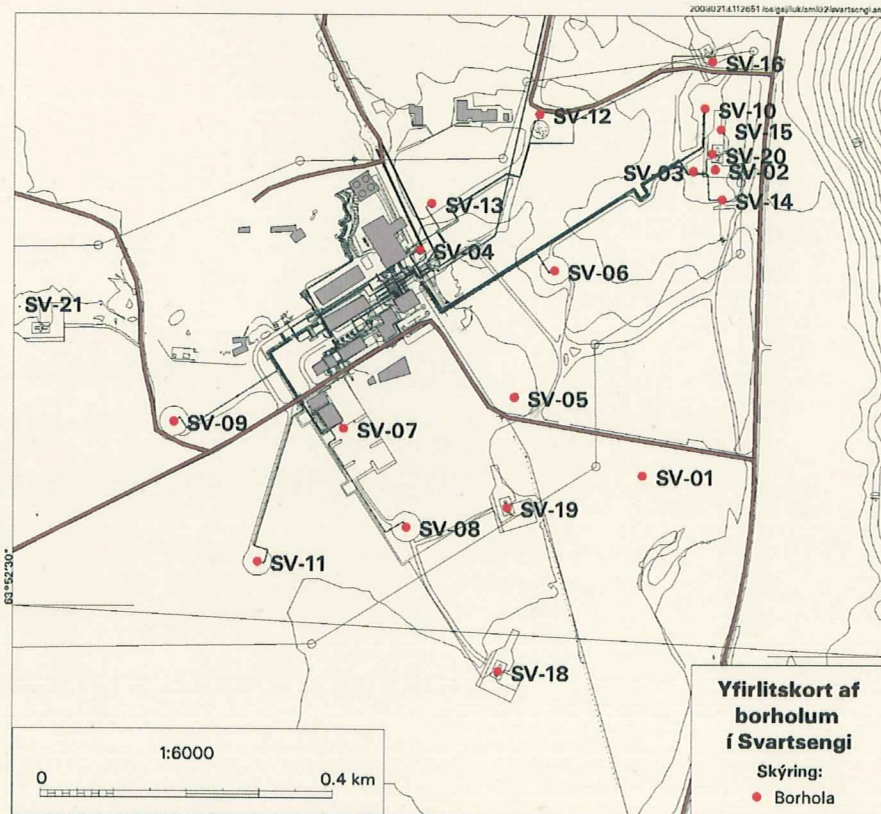


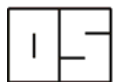
## Svartsengi – Reykjanes

Vinnslueftirlit árið 2002  
Hita- og þrýstímælingar 1995 – 2002  
Efnavöktun 1996 – 2002



Unnið fyrir Hitaveitu Suðurnesja





**ORKUSTOFNUN**  
Rannsóknasvið

Verknr.: 8-630228

## **Svartsengi – Reykjanes**

**Vinnslueftirlit árið 2002**  
**Hita- og þrýstimælingar 1995 – 2002**  
**Efnavöktun 1996 – 2002**

**Unnið fyrir Hitaveitu Suðurnesja**

**OS-2003/005**

**Febrúar 2003**

ISBN 9979-68-114-2

ORKUSTOFNUN – RANNSÓKNASVIÐ  
Reykjavík: Grensásvegi 9, 108 Rvk. – Sími: 569 6000 – Fax: 568 8896  
Akureyri: Háskólinn á Akureyri, Sólborg v. Norðurslóð, 600 Ak.  
Sími: 463 0559 – Fax: 463 0560  
Netfang: [os@os.is](mailto:os@os.is) – Veffang: <http://www.os.is>



<b>Skýrsla nr.:</b> OS-2003/005	<b>Dags.:</b> Febrúar 2003	<b>Dreifing:</b> <input checked="" type="checkbox"/> Opin <input type="checkbox"/> Lokuð til
<b>Heiti skýrslu / Aðal- og undirtitill:</b> Svartsengi – Reykjanes I. Hluti: Vinnslueftirlit árið 2002 II. Hluti: Hita- og þrýstímælingar 1995–2002 III. Hluti: Efnavöktun 1996–2002		<b>Upplag:</b> 40 <b>Fjöldi síðna:</b> 146
<b>Höfundar:</b> I. Verkfræðistofan Vatnaskil sf. II. Rannsóknasvið Orkustofnunar, Grímur Björnsson, Arnar Hjartarson, Peter E. Danielsen, III. Rannsóknasvið Orkustofnunar, Magnús Ólafsson		<b>Verkefnisstjóri:</b> Sverrir Þórhallsson
<b>Gerð skýrslu / Verkstig:</b> Reglubundið vinnslu-, mælinga- og efnaeftirlit		<b>Verknúmer:</b> 8-630228
<b>Unnið fyrir:</b> Hitaveitu Suðurnesja		
<b>Samvinnuaðilar:</b>		
<b>Útdráttur:</b> Skýrslan er í þremur hlutum, um eftirlit með vinnslu, mælingar í borholum og vöktun efna í borholum á jarðhitasvæðunum í Svartsengi og Reykjanesi. Í fyrsta hlutanum, um vinnslueftirlitið sem Verkfræðistofan Vatnaskil annast, er gerð grein fyrir eftirlitinu árið 2002. Annar og þriðji hluti var unninn af Rannsóknasviði Orkustofnunar og nær það eftirlit til áranna 1995–2002. Þetta er í fyrsta sinn sem þessi vöktun á áhrifum vinnslunnar á jarðhitasvæðin er tekin saman í eina skýrslu. Hún veitir því gott yfirlit yfir þær breytingar sem mælast, og aðgengi að gögnunum er gert auðveldara með því að setja grunn gögnin á meðfylgjandi geisladisk.		
<b>Lykilorð:</b> Háhitasvæði, borholur, eftirlit, vinnsla, vatnsborð, hiti, þrýstingur, efnastyrkur, gufa. gas, Svartsengi, Reykjanes	<b>ISBN-númer:</b> 9979-68-114-2	
	<b>Undirskrift verkefnisstjóra:</b>	
	<b>Yfirlit af:</b> SÞ, PI	

## **EFNI**

### **I. Hluti: Svartsengi – Reykjanes Vinnslueftirlit árið 2002**

Verkfræðistofan Vatnaskil sf.

### **II. Hluti: Svartsengi Hita- og þrýstimælingar í borholum**

Rannsóknasvið Orkustofnunar: Grímur Björnsson  
Arnar Hjartarson  
Peter E. Danielsen

### **III. Hluti: Svartsengi – Reykjanes Efnavöktun 1996 – 2002**

Rannsóknasvið Orkustofnunar: Magnús Ólafsson

# **I. HLUTI**

**Svartsengi – Reykjanes**

**Vinnslueftirlit árið 2002**

**Verkfræðistofan Vatnaskil sf.**

# SVARTSENGI

## EFNISYFIRLIT

1. INNGANGUR.....	7
2. VINNSLA ÚR JARÐHITASVÆÐINU .....	7
3. VATNSBORÐSMÆLINGAR .....	14
4. REIKNILÍKAN .....	16
VIÐAUKI: Skrá yfir eyður í vinnsluholunum. ....	26

## TÖFLUR

Tafla 1. <i>Holustuðlar</i> .....	8
Tafla 2. <i>Vinnsla úr jarðhitaholum</i> .....	9
Tafla 3. <i>Vinnsla úr jarðhitasvæðinu</i> .....	10
Tafla 4. <i>Niðurdæling í einstaka holur</i> .....	10
Tafla 5. <i>Heildar niðurdæling</i> .....	10
Tafla 6. <i>Heildarvinnsla úr einstöku holum í milljónum tonna við 5,5 bar skiljuþrýsting</i> .....	11
Tafla 7. <i>Niðurdráttur og vinnsla</i> .....	14
Tafla 8. <i>Niðurdráttur og þrýstingur á 700 m og 1000 m dýpi í holu 7</i> .....	15
Tafla 9. <i>Niðurdráttur og þrýstingur á 900 m dýpi í holu 12</i> .....	15

## MYNDIR

Mynd 1. <i>Vinnsla úr jarðhitasvæðinu árið 2002. Holur 7–17</i> .....	17
Mynd 2. <i>Vinnsla úr jarðhitasvæðinu árið 2002. Holur 14–20</i> .....	18
Mynd 3. <i>Holutoppþrýstingur árið 2002. Holur 7–11</i> .....	19
Mynd 4. <i>Holutoppþrýstingur árið 2002. Holur 14–20</i> .....	20
Mynd 5. <i>Heildarvinnsla árið 2002</i> .....	21
Mynd 6. <i>Heildarvinnsla og vatnsborð 1976–2002</i> .....	22
Mynd 7. <i>Vatnsborðslækkun 1976–2002</i> .....	23
Mynd 8. <i>Meðalvinnsla og þrýstilækkun 1976–2002</i> .....	24
Mynd 9. <i>Vatnsborðslækkun á Reykjanesi</i> .....	25



## 1. INNGANGUR

Skýrsla þessi er unnin af Verkfræðistofunni Vatnaskilum fyrir Orkustofnun vegna Hitaveitu Suðurnesja. Efni skýrslunnar er úrvinnsla gagna um vinnslu og niðurdrátt í jarðhitasvæðinu í Svartsengi árið 2002. Þetta er þriðja skýrslan í röðinni sem gefin er út fyrir almanaksárið en áður var úrvinnsla gagna miðuð við 1. júlí ár hvert. Á tímabilinu 1. janúar 2000 til byrjunar apríl 2000 voru öll gögn eingöngu handskráð í mælibækur en frá og með apríl 2000 eru allar mælingar síritaðar og færðar sjálfkrafa inn á sértaka heimasíðu sem er í umsjón Orkustofnunar. Allar mælingar frá upphafi eru í Excel skrá þar sem allir útreikningar eru framkvæmdir og myndir birtar. Excel-skráin fylgir með á geisladiski. Eins og fram hefur komið í fyrri vinnslueftirlitsskýrslum þá reiknaði vinnslueftirlitsforritið massastreymi borholna á eftirfarandi hátt:

$$Q = e^c P_o^x \cdot \frac{\pi d^2}{4}$$

þar sem:

$P_o$  : holutoppsþrýstingur

$d$  : þvermál blendu

og  $e = 2,718$  og  $\pi = 3,142$ . Stuðlarnir  $c$  og  $x$  eru ákvarðaðir útfrá vermi borholna með útreikningum á tvífasa blendurennslu.

Þessir stuðlar hafa breyst öðru hverju og eru þeir gefnir í töflu 1 fyrir einstakar holur ásamt dagsetningu þegar þeir hafa breyst. Eftir að sískráning hefst í byrjun apríl 2000 er blendustærð ekki lengur föst og hægt er að breyta blenduopnun með loka. Í meðfylgjandi Excel skrá er gefin líking til útreikninga á jafngildi blendustærðar sem svarar til ákveðinnar opunar og síðan gildir ofangreind jafna fyrir massastreymi sem fall af blendustærðinni.

## 2. VINNSLA ÚR JARÐHITASVÆÐINU

Talsvert af gögnum vantar í skrárnar fyrir blendustærð, opnun og þrýsting, en í viðauka er sýnt yfirlit yfir þau tímabil þar sem gögn vantar um þrýsting. Einnig er gefið í töflunni áætluð gildi sem notuð eru í staðinn. Í töflunni er auk þess yfirlit sem sýnir hvernær einstaka holur var lokað. Í töflunni er ekki getið þeirra tímabila þar sem vantar mælingar á opnun en kemur oft fyrir að þau gögn vanti og er þá stuðst við daglegar mælingar vélstjóra í Svartsengi á opnun. Vinnsla úr einstökum holum á jarðhitasvæðinu á árinu 2002 er sýnd á myndum 1 og 2 og í töflu 2 frá upphafi vinnslu. Holutoppsþrýstingur fyrir sama tímabil er sýndur á myndum 3 og 4. Heildarvinnsla fyrir tímabilið er sýnd á mynd 5 og í töflu 3 er hún tekin saman frá upphafi vinnslu í Svartsengi. Niðurdæling í einstakar holur er sýnd í töflu 4 og heildarniðurdæling í jarðhitasvæðið í töflu 5 og byggja þær tölur á mælingum vélstjóra í Svartsengi.

**Tafla 1. Holustuðlar**

Hola	Dags.	c	x
SG-7	700101	5.63289	1.12024
	800301	5.63786	1.13788
	831001	5.63289	1.12024
	880701	5.63355	1.12640
	980701	5.57158	1.08284
SG-8	700101	5.63289	1.12024
	830301	5.63786	1.13788
	831001	5.63289	1.12024
	880701	5.63355	1.12640
SG-9	700101	5.63289	1.12024
	830301	5.63786	1.13788
	831001	5.63289	1.12024
	880701	5.63289	1.12024
SG-10	700101	4.95706	1.00726
	840101	4.68591	1.00035
	840601	4.69526	0.99986
	880701	4.69455	0.99478
	910701	4.93547	1.00000
SG-11	700101	5.63289	1.12024
	830301	5.64123	1.15785
	831001	5.63289	1.12024
	880701	5.63355	1.12640
	980701	5.57402	1.08233
SG-12	880101	5.63289	1.12024
	880701	5.68134	1.15981
	980701	5.66121	1.12504
SG-14	961001	4.93547	1.00000
SG-16	991101	4.93547	1
SG-18	990901	5.57158	1.08284
SG-19	991101	5.57158	1.08284
SG-20	010316	4.93547	1.00000

**Tafla 2.** *Vinnsla úr jarðhitaholum.*

Vinnsla, millj. tonn																	
Ár	SG-03	SG-04	SG-05	SG-06	SG-07	SG-08	SG-09	SG-10	SG-11	SG-12	SG-14	SG-15	SG-16	SG-18	SG-19	SG-20	Samtals
1976		0,36															0,36
1977	0,49	0,72															1,21
1978	1,35	0,97															2,32
1979	0,61	0,17	1,01	0,45													2,24
1980	1,38		1,08	1,22				0,04									3,72
1981	0,03		1,37	0,22	0,58	1,86	1,28	0,46	1,32								7,12
1982			0,18	0,47	1,71	1,58	1,64	0,48	1,68								7,73
1983				0,91	1,37	1,49	1,45	0,58	1,67								7,47
1984				1,35	1,74	1,63	1,73	0,39	1,42								8,25
1985			0,64	1,27	1,62	1,53	1,60	0,23	1,60								8,49
1986			1,81	1,32	1,76	1,56	1,71	0,12	1,69								9,97
1987			1,46	1,07	1,69	1,53	1,72	0,14	1,70								9,31
1988			0,83	1,25	1,72	1,55	1,72	0,15	1,75	0,53							9,49
1989				1,02	1,77	1,80	1,49	0,15	1,65	1,59							9,46
1990				0,86	1,87	1,81	1,71	0,20	1,40	1,45							9,30
1991				0,07	1,87	1,74	1,81	0,50	1,13	1,03							8,15
1992					1,49	1,44	1,36	0,75	1,22	0,94							7,21
1993					1,53	1,40	1,24	0,79	1,42	0,91							7,29
1994					1,55	1,22	1,34	0,83	1,66	0,95							7,53
1995					1,61	1,47	1,62	0,87	1,62	0,99							8,18
1996					1,32	1,46	1,41	0,78	1,64	0,93	0,11						7,65
1997					1,19	1,55	1,50	0,68	1,54	0,95	0,23						7,63
1998					0,99	1,54	1,43	0,85	1,54	0,46	0,16						6,98
1999					1,42	1,49	1,58	0,84	1,45	0,34	0,26		0,17	0,38	0,25		8,17
2000					1,50	1,61	1,75	1,20	1,53	0,07	0,32		1,27	1,42	1,51		12,18
2001					1,60	1,61	1,60	0,98	2,53		0,31		1,32	1,24	1,23	0,35	12,77
2002					1,38	1,43	1,50	0,85	2,46		0,30		1,34	1,06	1,01	0,73	12,06

**Tafla 3.** *Vinnsla úr jarðhitasvæðinu.*

Heildarvinnsla				
		Vinnsla,	í árslok,	Meðalvinnsla,
	Ár	millj.tonn	millj.tonn	kg/s
31.12.1976	1976	0,36	0,36	11,45
31.12.1977	1977	1,21	1,57	38,35
31.12.1978	1978	2,32	3,89	73,48
31.12.1979	1979	2,24	6,13	71,03
31.12.1980	1980	3,72	9,85	118,00
31.12.1981	1981	7,12	16,97	225,67
31.12.1982	1982	7,73	24,69	245,04
31.12.1983	1983	7,47	32,16	236,74
31.12.1984	1984	8,25	40,41	261,73
31.12.1985	1985	8,49	48,90	269,22
31.12.1986	1986	9,97	58,87	316,01
31.12.1987	1987	9,31	68,18	295,12
31.12.1988	1988	9,49	77,66	300,85
31.12.1989	1989	9,46	87,12	299,89
31.12.1990	1990	9,30	96,42	294,84
31.12.1991	1991	8,15	104,57	258,38
31.12.1992	1992	7,21	111,77	228,50
31.12.1993	1993	7,29	119,06	231,01
31.12.1994	1994	7,53	126,59	238,90
31.12.1995	1995	8,18	134,77	259,25
31.12.1996	1996	7,65	142,42	242,52
31.12.1997	1997	7,63	150,05	242,09
31.12.1998	1998	6,98	157,03	221,29
31.12.1999	1999	8,17	165,20	258,96
31.12.2000	2000	12,18	177,38	386,33
31.12.2001	2001	12,77	190,15	405,02
31.12.2002	2002	12,06	202,21	382,35

**Tafla 4.** *Niðurdæling í einstaka holur.*

Ár	SG-05	SG-06	SG-12	SG-17	Samtals
1984			0,32		0,32
1985			0,94		0,94
1986			1,73		1,73
1987			1,36		1,36
1988	0,39		0,60		0,99
1989	0,45				0,45
1990	0,67				0,67
1991					0,00
1992					0,00
1993		0,22			0,22
1994		0,53			0,53
1995					0,00
1996		0,07			0,07
1997					0,00
1998		0,72			0,72
1999		0,69			0,69
2000					0,00
2001				0,76	0,76
2002				1,72	1,72

**Tafla 5.** *Heildar niðurdæling.*

Heildardæling			
	Niðurdæling,	í árslok,	Meðaldæling,
Ár	millj.tonn	millj.tonn	kg/s
1984	0,32	0,32	10,24
1985	0,94	1,26	29,66
1986	1,73	2,99	54,94
1987	1,36	4,35	43,08
1988	0,99	5,34	31,45
1989	0,45	5,79	14,26
1990	0,67	6,46	21,12
1991	0,00	6,46	0,00
1992	0,00	6,46	0,00
1993	0,22	6,68	6,91
1994	0,53	7,21	16,85
1995	0,00	7,21	0,00
1996	0,07	7,27	2,07
1997	0,00	7,27	0,00
1998	0,72	7,99	22,81
1999	0,69	8,68	21,99
2000	0,00	8,68	0,00
2001	0,76	9,45	24,22
2002	1,72	11,16	54,41

**Tafla 6.** Heildarvinnsla úr einstöku holum í milljónum tonna við 5,5 bar skiljuþrýsting.

	SG-07		SG-08		SG-09		SG-10		SG-11		SG-12		SG-14		SG-16		SG-18		SG-19		SG-20	
	0,182								0,182		0,159											
Gufuhlutfall	0,231		0,182		0,182		1,000		0,231		0,169		1,000		1,000		0,182		0,182		1,000	
Tímabil	Vatn	Gufa	Vatn	Gufa	Vatn	Gufa	Vatn	Gufa	Vatn	Gufa	Vatn	Gufa	Vatn	Gufa	Vatn	Gufa	Vatn	Gufa	Vatn	Gufa	Vatn	Gufa
1976-1991	14,50	3,24	15,20	3,38	14,80	3,29	1,17	2,26	14,00	3,11	4,03	0,76	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1992	1,22	0,27	1,18	0,26	1,11	0,25	0,00	0,75	1,00	0,22	0,79	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1993	1,25	0,28	1,14	0,25	1,02	0,23	0,00	0,79	1,16	0,26	0,76	0,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1994	1,26	0,28	1,00	0,22	1,09	0,24	0,00	0,83	1,36	0,30	0,80	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1995	1,32	0,29	1,20	0,27	1,33	0,30	0,00	0,87	1,32	0,29	0,83	0,16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1996	1,08	0,24	1,19	0,27	1,15	0,26	0,00	0,78	1,35	0,30	0,78	0,15	0,00	0,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1997	0,92	0,28	1,26	0,28	1,22	0,27	0,00	0,68	1,19	0,36	0,79	0,16	0,00	0,23	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1998	0,76	0,23	1,26	0,28	1,17	0,26	0,00	0,85	1,18	0,36	0,38	0,08	0,00	0,16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1999	1,09	0,33	1,22	0,27	1,29	0,29	0,00	0,84	1,11	0,33	0,28	0,06	0,00	0,26	0,00	0,17	0,31	0,07	0,20	0,05	0,00	0,00
2000	1,16	0,35	1,31	0,29	1,43	0,32	0,00	1,20	1,18	0,35	0,06	0,01	0,00	0,32	0,00	1,27	1,16	0,26	1,24	0,28	0,00	0,00
2001	1,23	0,37	1,32	0,29	1,31	0,29	0,00	0,98	1,95	0,58	0,00	0,00	0,00	0,31	0,00	1,32	1,01	0,23	1,00	0,22	0,00	0,35
2002	1,06	0,32	1,17	0,26	1,23	0,27	0,00	0,85	1,89	0,57	0,00	0,00	0,00	0,30	0,00	1,34	0,86	0,19	0,82	0,18	0,00	0,73
Samtals	26,85	6,47	28,46	6,33	28,16	6,26	1,17	11,66	28,69	7,04	9,51	1,82	0,00	1,70	0,00	4,10	3,35	0,75	3,27	0,73	0,00	1,07

Eins og sést af töflunum hefur rúmlega 11 milljónum tonna verið dælt niður í jarðhitasvæðið en vinnsla er rúmlega 200 milljón tonn. Meðalvinnsla hefur undanfarin tvö ár verið tæplega 400 kg/s og síðastliðið ár var hún um 380 kg/s. Hér er um verulega aukningu að ræða og mun meiri en kannað hefur verið áður með líkanreikningum. Gufu- og vatnsstreymi einstakra holna er síðan sýnt í töflu 6 miðað við 5,5 bar skiljuþrýsting.

