



**ORKUSTOFNUN**

**Rannsóknasvið**

# **HITAVEITA SELTJARNARNESS**

**Vinnslueftirlit 1996-1997**

**Hrefna Kristmannsdóttir  
Sigvaldi Thordarson  
Magnús Ólafsson**

**Unnið fyrir Hitaveitu Seltjarnarness**

**1997**

**OS-97078**



**ORKUSTOFNUN**  
Grensásvegi 9, 108 Reykjavík

Verknr. 610 111

**Hrefna Kristmannsdóttir  
Sigvaldi Thordarson,  
Magnús Ólafsson**

## **HITAVEITA SELTJARNARNESS**

### **Vinnslueftirlit 1996-1997**

**Unnið fyrir Hitaveitu Seltjarnarness**

**OS-97078**

**Desember 1997**



<b>Skýrsla nr.:</b> OS-97078	<b>Dags.:</b> Desember 1997	<b>Dreifing:</b> <input checked="" type="checkbox"/> Opin <input type="checkbox"/> Lokuð til
<b>Heiti skýrslu / Aðal- og undirtitill:</b> HITAVEITA SELTJARNARNESS Vinnslueftirlit 1996-1997	<b>Upplag:</b> 20	
	<b>Fjöldi síðna:</b> 28	
<b>Höfundar:</b> Hrefna Kristmannsdóttir Sigvaldi Thordarson Magnús Ólafsson	<b>Verkefnisstjóri:</b> Hrefna Kristmannsdóttir	
<b>Gerð skýrslu / Verkstig:</b> Árlegt vinnslueftirlit	<b>Verknúmer:</b> 610 111	
<b>Unnið fyrir:</b> Hitaveitu Seltjarnarness		
<b>Samvinnuaðilar:</b>		
<b>Útdráttur:</b> Í skýrslunni er gerð grein fyrir niðurstöðum vinnslueftirlits með jarðhitasvæðinu á Seltjarnarnesi árið 1997, ásamt yfirliti um vatnsvinnlu og vatnsborðsmælingar á tímabilinu des. '96 til des. '97. Efnæftirlit hjá Hitaveitunni er tiltölulega umfangsmikið vegna þess hversu vatnið er salt og breytingar á efnasamsetningu þess órar. Sýni til heildarefnagreininga voru tekin tvisvar á árinu og á vegum hitaveitunnar voru tekin sýni nokkuð reglulega til mælinga á leiðni, sem nú er notuð í stað klóríðs sem mælikvarði á seltu vatnsins. Almennt séð hefur dregið mjög úr hækkun seltu í vinnsluvatni. Vatnið er talsvert yfirmettað af kalki og þarf að fylgjast vel með þeim þætti. Veruleg óregla hefur verið á sjálfvirkri skráningu vinnslugagna á síðustu tveimur árum en stemmt er að því að koma því í betra horf. Búnaður til útfellingaprófunar hefur gefið sig og verður endurbættur á næstunni. Kólnun vinnsluvatns úr SN-4 í kjölfar dælingar úr SN-12 virðist varanleg, enda vatn sótt dýpra í SN-12 og hún nær aðaluppstreymi kerfisins. Vinnsla var svipuð árið 1997 og 1996. Vatnsborð í holum SN-1, 2 og 3 er svipað og árið 1996 og vatnsborð í SN-12 breytist lítið milli ára.		
<b>Lykilorð:</b> Lághitasvæði, vinnsla, eftirlit, þrýstingur, hiti, efnastyrkur, útfellingar, líkan	<b>ISBN-númer:</b>	
	<b>Undirskrift verkefnisstjóra:</b> <i>Hrefna Kristmannsdóttir</i>	
	<b>Yfirlit af:</b> MÓ	

## EFNISYFIRLIT

1. INNGANGUR	5
2. EFNAEFTIRLIT	5
3. ÚTFELLINGAHÆTTA	16
4. VINNSLGÖGN	18
4.1 Vinnsla	19
4.2 Vatnshiti	21
4.3 Vatnsborð	22
5. TILLÖGUR UM ÚRVINNSLU GAGNA OG LÍKANREIKNINGA	25
5.1 Úrvinnsla gagna frá borun og prófun holna 6 og 12	25
5.2 Líkanreikningar	26
6. SAMANDREGNAR NIÐURSTÖÐUR	27
7. HEIMILDIR	28

## TÖFLUR

Tafla 1. Efnasamsetning vatns úr holu SN-4	6
Tafla 2. Efnasamsetning vatns-úr holu SN-6	6
Tafla 3. Efnasamsetning vatns úr holu SN-12	7
Tafla 4. Leiðni og klóríð í sýnum úr holu SN-4, 1996-1997	7
Tafla 5. Leiðni og klóríð í sýnum úr holu SN-5, 1996-1997	8
Tafla 6. Leiðni og klóríð í sýnum úr holu SN-12, 1996-1997	9
Tafla 7. Vatnsvinnsla úr holum 01.01.1997 - 21.12.1997	21
Tafla 8. Mánaðarmeðaltal heildarrennslis áráanna 1991 til 1997	21

## MYNDIR

Mynd 1. Breytingar í leiðni með tíma í holu SN-4	11
Mynd 2. Breytingar í styrk klóríðs með tíma í holu SN-4	12
Mynd 3. Breytingar í styrk kísils með tíma í holu SN-4	12
Mynd 4. Breytingar í leiðni með tíma í holu SN-5	13
Mynd 5. Breytingar í styrk klóríðs með tíma í holu SN-5	13
Mynd 6. Breytingar í styrk kísils með tíma í holu SN-5	14
Mynd 7. Breytingar í leiðni með tíma í holu SN-12	14
Mynd 8. Breytingar í styrk klóríðs með tíma í holu SN-12	15

Mynd 9. Breytingar í styrk kísils með tíma í holu SN-12	15
Mynd 10. Kalkmettun vinnsluvatns úr holu SN-4	17
Mynd 11. Kalkmettun vinnsluvatns úr holu SN-5	17
Mynd 12. Kalkmettun vinnsluvatns úr holu SN-12	18
Mynd 13. Sjálfvirkar rennslismælingar í holum SN-4, SN-5 og SN-12	20
Mynd 14. Sjálfvirkar hitamælingar í holum SN-4 og SN-12	22
Mynd 15. Vatnsborð í holum SN-1, SN-2 og SN-3	23
Mynd 16. Vatnsborð í holum SN-4, SN-5, SN-6 og SN-12	24
Mynd 17. Sjálfvirkar vatnsborðsmælingar í holu SN-6	25

## 1. INNGANGUR

Í eftirfarandi skýrslu eru teknar saman niðurstöður vinnslueftirlits með jarðhitasvæðinu á Seltjarnarnesi, samkvæmt samningi Hitaveitu Seltjarnarness og Orkustofnunar nr. 626011-1987. Sambærilegar skýrslur hafa verið gefnar út árlega frá 1988 (Hrefna Kristmannsdóttir o.fl., 1992, 1993, 1994, 1995, 1996). Teknar eru saman niðurstöður efnaeftirlits 1997 og gefið yfirlit yfir vatnsvinnslu og vatnsborðsmælingar á tímabilinu desember 1996 til desember 1997.

Efnaeftirlit hjá Hitaveitu Seltjarnarness hefur jafnan verið umfangsmeira en hjá mörgum öðrum hitaveitum. Þetta stafar einkum af því hversu salt vatnið er og hversu örar breytingar hafa verið á efnasamsetningu. Há selta virkar hvetjandi á öll efnahvörf og því þarf að hafa vakandi auga með hugsanlegri súrefnisupptöku og útfellingahættu. Jarðhitakerfið er mjög flókið og holurnar taka vatn úr misheitum og söltum vatnskerfum og er því ekki nóg að fylgjast með einni vinnsluholu. Talsverð yfirmettun kalks er í vatninu og hefur hún aukist með tímanum. Vegna rekstraröryggis þarf því að hafa gott eftirlit með þeim þætti svo unnt sé að bregðast strax við með aðgerðum ef á þyrfti að halda. Eins og hitaveitukerfið á Seltjarnarnesi er uppbyggt og rekið ætti að vera lágmarks hættu á að rekstrarvandamál komi upp þrátt fyrir að efnasamsetning vatnsins sé óheppileg til beinnar nýtingar í ofnakerfi og sem kranavatn.

Rennsli og hitastig er skráð sjálfvirkt úr öllum vinnsluholum. Vatnsborð hefur verið skráð sjálfvirkt í holum 4 og 6, en lesið af handvirkt í holum 5 og 12. Mælirör í SN-4 er nú í sundur svo þar nást ekki mælingar á vatnsborði. Á undanförmum tveimur árum hafa verið verulegar truflanir á sjálfvirkri skráningu vinnslugagna, en vonir standa til að því verði hægt að koma í betra lag á næstunni.

## 2. EFNAEFTIRLIT

Sýni til heildarefnagreininga voru tekin tvisvar á árinu. Í fyrra skiptið, þann 12. júní, var tekið úr holum SN-5 og SN-12 og í seinna skiptið, þann 10. nóvember, úr holum SN-4, SN-5 og SN-12. Hóla SN-6 var ekkert nýtt á árinu. Starfsmenn hitaveitunnar tóku auk þess sýni nokkuð reglulega til mælinga á leiðni úr vinnsluholum veitunnar.

Niðurstöður heildarefnagreininga sýna úr holu SN-4 eru í töflu 1, úr holu SN-5 í töflu 2 og úr holu SN-12 í töflu 3. Til samnburðar eru sýndar niðurstöður greininga á nokkrum eldri sýnum. Niðurstöður leiðnimælinga eru sýndar í töflum 4 (hóla SN-4), 5 (hóla SN-5) og 6 (hóla SN-12).

Farið hefur verið út í það að mæla leiðni í stað klóríðs, sem mælikvarða á seltu og þar með sjómengun vinnsluvatnsins þar sem þær mælingar eru helmingi ódýrari og gefa nær sömu upplýsingar. Á síðasta ári hefur aðeins verið mælt klóríð til viðmiðunar í örfáum þeirra sýna sem starfsmenn Hitaveitu Seltjarnarness hafa safnað, en leiðni í þeim flestum.

