



**ORKUSTOFNUN**

**Rannsóknasvið**

# **SELFOSSEITUR**

**Eftirlit með jarðhitavinnslu  
1996-1997**

**Ómar Sigurðsson  
Magnús Ólafsson**

**Unnið fyrir Selfossveitur**

**1998**

**OS-98004**





**ORKUSTOFNUN**  
Grensásvegi 9, 108 Reykjavík

Verknr. 610 811

**Ómar Sigurðsson**  
**Magnús Ólafsson**

## **SELFOSSEVEITUR**

**Eftirlit með jarðhitavinnslu 1996-1997**

**Unnið fyrir Selfossveitur**


**OS-98004**

**Janúar 1998**

**ORKUSTOFNUN**

Grensásvegi 9, 108 Reykjavík

Lykilsíða

<b>Skýrsla nr.:</b> OS-98004	<b>Dags.:</b> Janúar 1998	<b>Dreifing:</b> <input checked="" type="checkbox"/> Opin <input type="checkbox"/> Lokuð til
<b>Heiti skýrslu / Aðal- og undirtitill:</b> SELFOSSVEITUR Eftirlit með jarðhitavinnslu 1996-1997	<b>Upplag:</b> 25	
	<b>Fjöldi síðna:</b> 37	
<b>Höfundar:</b> Ómar Sigurðsson Magnús Ólafsson	<b>Verkefnisstjóri:</b> Guðni Axelsson	
<b>Gerð skýrslu / Verkstig:</b> Árlegt vinnslueftirlit	<b>Verknúmer:</b> 610 811	
<b>Unnið fyrir:</b> Selfossveitur		
<b>Samvinnuaðilar:</b>		
<b>Útdráttur:</b> Í skýrslunni er gerð grein fyrir hitamælingum í eftirlitsholum á vinnslusvæði Selfossveitna við Porleifskot og eftirliti með efnainnihaldi heits vatns úr vinnsluholum hitaveitunnar. Hitaveitan safnar gögnum um dælingu, vatnsborð og hitastig vatns í vinnsluholum, og tekur reglulega vatns-sýni til efnagreininga. Orkustofnun sér um árlegar hitamælingar í eftirlitsholum, töku og heildar-efnagreiningu vatnssýna úr vinnsluholum og samantekt gagna um vinnslu og breytingar á jarðhita-kerfinu. Hitaveitan hefur komið upp sjálfvirkum búnaði til að fylgjast með vatnsborði og vinnslu. Í ársbyrjun 1996 var boruð rúmlega 1200 m djúp tilraunahola, PK-15, sem nú er nýtt sem vinnslu-hola. Vatn úr henni er mun heitara en úr holum 10 og 13. Jarðhitakerfið við Laugardælur og Porleifskot hefur kólnað að ofan frá því vinnsla hófst þar, og er kælingin síðustu 20 ár rúmar 10°C í þéttari jarðlögum og um og yfir 30°C í lekari lögum. Hiti og efnasamsetning vatns úr holu 10 breytist lítið milli ára en vatn úr holu 13 kólnar enn og efnastyrkur er breytilegur. Dregið hefur úr kólnun leku jarðlaganna ofan 350 m dýpis eftir 1992. Ekki er talið að nein vandamál fylgi því að blanda vatni úr holu 15 saman við annað vatn hjá veitunni. Ekkert uppleyst súrefni mældist í heita vatninu úr holum 10, 13 og 15 né við inntak/úttak á miðlunargeymi.		
<b>Lykilorð:</b> Porleifskot, lághitasvæði, vinnsluholur, eftirlit, hiti, efnastyrkur, mælingar	<b>ISBN-númer:</b>	
	<b>Undirskrift verkefnisstjóra:</b> 	
	<b>Virfarið af:</b> GAR PI	

## EFNISYFIRLIT

1. INNGANGUR	5
2. HITAMÆLINGAR VIÐ ÞORLEIFSKOT	6
2.1 Hola 1	7
2.2 Hola 3	7
2.3 Hola 4	8
2.4 Hola 6	8
2.5 Hola 7	8
2.6 Hola 8	8
2.7 Hitastigulsholur	9
2.7.1 Hola HT-11	9
2.7.2 Hola HT-16	9
3. HITABREYTINGAR Í VINNSLUSVÆÐINU	10
4. EFNASAMSETNING JARÐHITAVATNS	11
4.1 Sýnataka og mælingar	11
4.2 Hola 10	12
4.3 Hola 13	13
4.4 Hola 15	13
4.5 Kalkmettun	14
5. HELSTU NIÐURSTÖÐUR	14
6. HEIMILDIR	15
VIÐAUKI: Tafla V-1 - Hitamælingar við Þorleifskot	35

## MYNDIR

1. Hitamælingar í holu 1	17
2. Hitamælingar í holu 3	18
3. Hitamælingar í holu 4	19
4. Hitamælingar í holu 6	20
5. Hitamælingar í holu 7	21
6. Hitamælingar í holu 8	22
7. Hitamælingar í holu HT-11	23
8. Hitamælingar í holu HT-16	24
9. Hiti á 100-120 m dýpi	25
10. Hiti á 200-220 m dýpi	25
11. Hiti á 280-300 m dýpi	26
12. Hiti á 400-410 m dýpi	26
13. Hiti á 500 m dýpi	27
14. Hiti á 600 m dýpi	27
15. Hiti vatns úr holu 10	28
16. Styrkur kísils í vatni úr holu 10	28

17. Styrkur natríums í vatni úr holu 10	28
18. Styrkur kalíums í vatni úr holu 10	28
19. Styrkur kalsíums í vatni úr holu 10	28
20. Styrkur magnesíums í vatni úr holu 10	28
21. Styrkur klóríðs í vatni úr holu 10	29
22. Styrkur súlfats í vatni úr holu 10	29
23. Styrkur flúoríðs í vatni úr holu 10	29
24. Styrkur bórs í vatni úr holu 10	29
25. Uppleyst efni í vatni úr holu 10	29
26. Súrefnissamsætur í vatni úr holu 10	29
27. Hiti vatns úr holu 13	30
28. Styrkur kísils í vatni úr holu 13	30
29. Styrkur natríums í vatni úr holu 13	30
30. Styrkur kalíums í vatni úr holu 13	30
31. Styrkur kalsíums í vatni úr holu 13	30
32. Styrkur magnesíums í vatni úr holu 13	30
33. Styrkur klóríðs í vatni úr holu 13	31
34. Styrkur súlfats í vatni úr holu 13	31
35. Styrkur flúoríðs í vatni úr holu 13	31
36. Styrkur bórs í vatni úr holu 13	31
37. Uppleyst efni í vatni úr holu 13	31
38. Súrefnissamsætur í vatni úr holu 13	31
39. Hiti vatns úr holu 15	32
40. Styrkur kísils í vatni úr holu 15	32
41. Styrkur kalsíums í vatni úr holu 15	32
42. Styrkur klóríðs í vatni úr holu 15	32
43. Styrkur kísils og klóríðs	33
44. Styrkur natríums og klóríðs	33
45. Styrkur kalsíums og klóríðs	33
46. Styrkur súlfats og klóríðs	33
47. Styrkur uppleystra efna og klóríðs	33
48. Súrefnissamsætur og klóríð	33
49. Kalsedónhiti vatns úr holum 10, 12, 13 og 15	34
50. Kalkmettun vatns úr holum 10, 12, 13, 14 og 15	34

## TÖFLUR

1. Yfirlit hitamælinga í borholum við Þorleifskot	6
2. Efnasamsetning heilsýna úr holum 10, 12, 13 og 15	11
3. Efnasamsetning hlutsýna úr holu 15	12
4. Vinnsla úr holu 10, 13 og 15 við sýnatöku	12

## 1. INNGANGUR

Í skýrslunni er fjallað um hitamælingar í eftirlitsholum á vinnslusvæði Selfossveitna við Þorleifskot og eftirlit með efnainnihaldi heits vatns úr vinnsluholum hitaveitunnar. Þetta eru liðir í eftirliti með vinnslu jarðhita úr jarðhitakerfinu við Þorleifskot, samkvæmt samningi milli Selfossveitna og Orkustofnunar frá marz 1989. Samkvæmt samningnum á hitaveitan að safna gögnum um dælingu úr vinnsluholum, vatnsborð og hitastig vatns, auk þess að taka reglulega vatnsýni til efnagreininga. Orkustofnun á hins vegar að sjá um árlegar hitamælingar í eftirlitsholum, töku vatnssýna einu sinni á ári úr vinnsluholum til heildarefnagreininga og samantekt gagna um vinnslu og breytingar í jarðhitakerfinu.

Á árinu 1995 voru boraðar fjórar hitastigulsholur (HT-11, HT-12, HT-15 og HT-16) og eru þær austan og sunnan við núverandi vinnslusvæði. Þessar holur voru boraðar til frumkönnunar á því svæði. Í lok ágúst 1996 var boruð ein hitastigulshola (HT-17) enn austar. Þessar holur eru 200-300 m djúpar og geta bætt mynd af hitadreifingunni í efstu 200-300 m jarðhitasvæðisins austan Þorleifskots. Til þess þarf þó að setja í þær mælirör. Tvær þeirra (HT-11 og HT-16) voru mældar við árlegar mælingar í eftirlitsholunum.

Selfossveitur hafa á síðustu árum komið upp sjálfvirkum búnaði til að fylgjast með vatnsborði í jarðhitakerfinu, dælingu, vatnshita og fleiru. Þannig hafa verið settir rennslismælur við vinnsluholur og vatnsborð í holu ÞK-9 er skráð með sírita. Þessi gögn hafa þó ekki borist og því ekki hægt að fjalla um þau hér. Aðeins fimm vatnssýni bárust Orkustofnun á árinu til hlutgreiningar kenniefna og voru þau öll úr nýrri vinnsluholu, ÞK-15.

Hola ÞK-15 var boruð sem tilraunahola í ársbyrjun 1996 niður á rúmlega 1200 m dýpi og er hola í suðausturhluta jarðhitakerfisins. Hún var fóðruð niður á rúmlega 620 m dýpi. Á um 650 m dýpi er kæld vatnsæð í holunni, en við vatnsæð 200 m neðar er hiti orðinn nálægt 100 °C, sem er um 20-30 °C hærra hiti en inni á vinnslusvæði veitunnar. Nokkur vinnsla var úr holunni á árinu 1997 og var dælt úr holunni um 14 l/s af allt að 86 °C heitu vatni, en það er mun heitara vatn en fæst úr holum 10 og 13. Þó hola sé virkjuð sem vinnsluhola, þá var hún boruð til að leita að uppstremisrás í efra jarðhitakerfi, og hönnuð þannig að unnt yrði að dýpka hana síðar.

Oft hefur verið bent á að jarðhitinn er ekki óþrjótandi orkulind og er jarðhitasvæðið við Laugar-  
dælur og Þorleifskot gott dæmi um það. Þar hefur jarðhitakerfið kólnað mikið á undanförunum áratugum og aðgerðir á vinnslusvæðinu falist í að sækja hitann dýpra í kerfið um leið og reynt hefur verið að draga úr sókn kælingar niður í það. Nú nær kælingin niður á minnst 600 m dýpi og gætir orðið í hita vatns úr aðalvinnsluholum veitunnar, en gjöfulustu vatnsæðarnar í holunum eru á um 600-700 m dýpi. Mikilvægi vinnslueftirlitsins fyrir hitaveituna er því augljóst, þar sem búast má við að innan 10 ára nálgist hiti vatns úr þeim vatnsæðum nýtingarmörk til hitaveitu. Gagnasöfnun og aukin þekking á jarðhitakerfinu er því nauðsynleg fyrir áframhaldandi hagkvæma nýtingu á því.

## 2. HITAMÆLINGAR VIÐ ÞORLEIFSKOT

Oftast hafa holur á vinnslusvæði Selfossveitna við Þorleifskot verið hitamældar í júní eða júlí, en vegna anna og veðurs reyndist ekki unt að hitamæla þær fyrr en í desember. Dagana 3. og 18. desember 1997 voru eftirlitsholurnar (ÞK-) 1, 3, 4, 6, 7 og 8 hitamældar ásamt hitastigulsholunum (HT-) 11 og 16. Ekki var mælt í holu ÞK-9 því vatnsborðssíríti var í henni og ekki talin nauðsyn á að mæla hana nú, en rétt væri að hafa hana með í eftirliti næsta árs. Þá var ekki mælt í hitastigulsholunum (HT-) 12 og 15 þar sem aðgengi að þeim hefur versnað. Búið er að ræsa lítinn skurð að skógræktargirðingu og taka af hlið þar með nýrri girðingu, þar sem áður var hægt að fara að holu HT-15. Þá er nú búið að girða umhverfis vinnsluholuna ÞK-15 og því erfiðara að fara að holu HT-12.

Með árlegum hitamælingum í ofangreindum holum er fylgst með hitabreytingum í jarðhitakerfinu við Þorleifskot. Þetta er einn hluti þess eftirlits, sem Orkustofnun hefur sinnt fyrir hitaveituna. Hér á eftir verður fjallað nánar um mælingarnar í einstökum holum, en yfirlit um mælingarnar er birt í töflu 1 og þær sýndar á myndum 1-8. Mælingarnar er auk þess að finna í viðauka. Myndir 9-14 sýna síðan hitabreytingar sem hafa orðið á ákveðnu dýpi í mæliholunum frá árinu 1984, eða frá því farið var að fylgjast reglulega með ofangreindum holum. Áður voru mælingar stopullar og oftast tengdar einhverjum framkvæmdum á vinnslusvæði veitunnar.

**Tafla 1.** Yfirlit hitamælinga í borholum við Þorleifskot.

Dagsetning	Hola	Mælir	Dýptarbil
97.12.18	Hola-1	RH-rúlla	0 - 369 m
97.12.18	Hola-3	RH-rúlla	0 - 253 m
97.12.18	Hola-4	RH-rúlla	0 - 313 m
97.12.18	Hola-6	RH-rúlla	0 - 497 m
97.12.03	Hola-7	GO-mælir	0 - 425 m
97.12.03	Hola-8	GO-mælir	0 - 634 m
97.12.18	HT-11	RH-rúlla	0 - 222 m
97.12.18	HT-16	RH-rúlla	0 - 301 m
Alls mældir metrar			3.014 m

Vatnsborð var einnig mælt í holunum. Vatnsborðið og mælidýpi miðast við steypuborð utan við mælirör eftirlitsholanna, sem er nálægt yfirborði jarðvegs við hverja holu. Í hitastigulsholunum miðast vatnsborð við kraga fóðringar. Vatnsborð í holunum fannst á eftirfarandi dýpi:



Hola-1	30,79 m	þann 18/12 kl 12:40
Hola-3	95,06 m	þann 18/12 kl 15:05
Hola-4	48,68 m	þann 18/12 kl 12:10
Hola-6	87,01 m	þann 18/12 kl 11:20
Hola-7	96,5 m	þann 3/12 kl 17:00
Hola-8	108,0 m	þann 3/12 kl 17:50
HT-11	37,74 m	þann 18/12 kl 14:15
HT-16	35,54 m	þann 18/12 kl 14:35

Í holur 1 og 4 voru á sínum tíma sett lokað mælirör. Vatnsborð í þeim fylgir því treglega vatnsborði í jarðhitakerfinu. Þá er vatnsborð í hitastigulsholunum hærra en í hinum holunum. Þær eru með grunnar fóðringar og því í þrýstingssambandi við efstu vatnsæðar jarðhitakerfisins. Af þessu má sjá að efstu vatnsæðarnar hafa hærri þrýsting en dýpri vatnsæðarnar, en það veldur niðurrennslinu í jarðhitakerfinu. Þá er fróðlegt að sjá hversu mikið vatnsborð er dregið niður í jarðhitakerfinu þegar það er í vetrarvinnslu. Eftirtektarvert er að dýpra er á vatnsborð í holu 3 en holu 6. Ekki liggja fyrir upplýsingar um hvort hola 14 var í vinnslu þennan dag, en það gæti skýrt þennan mun. Lægst er vatnsborð í holu 8, en hún er mjög nálægt holu 13 sem er helsta vinnsluhola veitunnar.