### 3. VATNSBORÐSMÆLINGAR

Þegar vatnsborðsmælingar í holu 4 trufluðust vegna suðu í holunni var þeim hætt og þrýstimælingar notaðar til að meta þrýstilækkun á svæðinu. Í því skyni hefur þrýstingur á 700 m og 1000 m dýpi í holu 7 verið notaður. Frá og með október 1999 var erfiðleikum bundið að koma þrýstimæli í holu 7 og er þrýstingur frá og með þeim tíma mældur í holu 12. Mældur niðurdráttur og heildarvinnsla úr jarðhitasvæðinu frá upphafi eru sýnd á mynd 6. Tafla 7 sýnir niðurdrátt og vinnslu þau ár þegar vatnsborðsmælingar í holu 4 gáfu rétta mynd af niðurdrættinum.

Niðurdráttur reiknaður út frá þrýstimælingum er sýndur á mynd 6 og í töflu 8 fyrir holu 7 og í töflu 9 fyrir holu 12. Eins og taflan sýnir er niðurdráttur í lok ársins rúmlega 313 m.

**Tafla 7.** Niðurdráttur og vinnsla.

Ár	Meðalvinnsla kg/s	Niðurdráttur á árinu m	Mældur niður- dráttur í árslok m
1976	26,4	2,4	2,4
1977	33,9	9,2	11,6
1978	51,7	8,4	20,0
1979	101,2	10,0	30,0
1980	136,0	17,0	47,0
1981	237,2	35,4	82,4
1982	240,4	16,3	98,7
1983	241,0	19,8	118,5
1984	249,8	16,1	134,6
1985	245,8	13,4	148,0

**Tafla 8.** Niðurdráttur og þrýstingur á 700 m og 1000 m dýpi í holu 7.

Dagsetn.	Þrýstingur bar	Niður- dráttur m
79.10.28	54,04	27,0
79.11.02	53,45	33,1
79.11.23	53,84	29,1
80.01.29	54,33	24,0
80.03.04	53,64	31,1
80.10.08	51,98	48,1
82.03.15	47,37	95,5
83.05.04	45,60	113,6
84.04.30	44,03	129,7
85.04.22	43,84	131,8
86.06.03	41,49	155,8
87.04.29	41,20	158,9
87.06.03	41,50	155,7
88.10.22	40,22	168,9
89.02.14	39,5	176,3
89.97.18	37,93	192,4
90.02.05	37,84	193,3
90.07.04	37,2	199,9
90.11.15	36,98	202,1
91.03.14	36,78	204,2
91.12.10	36,18	210,3
92.03.19	36,48	207,3
92.06.11	36,58	206,2
92.09.01	36,08	211,4
92.12.21	34,10	222,7
93.06.29	35,30	210,3
93.10.08	35,30	210,3
94.11.14	60,5*	207,6
94.12.28	60,9*	203,5
95.04.27	59,7*	216,8
95.06.03	60,1*	211,7
95.11.10	60,1*	211,7
95.12.19	59,4*	218,9
96.04.02	59,0*	223,0
96.06.13	58,2*	231,0
96.09.26	58,8*	225,0
97.03.05	57,6*	237,3
97.03.05	58,4*	229,1
97.06.26	57,6*	237,3
97.09.20	57,2*	241,7
97.12.18	57,2*	241,7
98.03.31	56,7*	246,5
98.06.10	56,99*	243,6
98.07.07	56,99*	243,6
98.10.15	57,04*	243,1
98.12.28	56,66*	247,0
99.03.18	56,63*	247,3
99.09.28	56,07*	253,0

\* þrýstingur á 1000 m dýpi

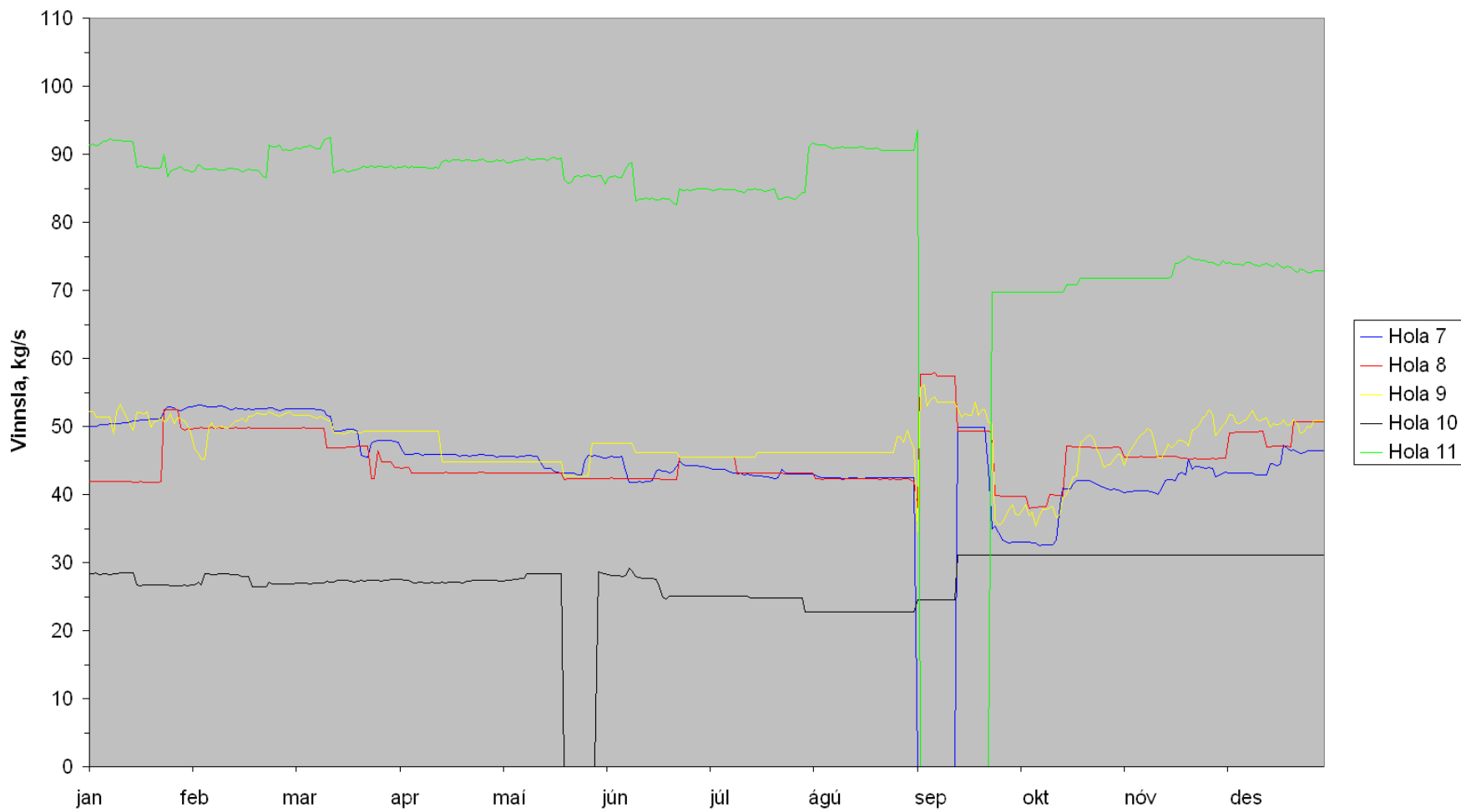
**Tafla 9.** Niðurdráttur og þrýstingur á 900 m dýpi í holu 12.

	Þrýstingur bar	Niðurdráttur m
99.09.30	48,81	
99.12.29	47,73	264,1
00.03.02	46,31	278,7
00.03.30	46,65	275,2
00.05.31	46,64	275,3
00.12.28	44,74	294,8
01.11.02	43,93	303,1
02.02.26	44,03	302,1
02.08.15	44,59	296,4
02.12.19	42,94	313,3

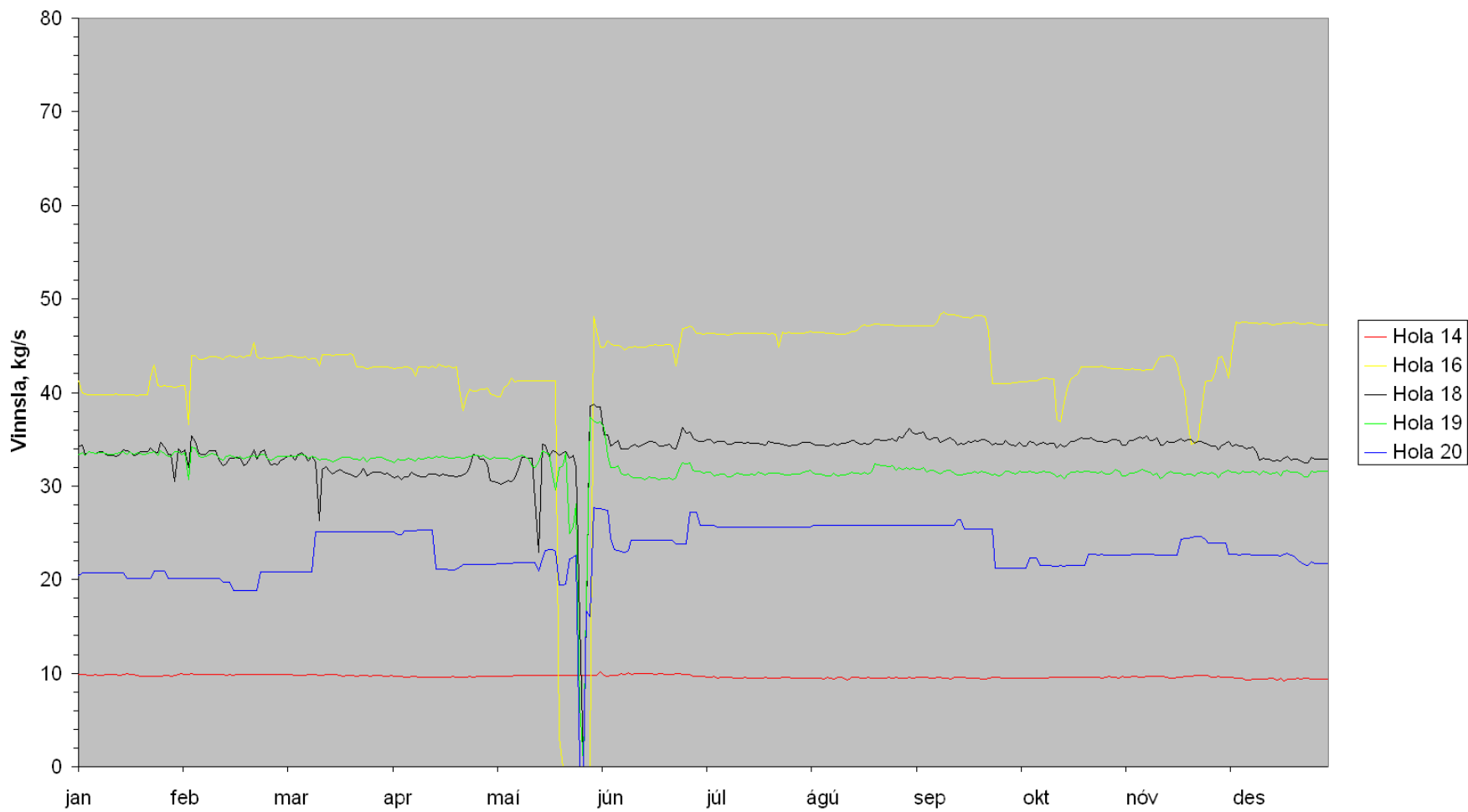
#### 4. REIKNILÍKAN

Áhrifum vaxandi niðurdráttar og niðurdælingar á vinnslu úr jarðhitasvæðinu er lýst í skýrslu sem Verkfræðistofan Vatnaskil vann fyrir Orkustofnun vegna Hitaveitu Suðurnesja (Svartsengi, Reiknilíkan af jarðhitakerfi, OS-89031/JHD-05, ágúst 1989). Í skýrslunni er gerð grein fyrir reiknilíkani, sem líkir eftir vatnsborðslækkuninni og hefur niðurstöðum þess borið vel saman við mælingar. Í ofangreindri skýrslu kom einnig fram að reiknaðri þrýstilækkun í Eldvörpum ber mjög vel saman við mælingar þar. Þannig lækkar þrýstingur í Eldvörpum jafnt og þétt með vinnslu í Svartsengi. Hins vegar sýna þrýstimælingar á Reykjanesi að lítillar þrýstilækkunar gæti þar þrátt fyrir mikla vinnslu úr svæðinu sjálfu og vinnslu í Svartsengi. Samanburður á niðurstöðum reiknilíkans og mælingum í Svartsengi er sýndur á mynd 7. Nýjustu þrýstimælingar í holu 7 sýna heldur meiri niðurdrátt en reiknast. Ástæða fyrir minni reiknuðum niðurdrætti má sjá á mynd 8, sem sýnir meðalvinnslu og þrýstilækkun. Þar sést að verulega dregur úr meðalvinnslu frá árinu 1996 og er reiknaður niðurdráttur í samræmi við það. Þrýstimælingar í holu 12 eru hinsvegar í samræmi við líkanreikninga eins og sést af myndum 7 og 8. Mynd 9 sýnir vatnsborðslækkun í Svartsengi, Eldvörpum og Reykjanesi til ársins 2010 ef gert er ráð fyrir sömu vinnslu og var í Svartsengi og Reykjanesi árið 2002. Nýjustu þrýstimælingar í Eldvörpum sýna ef til vill of mikla þrýstilækkun og er ástæða til að endurskoða reiknilíkanið með tilliti til lektar á milli Eldvarpa og Svartsengis.

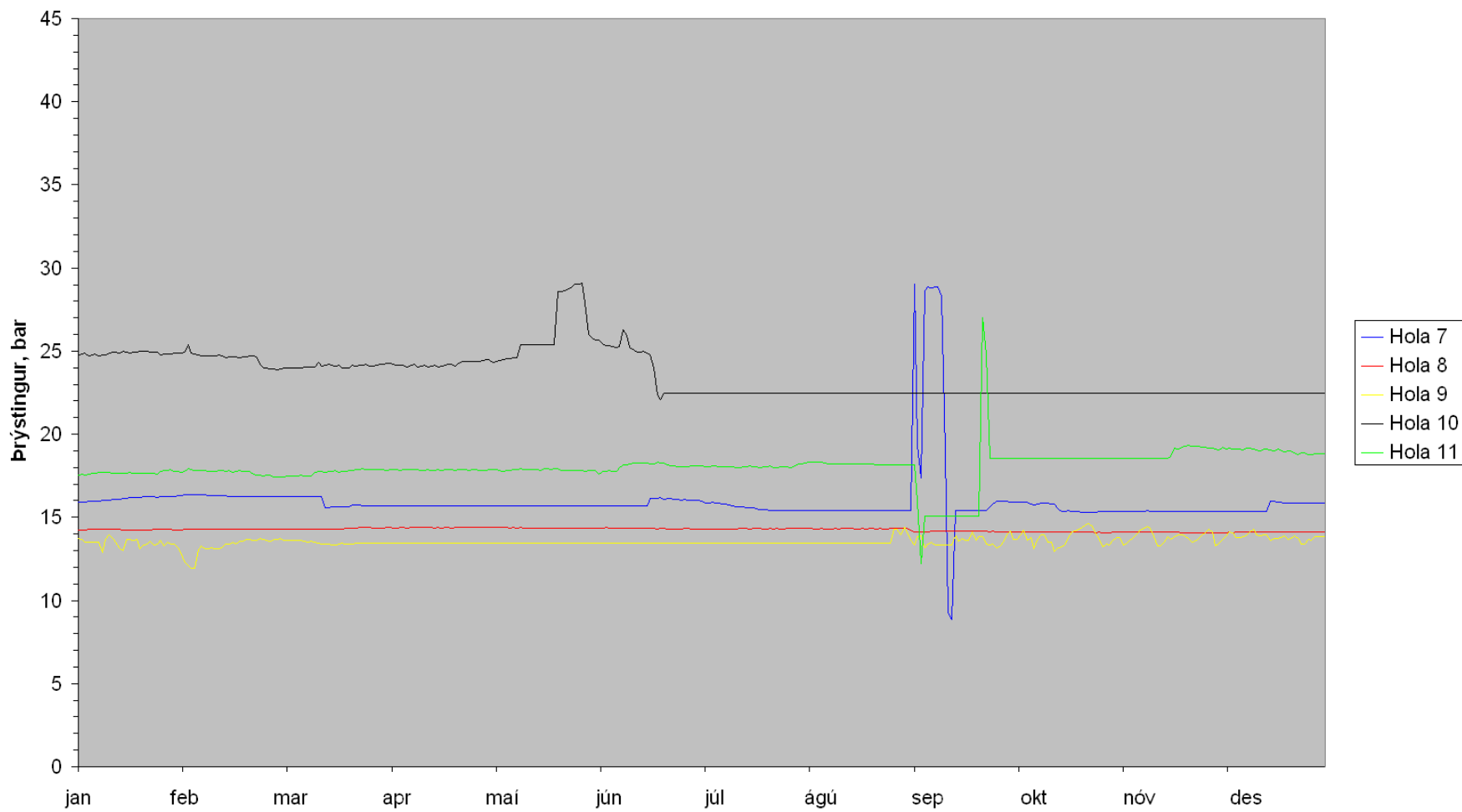




**Mynd 1.** Vinnsla úr jarðhitasvæðinu árið 2002. Holur 7–17.



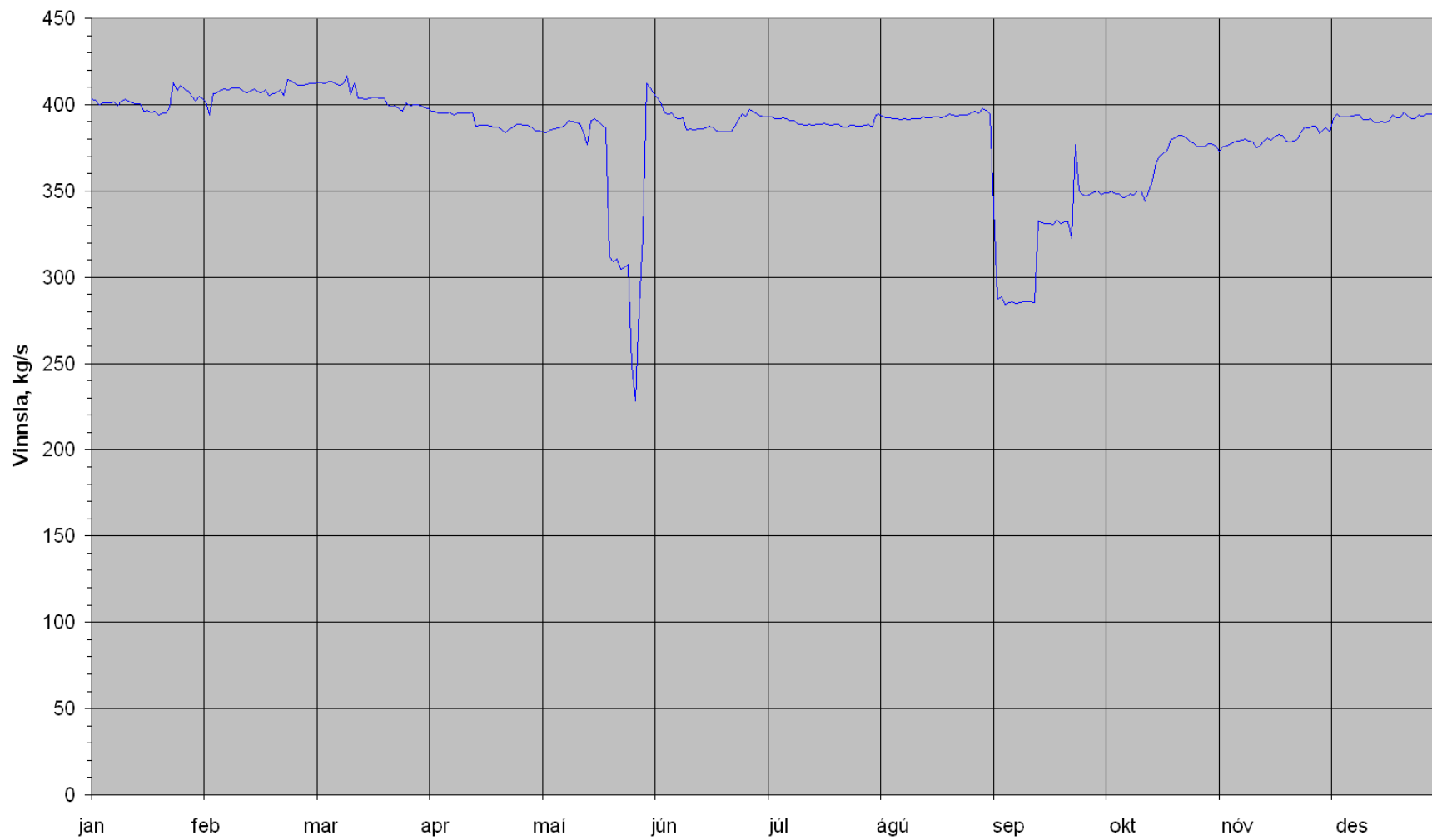
**Mynd 2.** Vinnsla úr jarðhitasvæðinu árið 2002. Holur 14–20.