**Tafla 1. Efnasamsetning vatns úr holu SN-4 (mg/l).**

Dagsetning Númer	93.05.18 93-0085	93.10.18 93-0213	94.06.14 94-0082	95.05.09 95-0077	95.11.21 95-0344	96.11.28 96-0529	97.11.10 970681
Hiti Sýrustig (pH/°C)	109,2 8,4/24	110,0 8,4/22	109,0 8,3/23	107,2 8,5/24	107,7 8,4/22	96,8 8,3/21	96,7 8,2/22
Kísill (SiO <sub>2</sub> )	104,5	104,7	104,8	97,7	100,2	108,7	102,0
Natríum (Na)	583	590	615	633	630	633	668
Kalíum (K)	12,2	11,8	12,2	16,5	11,8	13,2	13,2
Kalsíum (Ca)	486	480	495	549	520	466	472
Magnesium (Mg)	0,30	0,39	0,55	0,26	0,36	0,70	1,09
Karbonsat (CO <sub>2</sub> )	7,8	7,9	11,4	7,9	11,4	13,0	14,8
Súlfat (SO <sub>4</sub> )	284	295	276	292	277	276	205
Brennist.vetni (H <sub>2</sub> S)	0,09	0,07	<0,03	0,09	0,08	0,12	0,08
Klóríð (Cl)	1534	1547	1562	1691	1654	1625	1774
Flúoríð (F)	0,66	0,66	0,63	0,62	0,60	0,60	0,55
Uppleyst efni	3316	3152	3428	3598	3550	3445	3100
Súrefni (O <sub>2</sub> )	0	0	0	0	0	0	0
Bór (B)	-	0,21	0,23	0,22	0,22	0,25	0,25
Ál (Al)	-	-	-	0,021	0,018	-	-
δ <sup>18</sup> O (‰ SMOW)	-10,38	-10,37	-	-10,50	-10,27	-10,40	-10,27

**Tafla 2. Efnasamsetning vatns úr holu SN-5 (mg/l).**

Dagsetning Númer	92.04.02 92-0061	92.09.24 92-0212	93.05.18 93-0086	93.10.18 93-0212	97.06.12 97-0351	97.11.10 97-0682
Hiti (°C) Sýrustig (pH/°C)	95,2 8,4/26	97,7 8,4/24	96,2 8,4/24	99,4 8,4/22	99,6 8,5/22	91,6 8,5/22
Kísill (SiO <sub>2</sub> )	106,4	106,5	103,4	110,0	109,1	115,7
Natríum (Na)	524	518	559	494	491	428
Kalíum (K)	10,7	10,9	11,3	10,0	10,4	9,45
Kalsíum (Ca)	315	325	382	302	303	245
Magnesium (Mg)	0,41	0,35	0,46	0,21	0,19	0,11
Karbonsat (CO <sub>2</sub> )	11,3	9,1	7,9	11,3	8,5	17,1
Súlfat (SO <sub>4</sub> )	214	218	229	219	204	181
Brennist.vetni (H <sub>2</sub> S)	0,10	0,11	0,03	0,13	0,21	0,25
Klóríð (Cl)	1218	1237	1348	1134	1194	961
Flúoríð (F)	0,71	-	0,68	0,77	0,74	0,89
Uppleyst efni	2601	2734	2888	2288	2320	1750
Súrefni (O <sub>2</sub> )	0	-	0	0	0	0
Brómíð (Br)	4,7	4,3	4,7	-	3,8	-
Bór (B)	0,20	-	-	0,20	0,21	0,21
Ál (Al)	0,016	0,021	-	-	0,026	-
δ <sup>18</sup> O (‰ SMOW)	-9,71	-10,46	-10,35	-10,48	-10,5	-10,52

**Tafla 3.** Efnasamsetning vatns úr holu SN-12 (mg/l).

Dagsetning Númer	95.10.13 95-0173	96.08.02 96-0190	97.06.12 97-0352	97.11.10 97-0683
Hiti (°C)	95,5	108,8	106,8	107,8
Sýrustig (pH/°C)	8,3/21,5	8,4/23	8,4/22	8,3/22
Kísill (SiO <sub>2</sub> )	98,9	101,4	99,9	105,0
Natríum (Na)	723	630	634	601
Kalíum (K)	14,8	12,4	12,5	12,1
Kalsíum (Ca)	594	506	523	491
Magnesíum (Mg)	0,51	0,25	0,18	0,27
Karbónat (CO <sub>2</sub> )	7,8	10,4	12,2	14,1
Súlfat (SO <sub>4</sub> )	309,7	282,7	285,0	221,1
Brennist.vetni (H <sub>2</sub> S)	0,11	0,11	0,11	0,18
Klóríð (Cl)	1930	1696	1723	1683
Flúoríð (F)	0,51	0,63	0,61	0,68
Uppleyst efni	3908	3700	4030	2800
Súrefni (O <sub>2</sub> )	0	0	0	0
Ál (Al)	0,007	0,016	0,029	-
Bór (B)	0,26	0,24	0,98	0,17
Járn (Fe)	0,037	0,004	0,006	-
Mangan (Mn)	-	0,014	0,007	0,008
δ <sup>18</sup> O (‰ SMOW)	-10,37	-10,42	-10,4	-10,53

**Tafla 4.** Leiðni og klóríð í sýnum úr holu SN-4, 1996 - 1997.

Dagsetning	Númer	Leiðni (µs/cm)	Klóríð (mg/l)
96.11.28	96-0584	5360	
96.12.05	96-0587	5520	
96.12.12	96-0590	5430	
96.12.19	96-0593	5250	
96.12.30	96-0596	5270	
97.01.02	97-0024	5230	
97.01.09	97-0027	4970	
97.01.17	97-0030	5050	
97.01.23	97-0033	5000	1653
97.01.31	97-0068	5280	
97.02.06	97-0071	5320	
97.02.13	97-0074	5310	
97.02.21	97-0077	5380	
97.02.27	97-0080	5370	
97.03.14	97-0083	5330	
97.03.21	97-0241	5740	



Dagsetning	Númer	Leiðni ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ )	Klóríð ( $\text{mg}/\text{l}$ )
97.04.04	97-0244	5870	
97.04.11	97-0247	5780	
97.09.12	97-0847	5980	
97.09.18	97-0848	5780	
97.09.30	97-0849	5560	
97.10.10	97-0850	5330	
97.10.17	97-0851	5260	
97.10.24	97-0852	5130	
97.10.31	97-0853	5140	
97.11.07	97-0854	4010	
97.11.10	97-0681*	5270	1774
97.11.14	97-0855	5210	
97.11.21	97-0856	5070	
*: heilsýni			

**Tafla 5.** Leiðni og klóríð í sýnum úr holu SN-5, 1996 - 1997.

Dagsetning	Númer	Leiðni ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ )	Klóríð ( $\text{mg}/\text{l}$ )
96.11.28	96-0585	3890	
96.12.05	96-0588	3920	
96.12.12	96-0591	3940	
96.12.19	96-0594	3960	
96.12.30	96-0597	4010	
97.01.02	97-0025	3730	
97.01.09	97-0028	3780	
97.01.17	97-0031	3770	
97.01.23	97-0034	3780	
97.01.31	97-0069	3860	
97.02.06	97-0072	3850	
97.02.13	97-0075	3880	
97.02.21	97-0078	3920	
97.02.27	97-0081	3920	
97.03.14	97-0084	3910	
97.03.21	97-0242	5490	
97.04.04	97-0245	4190	
97.04.11	97-0248	4200	
97.04.25	97-0250	4290	
97.05.05	97-0252	5960	
97.05.12	97-0254	4380	

Dagsetning	Númer	Leiðni ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ )	Klóríð ( $\text{mg}/\text{l}$ )
97.05.15	97-0256	4440	
97.06.12	97-0351*	3950	1194
97.11.07	97-0857	3670	
97.11.10	97-0682*	3440	961
97.11.14	97-0858	3520	
97.11.21	97-0859	3660	
*: heilsýni			

**Tafla 6.** Leiðni og klóríð í sýnum úr holu SN-12, 1996 - 1997.

Dagsetning	Númer	Leiðni ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ )	Klóríð ( $\text{mg}/\text{l}$ )
96.11.28	96-0586	5460	
96.12.05	96-0589	5460	
96.12.12	96-0592	5460	
96.12.19	96-0595	5510	
96.12.30	96-0598	5600	
97.01.02	97-0026	4920	
97.01.09	97-0029	4910	
97.01.17	97-0032	4950	
97.01.23	97-0035	4900	4900
97.01.31	97-0070	5130	
97.02.06	97-0073	5120	
97.02.13	97-0076	5120	
97.02.21	97-0079	5160	
97.02.27	97-0082	5120	
97.03.14	97-0085	5160	
97.03.21	97-0243	4130	
97.04.04	97-0246	5520	
97.04.11	97-0249	5500	
97.04.25	97-0251	5800	
97.05.05	97-0253	4360	
97.05.12	97-0255	5950	
97.05.15	97-0257	6030	
97.05.22	97-0860	6160	
97.06.02	97-0861	6000	
97.06.05	97-0862	5990	
97.06.12	97-0863	5720	
97.06.12	97-0352*	5650	1723
97.06.23	97-0864	6120	

Dagsetning	Númer	Leiðni ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ )	Klóríð ( $\text{mg}/\text{l}$ )
97.06.30	97-0865	6100	
97.08.08	97-0866	5890	
97.08.15	97-0867	5810	
97.08.22	97-0868	5800	
97.09.05	97-0869	5720	
97.09.12	97-0870	5690	
97.09.18	97-0871	5550	
97.09.30	97-0872	5430	
97.10.10	97-0873	5390	
97.10.17	97-0874	5430	
97.10.24	97-0875	5440	
97.10.31	97-0876	5410	
97.11.07	97-0877	5260	
97.11.10	97-0683*	5420	1683
97.11.14	97-0878	5580	
97.11.21	97-0879	5550	
*: heilsýni			

Á sama hátt og breytingar í klóríðstyrk sýndu áður (myndir 2, 5, 8) þá sýna mælingar á leiðninni (myndir 1, 4, 7) að selta vatnsins er mjög breytileg og verulega háð vinnslunni. Almenn séð hefur mjög hægt á hækkun seltu í vinnsluvatni gömlu vinnsluholnanna, þótt einstakir mjög háir toppar hafi komið fram í mælingum. Selta vatnsins í holu SN-12 var mjög há í upphafi en hefur farið lækkandi. Nokkuð áberandi er að neikvæð fylgni virðist vera á milli seltu og kísilstyrks, sem er í samræmi við fyrri athuganir, þ.e. kaldara vatnið er saltara. Má minna á að við djúpsýnatöku í holu SN-6 fyrir nokkrum árum kom upp vatn (Hrefna Kristmannsdóttir 1994), sem var verulega ferskara (um 250 mg/l af klóríði) en fyrr hefur sést á þessu svæði og kísilstyrkur benti til um 150 °C hita.

Þótt selta vinnsluvatnsins sé orðin nær 10% af sjávarseltu tærir vatnið ekki verulega stállagnir svo lengi sem súrefni kemst ekki inn í dreifikerfið og flestar gerðir forhitara endast sémilega í þessu vatni.

Eitt heilsýni var tekið úr holu SN-4 á árinu. Niðurstöður eru sýndar í töflu 1. Samanburður við fyrri sýni úr holunni (tafla 1 og myndir 1, 2 og 3) sýna ekki umtalsverðar breytingar þegar til lengri tíma er lítið, en sveiflur líklega tengdar breytilegri dælingu eftir árstíma eru augljósar. Þó má sjá á mynd 2, sem sýnir styrk klóríðs, að vatnið verður smátt og smátt klóríðríkara (saltara) eftir því sem fram líða stundir.