## 2.1 Hola 1

Hola 1 er nokkrum metrum austur af bragga (gömlu dæluhúsi), sem er suður af holu 9, og er um 372 m djúp. Í holuna var sett lokað mælirör og steipt utan með því, sennilega í maí 1975. Toppur mælirörsins skemmdist á árunum 1984-1985, en var lagfærður 1992. Mynd 1 sýnir síðustu hitamælingar úr holu 1 ásamt eldri mælingum sem gerðar voru eftir að holunni var breytt í eftirlitsholu. Myndin sýnir vel þá kælingu sem hefur orðið við holuna á rúmum tuttugu árum. Víða í holunni hefur hiti lækkað um 1-2 °C milli ára nú, en hafa verður í huga að mælingarnar 1996 og 1997 eru gerðar við mismunandi vinnsluálag. Svipað má segja um aðrar holur við austurjaðar vinnslusvæðisins (holur 3, 4 og 6). Veruleg kólnun hefur orðið í jarðhitakerfinu við holuna með árunum. Almennt séð hefur kælingin orðið mest í vatnsgæfari jarðlögunum eins og á um 150 m dýpi, en minni í þéttari jarðlögunum og getur þar munað alveg um helming. Eins og sést á mynd 1 er kælingin á 150 m dýpi skarpari og afmörkuð við þrengra dýptarbil en í öðrum holum á austurjaðri vinnslusvæðisins. Einnig er holan nokkru heitari neðan 200 m dýpis og til botns, en hinar holurnar austast á vinnslusvæðinu. Að meðaltali er kælingin í jarðhitakerfinu við holu 1 rúmar 0,6 °C/ári.

## 2.2 Hola 3

Hola 3 er í útjaðri núverandi vinnslusvæðis nokkuð norður af holu 9. Holan er um 365 m djúp, en steinn er í holunni sem stíflar hana á 253 m dýpi. Holan er með 1" mæliröri sem líklega var sett í holuna árið 1975 og steipt utan með því. Rörið var haft opið í neðri endann svo hægt væri að fylgjast með vatnsborði í jarðhitakerfinu við holuna. Mynd 2 sýnir síðustu mælingar úr holunni ásamt nokkrum eldri mælingum. Af myndinni sést að hiti mældist í desember 1997 um 1-2 °C lægri frá um 130 m dýpi og niður á fyrirstöðuna (253 m). Eins og við aðrar holur hefur jarðhitakerfið kólnað mikið þarna á undanförunum árum og er talið að kólnunin sé að jafnaði allt að

við holu 3.

### 2.3 HOLA 4

Hola 4 er nokkrum metrum austan við holu 9 og var breytt í eftirlitsholu í maí 1975 með því að steipt var 1" lokað mælirör í hana. Mynd 3 sýnir síðustu hitamælingar úr holunni ásamt nokkrum eldri mælingum. Við samanburð við mælinguna frá 1996 sést um 2 °C kæling í þetta jarðlaginu á tæplega 100 m dýpi, en annars staðar hafa mjög litlar hitabreytingar orðið í holunni þrátt fyrir að síðustu mælingar eru gerðar við mismunandi vinnsluálag. Á undanförunum árum hefur kælingin verið um 1,2 °C/ári efst í jarðhitakerfinu við holu 4, en dýpra hefur kælingin verið hægari sérstaklega síðastliðin fimm ár (myndir 9-11).

### 2.4 HOLA 6

Hola 6 er staðsett nokkuð suður af holu 9 og suðvestan bragga (gamalt dæluhús). Holunni var breytt í eftirlitsholu í maí 1975 þegar steipt var í hana 1" mælirör sem haft var opið í neðri endann. Holan, sem er um 502 m djúp, var allt til ársins 1986 dýpsta eftirlitsholan á svæðinu eða þar til hola 8 var gerð að eftirlitsholu það ár, en síðan 1991 hefur hola 9 verið dýpst eftirlitsholnanna, um 1302 m. Mynd 4 sýnir síðustu hitamælingar ásamt nokkrum eldri mælingum. Töluverð kæling sést í holunni milli áranna 1996 og 1997 á dýptarbilinu 220 m til 480 m. Kælingin er um 4 °C þar sem hún er mest, en hafa ber í huga að mælingin 1996 var í hærra lagi á þessu dýptarbili. Undanfarin rúm tuttugu ár hefur jarðhitakerfið við holu 6 kólnað mest á dýptarbilinu 130 m til 360 m um allt að 30 °C. Á þessu dýptarbili eru vel lek jarðlög við holuna. Í þéttari jarðlögnum hefur kólnunin verið helmingi minni á sama tíma. Að jafnaði má segja að jarðhitakerfið við holu 6 kólni um það bil um 1 °C/ári og er kælingin orðin veruleg niður á meira en 500 m dýpi.

### 2.5 HOLA 7

Hola 7 er staðsett rúmum 30 m vestan við holu 9 og um 12 m vestan holu 14. Holu 7, sem er um 425 m djúp, var breytt í eftirlitsholu árið 1976 með því að steipt var í hana 2" mælirör, sem er opið í neðri endann. Hola 7 var síðan sú mæliholan sem mest var notuð til að fylgjast með vatnsborðs- og hitabreytingum í vinnslusvæðinu. Síðastliðin 3-4 ár hefur hins vegar verið sískráning á vatnsborði í holu 9. Mynd 5 sýnir síðustu hitamælingar úr holunni ásamt þrem eldri mælingum. Hitamælingin í desember 1997 er almennt aðeins lægri en mælingin frá 1996 en munurinn er víðast lítill milli mælinganna, eða innan við 1 °C. Þá má benda á að vatnsæðin á um 140 m dýpi kemur vel fram á mælingunni nú sem bendir til nokkurs rennslis í þessu jarðlagi inni á vinnslusvæðinu. Þegar litið er til síðustu tuttugu ára sést að kólnunin í jarðhitakerfinu við holu 7 er svipuð og í öðrum holum í austur hluta vinnslusvæðisins. Kælingin er mest í lekari jarðlögnum eins og á 140-250 m dýpi og 300-340 m dýpi, en þar er kælingin nálægt 30 °C á tuttugu árum. Í þéttari jarðlögnum neðst í holunni virðist kælingin hins vegar hafa verið minni eða rúmar 10 °C á sama tíma. Að jafnaði er kælingin við holu 7 talin vera rúmlega 1 °C á ári.

### 2.6 HOLA 8

Hola 8 er skammt sunnan við holu 13 og var gerð að eftirlitsholu í marz 1986. Mælirör holu 8, sem er 2", nær niður á 634 m dýpi og er opið í neðri endann. Í febrúar 1987 var holan nokkurn veginn komin í jafnvægi við umhverfi sitt eftir breytinguna úr vinnsluholu í eftirlitsholu. Líkt og í öðrum holum á svæðinu hefur síðan orðið vart kælingar niður á rúmlega 500 m dýpi í holunni.

Lítill breyting er milli hitamælinganna 1996 og 1997, en breytingin er þó víðast til lækkunar hita milli ára. Á dýptarbilinu 240 m til um 500 m má greina smá hitalækkun, en frá 570 m og til botns á 634 m dýpi sýnir mælingin 1997 hærri hita borið saman við mælinguna frá 1996. Neðst í holu 8 ræðst hitabreytingin hins vegar mest af dælingunni úr holu 13 og getur hiti hækkað eða lækkað þar milli mælinga. Ástæðan er að á um 600 m dýpi í holu 8 er vatnsæð sem einnig kemur fram í holu 13, en sú hola er stutt frá holu 8 og helsta vinnsluhola hitaveitunnar. Breytingar á vinnslu úr holu 13 hafa því mikil áhrif á hitasveiflur við æðina á þessu dýpi. Vegna þessa er erfitt að meta að hvað miklu leyti kæling nái niður fyrir 550 m dýpi í jarðhitakerfinu við holu 8. Á mynd 6 sést að kælingin er um 4 °C í þetta jarðlaginu á rúmlega 100 m dýpi frá því 1987 eða síðustu 10 ár. Í leku jarðlögunum neðan 300 m dýpis er kólnunin rúmar 12 °C á sama tíma, sem sýnir að kælingarhraðinn er svipaður við holu 8 og við aðrar eftirlitsholur á vinnslusvæðinu.

## 2.7 Hitastigulsholur

Fjórar holur voru boraðar á árinu 1995 og ein á árinu 1996 sunnan og austan við vinnslusvæðið við Þorleifskot. Tilgangur með borun þeirra var að kanna hitastigul á austursvæðinu og hvort hiti færi hækkanði til austurs eða suðausturs eins og líkan af hitadreifingu í jarðhitakerfinu gerði ráð fyrir (Ómar Sigurðsson, 1995). Einnig átti að kanna hvort kæling kæmi fram við holurnar á svipaðan hátt og inni á vinnslusvæðinu, þannig að kæling væri mikil í leku jarðlögunum, en minni í þeim þéttari. Hitaferlar úr holum HT-11, HT-15 og HT-16 sýna hegðun sem heimfæra má við það sem sést inni á vinnslusvæðinu, en holur HT-12 og HT-17 sýna hitastigul sem stjórnast aðallega af varmaleiðni niður á rúmlega 220 m dýpi (Ómar Sigurðsson og Magnús Ólafsson, 1996). Aðeins holur HT-11 og HT-16 voru mældar nú, en aðgengi að holum HT-12 og HT-15 hefur versnað, eins og áður hefur verið sagt, og þær því ekki mældar nú.

### 2.7.1 HOLA HT-11

Hola HT-11 er tæpum 200 m austur af holu ÞK-4 sem er við austurjaðar vinnslusvæðisins. Holan er við framræsissskurð í túninu við Þorleifskot. Holan var boruð í marz 1995 í um 221 m dýpi. Hitamælingar sem gerðar voru við borlok og haustið 1995 ásamt eftirlitsmælingum eru sýndar á mynd 7. Hitamælingin frá september 1995 sýnir berghitann við holuna niður á rúmlega 150 m dýpi og er hitinn hægt vaxandi niður á það dýpi. Eftirlitsmælingarnar fylgja berghitanum. Á um 165 m dýpi í holunni er lítil vatnsæð og rennur úr henni og til botns í holunni, þannig að önnur vatnsæð er við botn holunnar á 221 m dýpi. Neðsti hluti holunnar er því kældur af niðurrennslinu og hefur kólnað milli ára. Þessi hluti holunnar líkist svipuðum dýptarkafla í holu ÞK-4 og bendir til að lek jarðlög á um 150-250 m dýpi nái austur fyrir vinnslusvæðið. Hitinn á þessu dýptarbili er nálægt 50 °C við holu HT-11, en aðeins um 20 °C við holu ÞK-4. Æskilegt er að steypa mælirör í holuna og stöðva þannig niðurrennslið. Þá fengjust líka upplýsingar um berghitann við botn holunnar.

### 2.7.2 HOLA HT-16

Hola HT-16 er um 150 m norðaustur af holu HT-11 og um 250 m austur af holu ÞK-3. Holan er við norðausturhorn túnsins við Þorleifskot og utan girðingar. Holan var boruð í júlí 1995 í 301 m dýpi. Mynd 8 sýnir hitamælingarnar úr holunni. Strax við borlok var komið töluvert niðurrennsli úr vatnsæðum nálægt 100 m dýpi og niður að botni holunnar. Þökkaleg vatnsæð er á um 295 m dýpi sem tekur við niðurrennslinu. Á dýptarbilinu 100-295 m er holan því kæld af niðurrennslinu og sýnir síðasta hitamæling að niðurrennslið er farið að kæla töluvert bergið við holuna. Hita-mælingin í september 1995 gefur berghitann niður á um 100 m dýpi. Mælingin frá desember

1997 er hins vegar aðeins lægri neðan 60 m dýpis sem gæti stafað af örlítilli kvörðunarskekkju, en einnig af smáseitli niður holuna á því dýptarbili. Nauðsynlegt er að steypa mælirör í holuna og hefta þannig niðurrennslið. Einnig mun það gera holuna að miklu betri eftirlitsholu og þá fyrst fást upplýsingar um berghitann dýpra við holuna.

### 3. HITABREYTINGAR Í VINNSLUSVÆÐINU

Eftirlitsholur á vinnslusvæði Selfossveitna við Þorleifskot hafa verið hitamældar reglulega síðustu 14 ár, en rúm tuttugu ár eru frá því flestum þeirra var breytt úr vinnsluholum. Myndir 9 til 14 sýna hitabreytingar sem hafa orðið á ákveðnu dýpi í eftirlitsholunum frá 1984, en fyrir þann tíma voru mælingar stopulli og yfirleitt tengdar öðrum framkvæmdum á vinnslusvæðinu. Myndirnar sýna hvernig jarðhitakerfið kólnar með tíma og að kælingin nær niður á allt að 600 m dýpi. Þetta er þróun sem hefur verið stöðugt í gangi allt frá því vinnsla hófst á jarðhitasvæðinu við Laugardælur og Þorleifskot árið 1948. Við upphaf vinnslu voru laugar á vinnslusvæðinu og fyrstu borholurnar aðeins nokkrir tugir metra á dýpt. Þær holur gáfu um 78 °C heitt vatn. Nú er hitinn niður á um 50 m dýpi 20-40 °C. Upp úr 1950 voru fyrstu holurnar boraðar við Þorleifskot, sem voru 150-400 m djúpar. Vinnslan fluttist þangað og gáfu holurnar um 82 °C heitt vatn. Í dag eru leku jarðlögin á 150-400 m dýpi almennt 20-50 °C heit. Þróunin hefur því verið að eftir því sem jarðhitakerfið kólnar ofan til er borað dýpra til að ná í heitara vatn. Í stuttu máli þá streymir kalt grunnvatn inn á vinnslusvæðið í efstu jarðlögunum. Grunnvatnið sígur síðan niður í jarðhitakerfið um sprungur (og stundum borholur) og tekur um leið varma úr berginu og hitnar, en bergið kólnar. Dýpra blandast upphitaða grunnvatnið því jarðhitavatni sem er til staðar og streymir að vinnsluholum.

Að jafnaði hafa þéttari jarðlögin kólnað um 0,6 °C á ári og lekari jarðlögin um allt að 1,7 °C á ári. Efsti hluti jarðhitakerfisins kólnar því að meðaltali um rúma 1 °C á ári. Dýpkun kæliflutarins er óreglulegri og ræðst af því hvernig grunnvatnið finnur sér leið niður í jarðhitakerfið. Nokkrir þættir hafa þar áhrif á svo sem vatnstakan úr svæðinu sem veldur niðurdrætti, sem aftur örvar aðstreymi kalds grunnvatns inn í jarðhitakerfið. Þá getur afstaða lóðréttra vatnsleiðandi sprungna til vinnsluholanna skipt máli. Hitaveitan hefur tekið vatn úr kerfinu í 49 ár og nær kæliflöturinn nú niður á minnst 600 m dýpi. Kæliflöturinn dýpkar því að jafnaði um rúma 10 m á ári, en hitamælingar hafa sýnt að dýpkunin getur verið allt að 35 m á ári.

Af myndum 9 til 14 má ráða að eitthvað hafi hægt á kælingunni síðustu fimm árin við holur 1, 3, 4, 6 og 7 í leku jarðlögunum niður á rúmlega 300 m dýpi. Þessar holur eru allar nærri kæliflöturinn við austurjaðar vinnslusvæðisins. Hugsanlegt er að breytingin stafi af breyttu vinnslumynstri þannig að vinnsla úr holu 12 dragi úr nauðsyn á eins mikilli dælingu úr öðrum holum og því hafi hægt á aðstreymi kalds grunnvatns inn í jarðhitakerfið. Erfitt er að leggja mat á þetta því vinnslugögn hafa ekki borist höfundum, en í þeim mætti finna svar við þessum hitabreytingum.

## 4. EFNASAMSETNING JARÐHITAVATNS

Annar liður í árlegu eftirliti Orkustofnunar með jarðvarmavinnslu Selfossveitna er að fylgjast með efnasamsetningu vatns sem dælt er úr jarðhitakerfinu við Þorleifskot. Sýni af vatni til heildarefnagreininga eru tekin einu sinni á ári úr vinnsluholum hitaveitunnar, samkvæmt vinnslueftirlitssamningi. Jafnframt er gert ráð fyrir að hitaveitan taki sýni annan hvern mánuð úr þeim holum sem eru í notkun hverju sinni og sendi Orkustofnun til greininga. Frá síðustu skýrslu um vinnslueftirlit hjá veitunni (Ómar Sigurðsson og Magnús Ólafsson, 1996), hafa borist fimm sýni til hlutgreininga, þó eingöngu úr holu 15.

