Reiknað er með 300 m holu, þar sem búist er við að 20° hiti náist ekki fyrr en á ca. 200-250 m dýpi.

28.5.1986 K. Sæm.