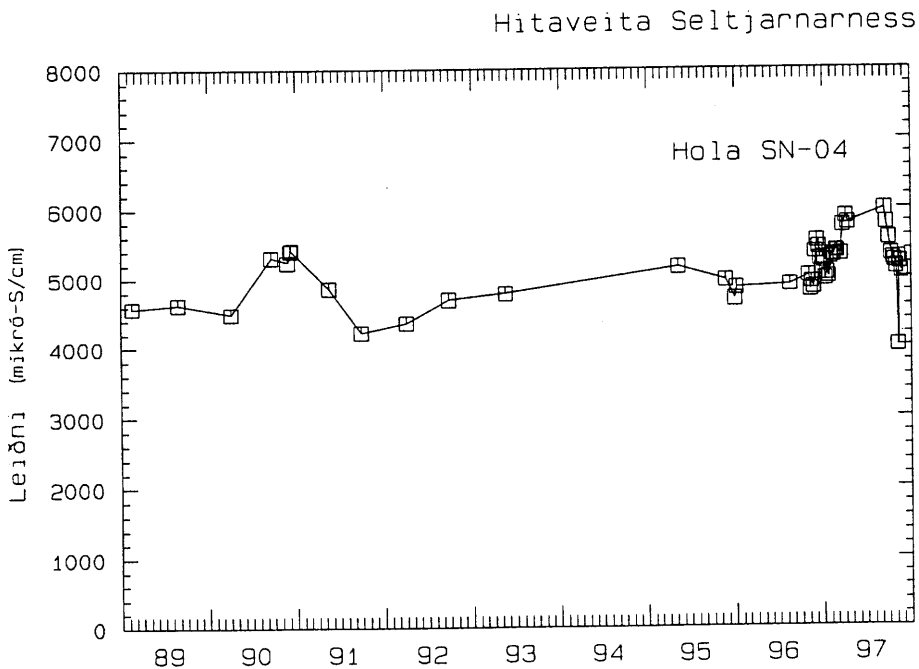
Eftir að SN-12 var boruð breyttist efnasamsetning vatns úr holu SN-4 verulega og kólnaði í kjölfarið (Hrefna Kristmannsdóttir o.fl., 1996), væntanlega vegna niðurrennslis í SN-12. Þegar farið var að dæla úr holu SN-12 kólnaði vinnsluvatn SN-4 enn frekar og virðist sú breyting vera varanleg. SN-12 tekur vatn sitt dýpra en SN-4 og er líklega nær aðaluppstreymi kerfisins svo þetta er ekki óeðlileg afleiðing vinnslu úr henni á vinnslueiginleika SN-4. Áhrif SN-12 á holu SN-6 virtust vera mun minni, en þar sem SN-6 hefur verið mjög lítið notuð er reynsla af samspili þeirra

minni.

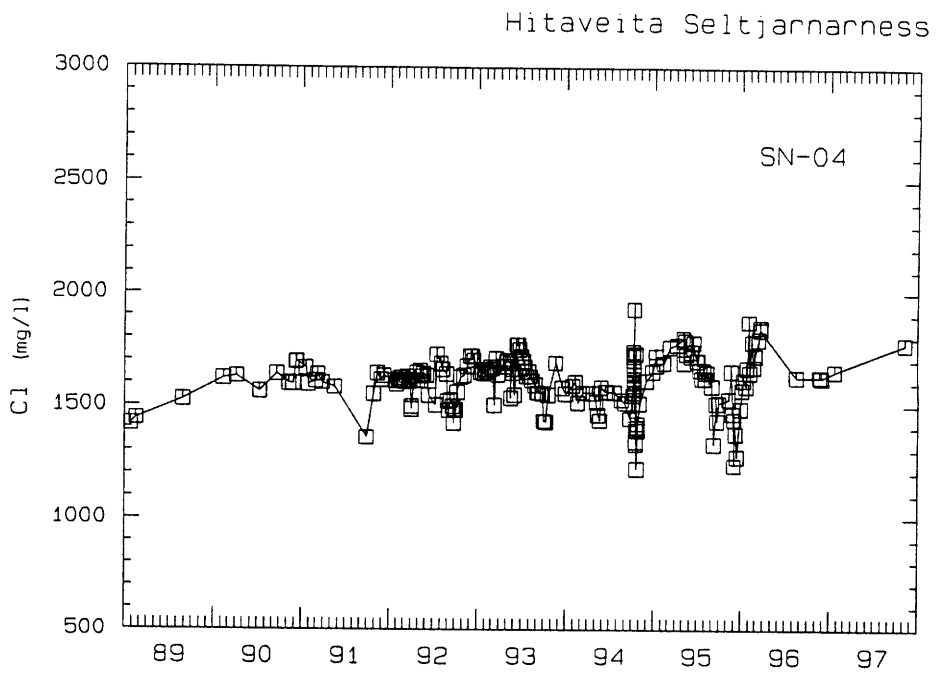
Tvö heilsýni voru tekin úr holu SN-5 á árinu. Niðurstöður eru sýndar í töflu 2 og til samanburðar eru einnig sýndar niðurstöður greininga á sýnum frá 1992 og 1993. Sýnið frá því nú í haust (97-0682) sýnir nokkuð aðra efnasamsetningu en fyrri sýni úr holu SN-5. Þetta má t.d. greina í lægri seltu og minna magni af uppleystum efnum almennt. Hiti mældist einnig talsvert lægri en við fyrri heilsýnatökur, en styrkur kísils óvenju hár. Leiðni mældist óvenju há í tveimur sýnum, öðru frá því í mars og hinu frá því í maí (mynd 4). Þetta eru áþekkir toppar og komu fram í klóríðmælingum í mars og apríl 1996 (mynd 5). Ekki er vitað hvað veldur þessum miklu sveiflum. Selta vatns í holu SN-5 hefur ávallt verið lægri en í hinum holunum. Styrkur kísils hefur hækkað lítillega í vatni úr holunni þegar litið er yfir vinnslusöguna frá árinu 1989 (mynd 6).

Tvö heilsýni voru tekin úr holu 12 á árinu. Niðurstöður eru sýndar í töflu 3 ásamt öðrum heilsýnum úr holunni. Efnasamsetning vatns úr holunni er mjög lík efnasamsetningu vatns úr holu SN-4 og hefur ekki breyst sem neinu nemur milli árána 1996 og 1997 eins og sést á myndum 7, 8 og 9.

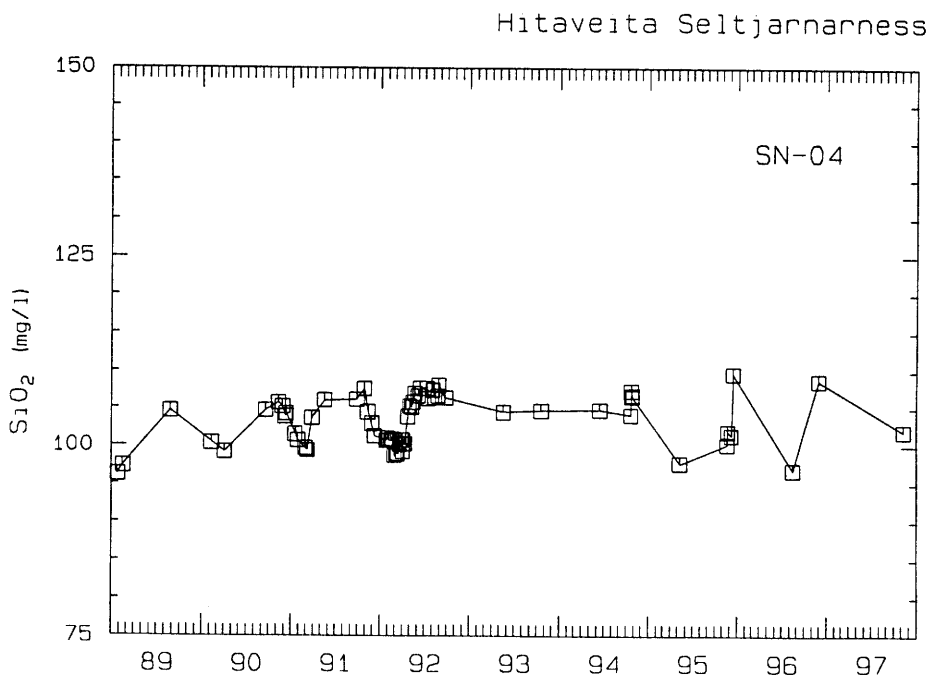
Í upphafi vinnslu var vatnið úr holunni þó verulega saltara og kaldara. Þótt efnasamsetning vatns úr holu SN-12 sé svipuð og úr holu SN-4 er það nú talsvert heitara.



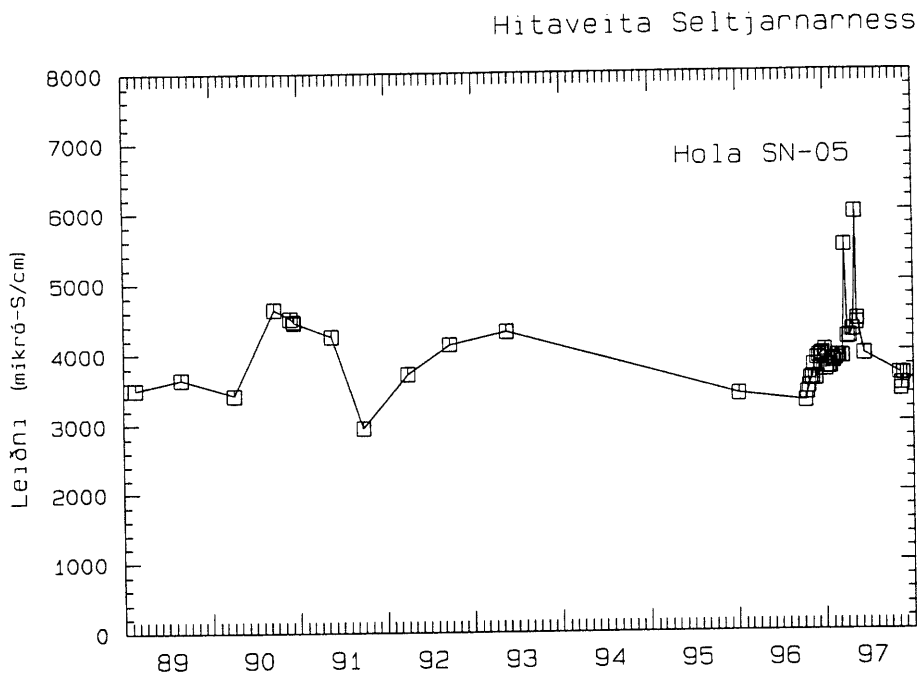
Mynd 1. Breytingar í leiðni með tíma, hola SN-4.



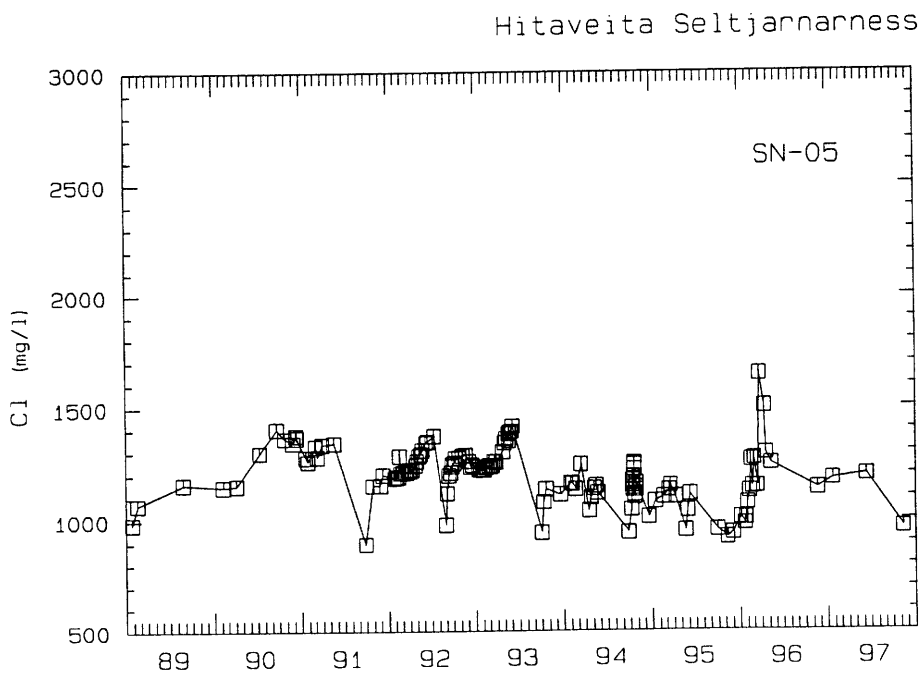
**Mynd 2.** Breytingar í styrk klóríðs með tíma, hola SN-4.