### 4.1 Sýnataka og mælingar

Þann 19. mars 1997 voru tekin sýni til heildarefnagreininga úr holum (ÞK-) 10, 13 og 15. Var það jafnframt í fyrsta sinn sem heilssýni var tekið úr holu 15. Samhliða sýnatöku var mælt uppleyst súrefni í vatninu við holutopp og við inntak og úttak úr miðlunartanki. Brennisteinsvetni var mælt við sýnatöku, en sýrustig og karbónat innan sólarhrings frá sýnatöku. Önnur efni voru greind síðar á efnarannsóknarstofu Orkustofnunar að því frátöldu að samsætur súrefnis voru greindar hjá Raunvísindastofnun Háskóla Íslands. Niðurstöður heildarefnagreininga eru sýndar í töflu 2. Til samanburðar eru einnig sýndar þar niðurstöður efnagreininga frá árinu 1996, auk efnagreiningar á sýni úr holu 12 frá árinu 1995.

**Tafla 2.** Efnasamsetning heilsýna úr holum (ÞK-) 10, 12, 13 og 15 (mg/l).

Hola	Hola 10	Hola 10	Hola 13	Hola 13	Hola 15	Hola 12	Hola 12
Dagsetning	97.03.19	96.01.25	97.03.19	96.01.25	97.03.19	96.01.25	95.04.06
Númer	97-0086	96-0018	97-0087	96-0019	97-0088	96-0027	95-0050
Hiti (°C)	73,0	72,7	70,3	72,2	86,0	118,8	118,2
Sýrustig (pH/°C)	8,6/21,5	8,6/21,5	8,6/21,5	8,5/21,7	9,0/21,5	9,1/21	9,1/23
Kísill (SiO <sub>2</sub> )	66,2	64,4	54,1	56,4	75,0	108,9	111,8
Natríum (Na)	154	148	144	143	231	276,0	283,3
Kalíum (K)	4,24	4,15	3,12	3,39	6,17	10,5	13,2
Kalsíum (Ca)	26,2	25,0	30,1	29,3	39,1	35,5	35,4
Magnesíum (Mg)	0,087	0,086	0,099	0,091	0,031	0,007	0,008
Karbónat (CO <sub>2</sub> )	34,0	31,9	29,8	30,2	15,9	10,3	8,5
Súlfat (SO <sub>4</sub> )	55,4	54,5	46,8	48,9	79,2	142	146
Brennist. vetni (H <sub>2</sub> S)	0,11	0,12	0,07	0,08	0,11	0,27	0,15
Klóríð (Cl)	219	218	219	222	346	381	389
Flúoríð (F)	0,21	0,22	0,20	0,22	0,24	0,21	0,15
Ál (Al)	0,016	0,016	0,018	0,020	0,035	0,148	0,141
Mangan (Mn)	0,003	0,002	0,003	0,003	0,014	0	0
Járn (Fe)	0,004	0,004	0,034	0,056	0,034	0,012	0,012
Uppleyst efni	543	534	538	526	822	983	928
Uppleyst súrefni (O <sub>2</sub> )	0	0	0	0	0	0	0
δD (‰ SMOW)	-66,3		-62,8		-69,8		
δ <sup>18</sup> O (‰ SMOW)	-9,45		-9,23		-9,85		-10,32

Niðurstöður greininga á þeim fimm hlutsýnum úr holu 15 sem borist hafa til Orkustofnunar eru sýndar í töflu 3. Í sýnum þessum voru greind þrjú efni, kísill, kalsíum og klóríð.

**Tafla 3.** Efnasamsetning hlutsýna úr holu 15 (mg/l).

Dagsetning	Númer	Hiti °C	Kísill SiO <sub>2</sub>	Kalsíum Ca	Klóríð Cl
96.06.18	96-0165		69,8	41,2	354
96.06.19	96-0166	81	69,9	42,0	356
96.07.03	96-0167	81	69,6	39,3	347
96.07.04	96-0168		68,2	41,6	352
96.07.05	96-0169	81	69,1	39,2	321

Að framan var þess getið, að samhliða sýnatöku 19. mars var uppleyst súrefni mælt við inn- og úttak úr miðlunartanki hitaveitunnar og við holurnar þrjár. Hvorki mældist súrefni við holur 10, 13 og 15 né við inn- eða úttak á tankinum. Þegar sýnataka fór fram hafði dælumótor í holu 12 verið tekinn upp og dælurrör sett til geymslu í áhaldahúsi. Utan á sumum rörunum var þykk hvít/grá hörð útfellingaskán. Við röntgengreiningu (XRD) á skáninni kom í ljós að hún reyndist vera anhýdrít (CaSO<sub>4</sub>), en ekki kalk eða kísill eins og e.t.v. hefði frekar mátt búast við.

Að magni til eru holur 10 og 13 aðalvinnsluholur hitaveitunnar. Þegar sýnataka fór fram 25. janúar 1996 og 19. mars 1997 var vinnsla úr holunum eins og sýnd er í töflu 4.

**Tafla 4.** Vinnsla úr holum (þK-) 10, 13 og 15 við sýnatöku.

	25. janúar 1996		19. mars 1997	
	Dæling (l/s)	Heildarmagn (m <sup>3</sup> )	Dæling (l/s)	Heildarmagn (m <sup>3</sup> )
Hola 10	45,4	1457856	67,7	2829083
Hola 12	4,65	253957		
Hola 13	63	2154485	45,1	3751083
Hola 15			13,3	8160

Hér á eftir verður fjallað um breytingar í hita og styrk nokkurra efna í vatni úr þessum þremur vinnsluholum. Túlkun gagnanna er þó þeim takmörkunum háð að engar upplýsingar liggja fyrir um vinnslu úr holunum sem unnt er að tengja við breytingar í hita og/eða styrk einstakra efna, auk þess sem sýnataka úr holunum hefur verið mjög strjál.

## 4.2 Hola 10

Á myndum 15 - 26 er sýnt hvernig hiti og styrkur allra aðalefna hefur breytst í vatni úr holu 10 frá því vinnsla hófst úr holunni. Myndirnar sýna að umtalsverðar breytingar urðu fram til árunna 1992-93. Frá þeim tíma virðist hafa dregið úr kólnun (mynd 15) svo og breytingum í efnastyrk (myndir 16 - 26), en þó ber þess að gæta, að sýnataka hefur verið strjál síðastliðin ár. Aukinn stöðugleiki gæti stafað af því, að jafnvægi er komið á milli kalda innrennslisins og vinnslunar úr holunni. Verulegar breytingar í styrk klóríðs á árinu 1994 (mynd 21) má rekja til sýna sem tekin voru dagana 29. og 30. júní þegar dæling hófst úr holunni eftir nokkurt hlé. Að öðru leyti eru breytingar helst fólgnar í því, að hiti lækkaði úr 86 - 88°C á árunum 1980 - 1986 í 70 - 74°C á undanförmum árum. Sambærilegar breytingar má sjá í styrk efna eins og kísils (mynd 16), natríums (mynd 17), kalíums (mynd 18), klóríðs (mynd 21) og flúoríðs (mynd 23). Þessar efnabreytingar má einnig greina á mynd 25, sem sýnir heildarmagn uppleystra efna í vatni úr holu 10. Þar sést að breytingar hafa verið miklar milli ára, en þegar á heildina er litið þá hefur efnastyrkur lækkað frá upphafi vinnslu úr holunni fram til árunna 1992 - 1993, og verið nokkuð stöðugur eftir það. Mynd 49 sýnir útreiknaðan hita (kalsedónhita) fyrir vatn úr vinnsluholum Selfossveitna.

Þessir útreikningar byggja á kísilstyrk og sýrustigi vatnsins og eiga að endurspegla hita í jarðhitakerfinu sem holan vinnur vatn úr. Myndin sýnir að þar lækkaði reiknaður hiti fyrir vatn úr holu 10 á svipaðan hátt framan af eins lýst hefur verið hér að ofan, en síðastliðin ár hefur hann aftur á móti verið stöðugri.

Enn vantar tilfinnanlega gögn um dælingu úr holunni til nánari túlkunar, en ofangreindar efna-breytingar og kæling vatnsins stafa af auknum hluta kalds grunnvatns í því vatni sem unnið er úr holunni.

### 4.3 HOLA 13

Á myndum 27 - 38 er sýnt, á sama hátt og fyrir holu 10, hvernig hiti og styrkur allra aðalefna hefur breytst í vatni úr holu 13 frá því vinnsla hófst úr holunni. Hiti vatnsins lækkaði óverulega fram til ársins 1992 og hélst í 76-78°C (mynd 27), en hefur síðan lækkað. Síðastliðið vor mældist hann rúmlega 70°C. Styrkur kísils (mynd 28) hefur verið mjög sveifukenndur allt frá upphafi vinnslu, en á milli árána 1993 og 1994 lækkaði hann verulega og hefur haldist nokkuð stöðugur síðan. Reyndar er eitt sýni frá árinu 1995 sem sker sig nokkuð úr, en í því mældist kísilstyrkur svipaður því sem oft mældist á árunum fram til 1994. Hugsanleg skýring á þessu gæti verið sú, að þetta ákveðna sýni var tekið á öðrum tíma (að hausti) en þau sýni önnur sem hafa verið tekin úr holunni á undanförunum árum (oftast í byrjun árs þegar vinnsla er mikil). Þetta undirstrikar nauðsyn þess að sýni séu tekin reglubundið á tveggja mánaða fresti eins og oft hefur verið bent á. Styrkur klóríðs hefur ekki breytst umtalsvert þegar lítið er yfir alla vinnslusögu holunnar (mynd 33), en sveiflur, líklega tengdar vinnslu úr holunni, sjást greinilega, líkt og í kísilstyrk. Styrkur annarra efna hefur lítið breytst, en þó hefur hann frekar lækkað ef frá er skilinn styrkur magnesíums (mynd 32). Á síðastliðnum fimm árum hefur hann farið hægt vaxandi, sem bendir til aukins hluta kalda vatnsins í því sem upp er dælt. Breytingar í kalsedónhita (mynd 49) eru svipaðar breytingum í styrk kísils (mynd 28) og endurspegla kólnun í jarðhitakerfi holunnar. Kalsedónhiti vatns úr holu 13 reiknast um 10°C lægri en vatn úr holu 10 (mynd 49) þrátt fyrir að hiti vatns úr holunum sé mjög svipaður og stafar þessi mismunur af mun lægri styrk kísils í vatni úr holu 13 en holu 10.

Líkt og fyrir holu 10 vantar enn tilfinnanlega gögn um dælingu úr holunni til nánari túlkunar, en ofangreindar efnabreytingar og kæling vatnsins stafa af auknum hluta kalds grunnvatns í því vatni sem unnið er úr holunni.

### 4.4 HOLA 15

Vinnsla úr holu 15 hófst haustið 1996 og nam dæling úr henni um 13 l/s þegar sýnataka fór fram 19. mars 1997 (tafla 4). Fyrir þann tíma hafði Orkustofnun borist fimm hlutsýni til greininga á kísli, kalsíum og klóríði. Þessi sýni voru tekin um það leyti sem reynsludælt var úr holunni í júní og júlí 1996. Á myndum 39 til 42 er sýndur hiti og styrkur kísils, kalsíums og klóríðs í öllum sýnum úr holu 15. Á þeim sést að vatn úr holunni hitnaði um u.þ.b. 5°C (mynd 39) frá dælingu í júní og júlí 1996 og fram í mars 1997. Jafnframt hækkaði styrkur kísils (mynd 40). Styrkur kalsíums breyttist lítið á þessum tíma og styrkur klóríðs lækkaði í dælingu sumarið 1996, en hafði náð svipuðum styrk vorið 1997 og hann var við upphaf dælingar í júní 1996 (mynd 42). Breytingar þessar stafa líklega af því, að við lægra vatnsborð á svæðinu gefa efri æðar holunnar hlutfallslega minna en þær neðri meira. Þegar vatnsborð stendur aftur á móti hærra, þá eykst hlutur efri æðanna og vatnið verður kaldara og kísilsnaðara.

Efnasamsetning vatns úr holu 15 ber keim af vatni úr holum 10 og 13 annars vegar og holu 12 hins vegar, eins og sést á myndum 43 til 48. Myndirnar sýna samband klóríðs og nokkurra efna, auk súrefnissamsæta í vatni úr holu 15 auk holna 10, 12 og 13. Styrkur efna í vatni úr holu 15 fellur í flestum tilvikum milli efnasamsetningar vatns úr þessum holum. Þetta kemur svo sem ekki á óvart, þar sem holur 10 og 13 vinna aðallega vatn úr æðum í efri hluta jarðhitakerfisins en hola 12 eingöngu úr neðra kerfinu. HOLA 15 hefur vatnsæðar í efri og neðri hluta jarðhitakerfis-

ins.

Þar sem ekki hefur borið á vandamálum (t.d. útfellingum) við að blanda saman vatni úr holu 12 við annað vinnsluvatn úr holum í Þorleifskoti þá virðast ekki vera neinir annmarkar á því að blanda saman vatni úr holu 15 við annað vatn hjá veitunni.

Kalsedónhiti vatns úr holu 15 reiknast 87°C (mynd 49), nokkuð hærrí en vatns úr holum 10 og 13, en talsvert lægri en vatns úr holu 12.

## 4.5 Kalkmettun

Kalkmettun hefur verið reiknuð fyrir flest heilsýni sem til eru úr holum 10, 12, 13, 14 og 15. Niðurstöður eru sýndar á mynd 50. Þar kemur fram að vatnið hefur yfirleitt verið yfirmettað, en þó innan við þau mörk, þar sem reynslan sýnir að lítil hætta sé á að útfellingar verði til vandræða (brotalína við  $\log(Q/K)=0,38$  á mynd 50). Kalkmettun vatns úr holum 10 og 13 reiknast heldur hærrí nú en á undanförunum árum og er svipuð því sem hún var á árunum 1989 til 1992. Vatnið úr holu 15 er talsvert meira yfirmettað með tilliti til kalks heldur en vatn úr holum 10 og 13 og líkara því sem var í vatni úr holu 12 á síðastliðnu ári. Á mynd 50 sést að mettnarstigið er mjög nærri þeim mörkum (brotin lína), þar sem kalkútfellingar fara almennt að myndast í íslensku jarðhitavatni.

## 5. HELSTU NIÐURSTÖÐUR

- Jarðhitakerfið við Laugardælur og Þorleifskot, sem áður var með laugar á yfirborði, hefur kólnað að ofan frá því að vinnsla hófst þar fyrir um 49 árum síðan. Síðastliðin rúm tuttugu ár hafa þéttari jarðlög kólnað um rúmar 10 °C og lekari jarðlögin um og yfir 30 °C. Upphitun grunnvatns, sem streymir inn í jarðhitakerfið, kælir þannig að jafnaði efsta hluta þess um rúmlega 1 °C á ári. Sömu sögu segja lækkaður hiti og efnastyrkur vatns úr holum 10 og 13. Kólnunin nær niður á rúmlega 600 m dýpi.
- Hiti og efnasamsetning vatns úr holu 10 breytist nú orðið lítið milli ára, en vatn úr holu 13 kólnar enn og efnagreiningar sýna meiri breytileika. Þetta gæti stafað af því, að jafnvægi sé komið á milli vatnsæða með mismunandi efnasamsetningu í holu 10. Er því rétt að nýta hana sem grunnafl en draga frekar úr vinnslu úr holu 13.
- Verulega virðist hafa dregið úr kólnunarhraðanum í leku jarðlögunum ofan 350 m dýpis eftir 1992. Sérstaklega er þetta áberandi í holum austan til á vinnslusvæðinu. Hvað veldur þessari breyttu hegðun er ekki vitað, en breytt vinnslustýring getur haft þar áhrif eða að hreinlega hafi dregið úr varmanámi úr þessum jarðlögum þar sem þau eru orðin svo köld, innan við 30 °C.
- Vinnsla úr holu 15 hófst haustið 1996. Efnasamsetning vatns úr holunni ber bæði keim af vatni úr holu 12 og úr öðrum vinnsluholum (t.d. 10 og 13), en það endurspeglar samspil vatnsæða í efra og neðra kerfi þar sem efnasamsetning vatns er talsvert frábrugðin. Ekki er búist við því að það hafi vandamál í för með sér að blanda vatni úr holu 15 við annað vatn hjá veitunni.
- Ekkert uppleyst súrefni mældist í heita vatninu úr holum 10, 13 og 15, né við inntak eða úttak á miðlunargeymi.
- Í lokin er rétt að ítreka mikilvægi virks vinnslueftirlits með jarðhitakerfi Selfossveitna. Nauðsynlegt er að taka áfram heilsýni úr vinnsluholum einu sinni á ári, auk þess að senda Orkustofnun reglulega (á tveggja mánaða fresti) sýni til greininga á klóríði, kísli og e.t.v. fleiri efnum. Þá er æskilegt að hitaveitan steypi sem fyrst mælirör í þær hitastigulsholur sem bor-



aðar voru við vinnslusvæðið til að stöðva niðurrensli í þeim. Um leið munu þær gefa betri upplýsingar um jarðhitakerfið bæði nú og til framtíðar. Hitaveitan er að vinna varma úr viðkvæmu jarðhitakerfi og nauðsyn stöðugar og öruggar gagnsöfnunar er því óvígða brýnni.