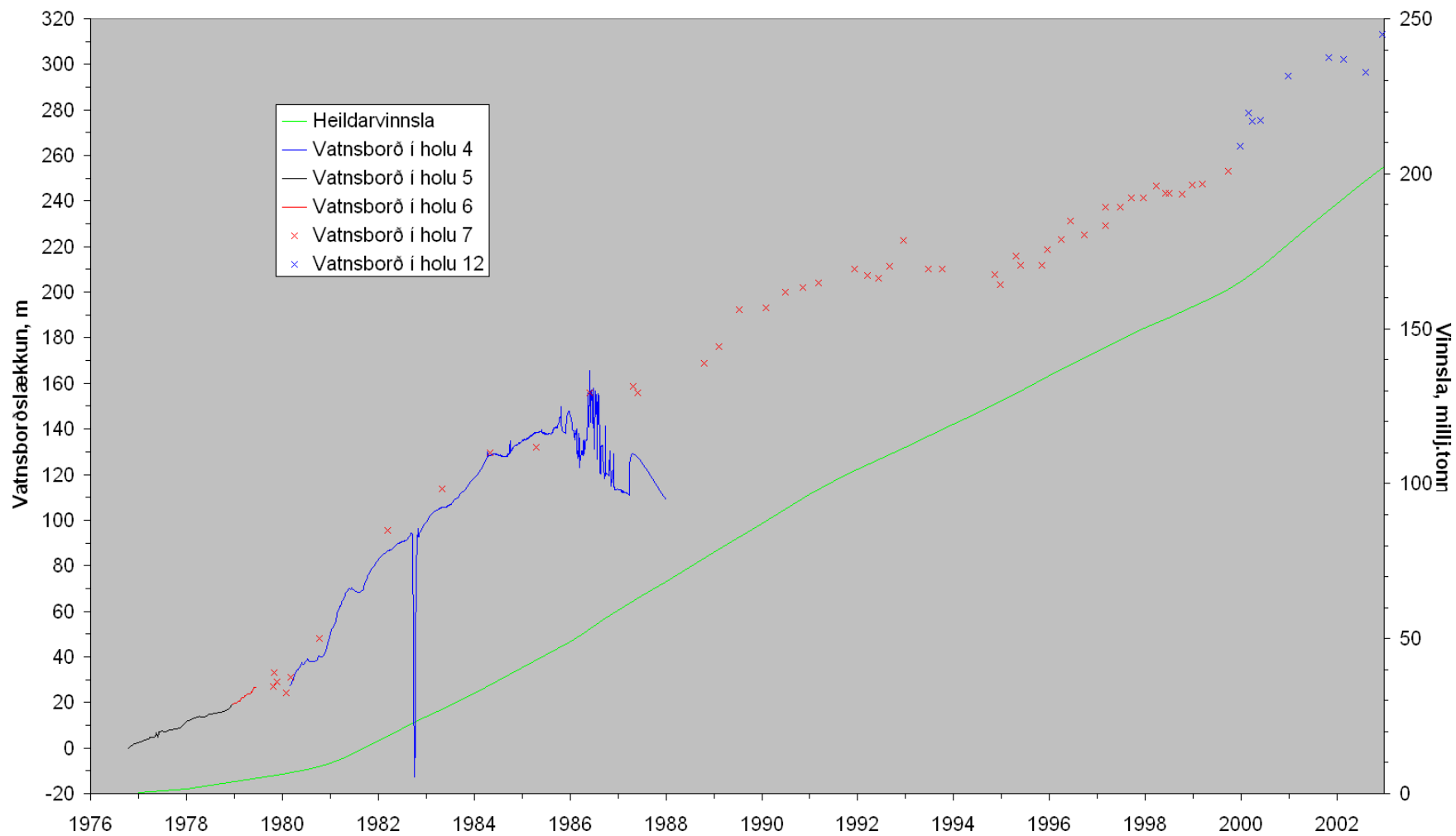
**Mynd 3.** Holutoppþrýstingur árið 2002. Hóla 7–11.



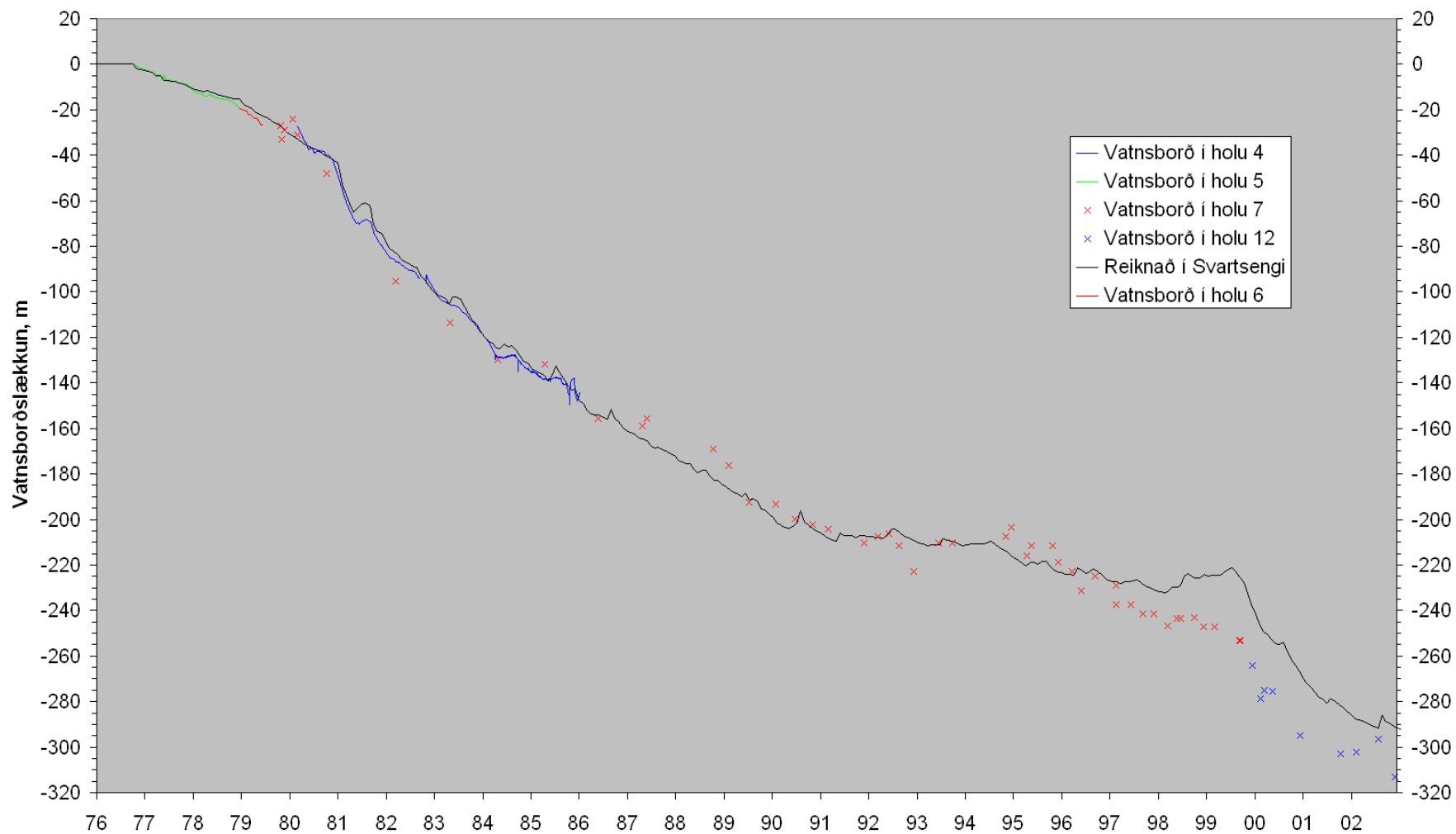
**Mynd 4.** Holutoppþrýstingur árið 2002. Holur 14–20.



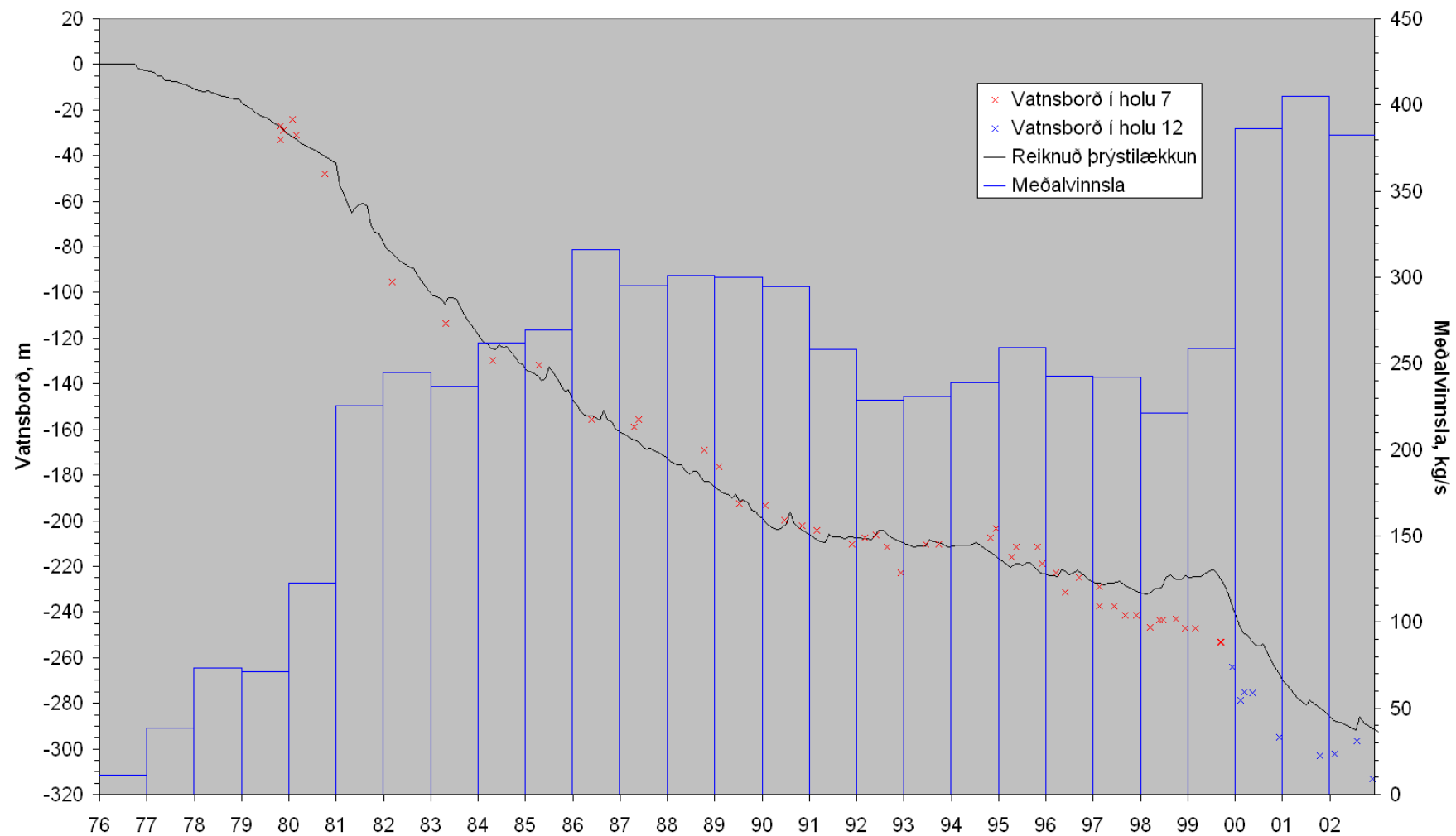
**Mynd 5.** Heildarvinnsla árið 2002.



**Mynd 6.** Heildarvinnsla og vatnsborð 1976–2002.

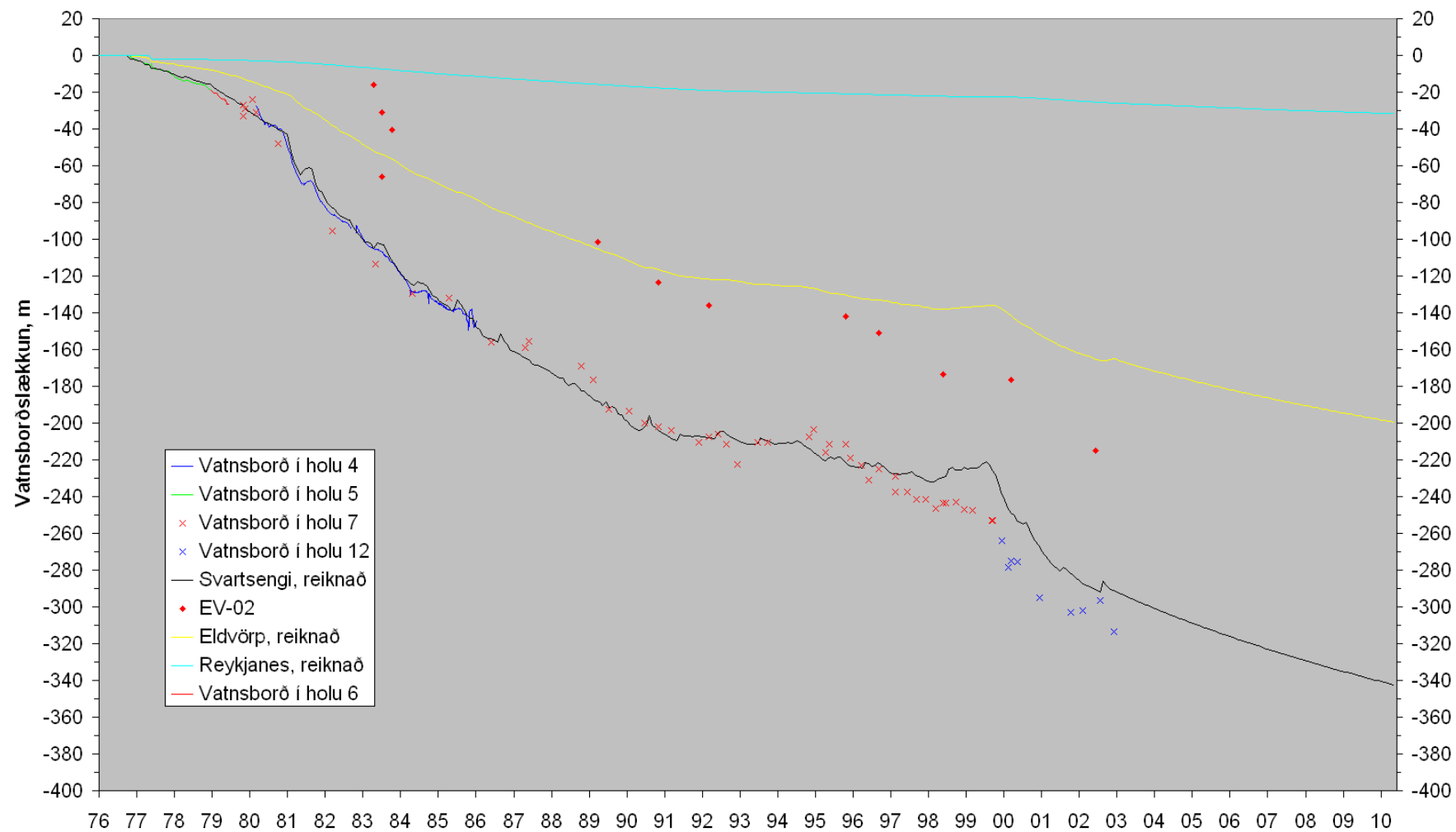


Mynd 7. Vatnsborðslækkun 1976–2002.



Mynd 8. Meðalvinnsla og þrýstilækkun 1976–2002.