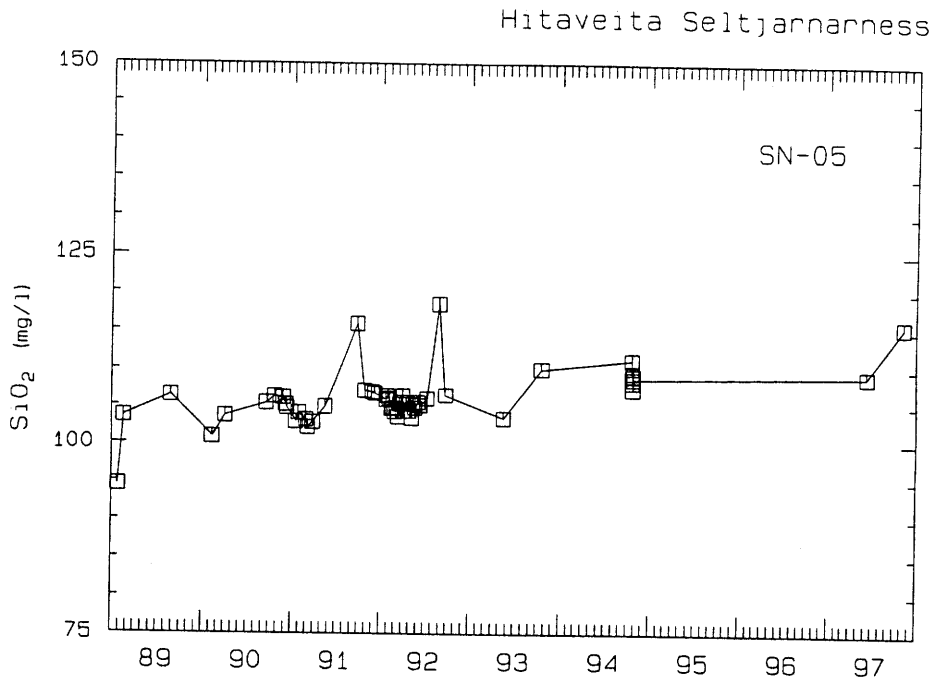
**Mynd 3.** Breytingar í styrk kísils með tíma, hola SN-4.



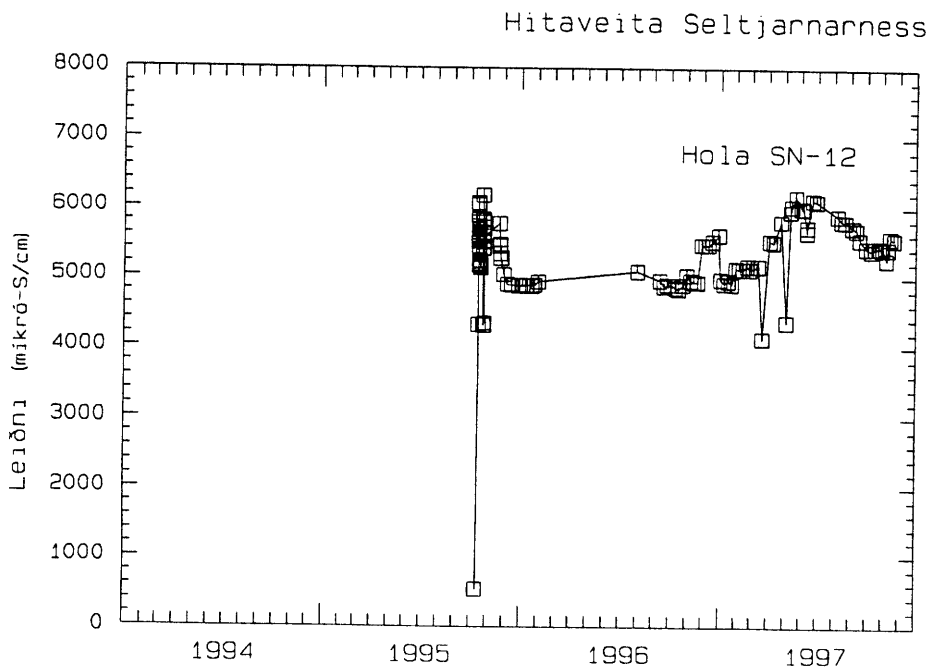
**Mynd 4.** Breytingar í leiðni með tíma, hóla SN-5.



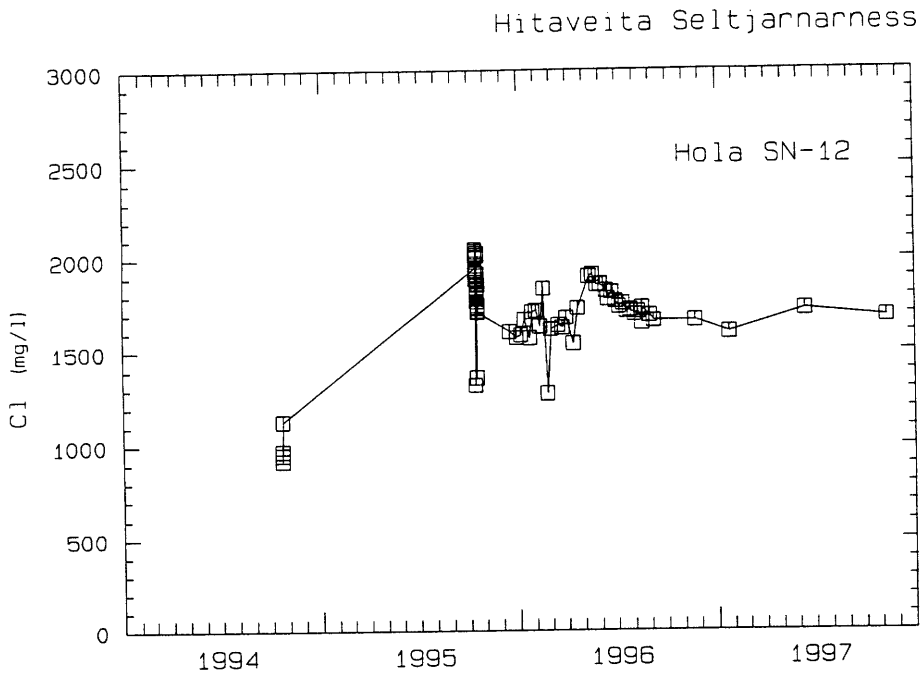
**Mynd 5.** Breytingar í styrk klóríðs með tíma, hóla SN-5.



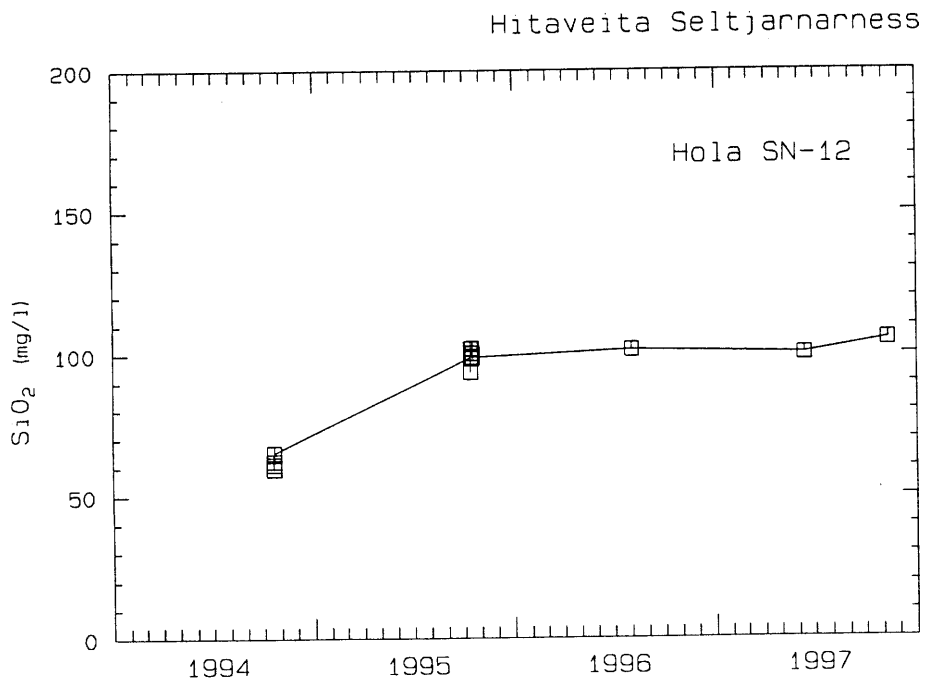
Mynd 6. Breytingar í styrk kísils með tíma, hola SN-5.



Mynd 7. Breytingar í leiðni með tíma, hola SN-12.



**Mynd 8.** Breytingar í styrk klóríðs með tíma, hóla SN-12.



**Mynd 9.** Breytingar í styrk kísils með tíma, hóla SN-12.



### 3. ÚTFELLINGAHÆTTA

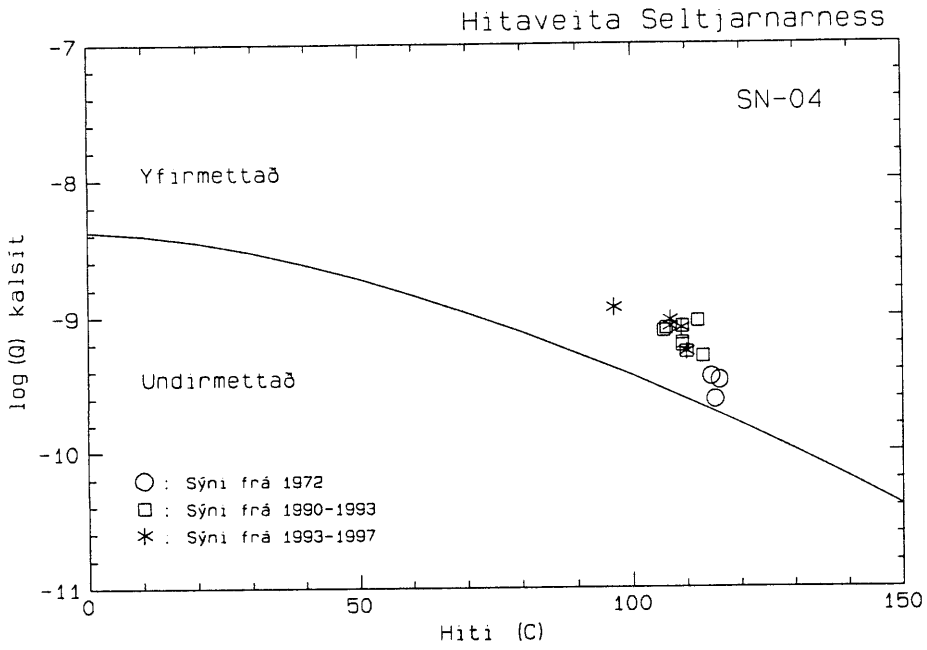
Eins og fram hefur komið í vinnslueftirlitsskýrslum síðustu ára um Hitaveitu Seltjarnarness (t.d. Hrefna Kristmannsdóttir o.fl., 1996) er kalkyfirtun orðin talsvert mikil í vinnsluvatni veitunnar. Yfirtunargráða er orðin um og jafnvel hærri en þau mörk, sem útfellingar hafa orðið við annars staðar og þarf því að fylgjast vel með þróuninni.