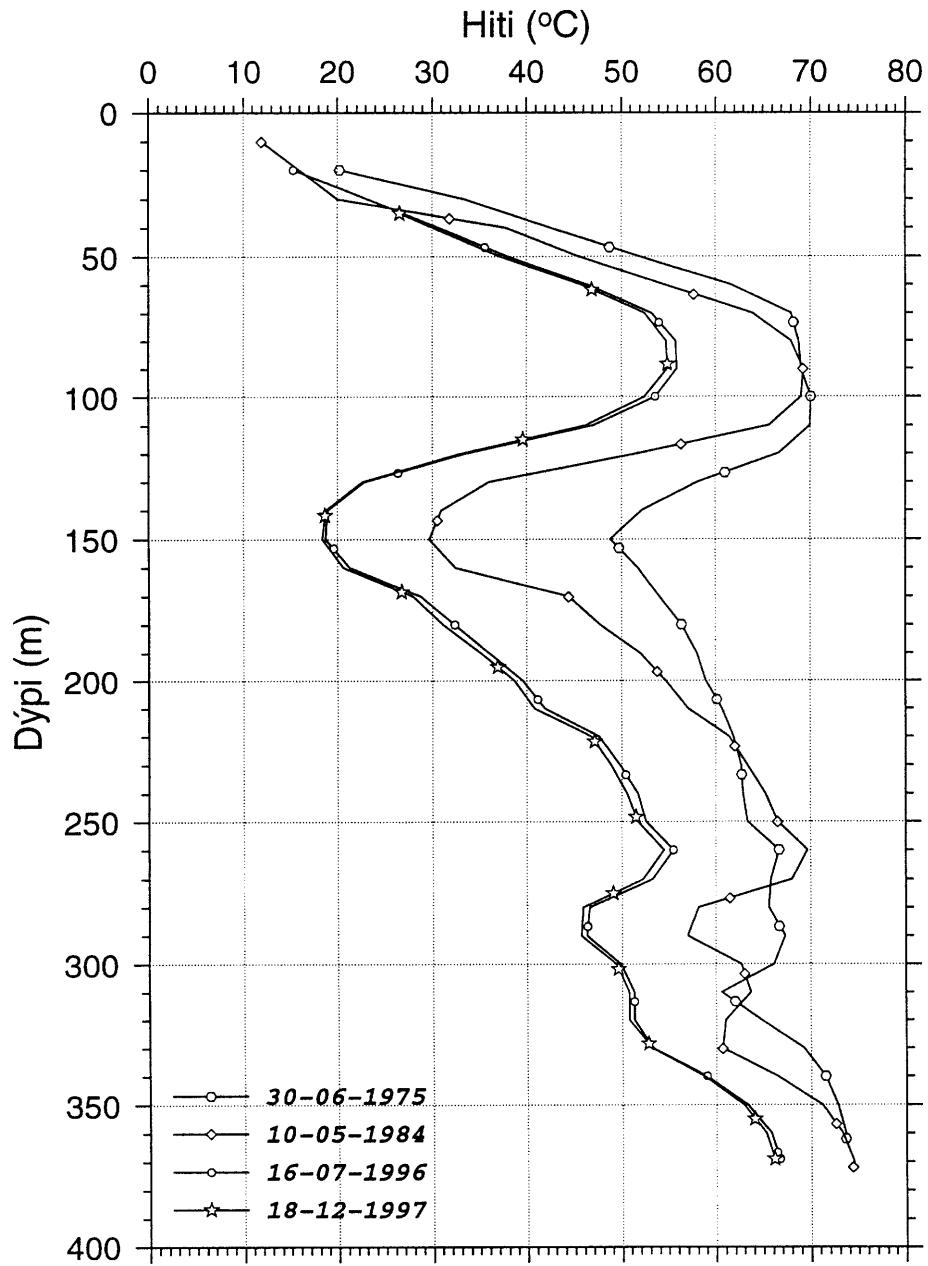
## **6. HEIMILDIR**

Ómar Sigurðsson og Magnús Ólafsson, 1996: Selfossveitur. Eftirlit með jarðhitavinnslu 1995-1996. Orkustofnun OS-96076/JHD-45 B, 39s.

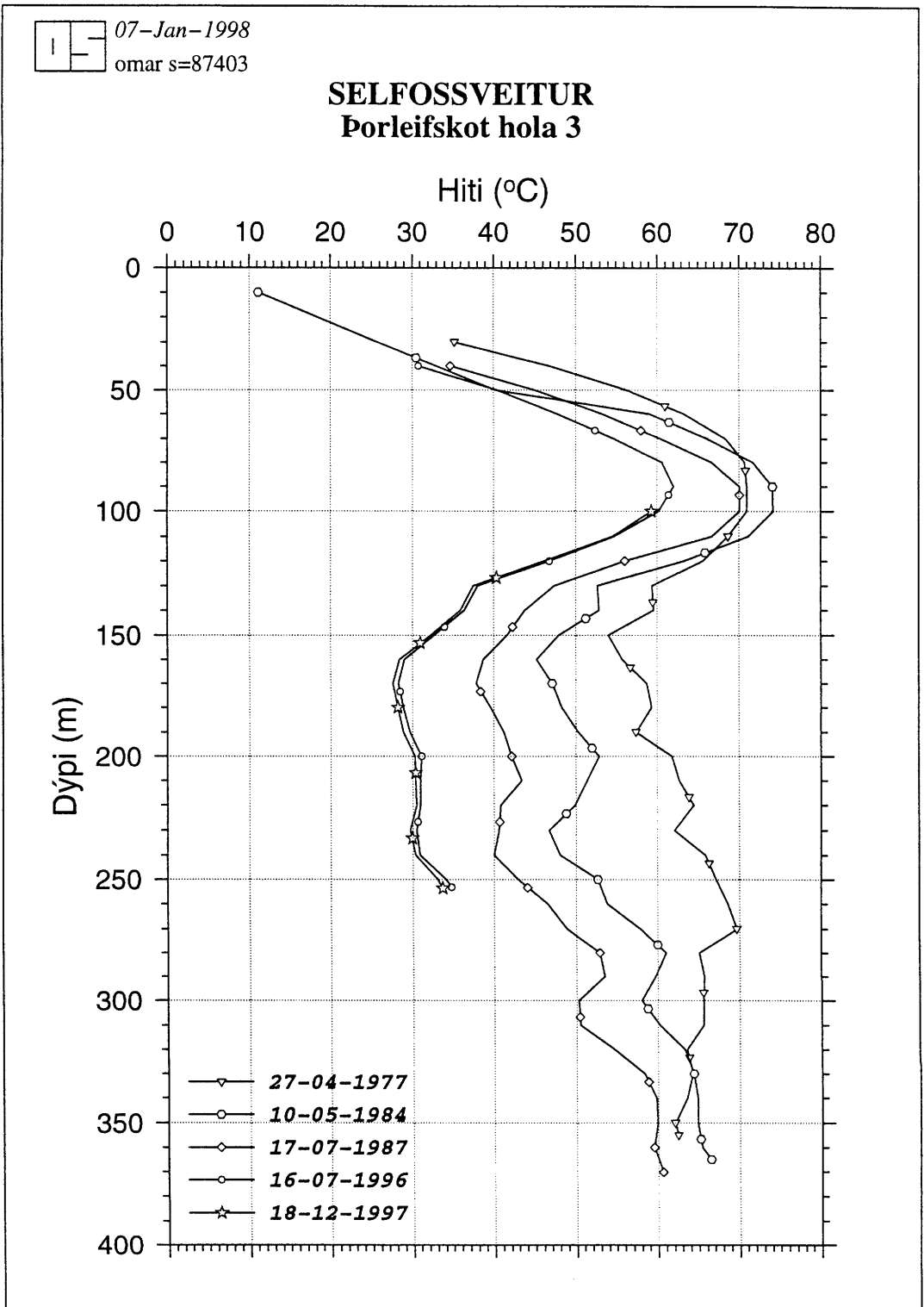


07-Jan-1998  
omar s=87401

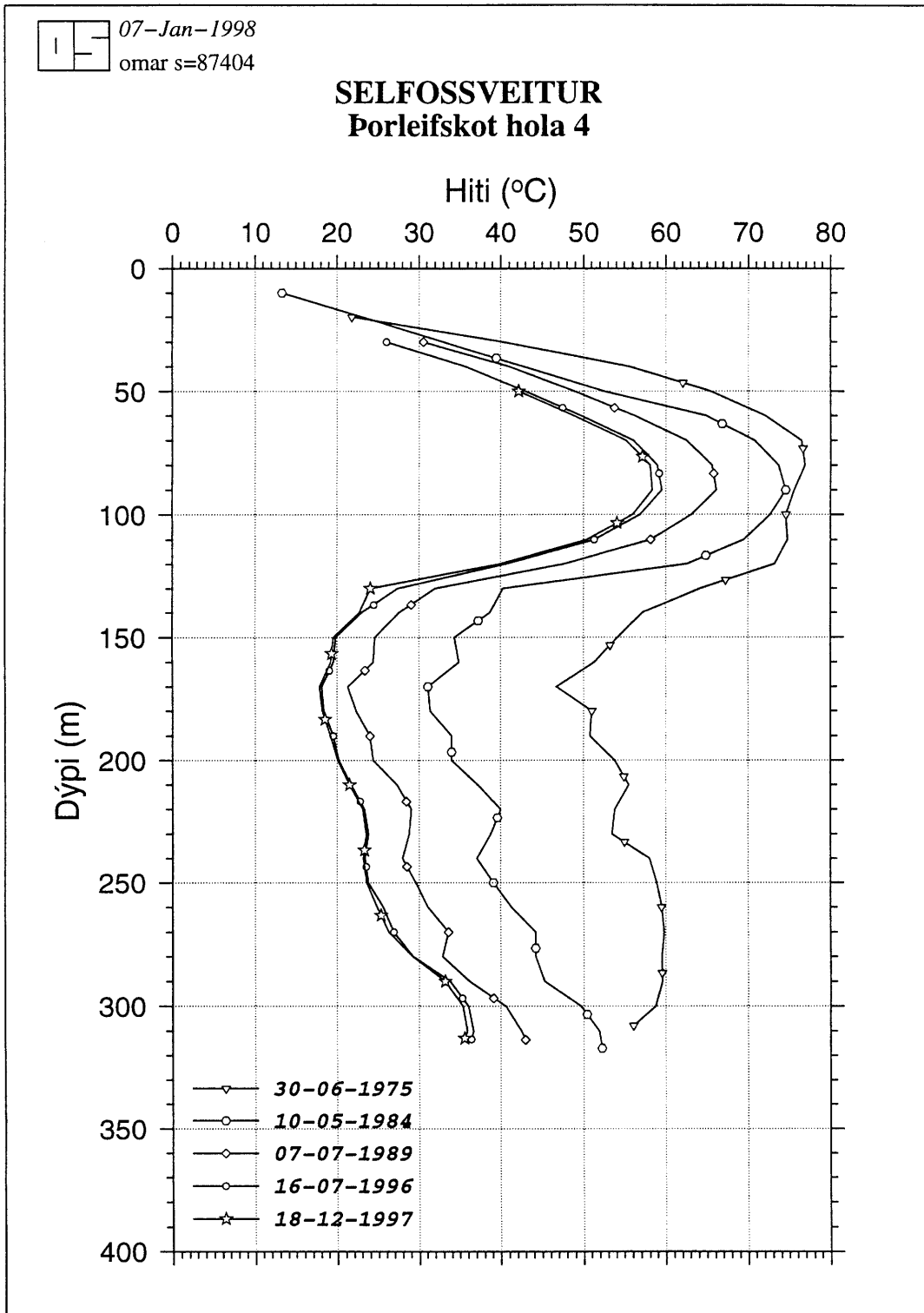
### SELFOSSEITUR Þorleifskot hola 1



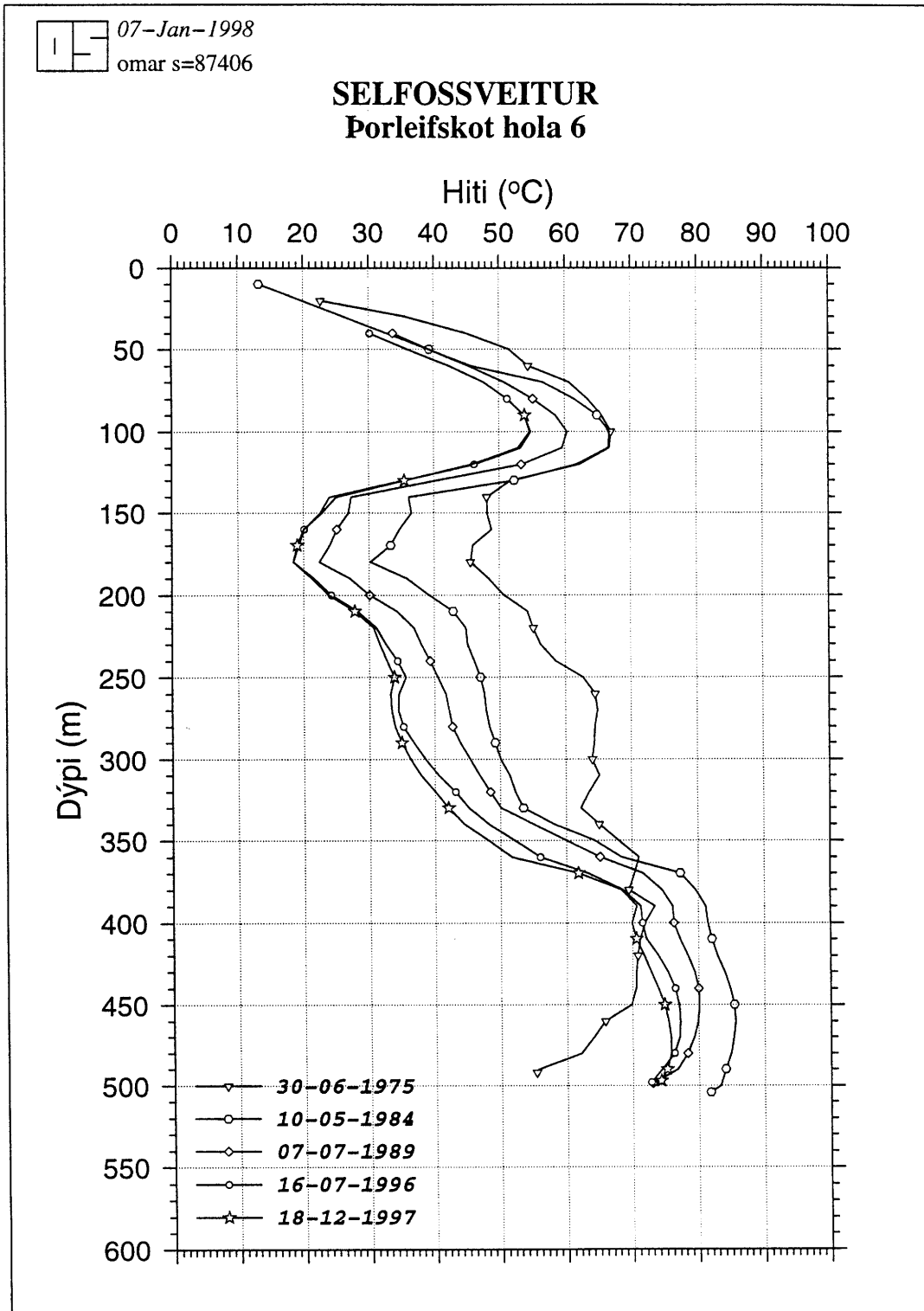
Mynd 1. Hitamælingar í holu 1.