**Mynd 9.** Vatnsborðslækkun á Reykjanesi.

## VIÐAUKI

Skrá yfir eyður í vinnsluholum

	Meðalbrýstingur, bar					
	Vantar gögn			Holu lokað		
Hola	frá	til	gildi	frá	til	gildi
SG-07	15-feb	13-mar	26	2-sep	13-sep	11
	26-mar	16-jún	82			
	24-júl	1-sep	39			
	14-sep	23-sep	9			
	11-nóv	14-des	33			
	29-des	31-des	2			
SG-08	7-sep	11-sep	4			
	29-des	31-des	2			
SG-09	4-jan	7-jan	3			
	24-mar	28-ágú	157			
	9-sep	13-sep	4			
	29-des	31-des	2			
SG-10	11-maí	20-maí	9	21-maí	30-maí	9
	21-jún	31-des	193			
SG-11	24-ágú	2-sep	9	3-sep	23-sep	20
	6-sep	21-sep	15			
	24-sep	15-nóv	52			
	29-des	31-des	2			
SG-14	11-maí	1-jún	21			
	29-des	31-des	2			
SG-16	10-maí	20-maí	10	22-maí	30-maí	8
	29-des	31-des	2			
SG-18	29-des	31-des	2			
SG-19	29-des	31-des	2			
SG-20	4-jan	11-feb	38	27-maí	28-maí	1
	20-feb	3-apr	42			
	11-maí	14-maí	3			
	11-jún	7-okt	118			
	29-des	31-des	2			

# REYKJANES

## EFNISYFIRLIT

1. INNGANGUR.....	29
2. VINNSLA ÚR JARÐHITASVÆÐINU .....	29
VIÐAUKI: Skrá yfir eyður í vinnsluholum.....	35

## TÖFLUR

Tafla 1. <i>Vinnsla úr jarðhitasvæðinu</i> .....	30
--	----

## MYNDIR

Mynd 1. <i>Vinnsla úr holu 9</i> .....	31
Mynd 2. <i>Holutoppsprýstingur í holu 9</i> .....	32
Mynd 3. <i>Vinnsla úr holu 9 árið 2002</i> .....	33
Mynd 4. <i>Holutoppsprýstingur í holu 9 árið 2002</i> .....	34



## **1. INNGANGUR**

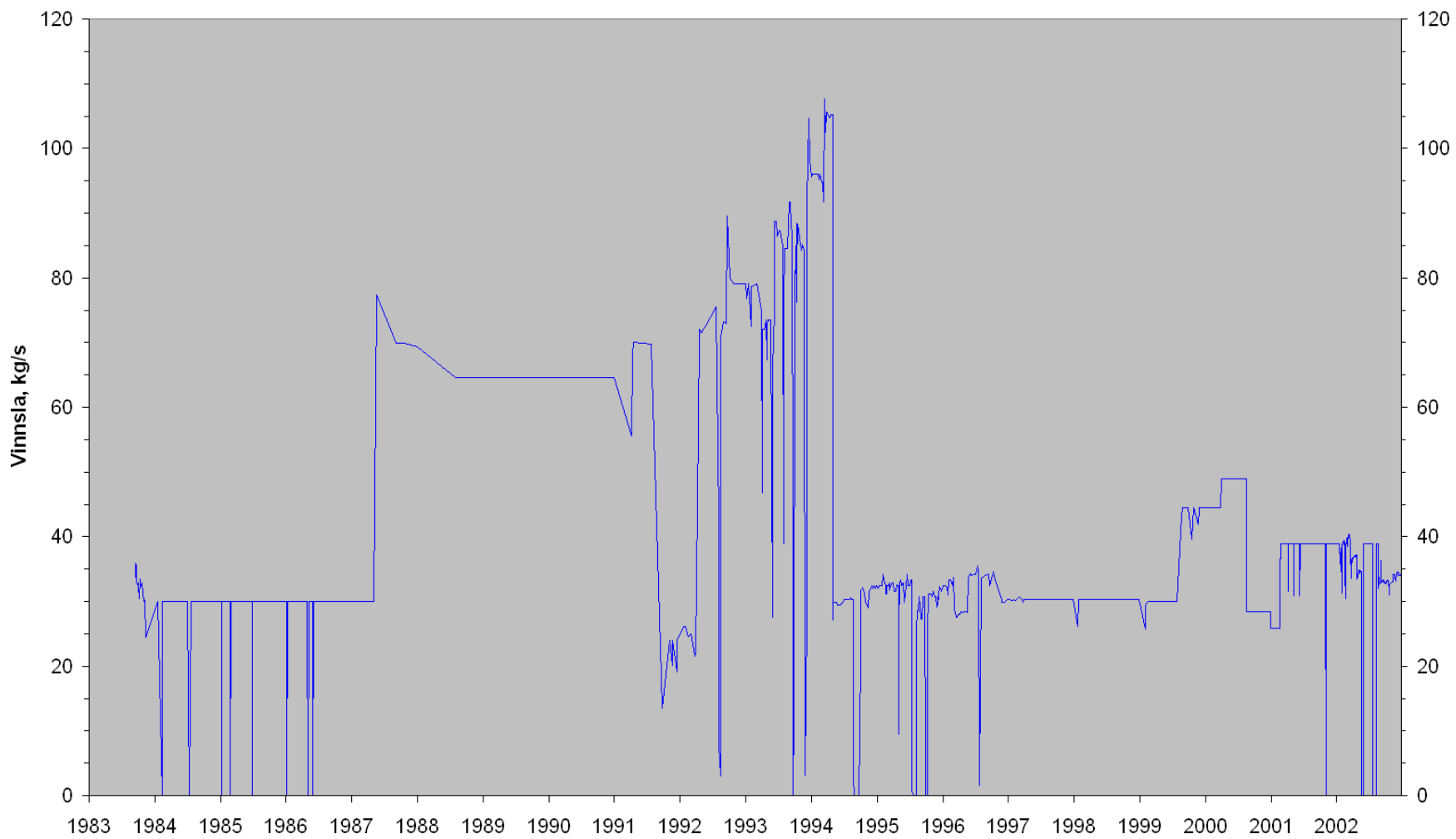
Eftirfarandi skýrsla er unnin af Verkfræðistofunni Vatnaskilum fyrir Orkustofnun vegna Hitaveitu Suðurnesja. Efni skýrslunnar er úrvinnsla gagna um vinnslu og niðurdrátt í jarðhitasvæðinu á Reykjanesi fyrir árið 2002. Allar mælingar eru færðar í Excel skrá þar sem allir útreikningar eru framkvæmdir og myndir birtar. Excelskráin fylgir með á disk.

## **2. VINNSLA ÚR JARÐHITASVÆÐINU**

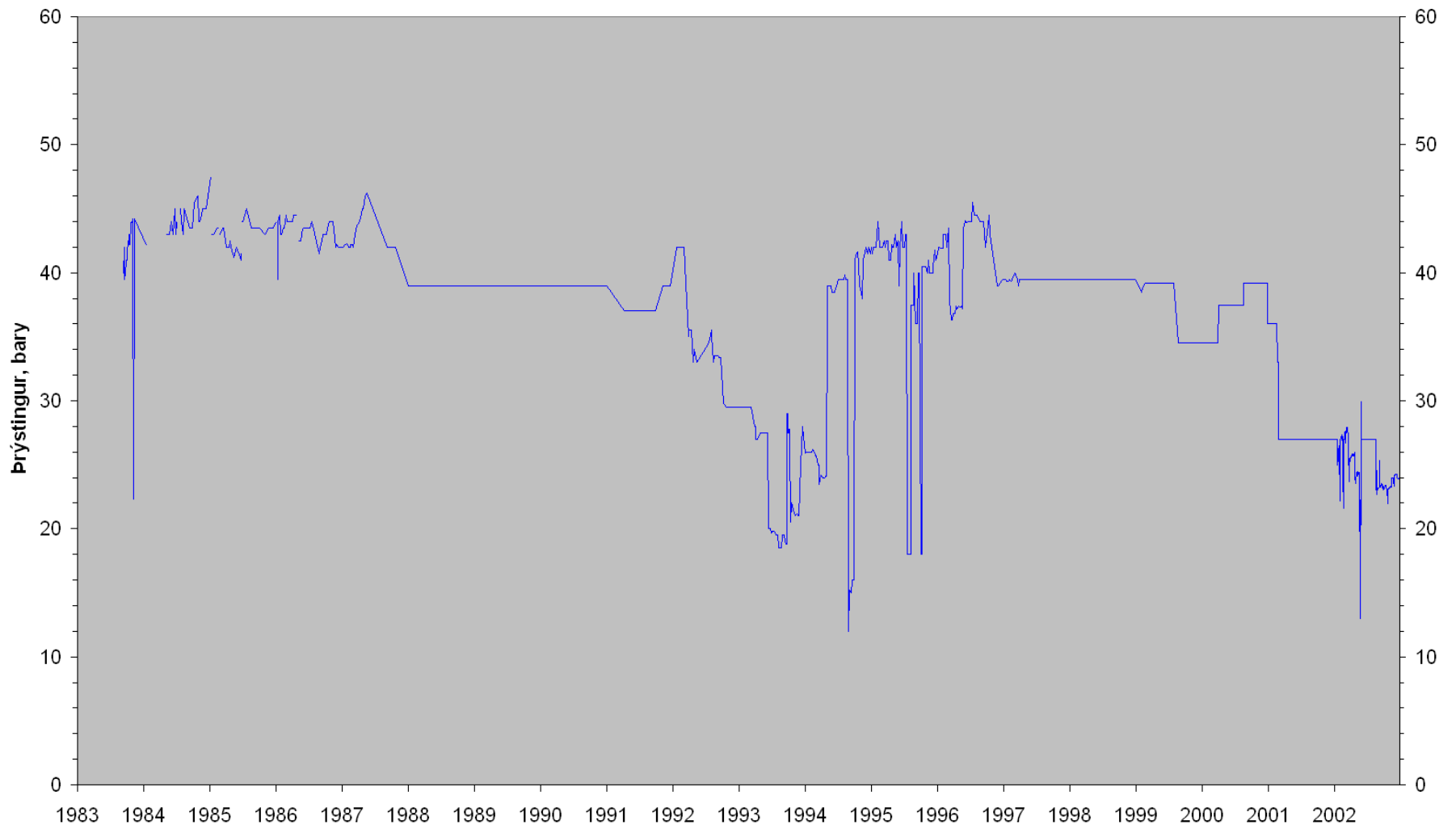
Frá maí 1994 hefur verið 53,5 mm blenda í holu RN-09 og krítískt þrýstifall verið yfir blenduna. Hún hefur verið með rúmlega 40 bara holutoppsþrýsting og um 30 kg/s rennsli. Þann 25. ágúst 1999 var blenda stækkuð í 70 mm en síðan minnkuð aftur 22. ágúst árið 2000 í 52 mm. Í febrúar 2001 kvartar saltverksmiðjan undan gufuskorti og er þá blenda stækkuð í 65 mm þann 22. febrúar og síðan aftur 28. febrúar í 75 mm. Holutoppsþrýstingur við 65 mm blendu var 33 bar og 27 bar við 75 mm blendu. Vinnsla úr holunni frá upphafi er sýnd á mynd 1 og þrýstingur á mynd 2. Vinnsla úr holunni er sýnd á mynd 3 fyrir árið 2002. Holutoppsþrýstingur er sýndur fyrir sama tímabil á mynd 4. Heildarvinnsla úr svæðinu er sýnd í töflu 1. Lítil þrýstilækkun hefur verið mæld á Reykjanesi þrátt fyrir að tekin hafa verið tæplega 50 milljón tonn úr svæðinu.

**Tafla 1.** *Vinnsla úr jarðhitasvæðinu*

	Vinnsla,	Vinnsla,	Vinnsla,	Heildarvinnsla	
	millj.tonn	millj.tonn	millj.tonn	í árslok,	Meðalvinnsla,
Ár	RN-08	RN-09	Samtals	millj.tonn	kg/s
1970	0,31		0,31	0,31	9,97
1971	1,62		1,62	1,94	51,42
1972	1,60		1,60	3,54	50,73
1973	1,58		1,58	5,12	50,08
1974	1,12		1,12	6,23	35,50
1975			0,00	6,23	0,00
1976			0,00	6,23	0,00
1977	0,50		0,50	6,74	15,88
1978	1,13		1,13	7,87	35,84
1979	1,52		1,52	9,38	48,11
1980	2,58		2,58	11,96	81,67
1981	0,51		0,51	12,47	16,12
1982	1,27		1,27	13,74	40,38
1983	1,14	0,31	1,44	15,18	45,80
1984	1,80	0,88	2,68	17,87	85,06
1985	1,71	0,92	2,63	20,49	83,26
1986	1,86	0,93	2,78	23,28	88,26
1987	0,68	1,78	2,46	25,74	78,03
1988		2,14	2,14	27,87	67,73
1989		2,04	2,04	29,91	64,65
1990		2,04	2,04	31,95	64,65
1991		1,79	1,79	33,74	56,62
1992		1,87	1,87	35,61	59,32
1993		2,41	2,41	38,02	76,51
1994		1,57	1,57	39,59	49,74
1995		0,90	0,90	40,49	28,66
1996		0,99	0,99	41,48	31,30
1997		0,94	0,94	42,42	29,85
1998		0,95	0,95	43,37	30,24
1999		1,10	1,10	44,48	34,93
2000		1,83	1,83	46,31	58,10
2001		1,15	1,15	47,46	36,58
2002		1,04	1,04	48,50	32,84

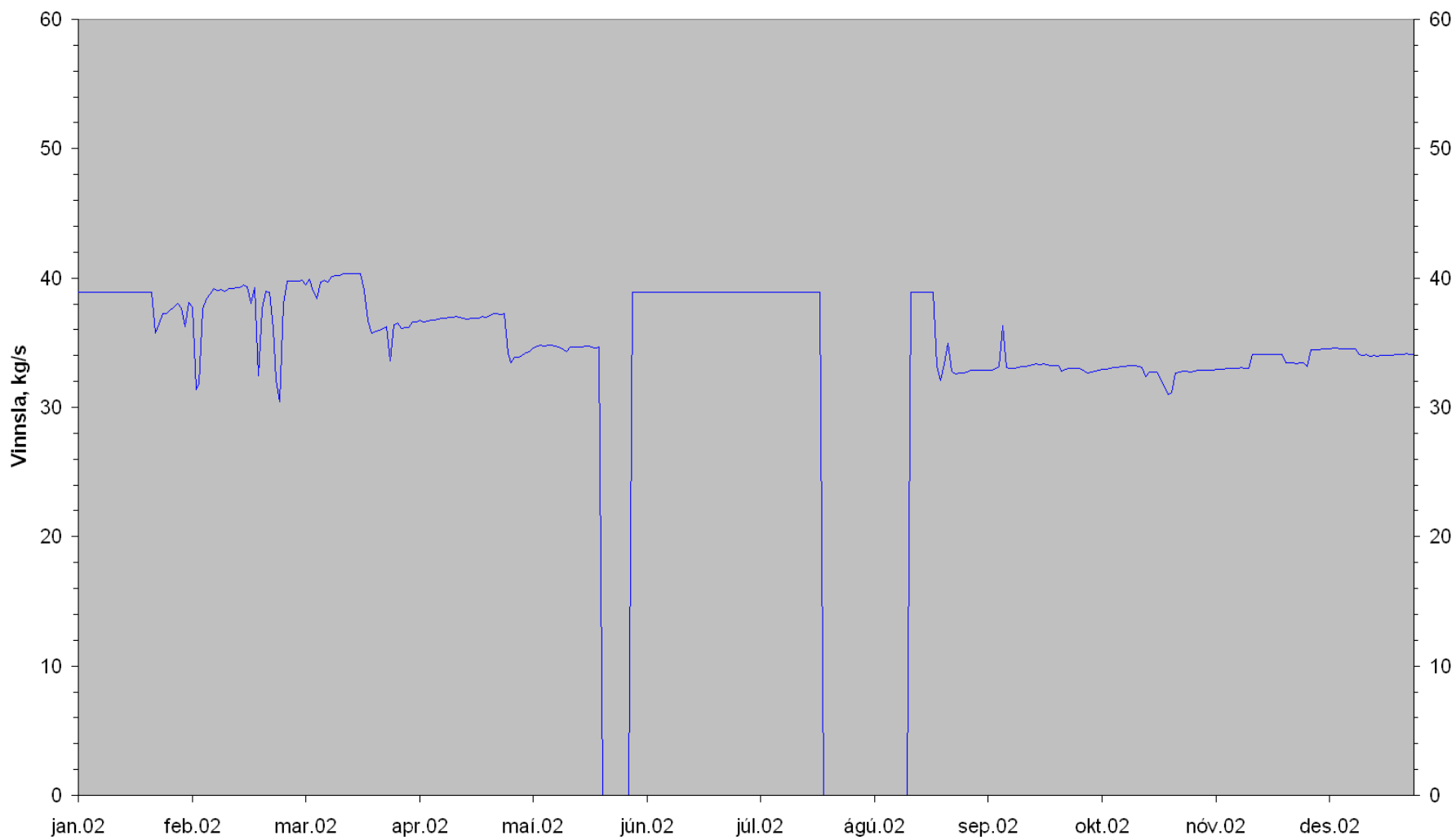


**Mynd 1.** *Vinnsla úr holu 9.*

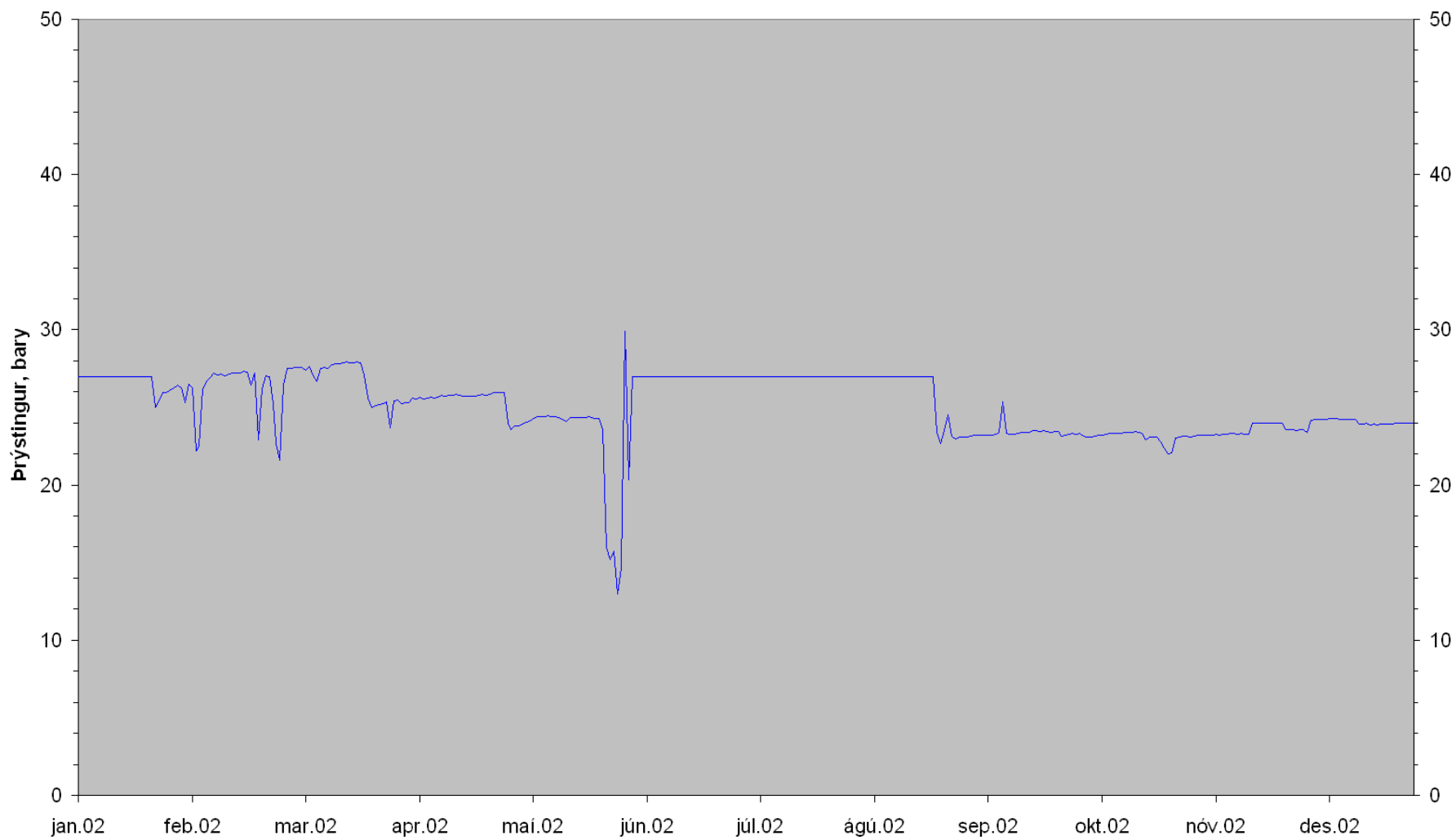


**Mynd 2.** Holutoppsprýstingur í holu 9.





**Mynd 3.** *Vinnsla úr holu 9 árið 2002.*



**Mynd 4.** Holutoppsprýstingur í holu 9 árið 2002.

## VIÐAUKI

Skrá yfir eyður í vinnsluholum.