Á mynd 10 er sýnd útreiknuð kalkyfirtunargráða vinnsluvatns úr holu SN-4 í nokkrum sýnum frá því vinnsla úr holunum hófst. Kalkyfirtunargráðan er mjög há á síðari árum, en hefur þó nær staðið í stað síðustu 2-3 ár. Kalkyfirtunargráða í vinnsluvatni úr holu SN-6 (mynd 11) er mjög ámóta eða jafnvel ívið hærri en í holu SN-4. Kalkyfirtun reiknast heldur lægri í SN-12 (mynd 12) en í SN-4 og SN-6.

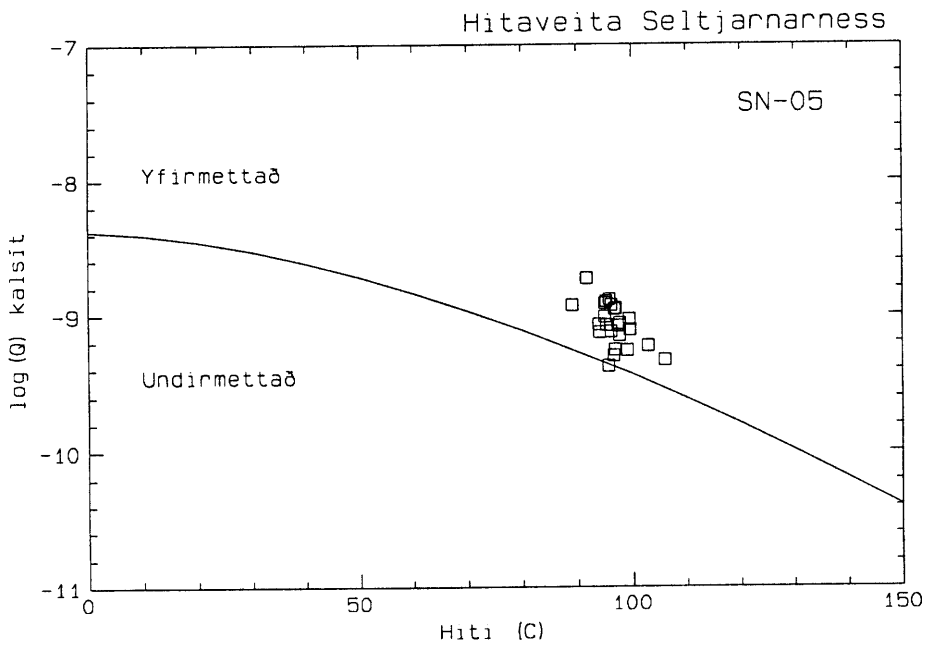
Búnaður til útfellingaprófunar var settur í aðveitulagnir frá holum SN-4 og SN-6 haustið 1996 og síðar um veturinn í aðveitu frá holu SN-5. Til stóð að setja sams konar búnað í SN-12 þegar hún væri stoppuð næst. Búnaðurinn var svo skoðaður nú í haust, en þá kom í ljós að nælonfóðringar höfðu gefið sig með þeim afleiðingum að plötturnar höfðu losnað. Augljóst er að efnið í fóðringunum hefur ekki þolað þennan háa hita. Einungis ein plata, önnur platananna í SN-4, sat eftir í þessum þremur tæringaplötuholdurum. Haldararnir voru allir teknir úr og endurbættir og verða tilbúnir til ísetningar á næstunni. Platan úr aðveitu holu SN-4 leit vel út með þunnri húð af súlfíði, en ekki vott af kalkútfellingu. Æskilegt er að skoða plötturnar u.þ.b. annan hvern mánuð.

Mikilvægt er að greina strax ef kalkútfellingar verða í vatninu. Kæmi til þess að útfellingar yrðu þyrfti það ekki að valda meiri háttar vandræðum ef vart yrði við þær áður en kerfið fer að stíflast og valda rennslitruflunum. Til eru íblöndunarefni til að hefta slíkar útfellingar og síðan má væntanlega sneiða hjá vandamálinu að mestu með því að láta ekki vatn úr mismunandi æðum blandast í borholunum. Til þess þarf þó að gera við holur og fóðra af efri æðar í holunum.

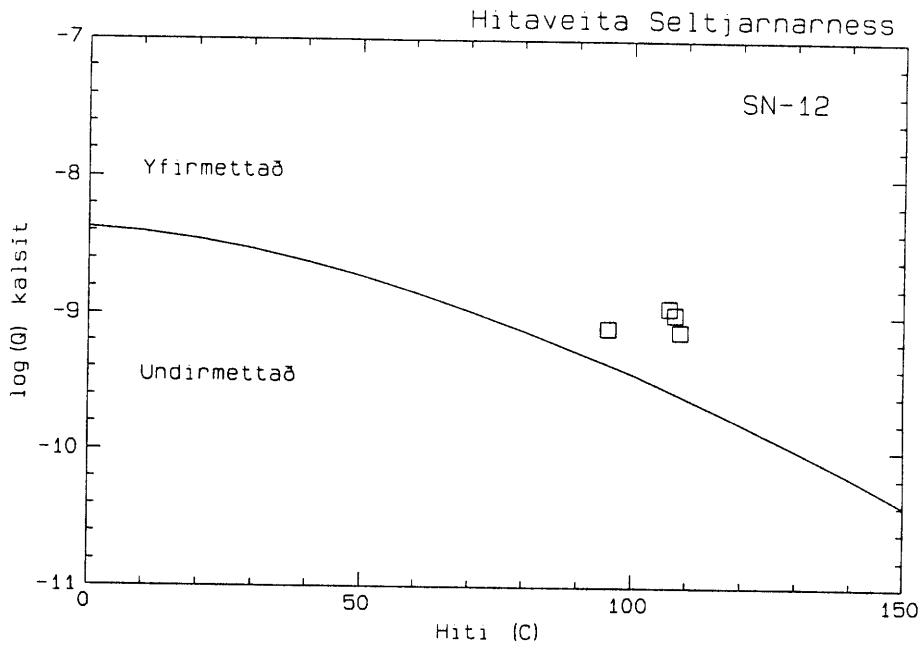
Vonast var til að með fóðringu í 800 m dýpi í holu SN-12 næðist að koma í veg fyrir blöndun mjög misheitra æða, þar kom fram "köld" æð neðan fóðringar, en hún er þó um 90°C. Mun minni hætta ætti þó að vera á útfellingu þar sem allt vatn er yfir 90 °C heitt, en þar sem hiti köldustu æðanna fer allt niður í 70 °C.



Mynd 10. Kalkmettun vinnsluvatns úr holu SN-4.



Mynd 11. Kalkmettun vinnsluvatns úr holu SN-5



Mynd 12. Kalkmettun vinnsluvatns úr holu SN-12.

#### 4. VINNSLGÖGN

Þar sem truflanir á sjálfvirka skráningarbúnaðinum komu upp um sama leyti og hraðabreytir fyrir holu SN-12 var settur upp rétt við söfnunarkassann er talið líkegt að hann trufla söfnunarbúnaðinn. Umsjónarmaður búnaðarins hætti störfum um þetta leyti og fékkst ekki nýr maður í hans stað og er fyrst nú að komast aftur regla á rekstur skráningarkerfisins. Verður farið í það strax á næsta ári að reyna að koma búnaðinum í betra lag.

Þau vinnslugögn sem hér eru því sýnd eru tekin saman á svipaðan hátt og áður (t.d. Hrefna Kristmannsdóttir o.fl., 1996). Bjarni Bjarnason hjá Rafteikningu hefur séð um að útvega þau sjálfvirku gögn sem notast er við, en einnig sendir Hitaveitan vatnsborðsgögn sem skráð eru handvirkt. Í heildina virðist sjálfvirka skráningin hafa gengið betur en síðasta ár, en þó eru nokkrar gloppur í gagnaskráningunni. Sjálfvirku mælingarnar eru sýndar á myndum 13 - 15, en sjálfvirk skráning er í holum SN-4, SN-5, SN-6 og SN-12, og er mælt á klukkutíma fresti. Árið 1997 voru holur SN-4, SN-5 og SN-12 í notkun, líkt og árið þar á undan. Rennslismælingar í þessum holum gengu að mestu vel, og nánast ekkert um að gögn vanti frá holunum þegar þær voru í notkun. Þó er rétt að geta þess að í frumgögnunum fer rennslid ekki alveg niður í núll á þeim tímabilum sem viðkomandi hola er ekki í notkun, og er ekki vitað hverju þetta sætir, en hér gæti verið um einhverskonar núllstillivandamál að ræða og þyrfti helst að athuga það nánar. Þetta sést ekki á mynd 13, þar sem gögn frá þeim tímabilum, sem hola er ekki í notkun, eru ekki sýnd. Hitamælingar eru til úr holum SN-4 og SN-12, og eru þær sýndar á mynd 14, en hitamælar í holum SN-5