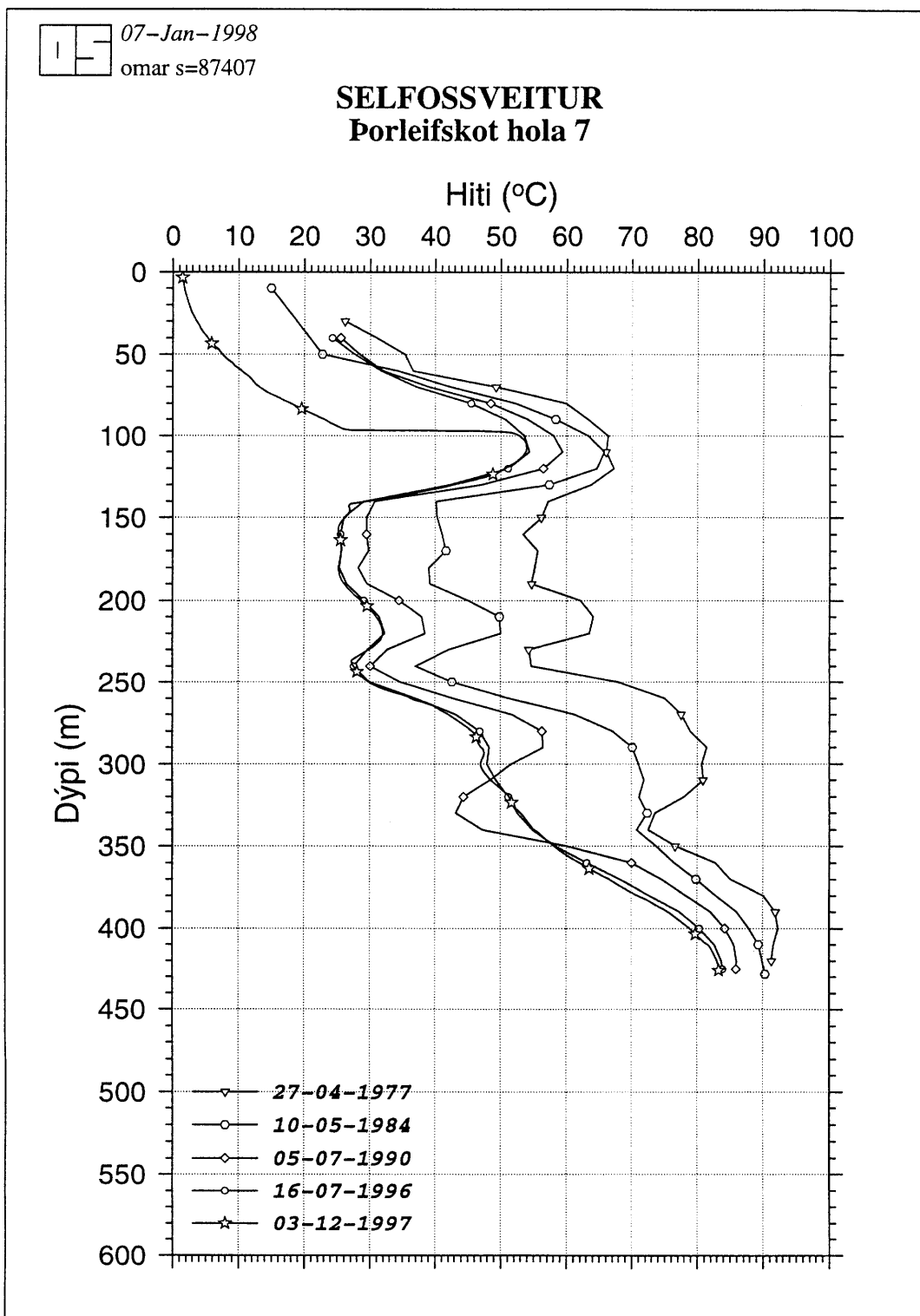
Mynd 2. Hitamælingar í holu 3.



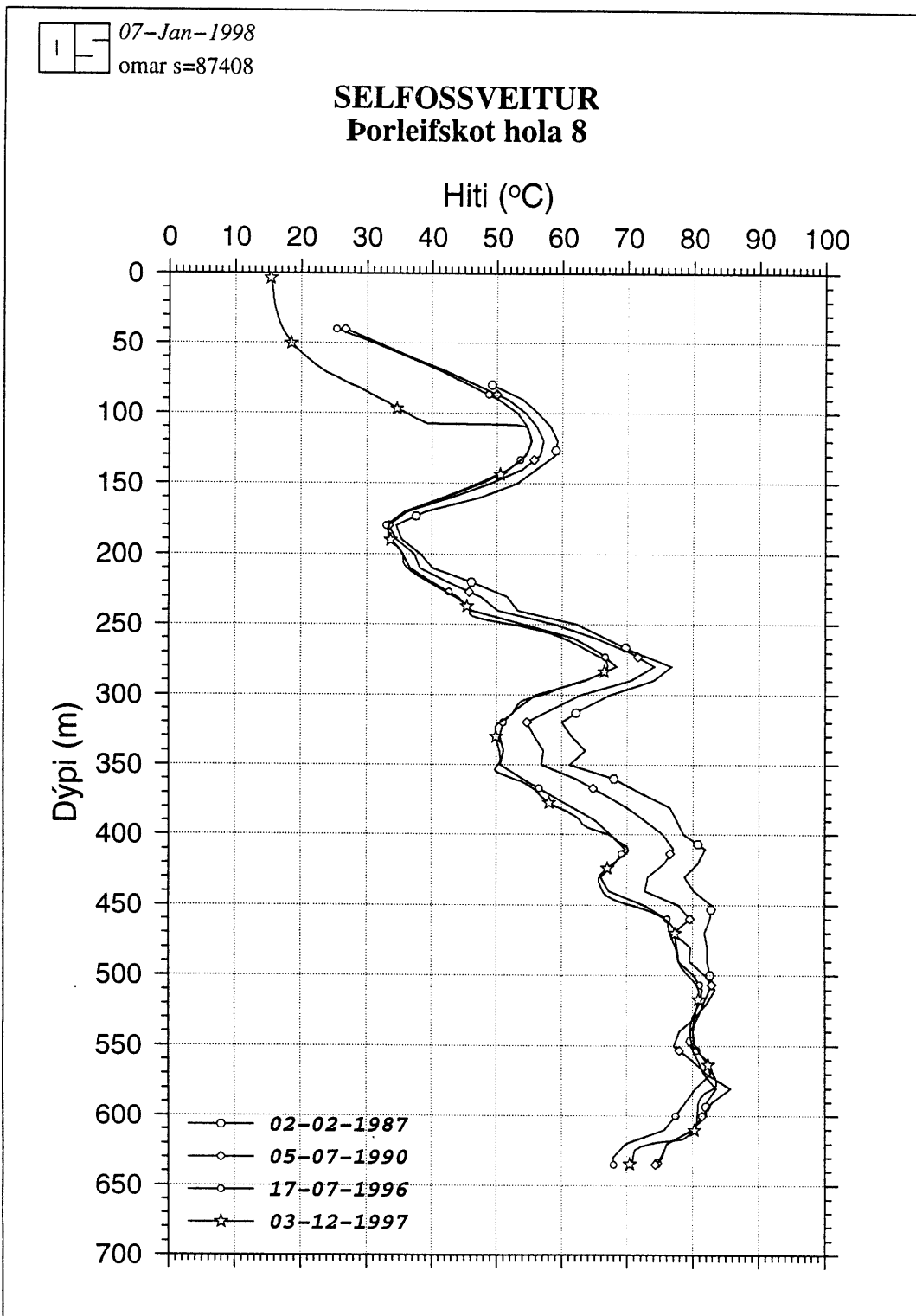
Mynd 3. Hitamælingar í holu 4.



Mynd 4. Hitamælingar í holu 6.

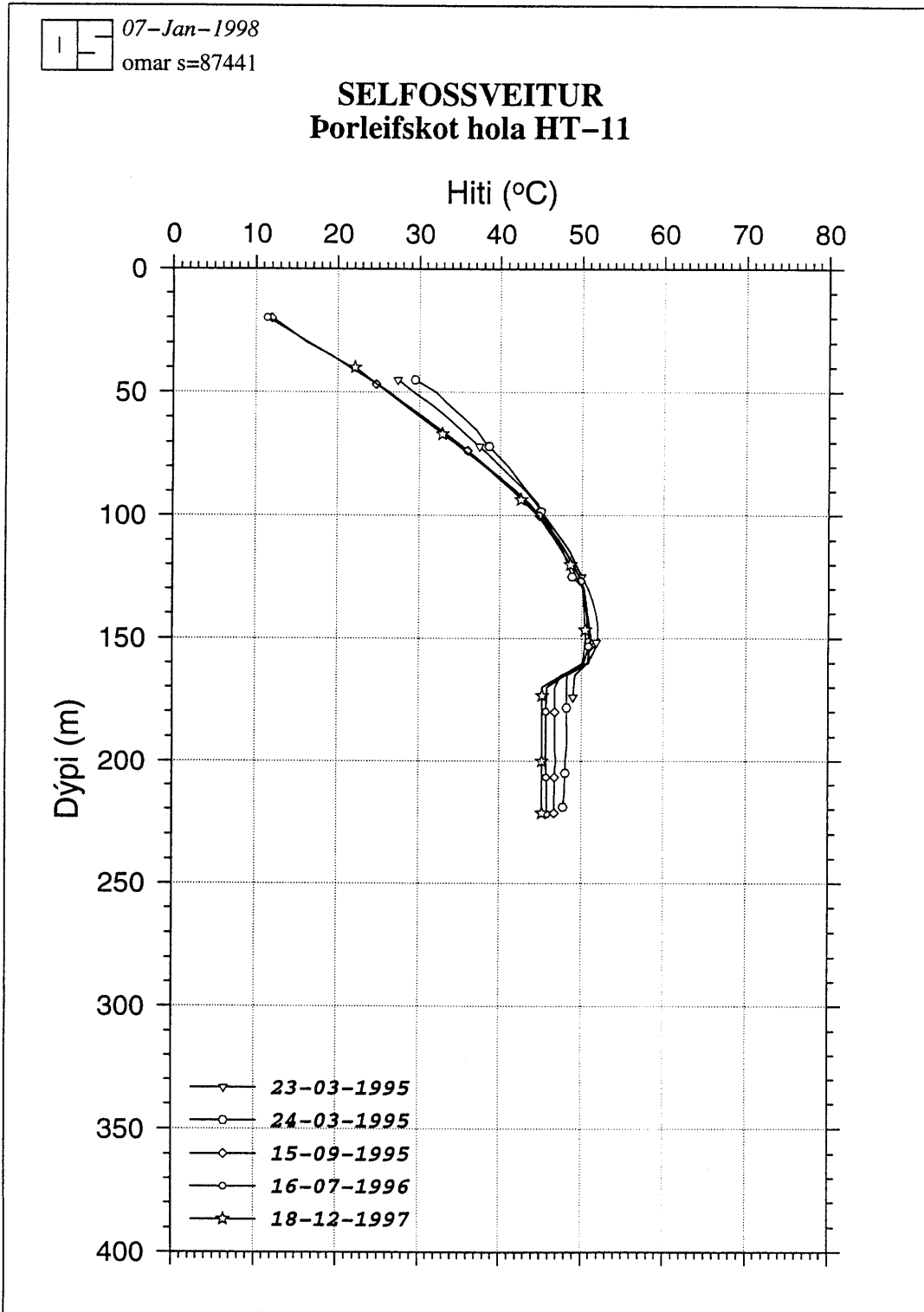


Mynd 5. Hitamælingar í hola 7.

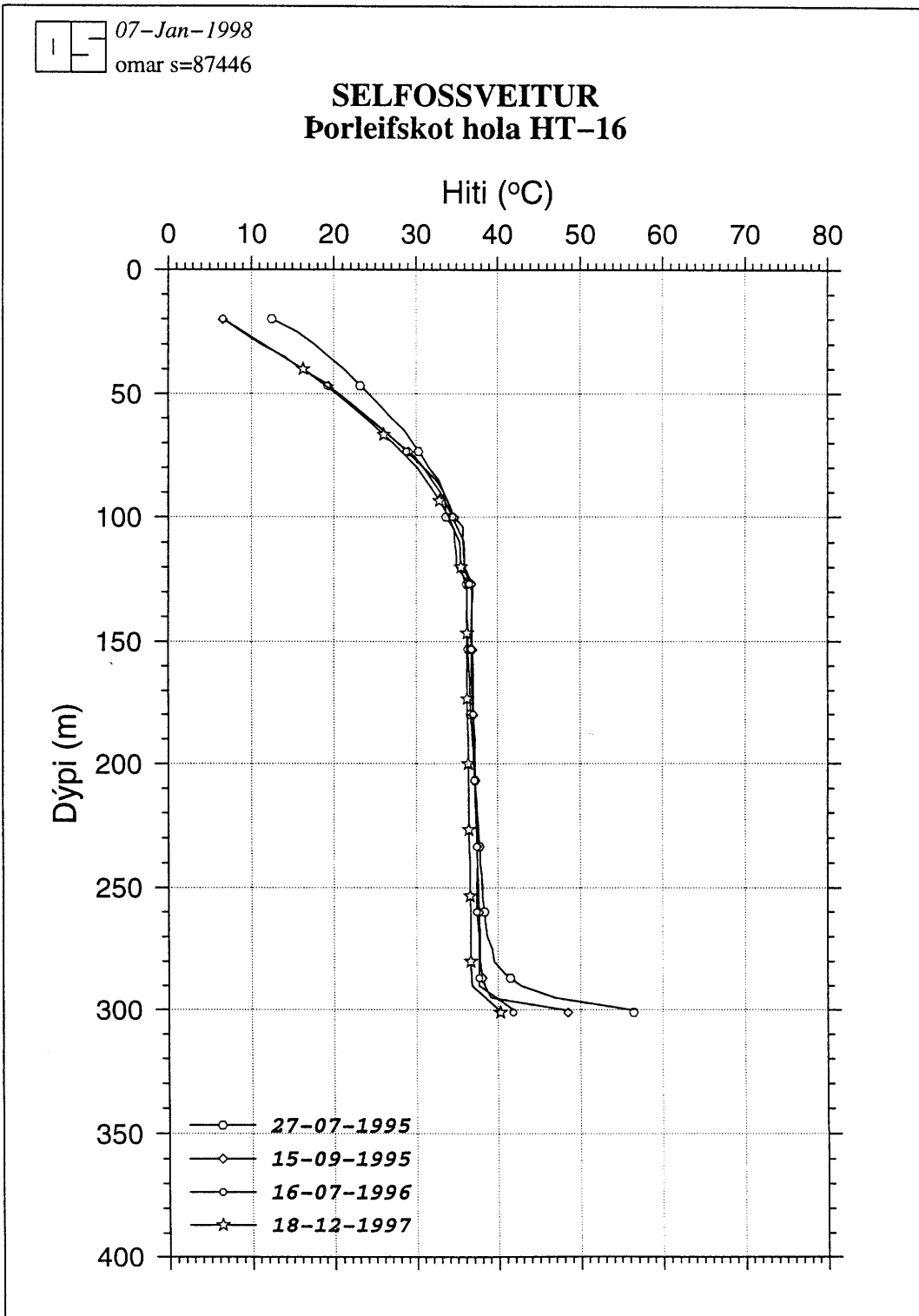


Mynd 6. Hitamælingar í holu 8.





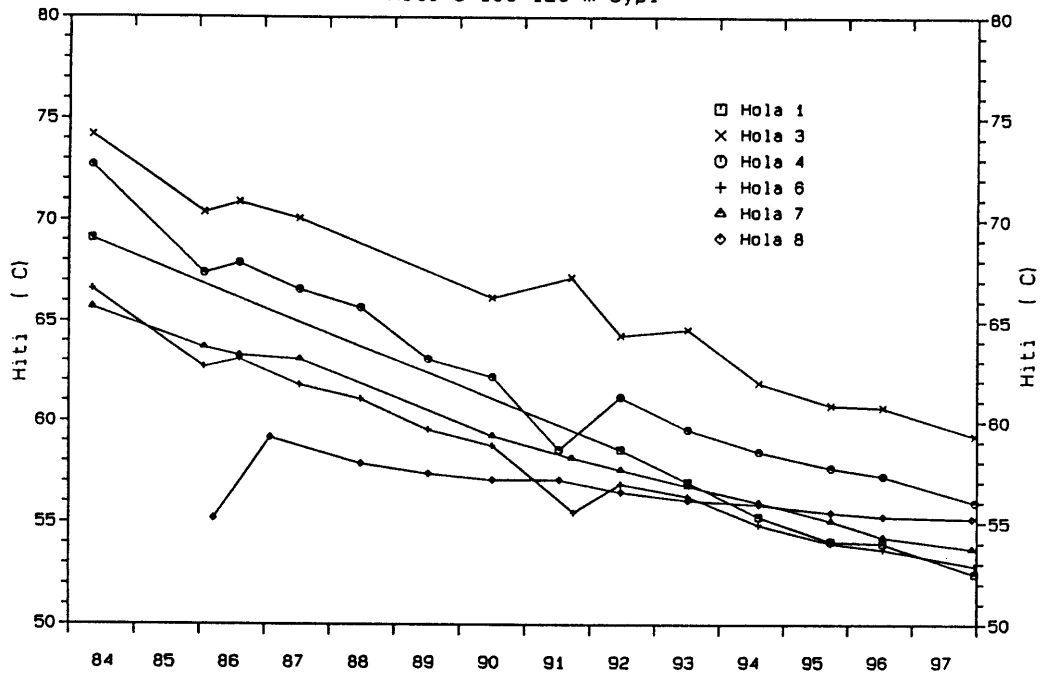
Mynd 7. Hitamælingar í holu HT-11.