	Meðalþrýstingur, bar					
	Vantar gögn			Holu lokað		
Hola	frá	til	gildi	frá	til	gildi
RN-9	1-jan	21-jan	20	24-maí	31-maí	7
	1-jún	22-ágú	82	23-júl	15-ágú	23
	18-nóv	25-nóv	7			
	30-des	31-des	1			



## **II. HLUTI**

### **Svartsengi – Reykjanes**

**Hita- og þrýstimælingar 1995–2002**

**Rannsóknasvið Orkustofnunar**

**Grímur Björnsson**

**Arnar Hjartarson**

**Peter E. Danielsen**



## EFNISYFIRLIT

1. INNGANGUR.....	43
2. YFIRLIT UM BORHOLUR Í SVARTSENGI.....	44
3. BORHOLUMÆLINGAR Í SVARTSENGI OG ELDVÖRPUM.....	45
4. KALKÚTFELLINGAR Í HOLUM .....	50
5. NIÐURSTÖÐUR OG UMRÆÐA .....	51
6. HEIMILDIR .....	54
VIÐAUKI 1: Yfirlit um borholumælingar gerðar milli 1995 og 2002 .....	55
VIÐAUKI 2: Hita- og þrýstimælingar í Svartengi .....	58
VIÐAUKI 3: Hita- og þrýstimælingar í Eldvörpum .....	91

## TÖFLUR

Tafla 1: <i>Upplýsingar um borholur í Svartsengi.</i> .....	44
Tafla 2: <i>Yfirlit um sögu kalkútfellinga í holu SG-8 milli 1995 og 2002.</i> .....	50

## MYNDIR

Mynd 1: <i>Saga þrýstings á 900 m dýpi í Svartsengi og Eldvörpum frá 1979 til 2002.</i> ...	45
Mynd 2: <i>Saga þrýstings á 900 m dýpi í Svartsengi og Eldvörpum frá 1993 til 2002.</i> ...	46
Mynd 3: <i>Saga þrýstings á 900 m dýpi í Svartsengi hermd með 3. gráðu margliðu auk þrýstisögu á sama dýpi í Eldvörpum.</i> .....	46
Mynd 4: <i>Dagsmeðaltöl toppþrýstings í Svartsengi frá 2000 til 2003.</i> .....	48
Mynd 5: <i>Saga hita á 900 m dýpi í Svartsengi frá 1979 til 2002.</i> .....	49
Mynd 6: <i>Saga hita á 900 m dýpi í Svartsengi frá 1993 til 2002.</i> .....	49
Mynd 7: <i>Yfirlit um hreinsiboranir í Svartsengi.</i> .....	51
Mynd 8: <i>Hitamælingar í holu 1.</i> .....	58
Mynd 9: <i>Hitamælingar í holu SG-4.</i> .....	59
Mynd 10: <i>Þrýstimælingar í holu SG-4.</i> .....	60
Mynd 11: <i>Hiti í holu SG-6. Mæling frá 1998 fylgir suðuferli sem hefst á 320 m.</i> .....	61
Mynd 12: <i>Þrýstingur í holu SG-6. Suðuferill hefst í 260 m.</i> .....	61
Mynd 13: <i>Eftirlit með þrýstingi á loftröri holu SG-6 árabilið 2000-2003.</i> .....	62
Mynd 14: <i>Hitamælingar í holu SG-7.</i> .....	63

Mynd 15: <i>Prýstimælingar í holu SG-7.</i> .....	64
Mynd 16: <i>Eftirlit með toppþrýstingi og lokastöðu holu SG-7 árabilið 2000–2003.</i> .....	65
Mynd 17: <i>Hitamælingar í holu SG-8.</i> .....	66
Mynd 18: <i>Prýstimælingar í holu SG-8.</i> .....	67
Mynd 19: <i>Eftirlit með toppþrýstingi og lokastöðu holu SG-8 árabilið 2000–2003.</i> .....	68
Mynd 20: <i>Hitamælingar í holu SG-9.</i> .....	69
Mynd 21: <i>Prýstimælingar í holu SG-9.</i> .....	69
Mynd 22: <i>Eftirlit með toppþrýstingi SG-9 árabilið 2000–2003.</i> .....	70
Mynd 23: <i>Eftirlit með toppþrýstingi og Ellaloka holu SG-9 árabilið 2000–2003.</i> .....	71
Mynd 24: <i>Hitamælingar í holu SG-11.</i> .....	72
Mynd 25: <i>Prýstimælingar í holu SG-11.</i> .....	73
Mynd 26: <i>Eftirlit með toppþrýstingi SG-9 árabilið 2000–2003.</i> .....	73
Mynd 27: <i>Hitamælingar í holu SG-12.</i> .....	75
Mynd 28: <i>Hitamælingar í holu SG-12.</i> .....	75
Mynd 29: <i>Prýstimælingar í holu SG-12.</i> .....	76
Mynd 30: <i>Eftirlit með toppþrýstingi SG-9 árabilið 2000–2003.</i> .....	76
Mynd 31: <i>Hitamælingar í holu SV-14.</i> .....	77
Mynd 32: <i>Prýstimælingar í holu SV-14.</i> .....	78
Mynd 33: <i>Eftirlit með toppþrýstingi holu SV-14 árabilið 2000–2003.</i> .....	78
Mynd 34: <i>Hitamælingar í holu HSH-15.</i> .....	79
Mynd 35: <i>Prýstimælingar í holu HSH-15.</i> .....	80
Mynd 36: <i>Eftirlit með toppþrýstingi holu SV-15 árabilið 2000–2003.</i> .....	80
Mynd 37: <i>Hitamælingar í holu SV-16.</i> .....	81
Mynd 38: <i>Prýstimælingar í holu SV-16.</i> .....	82
Mynd 39: <i>Eftirlit með toppþrýstingi og stöðu Ellaloka holu SV-16 árabilið 2000–2003.</i> .....	82
Mynd 40: <i>Hitamælingar í holu SV-17.</i> .....	83
Mynd 41: <i>Prýstimælingar í holu SV-17.</i> .....	84
Mynd 42: <i>Hitamælingar í holu SV-18.</i> .....	85
Mynd 43: <i>Prýstimælingar í holu SV-18.</i> .....	85
Mynd 44: <i>Eftirlit með toppþrýstingi og stöðu Ellaloka holu SV-17 árabilið 2000–2003.</i> .....	86
Mynd 45: <i>Hitamælingar í holu SV-19.</i> .....	87
Mynd 46: <i>Prýstimælingar í holu SV-19.</i> .....	87



Mynd 47: <i>Eftirlit með toppþrýstingi og stöðu Ellaloka holu SV-17 árabilið 2000–2003.</i> .....	88
Mynd 48: <i>Þrýstimælingar í holu SV-20.</i> .....	89
Mynd 49: <i>Eftirlit með toppþrýstingi holu SV-17 árabilið 2000–2003.</i> .....	89
Mynd 50: <i>Hitamælingar í holu SV-21.</i> .....	90
Mynd 51: <i>Þrýstimælingar í holu SV-21.</i> .....	90
Mynd 52: <i>Hitamælingar í holu EV-02.</i> .....	91
Mynd 53: <i>Þrýstimælingar í holu EV-02.</i> .....	92



## 1. INNGANGUR

Í þessari skýrslu er fjallað um hita- og þrýstimælingar sem Rannsóknasvið Orkustofnunar gerði í borholum í Svartsengi og í Eldvörpum árabilið 1995 til 2002. Einnig er gerð grein fyrir mælingum á toppþrýstingi og stöðu holuloka sem sjálfvirkur söfnunarbúnaður hefur skráð á mínútu fresti frá því í upphafi árs 2000. Bæði verkin eru unnin fyrir Hitaveitu Suðurnesja sem liður í vinnslueftirliti með þessum tveimur svæðum.

Síðasta vinnslueftirlitsskýrsla fyrir Svartsengi og Eldvörp kom út árið 1996 og var í henni greint frá mælingum sem gerðar voru á árinu 1995 (Grímur Björnsson o.fl., 1996). Síðan þá hefur mikið vatn runnið upp úr holum. Sex nýjar holur voru boraðar í Svartsengi milli 1997 og 2001 og Orkuver 5 gangsett síðla árs 1999. Fyrst kom holur 16–19 árið 1998, boraðar af Jötni. Er hola 16 boruð í gufupúðann. Hola 17 er miðja vegu milli Svartsengis og Eldvarpa og er nýtt til niðurdælingar. Loks eru holur 18 og 19 djúpar sjóholur í Svartsengi. Síðla árs 2000 og fram í mars 2001 borar Sleipnir holu 20 í gufupúðann og Jötunn holu 21 vestast í vinnslusvæði Svartsengis. Skilað hefur verið lokaskýrslum um holur 17 og 18 (Hjalti Franzson o.fl. 1999; Bjarni Richter o.fl., 1999) auk greinargerða um forsendur og hönnun holnanna (Sverrir Þórhallsson o.fl., 1997; Hjalti Franzson o.fl., 1999 og 2000; Ásgrímur Guðmundsson o.fl., 2000).

Þá réðist Hitaveita Suðurnesja í að láta sérsníða skilju til nákvæmra afkastamælinga á borholum sínum. Er það mikill gripur, láréttur en hefur sökum lögunar sinnar hlotið það virðulega nafn “hlandflaskan” manna í millum. Verður svo í þessari skýrslu. Skiljunni var fyrst beitt árin 1996 og 1997 og þá afkastamældar allar blautu holurnar í Svartsengi auk holu 2 í Eldvörpum (Grímur Björnsson o.fl., 1998). Holur 17, 18 og 19 voru einnig aflmældar með skiljunni, meðan hola 16 var eingöngu prófuð með 8” krítískum stút og hola 20 með 6” krítískum stút. Frá þessum mælingum hefur verið greint að hluta í lokaskýrslum. Þá var og athugað hvernig meta mætti ásættanlega gæfni æða í holum meðan verið er að bora (Grímur Björnsson, 1998). Loks var unnið einfalt reiknilíkan af gufupúðanum í Svartsengi og það haft til samanburðar þegar kom til þess að ákveða hönnun og byggingu Orkuvers 5 (Grímur Björnsson, 1998).

Í lok febrúar 2000 varð vinnslusvæðinu í Svartsengi síðan bumbult af hröðum niðurdrætti sem þá hlaust af gangsetningu Orkuvers 5. Hófst þá nákvæmnisskráning á toppþrýstingi allra holnanna í Svartsengi, svo og skráning á stöðu sumra Ellalokanna sem stjórnar upptekt úr hverri holu. Þessi búnaður skilar skráningum með mínútu millibili inn á vefinn og má skoða þar ([www.os.is/eftirlit](http://www.os.is/eftirlit)).

Þessi skýrsla er þannig upp sett að í megin-texta er fjallað um borsvæðið í Svartsengi og Eldvörpum sem heild, en sérlýsingar fyrir hverja holu færðar í viðauka. Í megin-textanum er áherslan lögð á tímaraðir hita og þrýstings auk þess að fjallað er um breytingar á toppþrýstingi holna með tímanum. Í niðurstöðukafla eru svo reifuð atriði eins og almenn heilsa dýpri og grynnri hluta jarðhitakerfisins í Svartsengi svo og tillögugerð um smáatriði sem kynnu að bæta vinnslueftirlitið.

## 2. YFIRLIT UM BORHOLUR Í SVARTSENGI

Í töflu 1 hér að neðan eru dregin saman helstu þættina í hönnun og ástandi borholna í Svartsengi. Hún er höfð hér til upprifjunar því ótrúlegt er hve auðvelt er að gleyma þessum einföldu staðreyndum. Gögnin að baki töflunni koma að stærstum hluta úr Oracle gagnagrunni Orkustofnunar, en einnig úr lokaskýrslum um borholur. Auk þess sem nýjar holur hafa bæst í sarpinn var árið 2000 steipt í holu 4, sökum þess að hún var fyrir Orkuveri 5.

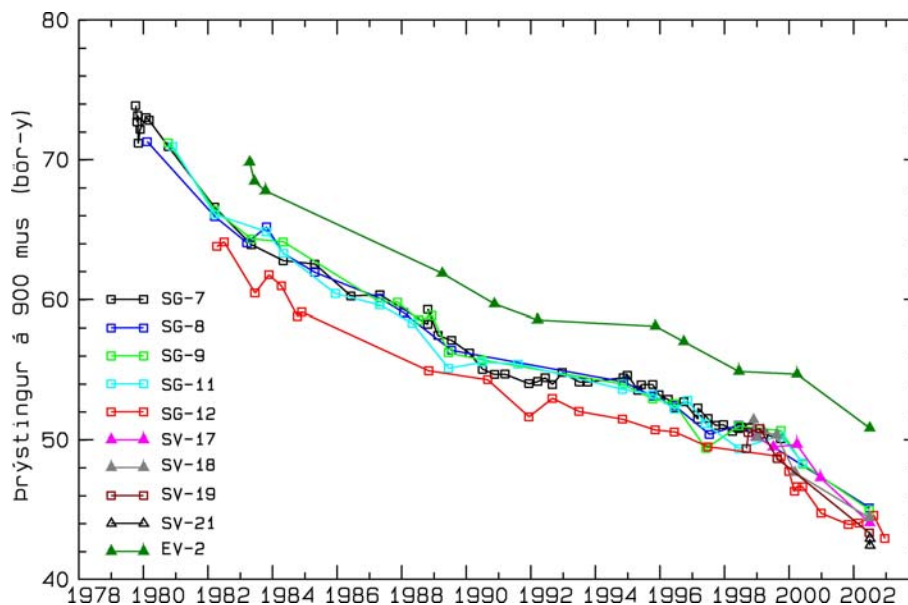
**Tafla 1:** *Upplýsingar um borholur í Svartsengi.*

Nafn holu	Borlok (mán 'ár)	Bordýpi (m)	Síðasta mældýpi (m og ár)	Vinnsluf. Þvermál (")	Vinnsluf. Dýpi (m)	Leiðari Þvermál (")	Leiðari Lengd (m)	Nýting holu og athugas.
1	des. '71	262	*	10	*	*	*	Skolvatnshola
2	jan. '72	239	*	8	103	6	234	R, uppsteipt
3	feb. '72	402	*	8	145	*	*	R, uppsteipt
SG-4	maí '74	1713	570 '98	9 5/8	394	7 5/8	363-1665	V/R/Uppst.
SG-5	júní '74	1519	1171 '91	9 5/8	395	7 5/8	363-1464	V/N/V, uppst.
SG-6	apríl '78	1737	*	9 5/8	612	7	560-1730	V
SG-6	apríl '82	1998	752 '98	9 5/8	612	*	*	Dýpkuð, V/N/R
SG-7	sep. '79	1438	1342 '99	13 3/8	600	*	*	V
SG-8	jan. '80	1603	1550 '02	13 3/8	622	9 5/8	585-1595	V
SG-9	júní '80	994	926 '02	13 3/8	588	9 5/8	557-976	V
SG-10	feb. '80	425	417 '84	13 3/8	220	9 5/8	192-408	V
SG-11	júlí '80	1141	1094 '00	13 3/8	582	9 5/8	547-1130	V
SG-12	mars '82	1488	981 '02	13 3/8	606	*	*	V/N/V/R
SG-13	maí '81	60	*	*	*	*	*	Höggborshola
HSH-14	feb. '94	612	597 '95	9 5/8	195	7	185-612	V
HSH-15	des. '93	141	138 '99	8 5/8	100	*	*	R
SJ-16	júní '98	446	430 '98	13 3/8	246	9 5/8	211-430	V
SJ-17	maí '98	1260	1240 '02	13 3/8	789	9 5/8	789-1260	N
SJ-18	nóv. '98	1837	1760 '02	13 3/8	770	9 5/8	770-1830	V
SJ-19	ágúst '98	1600	1577 '02	13 3/8	715	9 5/8	682-1575	V
SV-20	des. '00	430	400 '01	13 3/8	245	*	*	V
SV-21	mars '01	1475	1467 '02					R

V=vinnsluhola, R=rannsóknahola, N=niðurdælingarhola

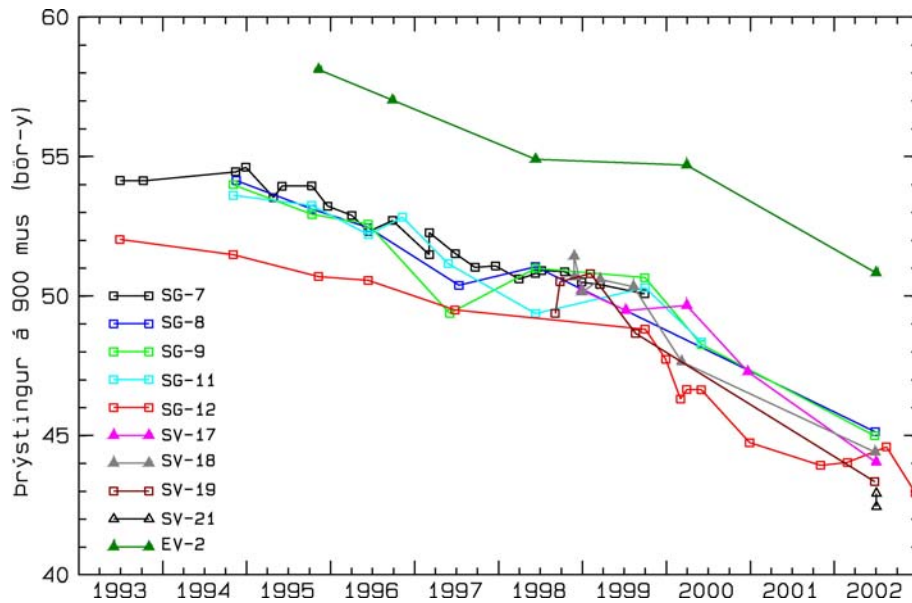
### 3. BORHOLUMÆLINGAR Í SVARTSENGI OG ELDVÖRPUM

Á myndum 1 til 6 eru teiknaðar með tíma sögur hita og þrýstings á 900 m dýpi undir sjávarmáli í Svartsengi svo og þrýstingur á toppi. Viðauki 1 gefur örstutt yfirlit um hverja mælingu. Myndir þessar eru grunnurinn að því að meta áhrif vinnslunnar á jarðhitageyminn og fóður í líkanreikninga af svæðinu. Mynd 1 sýnir alla þrýstisöguna í Svartsengi og í öllum holum milli 1979 og 2002. Segja má að þrýstiviðbrögðum svæðisins megi skipta í 3 tímabil. Það fyrsta er milli 1978 og 1990 og einkennist af hröðum niðurdrætti (~1,2 bör/ári) og má skoða sem dæmigerð viðbrögð vatnskerfis í einum fasa. Næsta tímáskeiðið er milli 1990 og 1999 og einkennist af mun hægari niðurdrætti en áður. Þetta er talið stafa af minnkaðri vinnslu og að suða í jarðhitakerfinu hefur aukið rýmd þess og þannig hægt á niðurdrætti. Þriðja tímáskeiðið hefst svo um áramótin 1999/2000 þegar Orkuver 5 er gangsett. Þá eykst á nýjan leik hraði niðurdráttarins og líkist um margt því sem var á upphafsárunum. Athyglisvert er á mynd 1 að þrýstingur Eldvarpaholunnar eltir Svartsengisþrýstinginn en stendur ætíð nokkru herra eins og eðlilegt er fyrir jaðarholu. Að sama skapi vekur athygli að hola 17 er nánast í sama þrýstisviði og holurnar í Svartsengi sem bendir til góðrar lektar þarna á milli.



**Mynd 1:** Saga þrýstings á 900 m dýpi í Svartsengi og Eldvörpum frá 1979 til 2002.

Mynd 2 sýnir sögu þrýstingsins á nýjan leik en að þessu sinni er horft á tímabilið eftir árið 1993. Er myndinni ætlað að sýna betur breytinguna sem varð 1999–2000 þegar Orkuver 5 fór í gang. Gróft á litið hefur þrýstingurinn fallið um 6 bör þau rúmu 2 ár sem Orkuverið hefur verið í gangi, þar af koma 2 bör á 2–3 mánuðum eftir að vinnslan jókst.

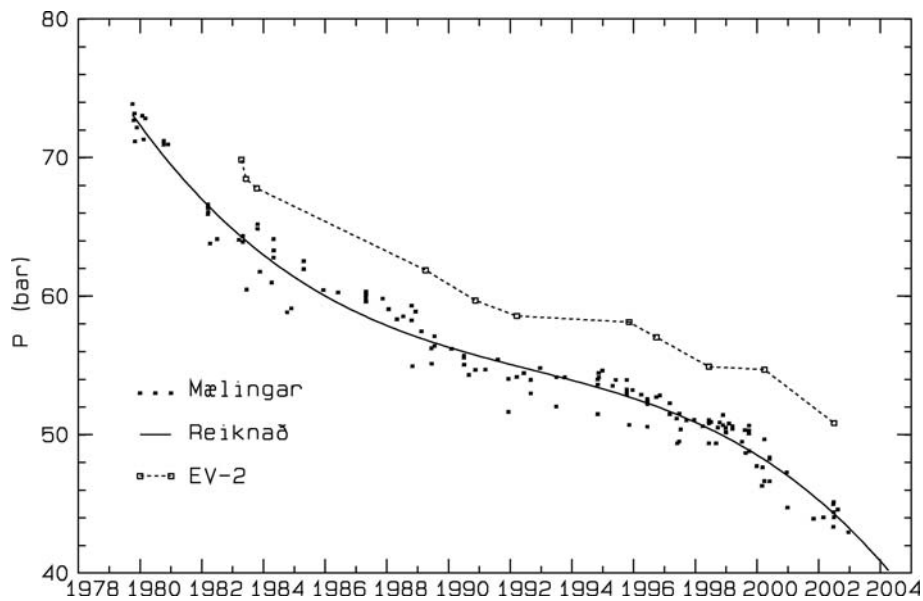


**Mynd 2:** Saga þrýstings á 900 m dýpi í Svartsengi og Eldvörpum frá 1993 til 2002.

Mynd 3 sýnir á nýjan leik alla þrýstisöguna í Svartsengi, en að þessu sinni hefur margliða verið felld í gegnum punktastafnið. Jafna hennar er

$$P = 75.5499 - 3.43754 \cdot t + 0.209596 \cdot t^2 - 0.51044710^{-2} \cdot t^3$$

Þar sem P er þrýstingur á 900 mus í börum-y og t er tími í árum eftir 1. janúar 1979. Óvíst er að þessi jafna hafi nokkurt spádómsgildi þar sem niðurrhalli hennar er verulegur eftir árið 2000. Er allt eins mögulegt að hraði niðurdráttarins hægi á sér á nýjan leik líkt og gerðist upp úr 1990.