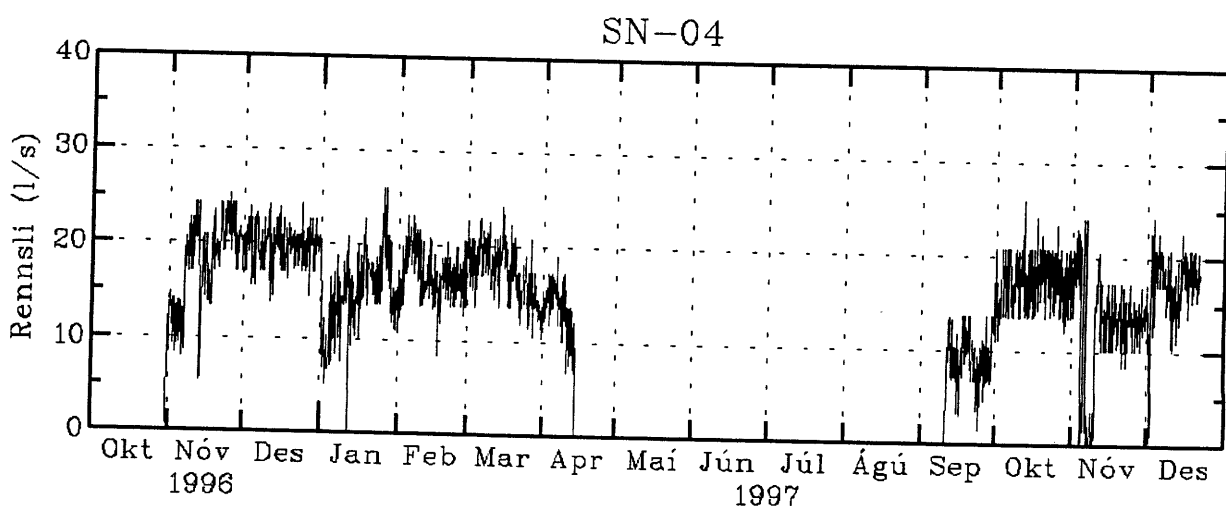
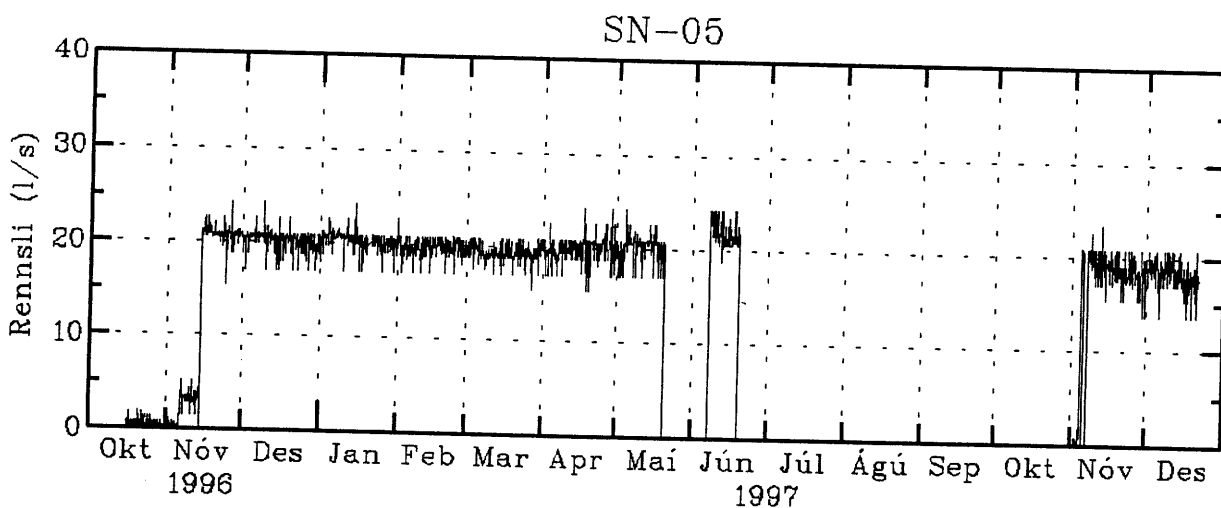
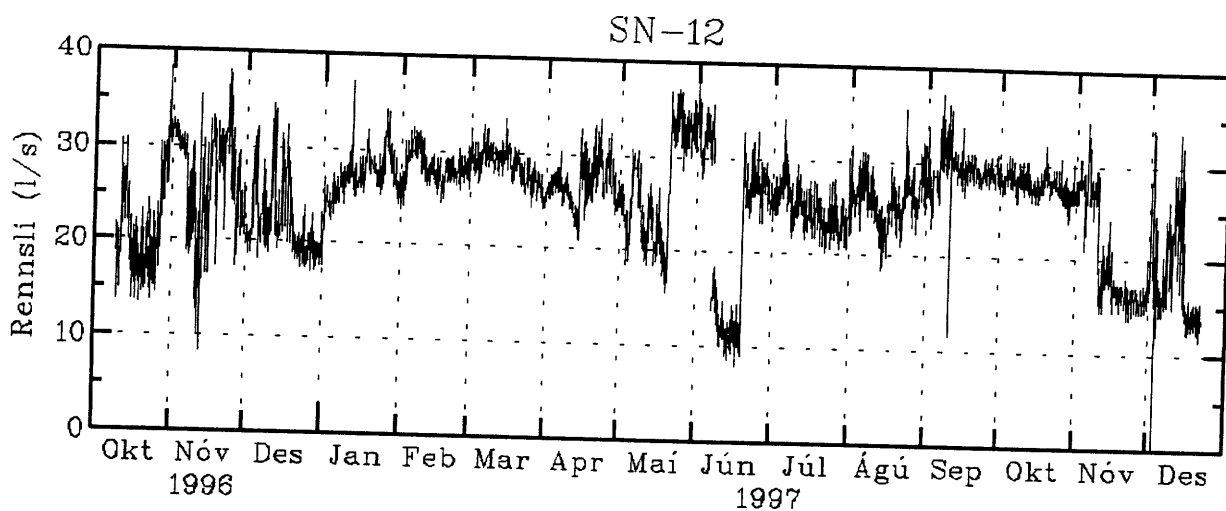
og SN-6 virðast hafa verið bilaðir allt árið.

Eins og áður hefur vatnsborð verið mælt með tvennum hætti, mælt er með handrúllu í nokkrum holnanna, SN-1, SN-2 og SN-3, en mælirör eru í holum SN-4, SN-5, SN-6 og SN-12, og vatnsborð mælt með köfnunarefni í þeim. Til eru sjálfvirkar vatnsborðsmælingar í holu SN-6 fyrir allt árið, en sjálfvirkar vatnsborðsmælingar í holu SN-4 voru ekki nothæfar. Mælirörin eru á 118 m dýpi í holum SN-04, SN-05 og SN-06, en á 148 m dýpi í holu SN-12. Vatnsborðsmælingarnar eru sýndar á myndum 15 - 17.

## 4.1 Vinnsla

Á mynd 13 eru rennslismælingarnar í vinnsluholunum sýndar, en tafla 7 sýnir hvenær dælt var úr þeim. Eins og árið 1996 var vatnsvinnslan mest í holu SN-12, og eru holur SN-4 og SN-5 notaðar eftir því hvernig vatnspörfin breytist, og því ekki notaðar yfir sumarmánuðina.

Eins og sést í töflu 8 þá hefur vatnsvinnslan árið 1997 aukist töluvert frá árinu 1993, þegar síðast fengust heillegar upplýsingar um notkunina. Ef bornar eru saman vinnslutölur fyrir þá mánuði sem mældir voru bæði 1996 og 1997 virðist sem vinnslan sé álíka mikil bæði árin, sá munur sem sést á einstaka mánuðum gæti stafað af mismunandi lofthita, en það hefur þó ekki verið kannað sérstaklega. Æskilegt væri að rennslismælarnir yrðu kvarðaðir reglulega, þannig að áreiðanleiki mælinganna ykist, en þá yrði um leið hægt að spá frekar í heildar vatnsvinnsluna á svæðinu, nýtingu vatnsins og breytingar milli ára, og tengja það við breytingar á upphituðu húsrými og útihita.



Mynd 13. Sjálfvirkar rennismælingar í holum SN-4, SN-5 og SN-12.

**Tafla 7.** Vatnsvinnsla úr holum 01.01.1997 - 21.12.1997.

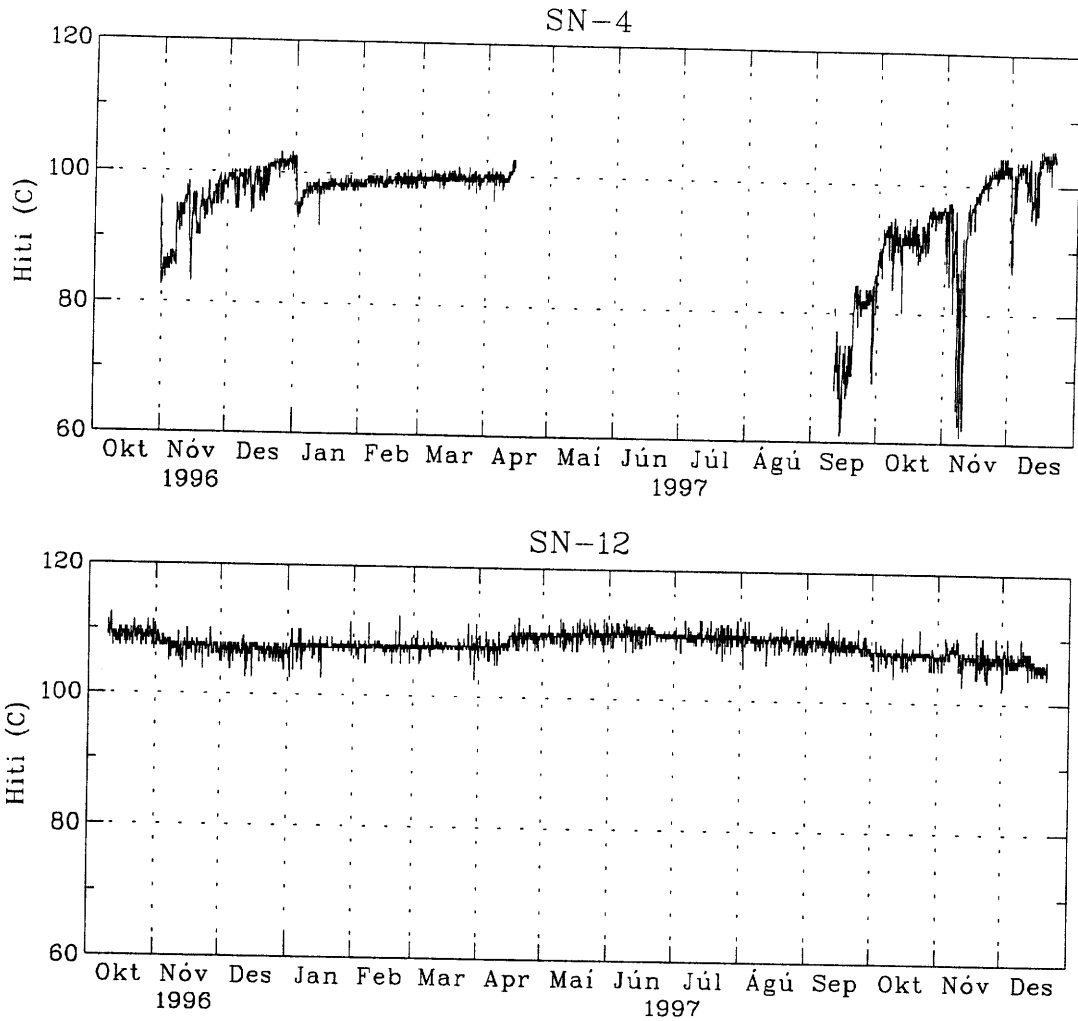
Hola	Athugasemdir
SN-1	Ekki í notkun
SN-2	Ekki í notkun
SN-3	Ekki í notkun
SN-4	Í notkun 01.01.97 - 14.04.97, 11.09.97 -
SN-5	Í notkun 01.01.97 - 20.05.97, 07.06.97 - 19.06.97, 02.11.97 - 05.11.97, 07.11.97 -
SN-6	Ekki í notkun
SN-12	Í notkun allt árið

**Tafla 8.** Mánaðarmeðaltal heildarrennslis áráanna 1991 til 1997. Engin gögn eru til fyrir árið 1995, og meðaltal fyrir desember 1997 reiknast til þess 21.