Mynd 8. Hitamælingar í holu HT-16.

8 Jan 1998 Omar  
Dataplot

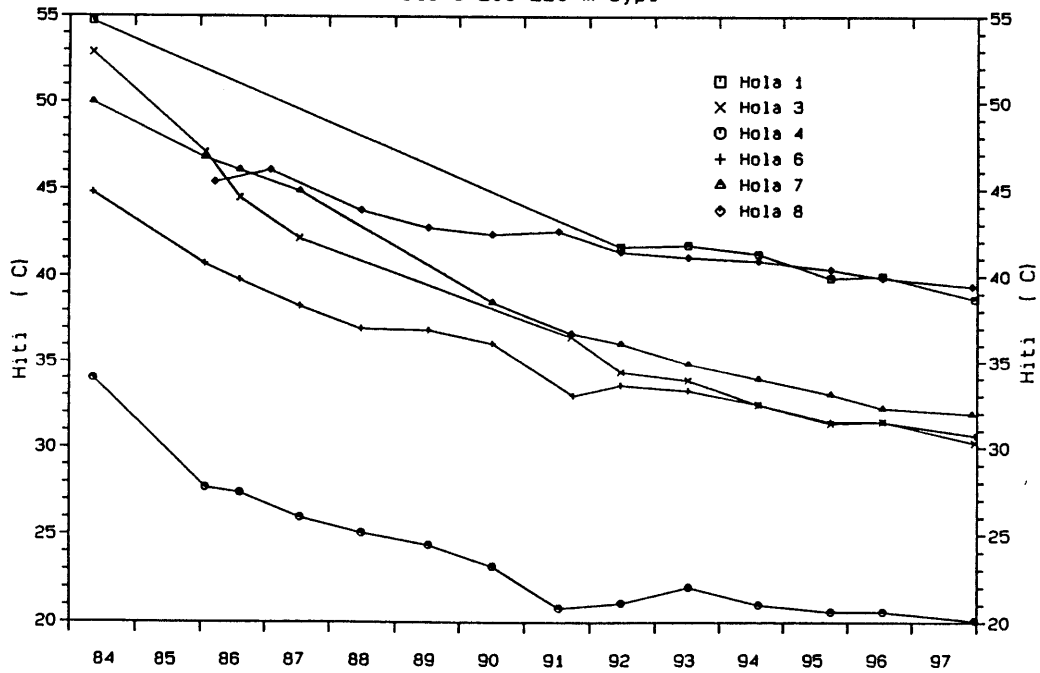
SELFOSSVEITUR  
Hiti á 100-120 m dýpi



9. Hiti á 100-120 m dýpi.

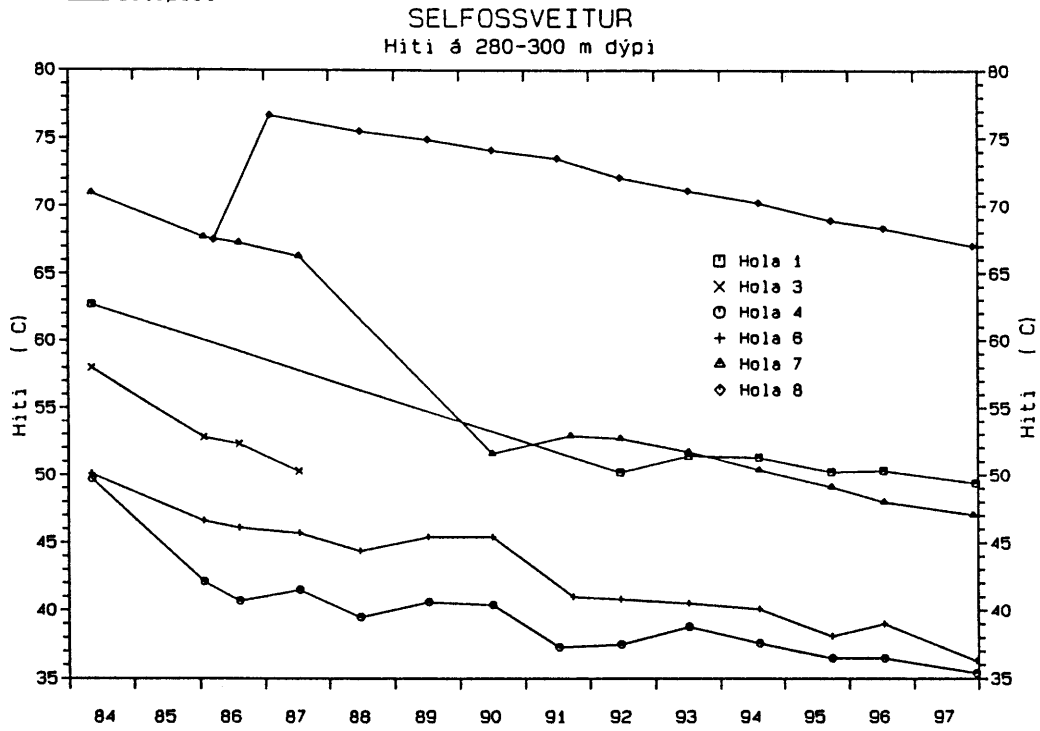
8 Jan 1998 Omar  
Dataplot

SELFOSSVEITUR  
Hiti á 200-220 m dýpi



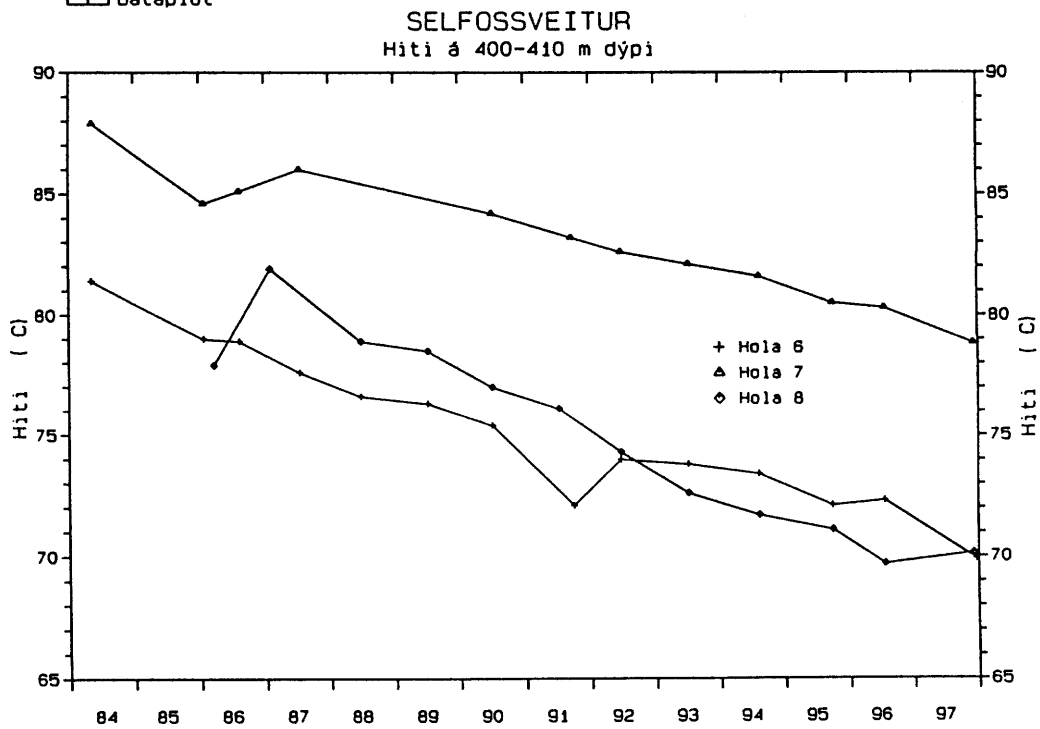
10. Hiti á 200-220 m dýpi.

8 Jan 1998 Omar  
Dataplot



11. Hiti á 280-300 m dýpi.

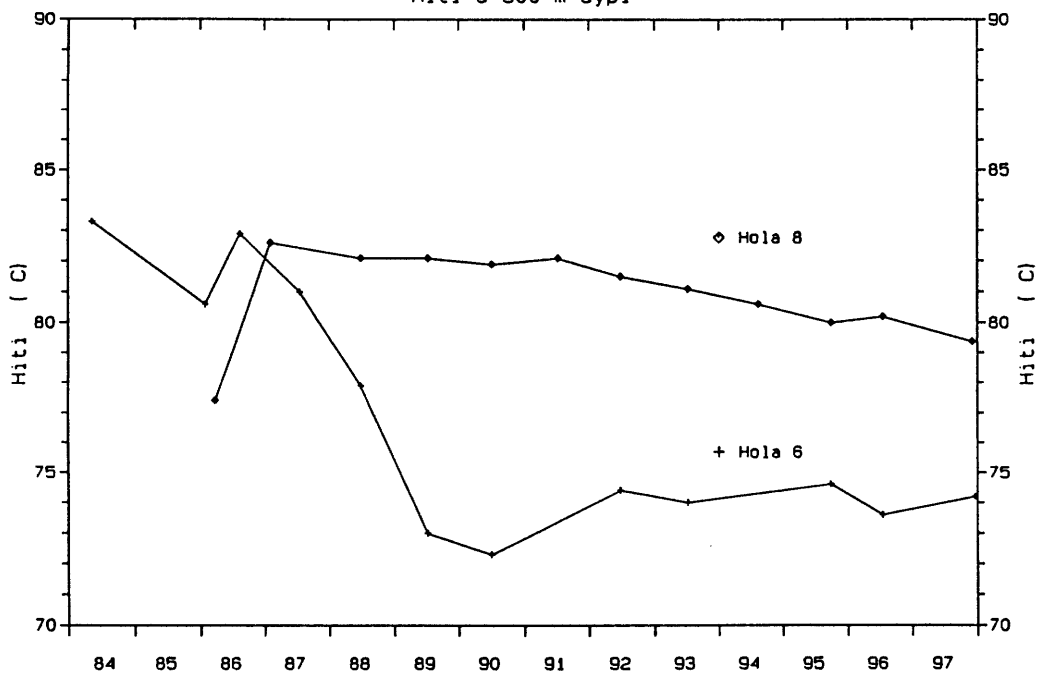
8 Jan 1998 Omar  
Dataplot



12. Hiti á 400-410 m dýpi.

8 Jan 1998 Omar  
Dataplot

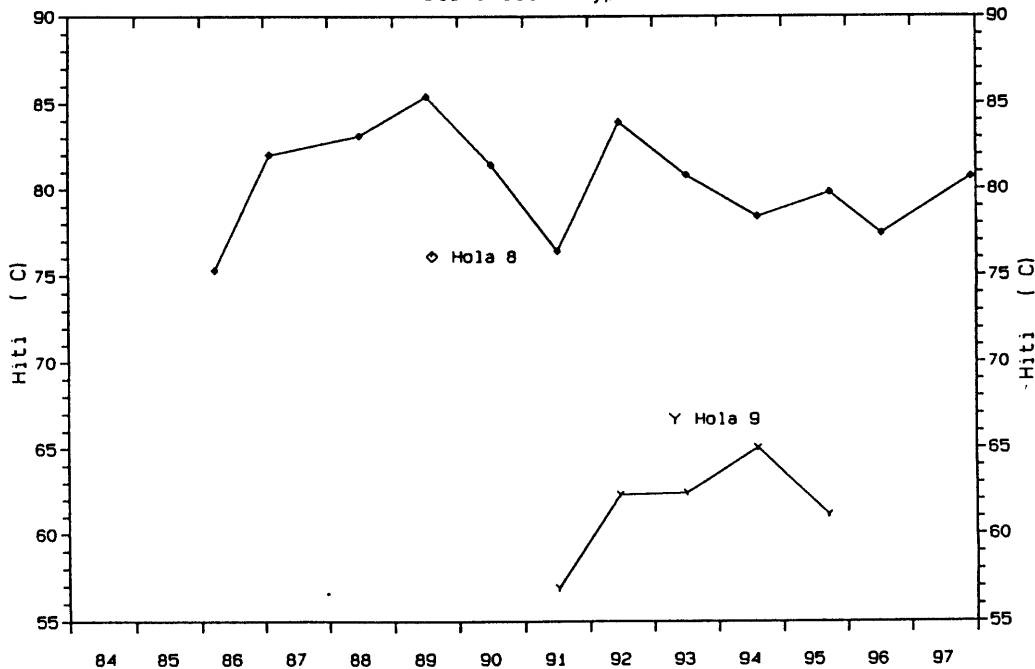
SELFOSSVEITUR  
Hiti á 500 m dýpi



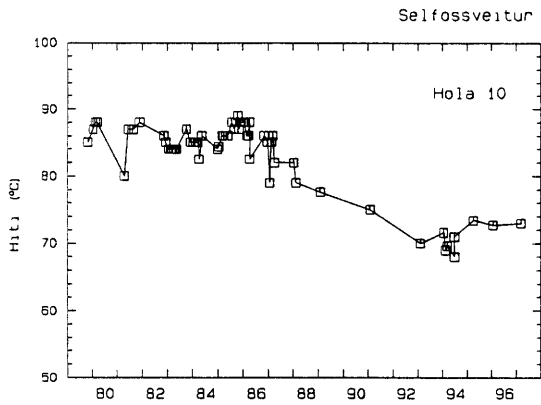
13. Hiti á 500 m dýpi.

8 Jan 1998 Omar  
Dataplot

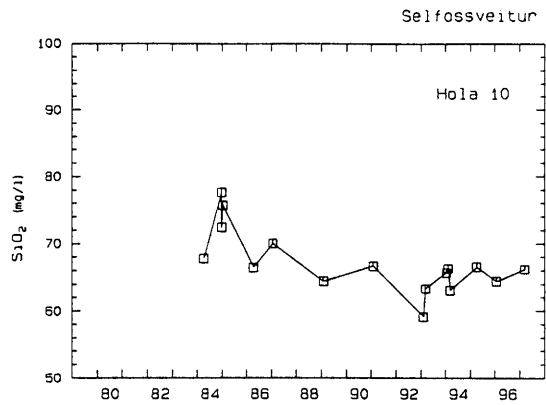
SELFOSSVEITUR  
Hiti á 600 m dýpi



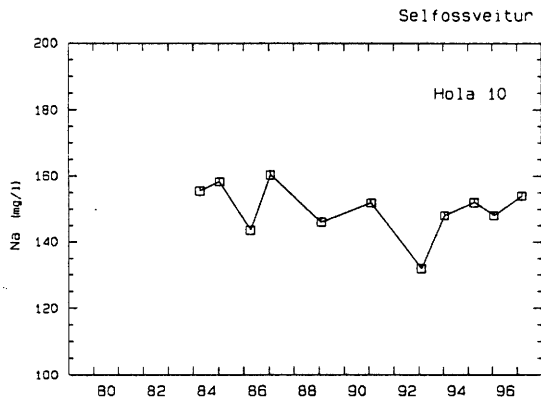
14. Hiti á 600 m dýpi.



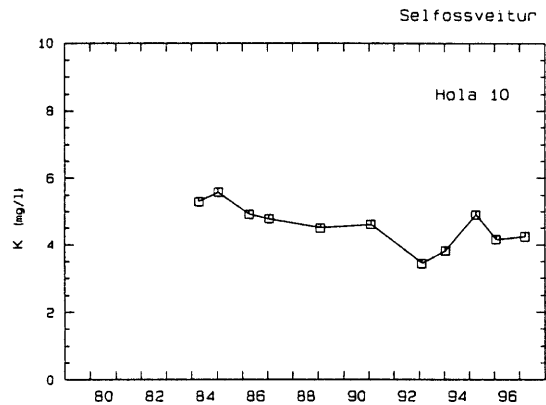
Mynd 15. Hiti vatns úr hólú 10.