**Mynd 3:** Saga þrýstings á 900 m dýpi í Svartsengi hermd með 3. gráðu margliðu auk þrýstisögu á sama dýpi í Eldvörpum.

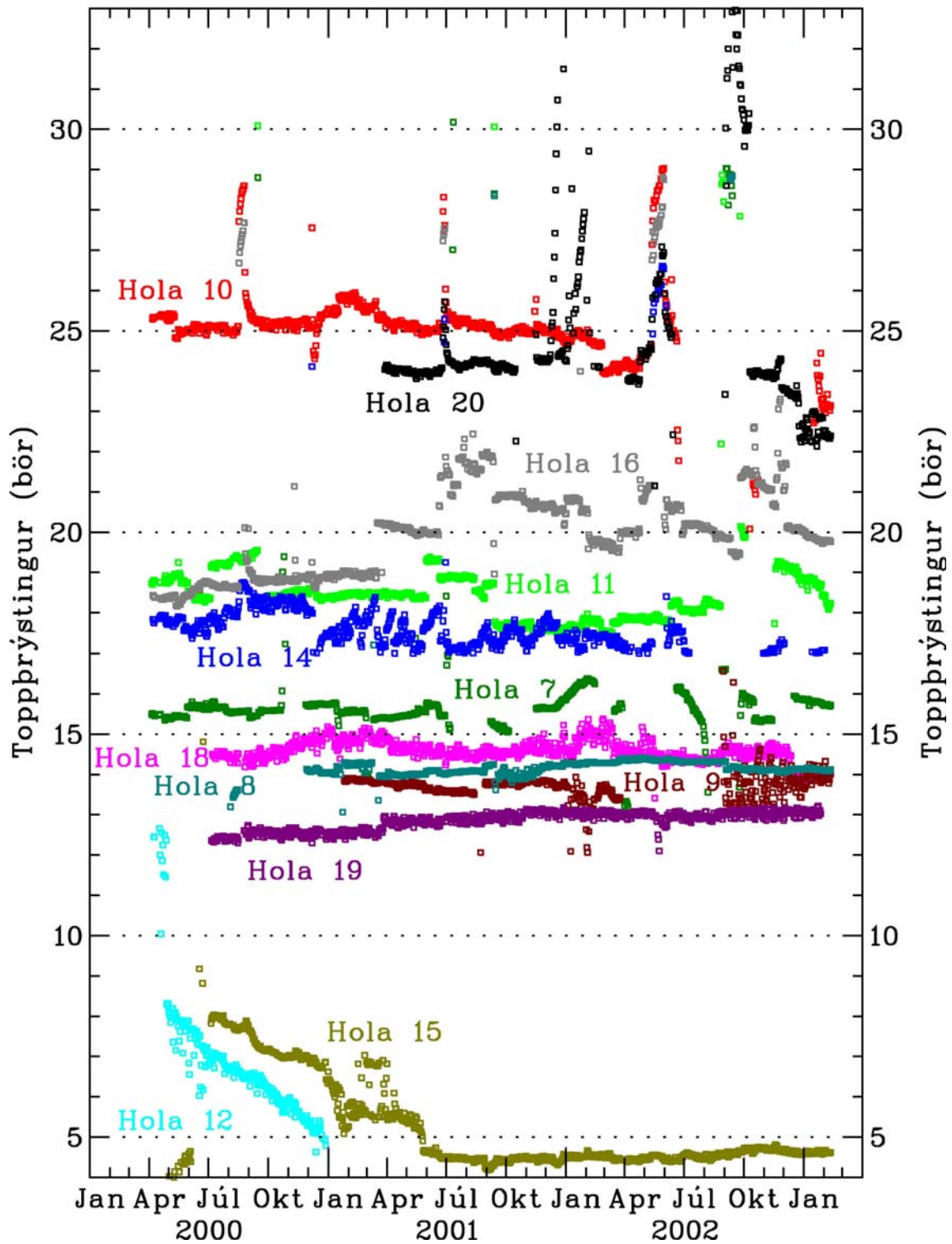
Ekki er vaninn að renna mælum ofan í holurnar í gufupúðanum, heldur látið nægja að fylgjast vel með toppþrýstingi þeirra. Nú er fyrirbyggjandi þriggja ára löng saga samfelldrar skráningar á ástandi holna þar sem Campbell safnstöðvar frá Rannsóknasviði Orkustofnunar safna þrýstingi og stöðu á Ellalokum á mínútu fresti, árið um kring. Er þá skráð meðalgildi mínútunnar og eins hæsta og lægsta mæling innan hverrar mínútu. Þessi búnaður skilar mælingunum síðan af sér inn á tölvur Orkustofnunar og bólgna þar út skrár eftir því sem tímar líða fram. Lætur nærri að nú séu komnar yfir 1 ½ milljón skrásetningalína í hús og er hver þeirra með u.þ.b. 50 mæligildum. Þessi gögn voru meðhöndluð og birtast hér hressilega jöfnuð. Til þess verks var beitt GMT forritasafninu ásamt hinum og þessum Unix klækjum. Meginaðferðin var sú að renna Gauss síu eftir hverri tímaröð mælinganna, hafa hana 1 dags breiða og safna síðan 1 meðalgildi á dag. GMT skipunin er höfð hér með til varðveislu:

Í viðauka eru þessar síuðu tímaraddir teiknaðar fyrir hverja holu. Hér er hins vegar áhugi á að kanna hvort greina megi einhverjar breytingar í toppþrýstingi holna sem má þá tengja eðlisástandi jarðhitakerfisins. Mynd 4 sýnir þetta, en á hana hafa verið dregin öll dagsmeðaltöl toppþrýstings í holum 6–12, 14–16 og 18–20 frá 2000 til 2003, alls í 11 holum. Er þá einnig búið að henda út mjög lágum mæligildum sem eru talin stafa af lokun holu eða bilunum í skynjurum. Margt er fróðlegt hér að sjá. Til að mynda slær það skýrsluhöfunda að ef mælingarnar eru teiknaðar ómeðhöndlaðar, verður aðeins úr breitt band af bleki og engin leið að sjá út hægfare breytingar. Dagsmeðalgildin megna hins vegar að draga fram hægar sveiflur, þess vegna innan við ½ bar á ári. Lexían hér er því að yfirsöfnun er góð svo fremi að gögnin rati örugglega inn á afritaða diska og að þar séu græjur til staðar að einfalda framsetninguna.

Þá virðist mega sjá þá jafnaðarhegðun gagnanna á mynd 4 að þrýstingur hefur verið nokkuð stöðugur í Svartsengi undanfarið. Betur er vikið að þessu í viðaukanum. En ef eingöngu er horft til gufupúðans má segja að árin 2000 og 2001 hafi einkennst af stöðugum þrýstingi meðan að þrýstilækkun hefur orðið seinni hluta árs 2002. Á þetta einkum við um holur 10, 14 og 20. Hóla 16 hefur aftur á móti hækkað nokkuð í þrýstingi og má efalaust tengja það minni vinnslu. Þá sýnir myndin einnig lokunarþrýsting holna í gufupúðanum. Bregður nú svo við að allar koma þær sér í 28 til 29 bara þrýsting við lokun. Reyndar fer hola 20 langt yfir 30 börin sem er talið stafa af bilun í skynjara. Hóla 11 fer hins vegar örugglega yfir 30 bör við lokun og sést það gerast tvívegis á myndinni.

Þá má greina athyglisverðar sveiflur í þrýstingi sjóholna, þ.e.a.s. holna þar sem suða verður í fóðringu. Til að mynda hefur hola 19 verið að smáhækka úr 12 í 13 bör sem er væntanlega afleiðing hærri vatnshita. Hóla 18 virðist einnig vera með árstíðasveiflu í sér og nær hæstum þrýstingi upp úr janúar 2001 og 2002. Hugsanlega er hún að fá til sín örlítið heitara vatn að vetri en sumri. Holur 7 og 11 sjóða hins vegar að hluta til út í berg og sést það vel í hærri blástursþrýstingi en hjá holum 8, 9, 18 og 19. Er hola 7 að jafnaði rétt undir 16 börum og hola 11 sveiflast milli 18 og 19 bara. Er hún reyndar orðin það þurr að ekki tókst að mæla hana í blæstri sumarið 2002.

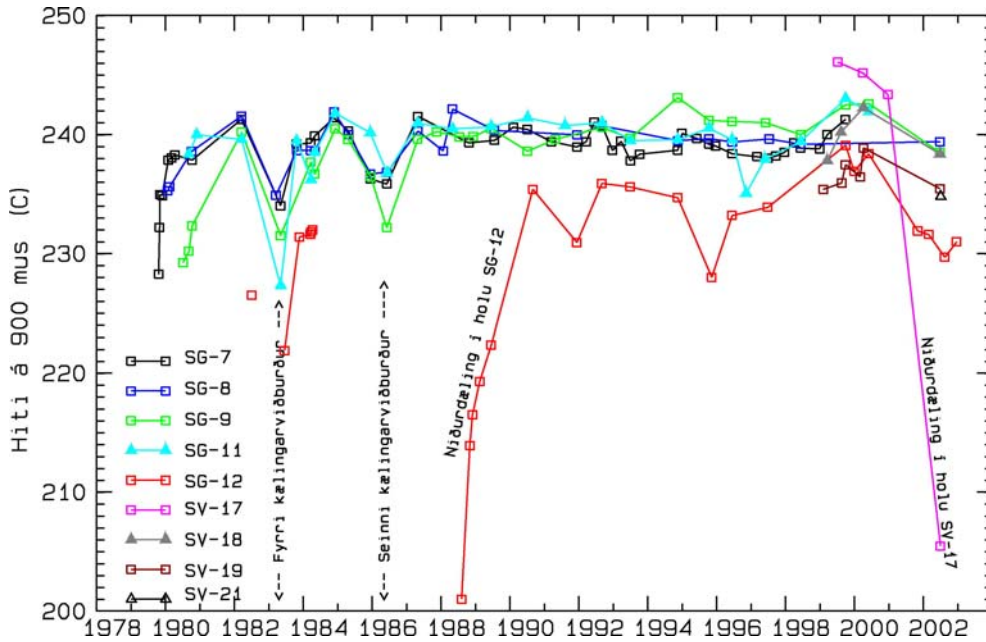
Í lokin er rétt að ítreka að ekki er í gangi skipuleg kvörðun þrýstiskynjara í Svartsengi en tiltölulega auðvelt að koma henni í kring. Verður vikið að því í niðurstöðukafla.



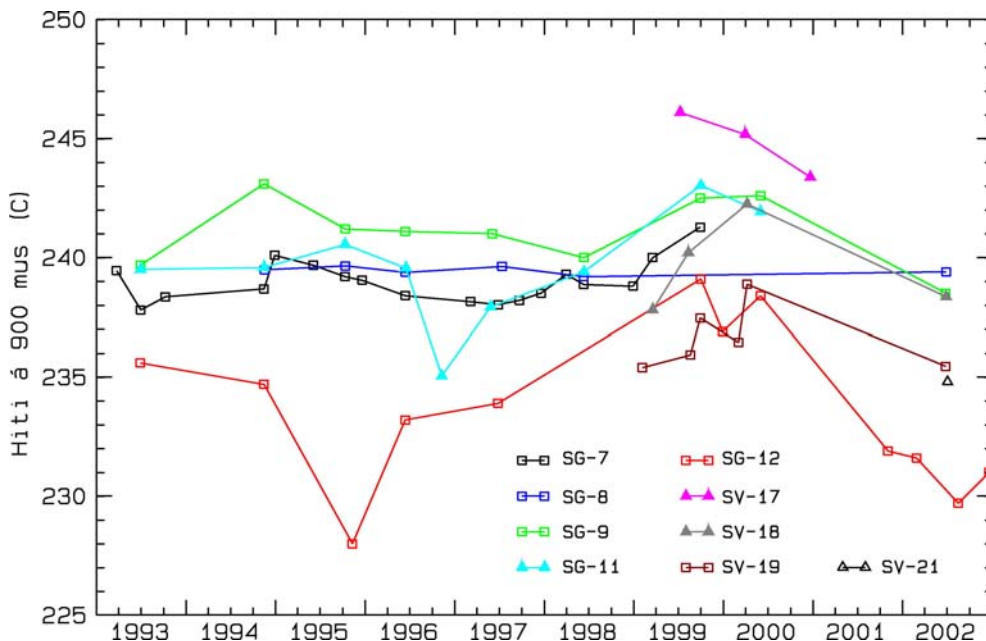
Mynd 4: Dagsmeðaltöl toppbrýstings í Svartsengi frá 2000 til 2003.



Myndir 5 og 6 sýna sögu hita í Svartsengisholum á 900 m dýpi undir sjávarmáli. Ekki eru mikil tíðindi hér og er það í samræmi við að holutoppþrýstingur hefur verið stöðugur síðustu árin á sjóholunum. Nokkur atriði má þó tína til. Þannig er hola 17 sem stendur langheitust Svartsengisholnanna, um og yfir 245°C meðan hola 19 er sú næstkaldasta (235–237°C). Þá eru holar nokkuð heitar 1999–2000. Óregla kom í toppþrýsting sumra holna í febrúar/mars 2000 og var farin ferð til að skoða það. Ef rýnt er í mynd 6 má sjá að hola 19 var ef til vill gráðu kaldari milli mælinga fyrri hluta ársins 2002 en að engin langvarandi truflun var í gangi.



**Mynd 5:** Saga hita á 900 m dýpi í Svartsengi frá 1979 til 2002.



**Mynd 6:** Saga hita á 900 m dýpi í Svartsengi frá 1993 til 2002.

## 4. KALKÚTFELLINGAR Í HOLUM

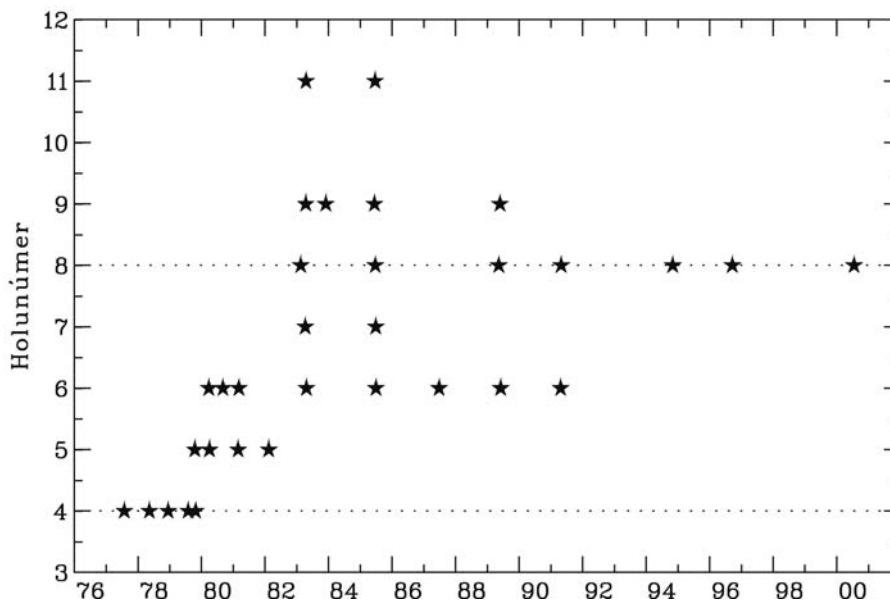
Það árabíll sem hér er til umfjöllunar í sögu vinnslu í Svartsengi var mjög rólegt hvað varðaði söfnun kalktappa í holur. Þó var hola SG-8 hreinsuð tvívegis, árin 1996 og 2000. Tafla 2 sýnir hvernig menn urðu varir við kalkið í holunni, en að venju gerði það einna helst mælum skráveifu. Þannig tapaðist mælir og 300 m af vír þegar reynt var að mæla holuna í blæstri í september 1999. Þennan blessaða dag var Ellaloki kominn á holuna og var rennslið minnkað með honum í þeirri von að koma mæli í gegn. Ekki var það og því híft á nýjan leik jafnframt því sem vélstjóri í stjórnherbergi var beðinn að auka aftur við rennslið frá þeirri e.t.v. 20% opnun sem átti að vera. Þegar aukið var við skaust vatnstappi upp holuna, slengdi mælinum upp með vírnum með þeim afleiðingum að þegar 300 m voru óhífdir sat allt fast vegna lykkju á vírnum. Endaði það náttúrulega með því að vírinn slitnaði, mælirinn húrraði niður og hefur ekki sést síðan. Hafði keilan í Ellalokanum losnað á snitti og snúist til þ.a. staðan á honum var vitlaus sem nam þessum 20% og holan því fulllokuð um stund.

**Tafla 2:** Yfirlit um sögu kalkútfellinga í holu SG-8 milli 1995 og 2002.

Dags	Tól	Dýpi (m)	Athugasemdir
3-sep-96	10" karfa	578	Stoppar á hengistykki
3-sep-96	7.25" karfa	580	Stoppar á hengistykki
3-sep-96	5.5 " karfa	639	
Sept.96	Narfi		Hreinsun
12-júl-97	7.25" karfa	800	Settist í 652 m en slapp svo í gegn
10-jún-98	1 ¼" mælir	1600	Settist á hengistykki og hæg slökun í 670 m
29-sep-99	1 ¼" mælir	~750	Settist í 675, hert að, vatnshögg og mælir eftir
Júlí 2000	Azi		Hreinsun
27-jún-02	1 ¼" mælir	1600	Högg frá hengistykki í 580 m. Talið sýna að engin útfelling er ofan þess.

Skoðun á borverkatöflu í gagnagrunni Orkustofnunar leiðir í ljós hvenær hreinsiborað hefur verið í Svartsengi. Niðurstaðan er á mynd 7, en á henni eru sýndir dagarnir þegar hreinsiborað er í Svartsengi. Kemur þar fram að hola 6 hefur þurft oftast á hreinsun að halda en hola 8 fylgir fast á eftir með 7 hreinsanir. Reyndar er hún eina holan sem hefur orðið að hreinsa eftir árið 1992.

Mælingamenn áttu við fyrirstöðu í ~540 m í holu 12 árið 1995. Hennar hafði orðið vart árið áður í eftirlitsmælingu í blæstri. Karfa (8") var send á hlutinn og virðist hafa mulið hann því 10" karfa sem kom á eftir fann ekki fyrir neinu. Þá varð líka vart fyrirstöðu í ~350 m í holu 6 í eftirlitsmælingu og undarlegs þrýstistiguls um hana. Þá fór 11 ¼" karfa niður holu 7 árið 1999 þ.a. hún er hrein það árið. Að þessu öllu er vikið í sérköflum um holurnar í viðauka 2.



Mynd 7: Yfirlit um hreinsiboranir í Svartsengi.