Mánuður	Meðal- rennsli l/s 1991	Meðal- rennsli l/s 1992	Meðal- rennsli l/s 1993	Meðal- rennsli l/s 1994	Meðal- rennsli l/s 1996	Meðal- rennsli l/s 1997
Janúar			45,4			62,3
Febrúar	35,3	43,7	41,7			65,3
Mars	39,1	41,5	37,5			65,0
Apríl	38,2	36,7	33,0			53,0
Maí	30,2	30,9	29,0	20,6		39,1
Júní	24,7	24,9	23,2	20,9	28,3	31,2
Júlí	20,2	22,3	22,1	17,9	24,7	24,8
Ágúst	22,4	24,5	22,8	20,1	25,5	25,9
September	28,6	25,3	24,0	23,0	30,1	35,6
Október			26,9	25,1		45,3
Nóvember			28,2		55,6	48,8
Desember					62,4	54,2

## 4.2 Vatnshiti

Á mynd 14 er sýndur hiti á vatninu úr holunum, og sést þar að hitinn í holu SN-4 er nokkuð breytilegur, lækkar við aukið rennsli úr holunni, og er það í samræmi við það sem áður hefur gerst. Lægstur verður hitinn í holu SN-4 í september þegar hún er tekin í notkun á ný eftir sumaríð, fer þá niður í um það bil 70°C, en fer síðan upp fyrir 100°C þegar hún hefur verið í notkun í nokkra mánuði. Engar hitamælingar eru til úr holu SN-5, en hitinn í holu SN-12 virðist nokkuð stöðugur, hækkar þó aðeins þegar holur SN-4 og SN-5 eru ekki í notkun.

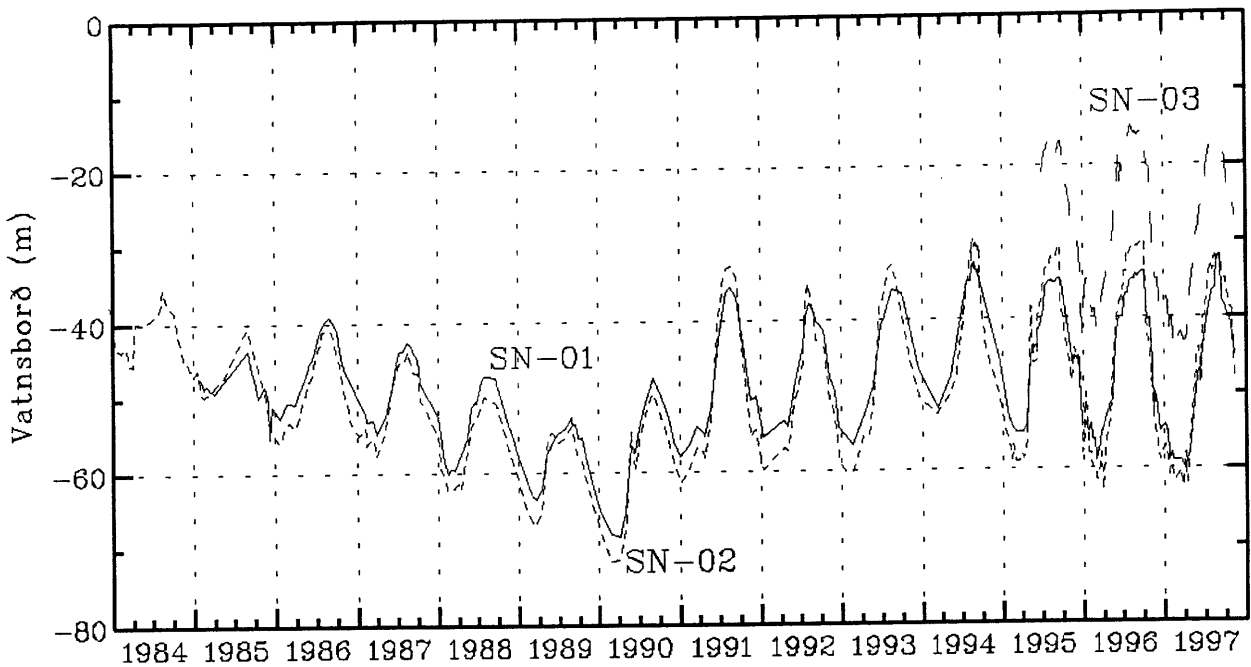


Mynd 14. Sjálfvirkar hitamælingar í holum SN-4 og SN-12.

### 4.3 Vatnsborð

Handvirkar vatnsborðsmælingar síðustu ára í holum SN-1, SN-2 og SN-3 eru sýndar á mynd 15, og vatnsborðsmælingar í holum SN-4, SN-5, SN-6 og SN-12 á mynd 16. Sjálfvirkar vatnsborðsmælingar árið 1997 í holu SN-6 eru sýndar á mynd 17.

Vatnsborð í holum SN-1, SN-2 og SN-3, sýnir mjög svipaða hegðun og árið 1996, en ekki er hægt að segja til um það hvort verulegur munur hafi verið á vatnsvinnlunni árin 1996 og 1997, þar sem gögn vantar fyrir stóran hluta ársins 1996. Það að vatnsborðið er svipað þessi ár gæti bent til þess að vatnsvinnslan hafi verið álíka mikil þessi ár. Vatnsborðið í þessum holum er í fasa, hátt yfir sumarmánuðina þegar vatnsvinnslan er lítil, en lækkar síðan yfir vetrarmánuðina.



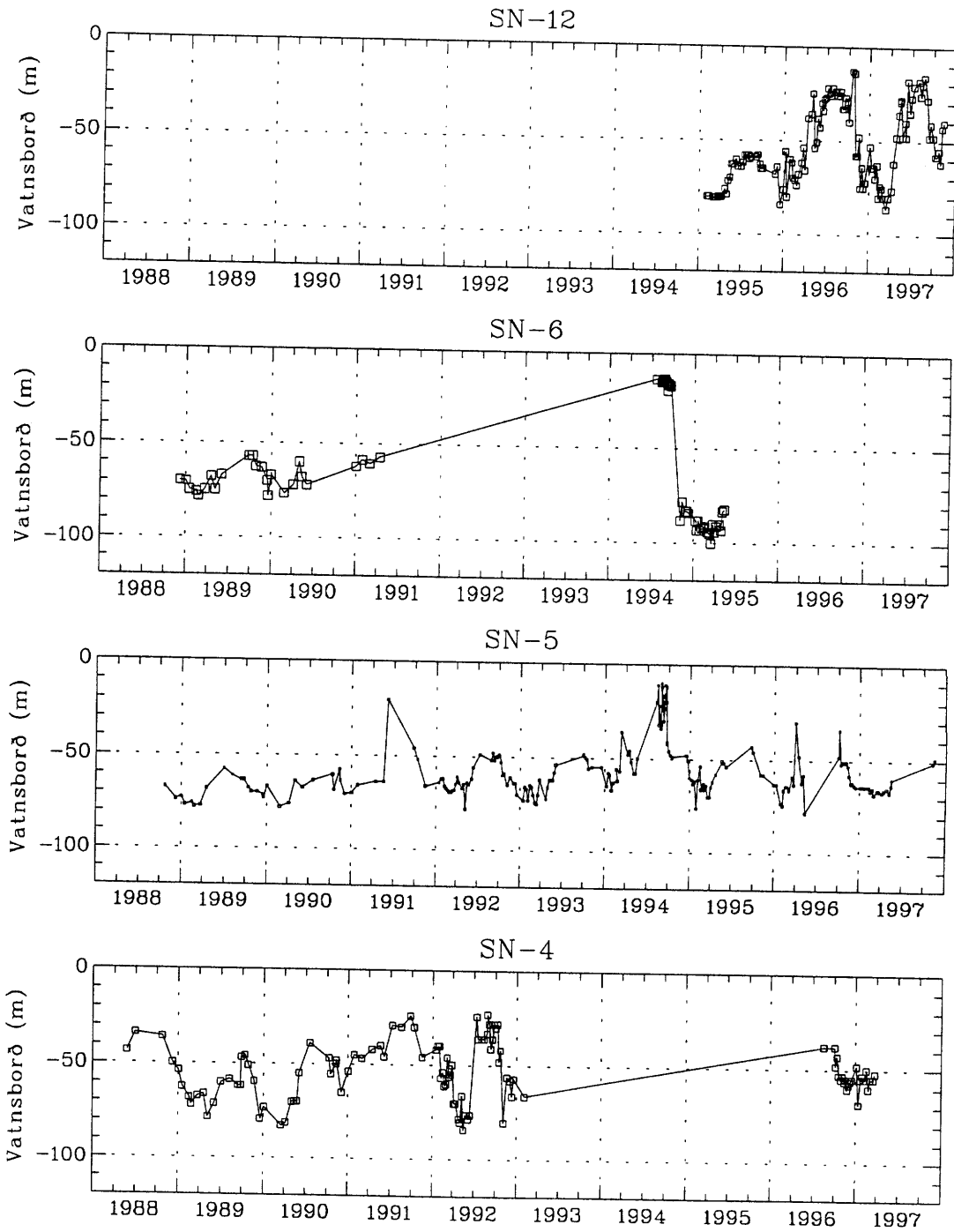
Mynd 15. Vatnsborð í holum SN-1, SN-2 og SN-3.

Vatnsborð í holum SN-4 og SN-5 virðist vera svipað og undanfarin ár, en ekki er til mikið af vatnsborðsgögnum frá þessum holum. Sjálfvirku mælingarnar í holu SN-4 reyndust ónothæfar, og ekki hefur verið mælt í þessum holum nema þegar þær eru í vinnslu. Æskilegt væri að fylgjast með þeim þó þær séu ekki í notkun.

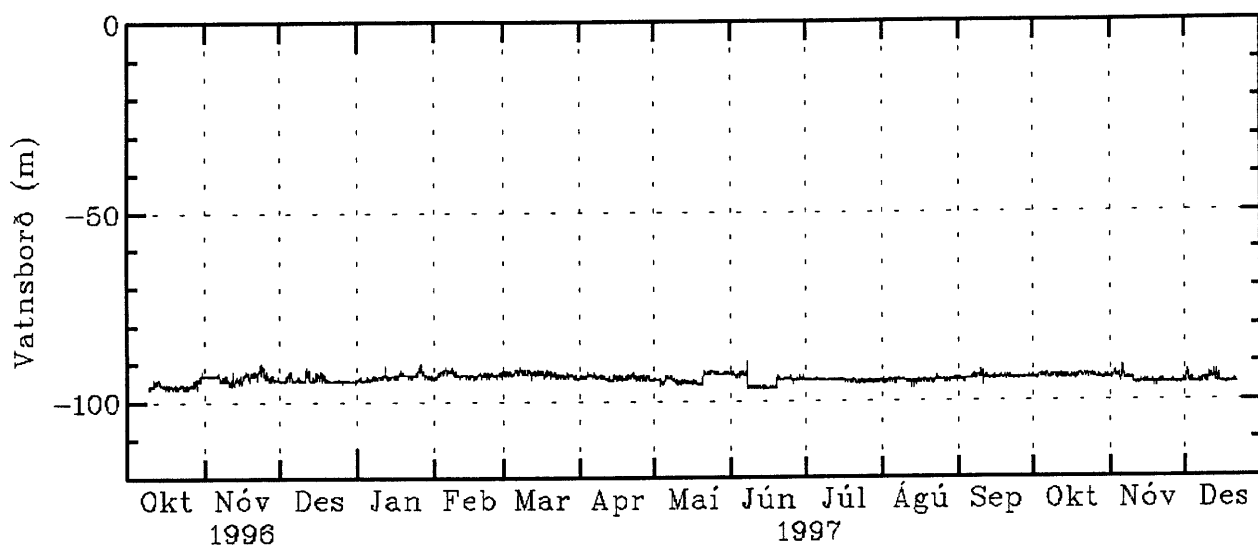
Engar handvirkar mælingar hafa verið gerðar í holu SN-6 síðan 1995, en fyrir árið 1997 eru til allgóðar sjálfvirkar mælingar á vatnsborði holunnar. Vatnsborð holunnar er mjög stöðugt kringum 94 m, breytist ekki nema um örfáa metra yfir árið. Það virðist einnig vera svipað því sem síðast mældist með handvirkum mæli árið 1995. Gott væri að fá nokkrar handvirkar mælingar til að staðfesta að þessar sjálfvirku mælingar séu réttar.