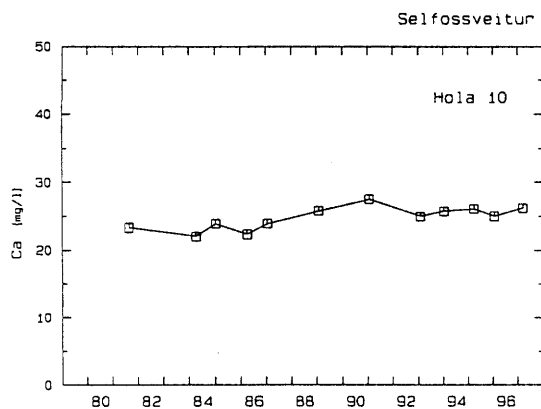
Mynd 16. Styrkur kísils í vatni úr hólú 10.



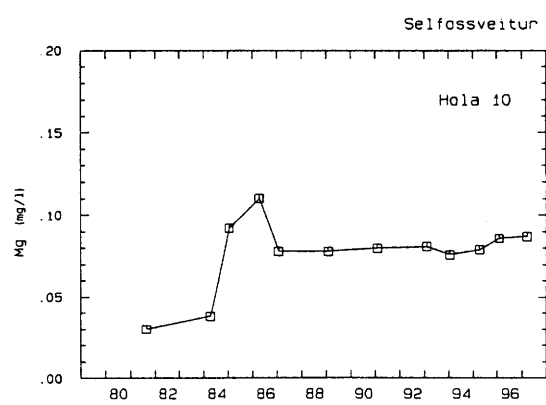
Mynd 17. Styrkur natríúms í vatni úr hólú 10.



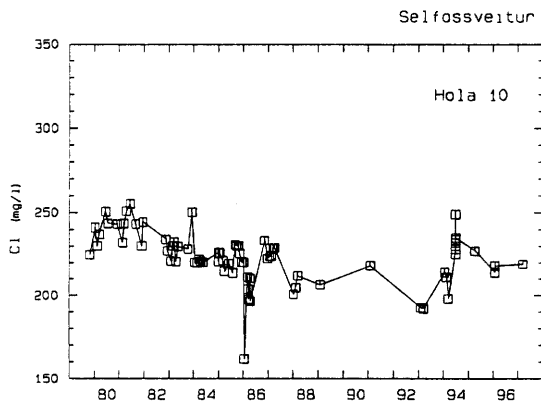
Mynd 18. Styrkur kalíúms í vatni úr hólú 10.



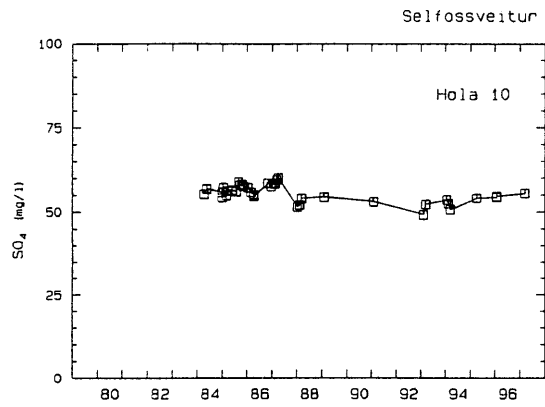
Mynd 19. Styrkur kalsíúms í vatni úr hólú 10.



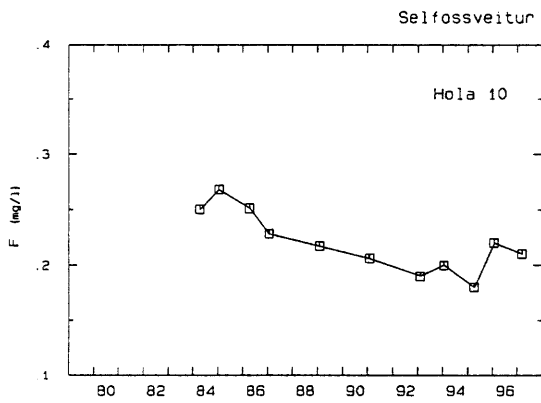
Mynd 20. Styrkur magnesíúms í vatni úr hólú 10.



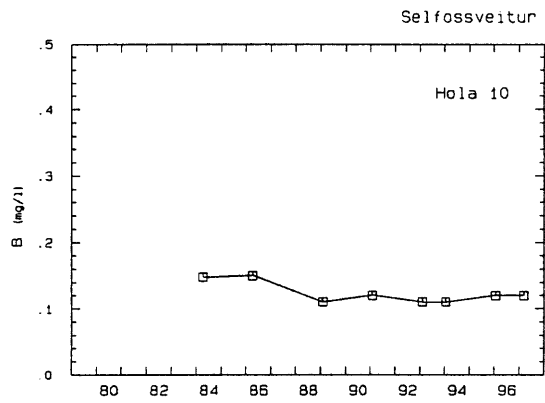
Mynd 21. Styrkur klóríðs í vatni úr hól 10.



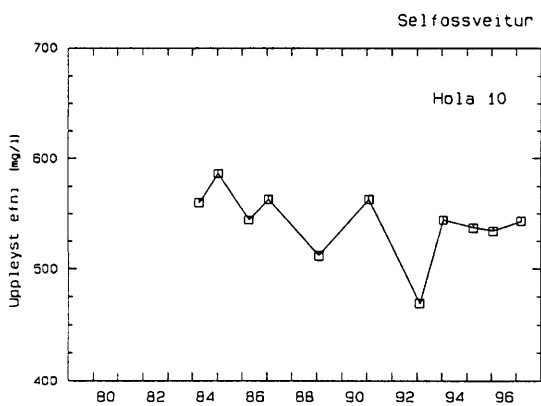
Mynd 22. Styrkur súlfats í vatni úr hól 10.



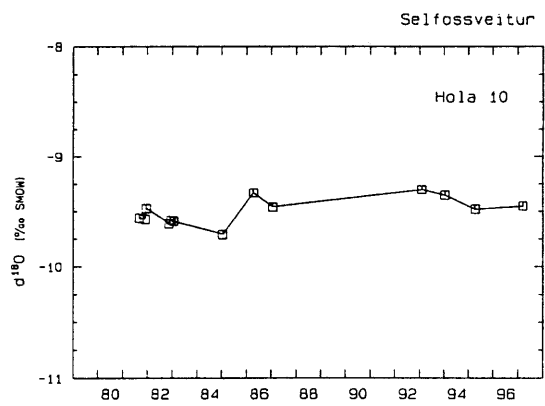
Mynd 23. Styrkur flúoríðs í vatni úr hól 10.



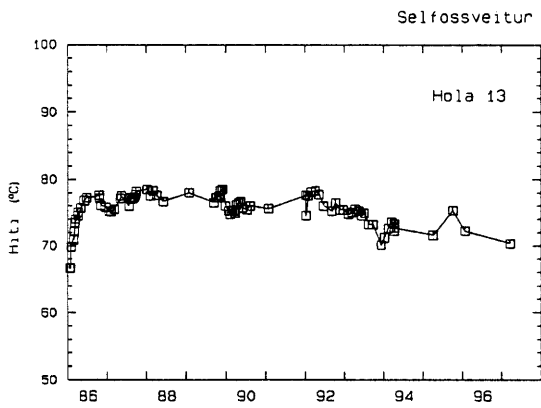
Mynd 24. Styrkur bórs í vatni úr hól 10.



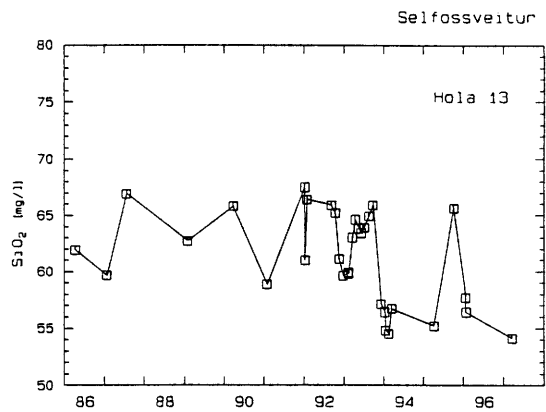
Mynd 25. Uppleyst efni í vatni úr hól 10.



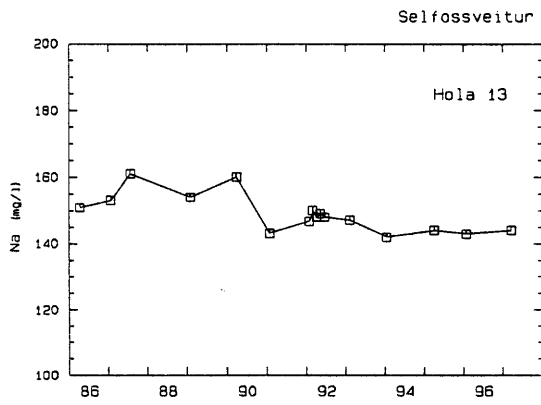
Mynd 26. Súrefnissamsætur í vatni úr hól 10.



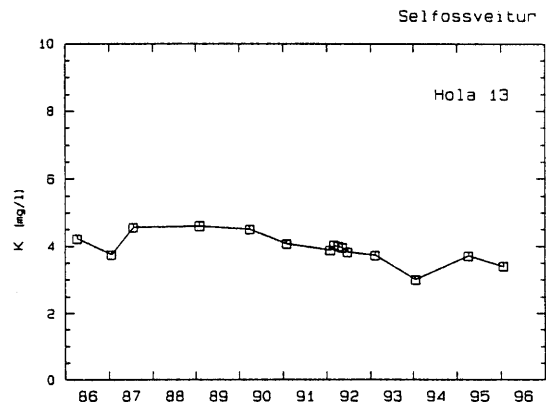
Mynd 27. Hiti vatns úr hólú 13.



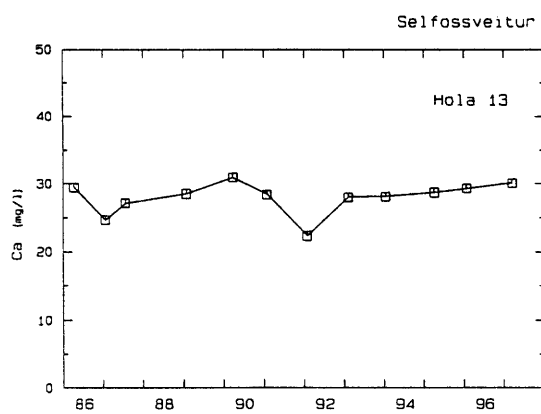
Mynd 28. Styrkur kísils í vatni úr hólú 13.



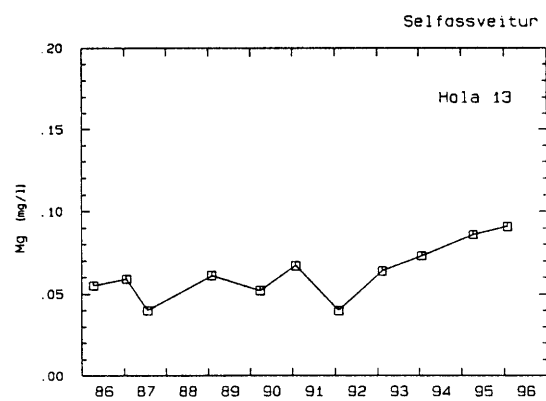
Mynd 29. Styrkur natríúms í vatni úr hólú 13.



Mynd 30. Styrkur kalíúms í vatni úr hólú 13.

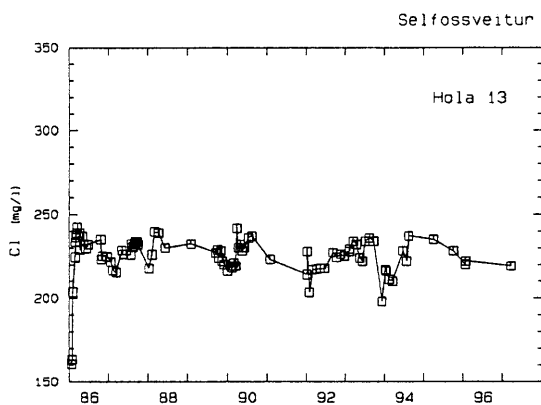


Mynd 31. Styrkur kalsíúms í vatni úr hólú 13.

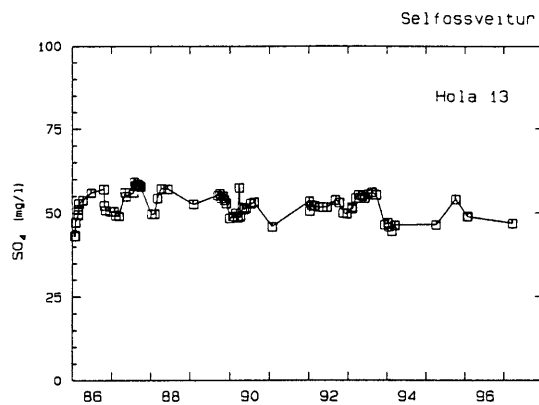


Mynd 32. Styrkur magnesíúms í vatni úr hólú 13.

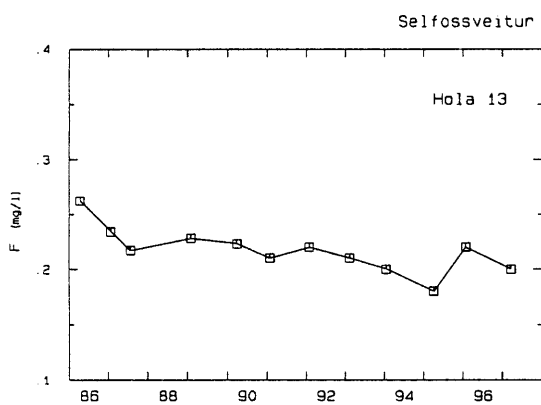




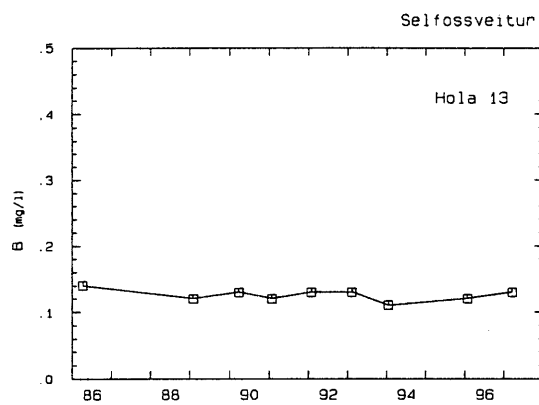
Mynd 33. Styrkur klóríðs í vatni úr holu 13.



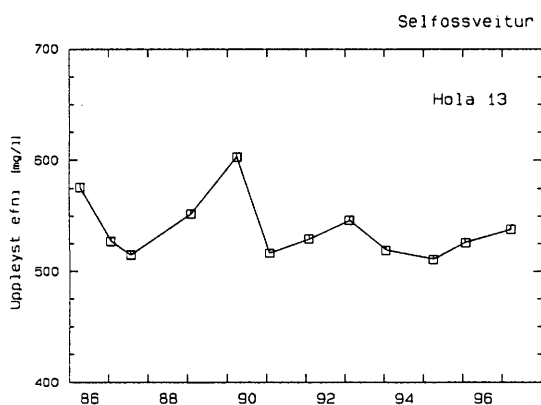
Mynd 34. Styrkur sulfats í vatni úr holu 13.



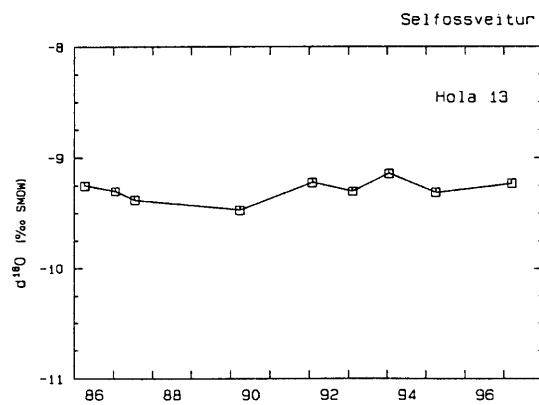
Mynd 35. Styrkur flúoríðs í vatni úr holu 13.