## 5. NIÐURSTÖÐUR OG UMRÆÐA

Þær niðurstöður sem helstar eru af eftirlitsmælingum í Svartsengi og Eldvörpum árabilið 1995 til 2002 eru þessar:

- 1) Eftirlitstímabilið einkennist af miklum umsvifum, boraðar voru 6 nýjar holur og Orkuver 5 gagnsett seint að hausti 1999. Þessum framkvæmdum öllum svo og venjulegu vinnslueftirliti var sinnt með 165 mælingum sem eru hátt í 200 km að heildarlengd.
- 2) Upp úr áramótum 2000 fór í gang sjálfvirkur skrásetningabúnaður með holutoppþrýstingi og stöðu loka á flestum holum í Svartsengi. Búnaðurinn er búinn að safna einni og hálfri milljón skrásetningalína þegar þessi skýrsla er skrifuð. Meðaltals- og síunartækni leiðir í ljós hægfarena breytingar sem ómögulegt er að sjá með hefðbundinni skráningu.
- 3) Hiti í Svartsengi hefur verið tiltölulega stöðugur á tímabilinu, mestar hitasveiflur eru í holum 12 og 19 ( $\pm 3$  °C) en minnstar í holu 8 ( $\pm 1$  °C).
- 4) Þrýstingur tók hins vegar að lækka hratt í dýpri hluta jarðhitakerfisins við að Orkuver 5 var gangsett. Féll um næstum 2 bör á fyrstu 3 mánuðum eftir gangsetninguna og hefur alls fallið um 6 bör milli árslokanna 1999 og 2002.
- 5) Eldvarpaholan eltir Svartsengisþrýstinginn með ágætum en heldur sér ætíð heldur ofar á skalanum sem eðlilegt er hjá jaðarholu. Hóla SV-17, staðsett hálfu leið út. Eldvörp, er hins vegar með nánast nákvæmlega sama þrýsting og holurnar í Svartsengi. Það er talið endurspeglar mjög góða lekt þar á milli.

- 6) Þrýstingur var nokkuð stöðugur á toppi gufupúðaholna árabilið 2000 til 2003. Þó eru merki um að nokkur lækkun verði síðla árs 2002, e.t.v. upp á 2 bör.
- 7) Gufupúðaholur ná 28–29 bara toppþrýstingi við lokun. Allar standa þær fullar af gufur frá botni til topps.
- 8) Hola 8 safnaði ein kalki í fóðringu og leiðara og var hreinsuð tvívegis af þeim sökum.
- 9) Hola 1 heldur áfram að hitna löturhægt í botni á rúmum 220 m. Kennt er um áhrifum hræringar í gufupúðanum.
- 10) Hola 4 var steipt upp í topp árið 2002. Mælingar fyrir steypingu sýndu að holan var algerlega stífluð til neðri hluta jarðhitakerfisins.
- 11) Óvenjulegur lóðréttur þrýstistigull mældist milli 400 og 500 m dýpis í holu 6 árið 1998. Líkast til hefur gas setið þarna með sjóðandi vatnssúlu fyrir ofan og neðan. Nú er þrýstingur holunnar talinn stjórna af æð í 650 m dýpi. Hún gæti því einn daginn velt sér yfir í gufustátískan þrýsting og þarf að kanna hvort holutoppurinn sé reiðubúinn í það.
- 12) Engar marktækar mælingar hafa safnast með loftrörinu sem er í holu 6 síðustu 3 árin. Lagt er til að skoðað verði hvort koma megi enda þess í 650 m dýpi og með því freistað að ná eftirliti með þrýstingi dýpri enda gufupúðans.
- 13) Hola 7 virðist áfram sjóða að hluta út í berg og blæs að jafnaði við 1–2 börum hærri toppþrýsting en aðrar jafnheitar sjóholur. Engin útfelling var í henni í september 1998.
- 14) Hola 7 gegnir ekki lengur því hlutverki sínu að vera aðaleftirlitsholan í Svartsengi vegna skekkju sem er í holutoppnum. Ekki verður mælt aftur í holunni fyrr en nýr mælingaloki er kominn á hana. Miklar æfingar urðu í holunni þegar fiskaður var hluti holutappa árið 1998.
- 15) Hola 8 hefur blásið nokkuð jafnt en sláttur í holurennslinu virðist minnka um mitt ár 2002.
- 16) Þá virðist sem sláttur í rennsli holu 9 hafi vaxið mjög í ársbyrjun 2002. Áður höfðu mælingamenn orðið varir við hvin og hvæs í henni sem torveldaði slökun mæla. Vermisbreytingar og suða út í berg kunna hér helst að skýra.
- 17) Yfirfara þarf þrýstiskynjara holu 10 og staðfesta með því hvort þrýstilækkun sem varð síðla árs 2002 sé raunveruleg. Sama á við um holu 20.
- 18) Hola 11 sýður út í berg, líkt og hola 7, en af meiri krafti. Verður það til þess að toppþrýstingur hennar er u.þ.b. 4 börum hærri en í jafnheitum sjóholum. Hvæs og hviður hafa verið í henni sem torvelda ferð mæla og tókst ekki að mæla hana í botn af þeim sökum sumarið 2002.
- 19) Hola 12 hefur tekið við hlutverki holu 7 sem aðaleftirlitsholan í Svartsengi. Nýleg og óskýrð kæling hefur orðið á 900 m dýpi í holunni.
- 20) Ef eitthvað er hefur toppþrýstingur holu 14 í blæstri lækkað um 1 bar milli 2000 og 2003.

- 21) Toppþrýstingur holu 15 hefur lækkað frá því að vera hæstur um 12 bör í tæp 4 bör nú. Ekki er ljóst hvað veldur en hugsanlega kann breytileg blæðing að skipta máli.
- 22) Hola 16 hefur vaxið eilítið í toppþrýstingi síðustu 3 árin sem kann að stafa af minnkaðri vinnslu eingöngu. Þrýstilækkun hefur orðið í árslok 2002.
- 23) Mestur hluti niðurdælingarinnar til holu 17 fer út í 800 m og nánast ekkert vatn nær niður fyrir 1000 m. Engin merki eru um að holan hafi byggt upp þrýsting við ádælinguna og er botnþrýstingur hennar nánast sá sami og í Svartsengi.
- 24) Hugsanlegt er að hola 18 sé heitari að áliðnum vetri en á sumrin. Sláttur í rennsli hennar minnkaði upp úr áramótum 2001/2002.
- 25) Hola 19 hefur náð að hækka úr 12 í 13 bör í toppþrýstingi þau 3 ár sem toppþrýstingur hennar hefur verið skráður nákvæmlega. Heitara innstreymi er hér örugglega að verki.
- 26) Erfiðast er að gera sér grein fyrir ástandi æða holu 20 af gufupúðaholunum. Veldur að því er virðist tíðar bilanir á þrýstiskynjara.
- 27) Hola 21 virðist ætla sverja sig í hita og þrýstingi að öðrum sjóholum í Svartsengi.
- 28) Vaxandi niðurdráttur kemur fram í Eldvörpum sem hækkandi toppþrýstingur við að suðuborð fer ofan í heitara og heitara berg. Hiti neðan suðuborðs er mjög stöðugur meðan þrýstingur eltir Svartsengisþrýstinginn.
- 29) Hægt er að skrá stöðu Ellaloka á holum 8, 9 og 11 í söfnunartæki þegar tækifæri býðst.

Lagt er til að því vinnslueftirliti í Svartsengi sem snýr að djúphita og –þrýstingi, svo og á sískráningu á holutoppum, verði framhaldið á svipuðum nótum og nú er. Brýnt er að koma upp gæðastjórnun á þrýstiskynjurum svo að nákvæmni búnaðarins njóti sín til fulls og hið annars skítuga þrýstimerki endi sem langtímameðaltöl með nákvæmni upp á 0,1 bar. Eins er lagt til að áfram verði haldið með að skipta frá 2” yfir í 3” mælingaloka á holum og þannig tryggt að tjón á mælum verði í lágmarki.

## 6. HEIMILDIR

- Bjarni Richter, Steinar Þór Guðlaugsson, Benedikt Steingrímsson, Grímur Björnsson, Jón Örn Bjarnason og Sverrir Þórhallsson, 1999: *Svartsengi - hola SJ-18. Borun, rannsóknir og vinnslueiginleikar. Lokaskýrsla.* Orkustofnun, OS-99117, 124 s.
- Grímur Björnsson og Benedikt Steingrímsson 1991: *Hiti og þrýstingur í jarðhitakerfinu í Svartsengi. Upphafsstand og breytingar vegna vinnslu.* Orkustofnun, OS-91016/JHD-04.
- Grímur Björnsson, Benedikt Steingrímsson, Guðlaugur Hermansson, Hjálmar Eysteinnsson og Hjalti Franzon 1996: *Borholumælingar í Svartsengi og Eldvörpum 1995.* Orkustofnun, OS-96004/JHD-01 B, 44 s.
- Grímur Björnsson, Jón Örn Bjarnason og Sigvaldi Thordarson 1998: *Afkastamælingar á borholum í Svartsengi og í Eldvörpum árin 1996 og 1997* Orkustofnun, OS-98008, 70 s.
- Grímur Björnsson 1998: *Tvífasa reiknilíkan og spár þess um afköst suðusvæðisins í Svartsengi* Orkustofnun, OS-98012, 40 s.
- Grímur Björnsson 1998: *Ásættanleg gæfni æða í nýjum borholum Hitaveitu Suðurnesja, metin út frá þrepaprófunum í Svartsengi, Eldvörpum og á Reykjanesi.* Orkustofnun, greinargerð, GRG GrB-98/06.
- Hjalti Franzon, Steinar Þór Guðlaugsson, Grímur Björnsson, Jón Örn Bjarnason og Sverrir Þórhallsson 1999: *Svartsengi - hola SJ-17. Borun, rannsóknir og vinnslueiginleikar.* Lokaskýrsla. Orkustofnun, OS-99036, 146 s.
- Hjalti Franzon, Ragna Karlsdóttir, Grímur Björnsson og Sverrir Þórhallsson, 2000: *Staðsetning holu SJ-21 í Svartsengi.* Orkustofnun, greinargerð, HF-RK-GrB-SÞ-2000/02.
- Sverrir Þórhallsson, Hjalti Franzon og Grímur Björnsson 1997: *Svartsengi - Reykjanes. Lýsing á fjórum gerðum borholna vegna nýborana.* Orkustofnun, greinargerð, SÞ-HF-GrB-97/02.
- Ásgrímur Guðmundsson, Bjarni Gautason, Bjarni Richter, Grímur Björnsson, Guðlaugur Hermannsson, Hjalti Franzon, Kjartan Birgisson, Ómar Sigurðsson, Sigurður Sveinn Jónsson, Sigvaldi Thordarson, Steinar Þór Guðlaugsson og Sverrir Þórhallsson 2000: *Svartsengi, hola SV-20. Borun niður að vinnsluhluta.* Orkustofnun, OS-2000/087, 58 s.
- Hjalti Franzon, Ragna Karlsdóttir, Grímur Björnsson og Sverrir Þórhallsson 2000: *Staðsetning holu SJ-21 í Svartsengi.* Orkustofnun, greinargerð, GrB-SÞ-2000/02.

## VIÐAUKI 1: YFIRLIT UM BORHOLUMÆLINGAR GERÐAR MILLI 1995 OG 2002

Alls voru gerðar 162 mælingar með Kuster og Amerada háhitatólum og 12 körfumælingar. Tólin drógu út um 194 km af mælivír í 137 mælingaferðum. Er þá búið að gera alls 504 háhitamælingar í Svartsengi fram til áramóta 2003–2003 og er heildarlengd þeirra 593 km. Ofan á það bætast síðan körfumælingar, lóðanir o.fl.

### Svartsengi

SG-07	2. apr. 1996	11:20	12:30	P	0	1346	í blæstri; Po: 15-15,8 bar
SG-07	13. jún. 1996	09:20	10:40	T	0	1343	í blæstri
SG-07	26. sep. 1996	16:40	17:40	P	0	1338	í blæstri; Po: 15,-16,1 bar
SG-07	5. mar. 1997	16:35	17:30	P	0	1334	í blæstri; samanburðarmæling við k-10630
SG-07	5. mar. 1997	15:00	16:15	P	0	1334	í blæstri; samanburðarmæling við el-86689
SG-07	5. mar. 1997	13:30	14:45	T	0	1334	í blæstri; Po: 15,9-16,3 bar
SG-07	26. jún. 1997	13:30	14:55	T	0	1337	í blæstri
SG-07	26. jún. 1997	10:20	11:45	P	0	1337	í blæstri; Po: 15,5-15,8 bar
SG-07	20. sep. 1997	10:30	12:10	T	0	1336	í blæstri
SG-07	18. des. 1997	10:15	12:00	T	0	1335	í blæstri
SG-07	18. des. 1997	12:40	14:00	P	0	1335	í blæstri; Po: 15,5 ±0,3 bar
SG-07	31. mar. 1998	10:20	11:50	P	0	1334	í blæstri
SG-07	31. mar. 1998	11:50	13:15	T	0	1343	í blæstri; Po: 15,4-15,7 bar
SG-07	10. jún. 1998	16:30	18:00	T	0	1344	í blæstri
SG-07	10. jún. 1998	15:00	16:30	P	0	1344	í blæstri; Po: 16,1 ±0,15 bar
SG-07	7. júl. 1998	09:30	11:00	P	0	1339	í blæstri; Po: 16,1 ±0,15 bar
SG-07	15. okt. 1998	16:15	00:00	P	0	1334	í blæstri; Po: 15,4-15,9 bar
SG-07	28. des. 1998	10:50	12:10	P	0	1340	í blæstri
SG-07	28. des. 1998	12:30	14:00	T	0	1340	í blæstri
SG-07	18. mar. 1999	12:30	14:30	T	0	1340	í blæstri; Po: 16,0 bar
SG-07	18. mar. 1999	10:30	12:00	P	0	1340	í blæstri; Po: 15,7 bar
SG-07	28. sep. 1999	15:10	16:30	P	0	1340	í blæstri
SG-07	28. sep. 1999	13:10	14:50	T	0	1342	í blæstri; Po: 15,4-15,6 bar
SG-08	13. jún. 1996	13:15	15:00	T	0	1574	í blæstri
SG-08	13. jún. 1996	15:15	17:00	P	0	1574	í blæstri; Po: 15,7 ±0,3 bar
SG-08	12. júl. 1997	13:30	15:00	P	0	1570	í blæstri; Po: 15,0-15,2 bar
SG-08	12. júl. 1997	11:20	13:00	T	0	1572	í blæstri; Po: 15,2 bar
SG-08	10. jún. 1998	12:30	14:15	P	0	1578	í blæstri; Po: 14,6-15,6 kg/cm <sup>2</sup>
SG-08	10. jún. 1998	10:30	12:15	T	0	1578	í blæstri; Po: 15 ±0,1 bar
SG-08	27. jún. 2002	16:45	18:30	P	0	1550	í blæstri; Po: 14,9 ±0,5 bar
SG-08	27. jún. 2002	14:30	16:40	T	0	1550	í blæstri
SG-09	12. jún. 1996	11:40	12:40	T	0	923	blæs á 2"
SG-09	2. jún. 1997	12:30	13:30	P	0	921	í blæstri
SG-09	11. jún. 1998	10:50	11:50	P	0	925	í blæstri
SG-09	29. sep. 1999	15:40	16:40	P	0	925	í blæstri
SG-09	29. sep. 1999	14:30	15:35	T	0	924	í blæstri; Po: 14,9-15,3 bar
SG-11	14. jún. 1996	11:00	12:00	P	0	1093	í blæstri Po: mælt elektr.=16 ±0.3 bar, olíufylltur=16.6 ±0.6 bar

SG-11	14. jún. 1996	09:30	10:35	T	0	1093	í blæstri Po: mælt elektr.=16 ±0.3 bar, olíufylltur=16.6 ±0.6 bar
SG-11	8. nóv. 1996	14:40	15:50	T	0	1090	í blæstri; Po: 15,7 bar og Vo: 36,5 cm
SG-11	8. nóv. 1996	17:00	19:15	P	0	1000	í blæstri; Vo: 35,5 cm
SG-11	26. maí. 1997	13:10	19:00	P	0	1000	í blæstri
SG-11	26. maí. 1997	10:20	12:00	T	0	1190	í blæstri; Po: 15,9 ±0,1
SG-11	11. jún. 1998	13:00	14:00	T	0	1095	í blæstri; Po: 15,9 ±0,2 bar
SG-11	11. jún. 1998	14:25	15:30	P	0	1095	í blæstri
SG-11	30. sep. 1999	12:40	13:50	T	0	1095	í blæstri; Po: 14,9-16,2 bar
SG-11	30. sep. 1999	14:20	15:30	P	0	1095	í blæstri; Po: 14,9-16,2 bar
SG-11	31. maí. 2000	10:40	12:00	T	0	1094	í blæstri
SG-11	31. maí. 2000	13:30	14:30	P	0	1094	í blæstri
SG-12	12. jún. 1996	15:20	16:20	P	0	982	í blæstri
SG-12	12. jún. 1996	14:20	15:20	T	0	982	í blæstri; Po: 13,4 bar
SG-12	25. jún. 1997	13:00	14:00	P	0	900	í blæstri
SG-12	25. jún. 1997	10:30	13:00	T	0	984	í blæstri; Po: 13,1 ±0,1 bar
SG-12	30. sep. 1999	18:10	19:10	P	0	988	í blæðingu
SG-12	30. sep. 1999	16:45	17:50	T	0	988	í blæðingu; Po: 8,9 bar
SG-12	29. des. 1999	10:20	11:30	T	300	984	í blæðingu; Po: 8,5-9 bar
SG-12	29. des. 1999	13:00	14:00	P	0	986	í blæðingu; Po: 8,5 bar
SG-12	2. mar. 2000	12:40	13:30	P	300	986	í blæðingu; Po: 7,7 bar
SG-12	30. mar. 2000	18:40	19:30	P	300	988	í blæðingu; Po: 6,1 bar kl. 18:40 og Po: 3,3 bar kl. 19:30
SG-12	31. maí. 2000	20:30	21:15	P	0	989	í blæðingu
SG-12	31. maí. 2000	19:15	20:20	T	0	989	í blæðingu
SG-12	2. nóv. 2001	12:10	13:00	P	0	982	Po: 0,12 bar
SG-12	2. nóv. 2001	11:00	12:00	T	0	982	
SG-12	26. feb. 2002	11:30	12:20	P	0	981	
SG-12	26. feb. 2002	13:40	14:30	T	350	981	
SG-12	15. ágú. 2002	10:50	11:55	T	0	981	
SG-12	15. ágú. 2002	13:00	13:30	P	0	981	
SV-17	27. maí. 1998	10:15	12:00	T	700	1238	Eftir 2 vikna upphitun; Vb: 345 m
SV-17	27. maí. 1998	12:50	13:40	P	400	1238	Eftir 2 vikna upphitun
SV-17	11. jún. 1998	22:00	23:00	T	500	1240	Vatnsborð ekki mælt.
SV-17	11. jún. 1998	20:50	21:40	P	400	1240	Vatnsborð ekki mælt
SV-17	27. ágú. 1998	10:40	11:50	P	400	1237	Vatnsborð ekki mælt.
SV-17	27. ágú. 1998	12:00	13:20	T	400	1238	Vatnsborð ekki mælt.
SV-17	28. des. 1998	16:30	18:00	T	400	1242	Vatnsborð ekki mælt.
SV-17	28. des. 1998	18:20	19:30	P	400	1240	Vatnsborð ekki mælt.
SV-17	8. júl. 1999	10:20	13:00	T	0	1243	"í blæstri; Po: 15,5-16,5 bar
SV-17	8. júl. 1999	13:00	18:30	P	0	1100	í blæstri
SV-17	29. mar. 2000	13:00	14:00	P	400	1242	
SV-17	29. mar. 2000	10:40	13:00	T	400	1242	Vb: 330 m
SV-17	20. des. 2000	13:30	15:30	T	400	1242	
SV-17	20. des. 2000	11:40	12:40	P	400	1242	
SV-17	1. júl. 2002	15:30	16:55	P	300	1240	
SV-17	1. júl. 2002	13:50	15:20	T	300	1240	Po: 0,4 bar
SV-18	30. des. 1998	11:15	13:10	T	350	1827	Vb: 327 m
SV-18	30. des. 1998	12:35	14:35	P	400	1827	
SV-18	18. mar. 1999	16:50	19:20	T	350	1826	Vb: 317 m
SV-18	18. mar. 1999	19:40	21:10	P	400	1827	