Góðar handvirkar mælingar eru til fyrir holu SN-12, en hún var í notkun allt árið 1997. Vatnsborð í holunni sýnir mjög svipaða hegðun og í holum SN-1, SN-2 og SN-3, þ.e. vatnsborð er hæst yfir sumarmánuðina, jafnvel þó vinnslan í holunni sé ekki mjög breytileg. Því virðist ljóst að heildarvinnslan úr holum SN-4, SN-5 og SN-12 ræður vatnsborðinu í SN-12, ekki eingöngu vinnslan úr holunni sjálfri.





Mynd 16. Vatnsborð í holum SN-4, SN-5, SN-6 og SN-12.



Mynd 17. Sjálvvirkar vatnsborðsmælingar í holu SN-6.

## 5. TILLÖGUR UM ÚRVINNSLU GAGNA OG LÍKANREIKNINGA

### 5.1 Úrvinnsla gagna frá borun og prófun holna 6 og 12

Lagt er til að unnið verði úr gögnum frá borun, mælingum og prófunum á tveimur síðustu vinnsluholum hitaveitunnar (SN-6 og 12) og gengið frá þeim í skýrslu. Það hefur verið til mikils óhagræðis að gögn frá borunum hafa ekki verið frágengin og legið á handritsformi eða í fjölda smágreinargerða þegar til þeirra hefur átt að grípa. Þegar borun holu er lokið með góðum árangri finnst mönnum oft óþarfi að leggja fé í að skrifa skýrslu um verkið enda fara þá miklir peningar í virkjun holunnar. Hins vegar getur þetta komið sér illa síðar þegar taka á upp þráðinn og halda rannsóknnum áfram. Þegar hola SN-6 var boruð var þannig unnið úr gögnum um SN-5 rétt áður. Það var að mestu gert á kostnað Orkustofnunar sem þróunarverk, enda svæðið mjög áhugavert frá jarðhitasjónarmiði. Þegar hola SN-12 var boruð voru gögn um SN-6 enn hálf-úrinnin, en Orkustofnun hafði þá ekki lengur fjármagn til að gera neitt í því máli, sem ekki var greitt að fullu. Borun var einnig ákveðin með skömmum fyrirvara svo einungis var gert það alnauðsynlegasta í úrvinnslu. Lagt er til að nú verði gengið frá þessum gögnum og skrifuð skýrslu um niðurstöður borana og prófanna. Að því verki þurfa að koma nokkrir sérfræðingar Orkustofnunar, jarðfræðingur, jarðefnafræðingur, forðafræðingur og verkfræðingur, þar sem gert verður jarðlagasnið gegnum svæðið, tengd vatnskerfi og metinn árangur örvunar og prófana. Þetta verk er áætlað að taki alls um 400 vinnustundir og kosti um 1,5 m kr með tölvu- og skýrslukostnaði.

## 5.2 Líkanreikningar

Öflugt verkfæri við stýringu á vinnslu jarðhitasvæða eru hermireikningar eða líkanreikningar. Þeir eru gerðir til þess að geta sagt fyrir um hegðun jarðhitasvæðisins við mismunandi aðstæður og viðbrögð þess við fyrirhugaðri vinnslu og að áætla vinnslugetu þess. Þeim er beitt bæði til að gera áætlanir fram í tímann um vatnsvinnslu og til að reka svæðið á sem hagkvæmastan hátt.

Á árinu 1986 voru fyrst gerðir tiltölulega einfaldir líkanreikningar af svæðinu (Helga Tulinius o.fl., 1987) og 1994 voru gerðir ítarlegir líkanreikningar með tiltækum vinnslugögnum og það tengt inn í líkan af öllu höfuðborgarsvæðinu (Verkfræðistofan Vatnaskil, 1994).

Í ljós hefur komið við rannsóknir af svæðinu að það hefur flókna uppbyggingu og bæði afgerandi lóðrétt og lárétt skil á milli vatnsleiðara. Til að geta fengið gott líkan af svæðinu væri æskilegt að hafa það þrívítt, sem er talsvert meiri vinna en við tvívítt líkan. Lagt er til að slíkt líkan verði unnið á næstunni.

Gagnið af líkanreikninunum fyrir Hitaveitu Seltjarnarness er helst fólgið í eftirfarandi atriðum:

1. Leggja grunn að hagkvæmstu nýtingu jarðhitasvæðisins, sem felst m. a. í vinnsluspám fyrir svæðið í heild og fyrir einstaka hluta svæðisins miðað við mismunandi forsendur um vatnsmagn.
2. Svára spurningum eins og t. d. hversu mikið magn er unnt að taka úr 1-2 holum án þess að vatnsborð lækki of mikið í þeim miðað við dæluþýpi, en eðlilegt gæti talist að miða það við t.d. 200 m.
3. Hversu mikil er æskileg fjarlægð milli vinnsluholna, miðað við niðurdráttarkeilur við holumar.
4. Hermun á seltubreytingum með mismunandi vinnsluforsendum.
5. Hugsanlegt samspil milli Laugarnessvæðis og Seltjarnarnessvæðis.

Verkfræðistofan Vatnaskil er að vinna slíkt líkan af öðrum jarðhitasvæðum á höfuðborgarsvæðinu fyrir Hitaveitu Reykjavíkur og er hagkvæmt að tengjast því verkefni þannig að líkanið af Seltjarnarnessvæðinu verði unnið í kjölfarið. Það þýðir árið 1998-1999 og er mælt með því að hitaveitan gangi til viðræðna við Vatnaskil um þetta verkefni. Nokkur kostnaður verður óhjákvæmlega samfara því að yfirfæra gögn til Vatnaskila og einnig væri æskilegt að jarðhitasérfræðingar, sem á svæðinu hafa unnið tækju þátt í því að fella líkanið að gögnunum, setja upp forsendur fyrir vinnslu og túlka niðurstöður.

## 6. SAMANDREGNAR NIÐURSTÖÐUR

1. Í efnaeftirliti er nú mæld leiðni í stað klóríðs, sem mælikvarði á seltu og þar með sjómengun vinnsluvatnsins, þar sem þær mælingar eru helmingi ódýrari en gefa nær sömu upplýsingar.
2. Almennt séð hefur mjög hægt á hækkun seltu í vinnsluvatni gömlu vinnsluholnanna, þótt einstakir mjög háir toppar hafi komið fram í mælingum. Selta vatnsins í holu SN-12 var mjög há í upphafi en hefur farið lækkandi.
3. Þótt selta vinnsluvatnsins sé orðin nær 10% af sjávarseltu tærir vatnið ekki verulega stál-lagnir svo lengi sem súrefni kemst ekki inn í dreifikerfið og flestar gerðir forhitara endast sæmilega í þessu vatni.
4. Efnasamsetning vatns úr holu SN-12 er svipuð og úr holu SN-4, en vatnið er talsvert heitara.
5. Talsverð yfirmettun kalks er í vatninu og vegna rekstraröryggis þarf að hafa gott eftirlit með þeim þætti svo unnt sé að bregðast strax við með aðgerðum ef á þyrfti að halda.
6. Á undanförmum tveimur árum hafa verið verulegar truflanir á sjálfvirkri skráningu vinnslugagna, en vonir standa til að því verði hægt að koma í betra lag á næstunni.
7. Nælonfóðringar höfðu gefið sig í búnaði til útfellingaprófunar með þeim afleiðingum að plöturnar höfðu losnað. Haldararnir verða endurbættir til að þola meiri hita og settir aftur í á næstunni.
8. Kólnun vinnsluvatns úr SN-4 í kjölfar dælingar úr holu SN-12 virðist vera varanleg, enda tekur SN-12 vatn sitt dýpra en SN-4 og er líklega nær aðaluppstreymi kerfisins.
9. Vinnsla var svipuð árið 1997 og 1996 miðað við vinnslutölur þeirra mánaða, sem mældir voru bæði árin.
10. Æskilegt væri að kvarða rennismæla reglulega til að auka áreiðanleika mælinganna. Einnig væri gott að fá staðfestingu á vatnsborðsmælingu í holu SN-6.
11. Vatnsborð í holum SN-1, 2 og 3 er svipað og árið 1996 og vatnsborð í holu SN-12 breytist lítið milli ára.

## 7. HEIMILDIR

- Helga Tulinius, Amanda L. Spencer, Guðmundur S. Böðvarsson, Hrefna Kristmannsdóttir, Þorsteinn Thorsteinsson og Árný E. Sveinbjörnsdóttir, 1987. Reservoir studies of the Seltjarnarnes geothermal field, Iceland. Orkustofnun, OS-87032/JHD-07.
- Hrefna Kristmannsdóttir, 1994. Niðurstöður mælinga og prófana í holu SN-6. Orkustofnun, HK-94/07.
- Hrefna Kristmannsdóttir, 1995. Dæluþrófun holu SN-12 á Seltjarnarnesi. Unnið fyrir Hitaveitu Seltjarnarness. Orkustofnun, HK-95/10.
- Hrefna Kristmannsdóttir, Guðrún Sverrisdóttir og Hilmar Sigvaldason, 1992. Hitaveita Seltjarnarness. Vinnsluefirlit 1991-1992. Unnið fyrir Hitaveitu Seltjarnarness. Orkustofnun, OS-93061/JHD-34 B.
- Hrefna Kristmannsdóttir, Guðrún Sverrisdóttir og Hilmar Sigvaldason, 1993. Hitaveita Seltjarnarness. Vinnsluefirlit 1992-1993. Unnið fyrir Hitaveitu Seltjarnarness. Orkustofnun, OS-93077/JHD-39 B.
- Hrefna Kristmannsdóttir, Helga Tulinius og Guðrún Sverrisdóttir, 1994. Hitaveita Seltjarnarness. Vinnsluefirlit 1993-1994. Unnið fyrir Hitaveitu Seltjarnarness. Orkustofnun, OS-94062/JHD-36 B.
- Hrefna Kristmannsdóttir, Helga Tulinius, Guðrún Sverrisdóttir og Sverrir Hákonarson, 1995. Hitaveita Seltjarnarness. Vinnsluefirlit 1994-1995. Unnið fyrir Hitaveitu Seltjarnarness. Orkustofnun, OS-95061/JHD-40 B.
- Hrefna Kristmannsdóttir, Helga Tulinius og Magnús Ólafsson 1996. Hitaveita Seltjarnarness. Vinnsluefirlit 1995-1996. Unnið fyrir Hitaveitu Seltjarnarness. Orkustofnun, OS-96083/JHD-48 B.
- Verkfræðistofan Vatnaskil, 1994. Reiknilíkan af jarðhitasvæðum á Seltjarnarnesi. Unnið fyrir Hitaveitu Seltjarnarness.