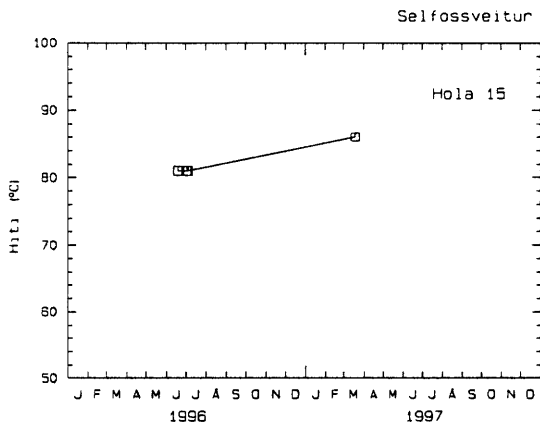
Mynd 36. Styrkur bórs í vatni úr holu 13.



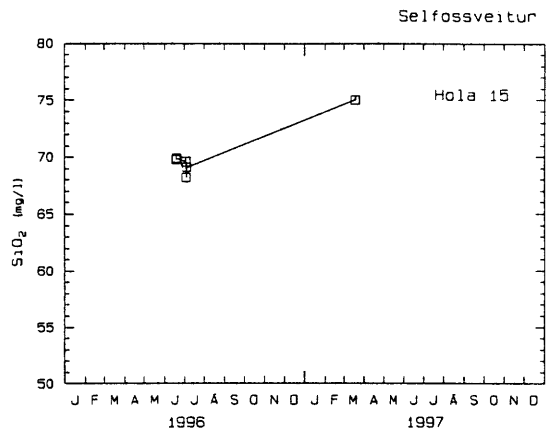
Mynd 37. Uppleyst efni í vatni úr holu 13.



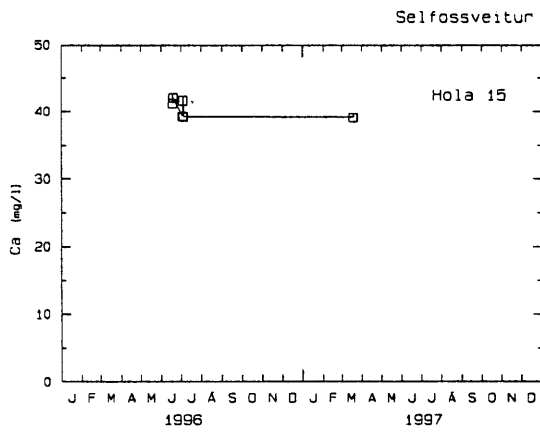
Mynd 38. Súrefnissamsætur í vatni úr holu 13.



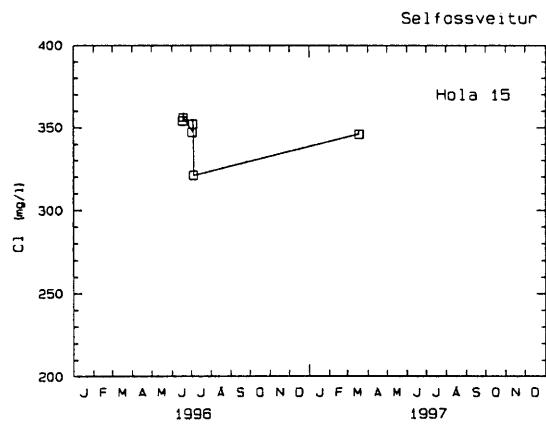
Mynd 39. Hiti vatns úr hól 15.



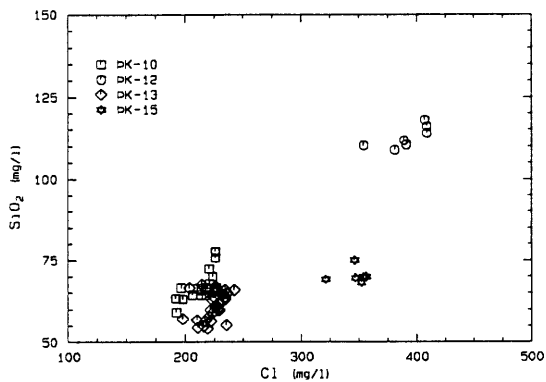
Mynd 40. Styrkur kísils í vatni úr hól 15.



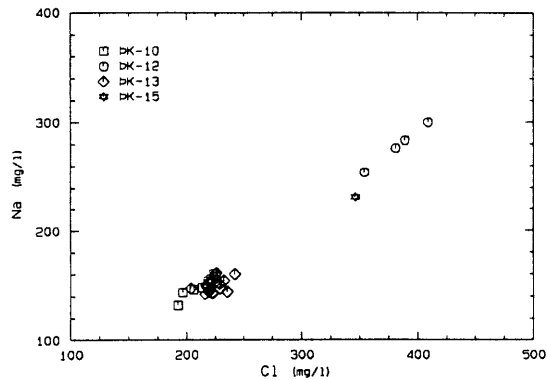
Mynd 41. Styrkur kalsíums í vatni úr hól 15.



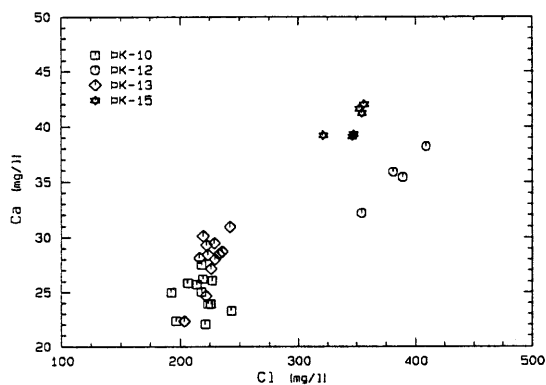
Mynd 42. Styrkur klóríðs í vatni úr hól 15.



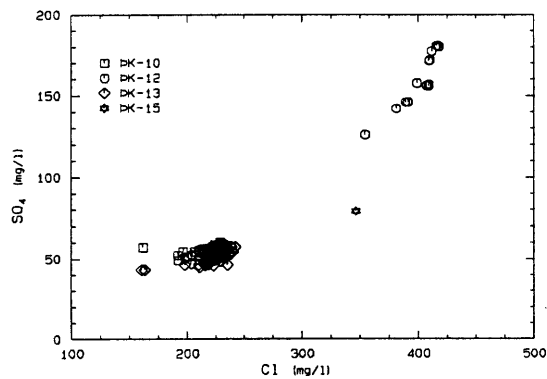
Mynd 43. Styrkur kísils og klóríðs.



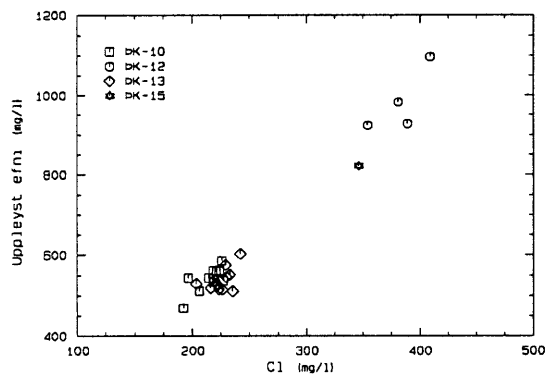
Mynd 44. Styrkur natríums og klóríðs.



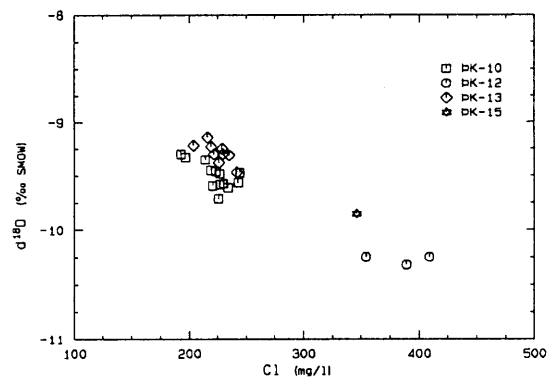
Mynd 45. Styrkur kalsíums og klóríðs.



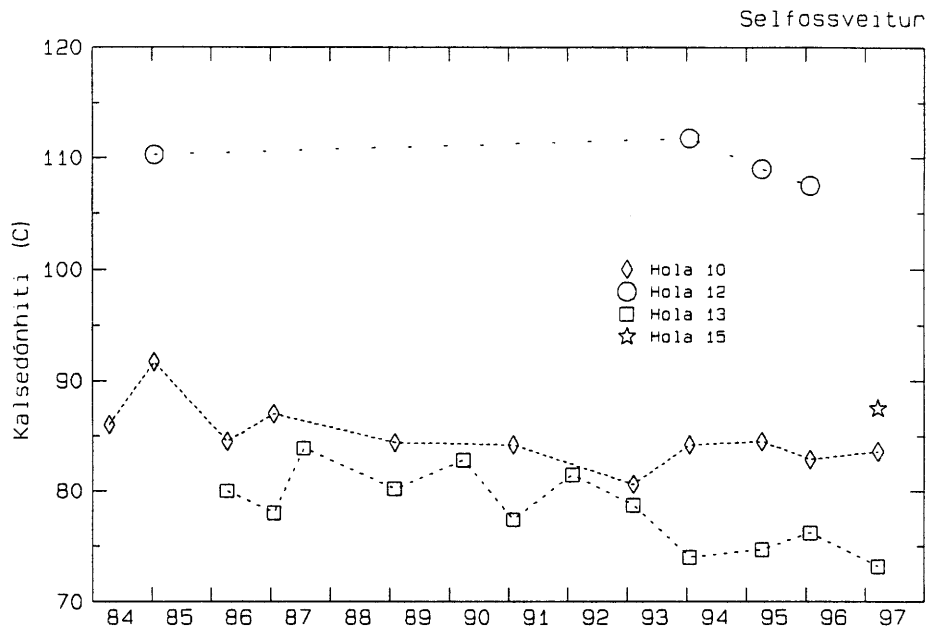
Mynd 46. Styrkur súlfats og klóríðs.



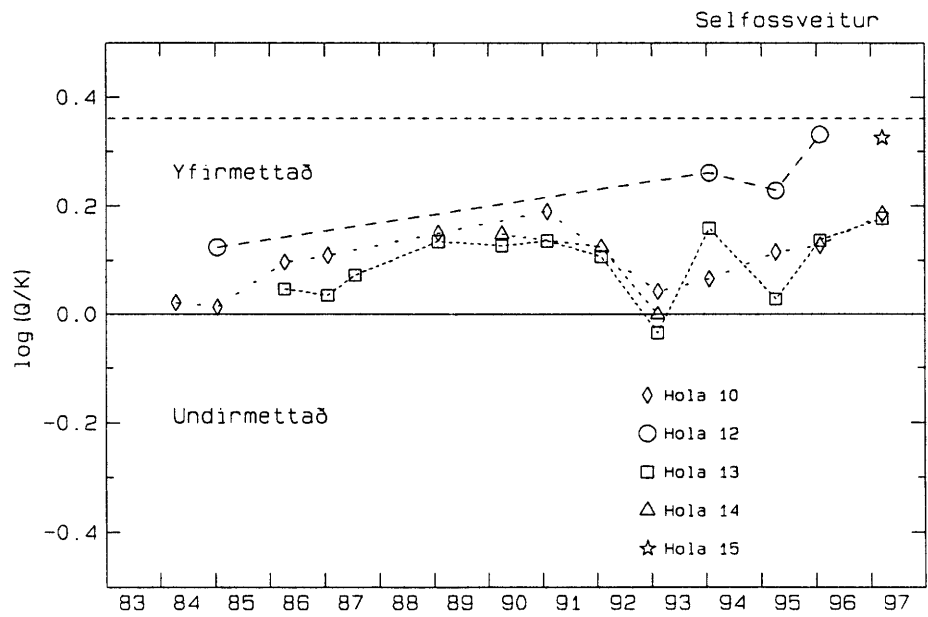
Mynd 47. Styrkur uppleystra efna og klóríðs.



Mynd 48. Súrefnissamsætur og klóríð.



Mynd 49. Kalsedónhiti vatns úr holum 10, 12, 13 og 15.



Mynd 50. Kalkmettun vatns úr holum 10, 12, 13, 14 og 15

## **VIÐAUKI**

**Tafla yfir hitamælingar við Þorleifskot**

Tafla V-1.

SELFOSSEVEITUR

Hitamælingar við Þorleifskot 3. og 18. desember 1997

Holur Dagsetning Tími	ÞK-1 18-12-97 12:45	ÞK-3 18-12-97 15:15	ÞK-4 18-12-97 12:15	ÞK-6 18-12-97 11:25	ÞK-7 3-12-97 17:00	ÞK-8 3-12-97 17:50	HT-11 18-12-97 14:20	HT-16 18-12-97 14:45
Dýpi (m)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)
35.0	26.6							
40.0	30.1							
50.0	37.2		42.2				22.1	16.3
60.0	45.7		48.8				26.0	20.3
70.0	52.5		55.2				30.1	23.8
80.0	54.8		58.1				34.3	27.2
90.0	54.9		58.4	53.9			38.2	30.2
100.0	52.5	59.3	56.0	54.7	52.8		41.6	32.3
110.0	46.2	54.5	50.4	52.9	53.7	54.6	44.6	34.0
120.0	33.0	46.1	39.8	45.8	50.6	55.2	46.7	35.4
130.0	22.6	37.5	24.1	35.4	42.6	54.3	48.6	35.5
140.0	18.7	35.9	22.7	25.0	29.5	51.8	50.1	36.3
150.0	18.4	32.3	19.5	22.8	26.1	47.5	50.3	36.2
160.0	20.6	28.4	19.2	20.0	25.3	42.0	50.5	36.3
170.0	28.0	27.6	17.8	19.0	25.6	36.3	50.2	36.3
180.0	31.2	28.2	18.2	18.4	25.2	33.3	45.2	36.3
190.0	35.2	28.9	19.2	21.2	26.2	33.6	45.2	36.4
200.0	38.7	30.3	20.1	23.8	28.7	35.5	45.2	36.4
210.0	40.8	30.4	21.5	27.8	31.1	36.2	45.2	36.5
220.0	46.8	30.5	23.1	30.7	32.0	39.4	45.2	36.5
221.5							45.2	
230.0	48.9	29.7	23.5	31.6	29.8	43.4		36.5
240.0	50.6	30.4	23.2	32.7	27.5	45.8		36.6
250.0	51.7	33.1	23.6	33.8	29.8	52.4		36.6
253.5		33.7						
260.0	54.5		24.9	33.2	36.3	60.3		36.7
270.0	52.3		26.3	33.4	42.2	64.6		36.7
280.0	45.9		29.2	33.9	45.7	67.0		36.7
290.0	45.7		33.2	34.9	47.2	63.2		36.8
300.0	49.4		35.4	36.3	47.1	57.1		40.1
301.0								40.3
310.0	50.8		35.9	37.9	48.7	52.8		
313.0			35.6					
320.0	50.8			40.1	51.3	50.4		
330.0	53.2			42.0	53.1	50.0		
340.0	58.7			44.5	55.2	50.5		
350.0	62.9			48.1	58.1	50.3		
360.0	65.3			51.7	62.0	52.8		
369.0	66.2							
370.0				61.8	66.6	56.4		
380.0				68.3	71.0	59.3		
390.0				70.7	75.6	62.8		
400.0				69.9	78.9	67.1		

Tafla V-1. frh.

SELFOSSVEITUR

Hitamælingar við Þorleifskot 3. og 18. desember 1997

Holur Dagsetning Tími	PK-1 18-12-97 12:45	PK-3 18-12-97 15:15	PK-4 18-12-97 12:15	PK-6 18-12-97 11:25	PK-7 3-12-97 17:00	PK-8 3-12-97 17:50	HT-11 18-12-97 14:20	HT-16 18-12-97 14:45
Dýpi (m)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)
410.0				70.6	81.7	70.1		
420.0				71.8	83.0	67.9		
425.0					83.3			
430.0				72.8		65.7		
440.0				73.9		66.3		
450.0				74.8		70.5		
460.0				75.4		75.8		
470.0				75.8		77.3		
480.0				75.8		77.6		
490.0				75.2		77.9		
497.0				74.2				
500.0						79.4		
510.0						80.9		
520.0						80.7		
530.0						80.3		
540.0						80.1		
550.0						80.5		
560.0						81.8		
570.0						83.1		
580.0						83.1		
590.0						80.9		
600.0						80.7		
610.0						80.3		
620.0						73.6		
630.0						70.9		
634.0						70.4		