SV-18	11. ágú. 1999	14:00	15:10	P	300	1500	í blæstri; Po: 13 bar
SV-18	11. ágú. 1999	11:00	14:00	T	300	1826	í blæstri; Po: 10 bar
SV-18	7. mar. 2000	13:20	15:30	T	0	1832	í blæstri; Po: 14,6 bar
SV-18	7. mar. 2000	15:50	17:30	P	0	1832	í blæstri; Po: 14,2-14,8 bar
SV-18	6. apr. 2000	10:30	12:45	T	0	1829	í blæstri; Po: 14,6 ±0,2 bar kl. 10:30 og Po:14,6 bar kl. 12:45
SV-18	27. jún. 2002	12:15	14:15	P	0	1760	í blæstri
SV-18	27. jún. 2002	10:00	12:10	T	0	1760	í blæstri; Po: 14,5 ±0,2 bar
SV-19	4. sep. 1998	12:40	15:00	T	300	1572	2. dag eftir ádælingu
SV-19	4. sep. 1998	11:15	12:29	P	700	1572	2. dag eftir ádælingu
SV-19	25. sep. 1998	14:00	15:45	T	400	1567	
SV-19	25. sep. 1998	12:30	13:50	P	400	1567	
SV-19	4. feb. 1999	13:30	15:10	P	0	1573	Po: 0,15 kg/cm2 kl. 14:40, þegar mælir var í botni en var 0 kg/cm2 í upphafi
SV-19	4. feb. 1999	10:30	13:15	T	300	1574	Po: 0,05 bar
SV-19	19. ágú. 1999	10:40	12:30	T	0	1579	í blæstri
SV-19	19. ágú. 1999	13:00	14:10	P	0	1500	í blæstri
SV-19	28. sep. 1999	09:50	12:30	T	0	1579	í blæstri; Po: 12,6-12,8 bar og Vo: 10-11cm
SV-19	2. mar. 2000	10:55	12:00	P	0	1576	í blæstri
SV-19	2. mar. 2000	09:00	10:30	T	0	1576	í blæstri; Po: 11 bar
SV-19	6. apr. 2000	13:00	14:50	T	0	1577	í blæstri
SV-19	25. jún. 2002	13:00	15:10	T	0	1577	I blæstri
SV-19	25. jún. 2002	15:25	17:20	P	0	1577	I blæstri
SV-21	2. júl. 2002	10:15	11:40	P	400	1467	Vatnsborð á yfir 300 m dýpi
SV-21	2. júl. 2002	12:00	13:40	T	400	1467	

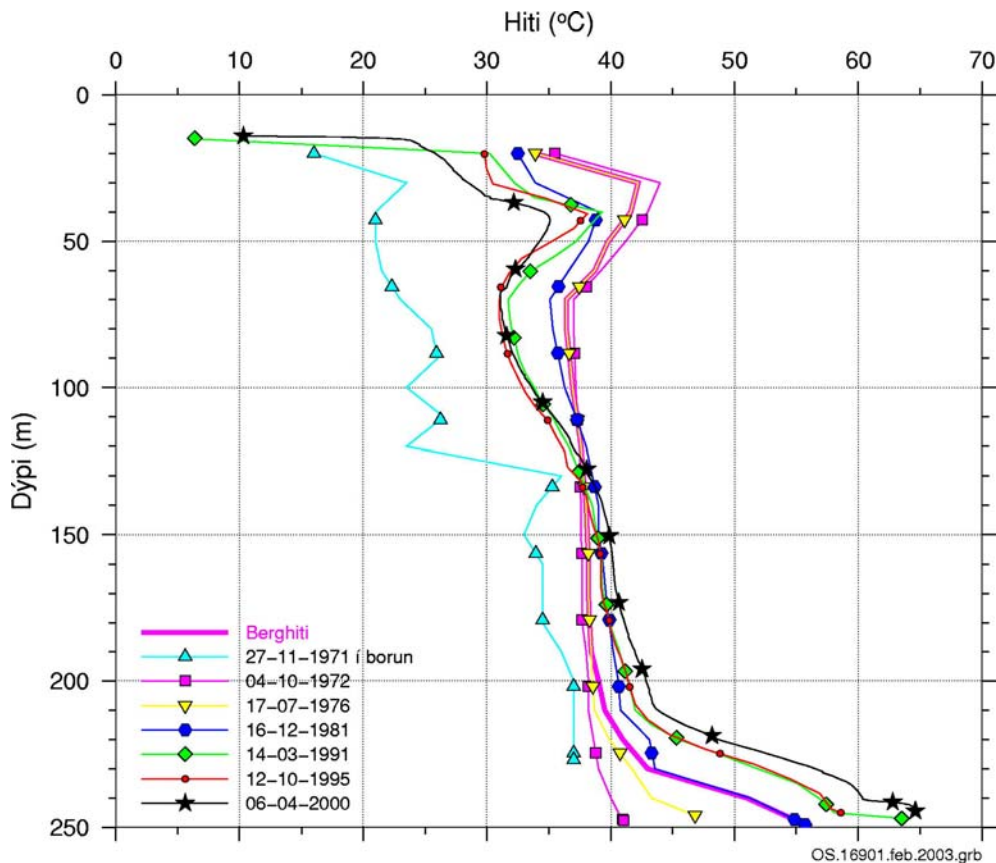
#### Eldvörp

EG-02	10. sep. 1996	16:50	17:50	P	0	1230	í blæstri, 27 kg/s; Po: 36,2 bar
EG-02	10. sep. 1996	20:20	21:10	P	0	1230	í blæstri, 15 kg/s
EG-02	10. sep. 1996	21:20	22:10	P	0	1230	í blæstri, 5 kg/s gufa
EG-02	10. sep. 1996	13:00	14:45	T	0	1230	í blæstri; Po: 27,2 bar
EG-02	26. sep. 1996	13:50	15:00	P	0	1231	í blæstri, 4,5 kg/s gufa
EV-02	11. jún. 1998	17:00	18:15	P	0	1238	I blæðingu; Po: 36,9 bar
EV-02	11. jún. 1998	18:30	20:00	T	0	1238	I blæðingu
EV-02	29. mar. 2000	10:20	12:00	P	0	1238	I blæðingu; Po: 37,1 bar
EV-02	29. mar. 2000	13:00	14:00	T	0	1238	I blæðingu; Po: 36,9 bar
EV-02	1. júl. 2002	11:45	13:10	P	0	1240	I blæðingu; Po: 38,8 bar kl. 12:50
EV-02	1. júl. 2002	10:05	11:40	T	0	1240	I blæðingu

## VIÐAUKI 2: HITA- OG ÞRÝSTIMÆLINGAR Í SVARTENGI

### Hola 1

Hola 1 kúrir í dæld sunnan við veginn að Orkuverinu, rétt við slána sem lokar veginum að nóttunni. Holan var boruð árið 1971 til öflunar skolvatns á þeim tíma. Fylgst hefur verið með hita holunnar á 3–5 ára fresti og hún í samræmi við það mæld árin 1995 og 2000. Niðurstaðan er á mynd 8. Sést þar að botnhiti holunnar heldur áfram að hækka löturhægt. Kennir hér nær örugglega lóðréttrar hræringar gufu til yfirborðs í gufupúðanum. Hins vegar er kólnun í gangi við hitatopp sem var í u.þ.b. 40 m dýpi. Þarna hefur væntanlega flotið ofan á vökvi hitaður af því gufuúttstreymi sem var í Svartsengi áður en vinnslan truflaði djúpþrýsting svæðisins. Hugsá má sér að afrennsli frá gufupúðanum til suðurs sé nú að minnka. En einnig kann skýringin að vera sú að varmaorkan að neðan rjúki hreinlega út í loftið í stað þess að þéttast í vatnsborðinu og þannig leita til suðurs sem volgt afrennsli. Ekki eru stundaðar þrýstimælingar í holunni þar sökum þess að vatnsborð hennar helst mjög stöðugt á 14–15 m dýpi.

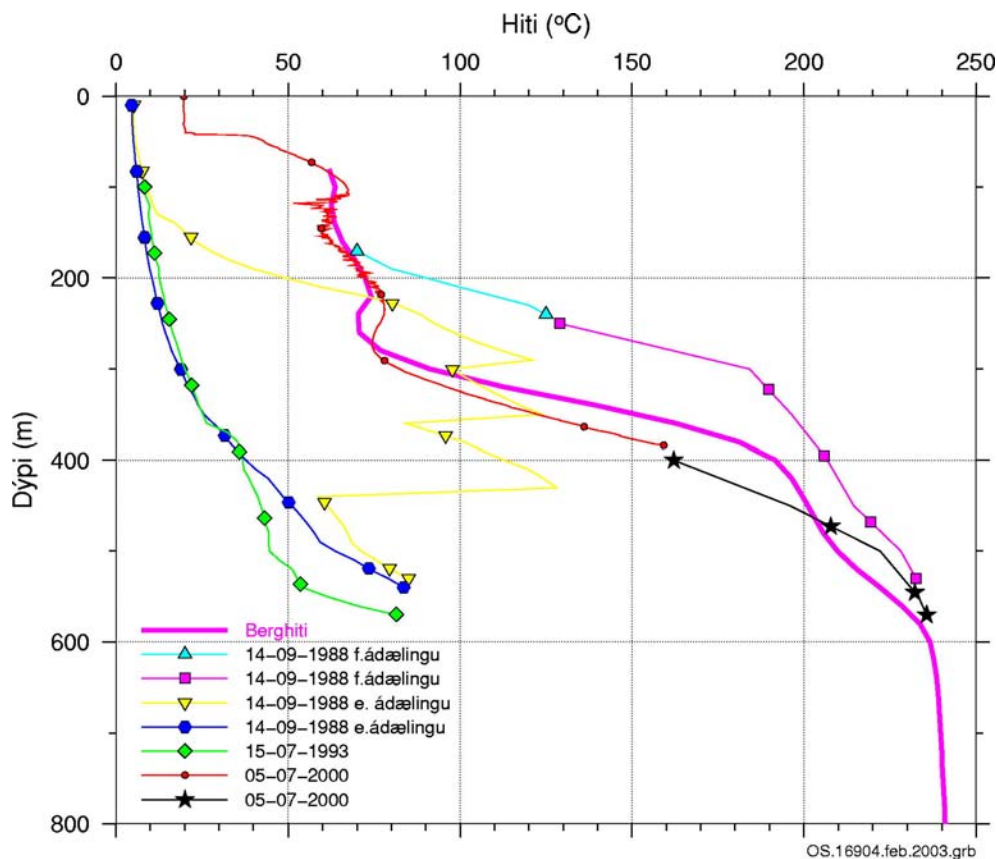


Mynd 8: Hitamælingar í holu 1.

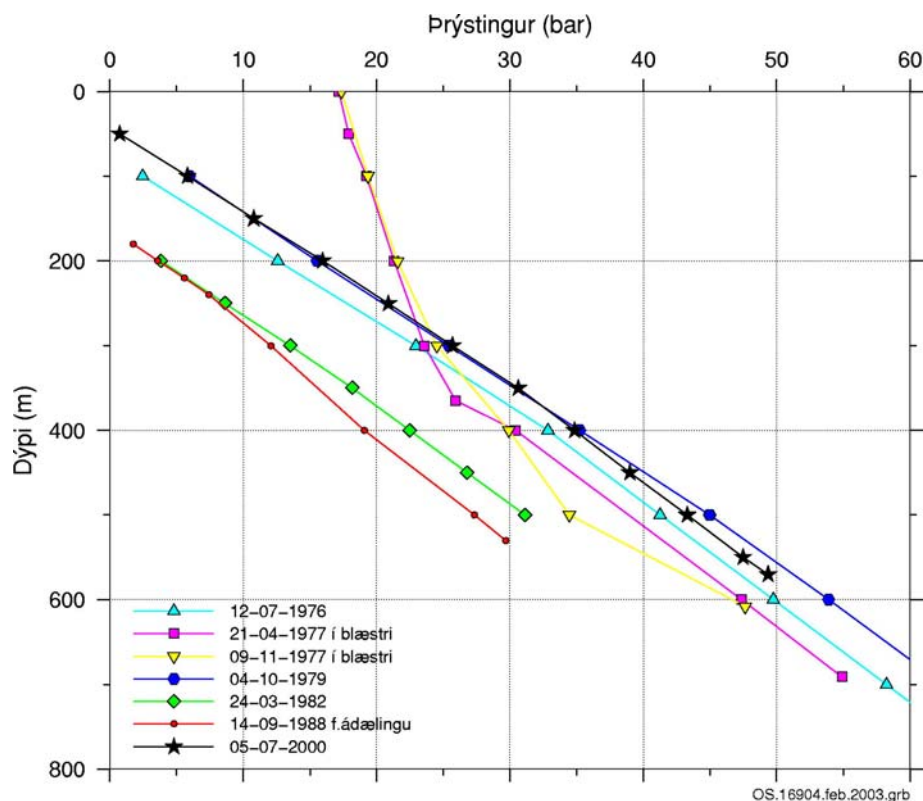
## Hola SG-4

Hola SG-4 hefur staðið dauð ærið lengi. Hún notuð til eftirlits með vatnsborði um skeið en því svo hætt vegna suðu í vatnssúlunni. Sprengt var í holunni sumarið 1993 vegna skjálftamælinga í Svartsengi. Eftir það var holan helst nýtt í að bakka á hana þar sem hún trónði á bílastæði gamla mótuneytisins. Loks kom þar árið 2002 að holan var orðin fyrir Orkuveri 5 og því ákveðið að steypa í hana og fjarlægja holutoppinn. Kemur Azi á svæðið og steypir í holuna dagana 24. til 31. júlí 2000. Lauk þar með farsælli og viðburðarríkri sögu holu 4. Má líklega telja hana eins konar formóður Orkuversins í Svartsengi og burðarklár þess fyrstu 5 árin í rekstrinum.

Áður en til steypingar kom, var holan lóðuð, hita- og þrýstímæld. Niðurstöður eru á myndum 9 og 10. Lóðað var í 570 m og settist á leiðinni í 439 m. Var það endurtekning frá mælingunum 1993. Vatnsborðið var hins vegar komið upp í 42 m miðað við 115 m árið 1993. Er því ljóst að stíflan neðan 570 m var á þessum tímapunkti fullkomlega vatnspétt og holan í þrýstijafnvægi við æðar ofan þessa dýpis. Að öðru leyti er lítið um mælingarnar að segja utan að berghitaferillinn, sem var gerður árið 1991, passar aldeilis ljómandi vel við mælda hitann árið 2000.



Mynd 9: Hitamælingar í holu SG-4.

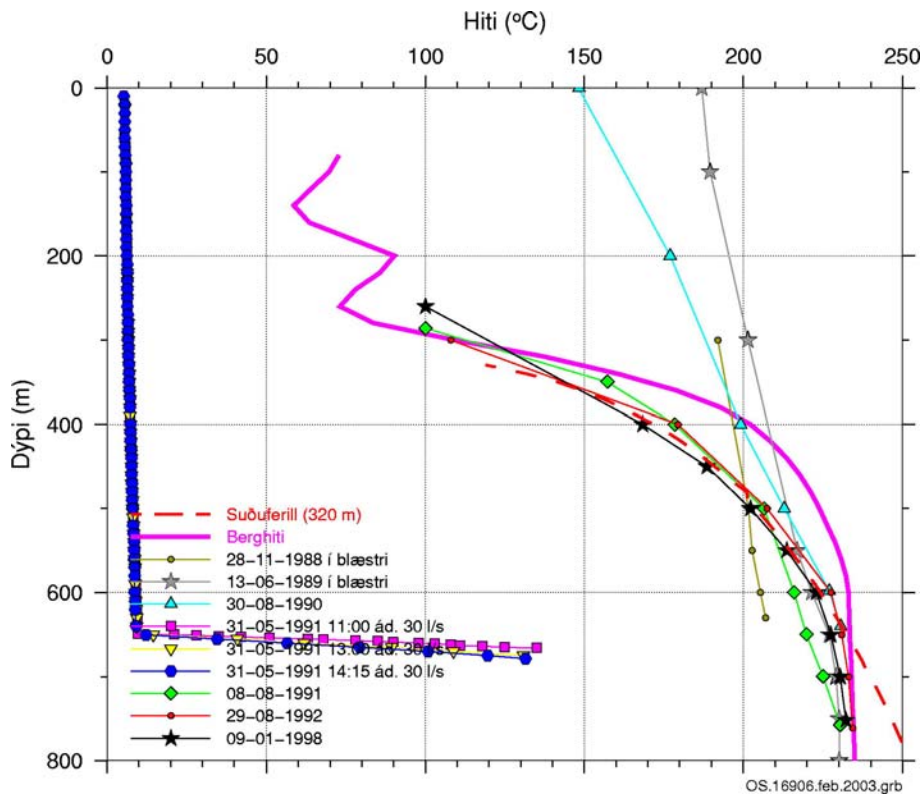


Mynd 10: Þrýstimælingar í holu SG-4.

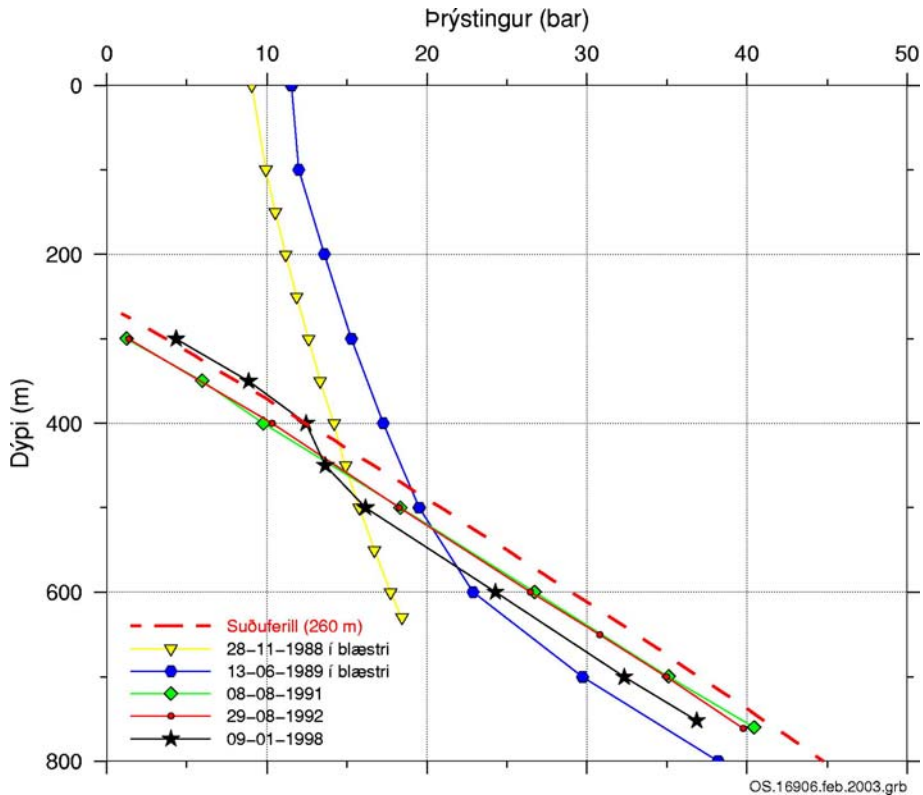
### Hola SG-6

Hola 6 hefur staðið dauð árabilið 1995–2003. Lengst af hefur verið í henni loftrör til eftirlits með vatnsborði, en óvíst var með dýpið til rörendans svo og hvort gasblæðing niður rörið hefur verið stöðug. Loftrörið er ekki í holunni í janúar 1998, líklega vegna niðurdælingartilraunar sem þá var í gangi. Var því notað tækifærið til hita- og þrýstimælinga. Niðurstöður eru á myndum 11 og 12. Mælar komust í 752 m dýpi sem er svipað og áður en fyrirstaða var hins vegar í fyrri mælingunni á 468 m. Niðurstöður sýndu óvenjulega hegðan holunnar. Þrýstiprófíllinn stekkur nefnilega til milli 400 og 500 m dýpis sem á sér helst þá skýringu að mjög eðlislétt súla sé í holunni á þessu bili.

Til að kanna þetta betur eru hafðir með á myndunnum suðumarksferlar með dýpi. Er sá á hitamyndinni látinn hefjast í 320 m dýpi og hermir hann með ágætum mælda hitann í janúar 1998. Hins vegar er á þrýstimyndinni suðuferill sem hefst á 260 m. Flísfellur þá efri hluti mælda þrýstingsins að suðuferlinum meðan sá neðri flísfellur að suðuferlinum sem hefst á 320 m. Óvenjulegt er að sjá svona og virðist staðfesta að gufu og/eða gasrík bóla hafi setið í holunni milli 400 og 500 m dýpis. Hún hefur þá setið svona a.m.k. milli klukkan 10:49 að þrýstimælirinn er í 300 m dýpi og 11:07 m þegar mælirinn er kominn í 500m. Erfitt er að sjá fyrir sér þá eðlisfræði sem leyfir svona. Er þá helst að líta til þess að þrýstimælirinn settist í 468 m í fyrri mæliferð dagsins. Er hugsanlegt að þarna hafi verið skæni sem nánast lokaði holunni. Er samt með ólíkindum að það skyldi þá halda við lóðréttum þrýstimun upp á ~5 bör.



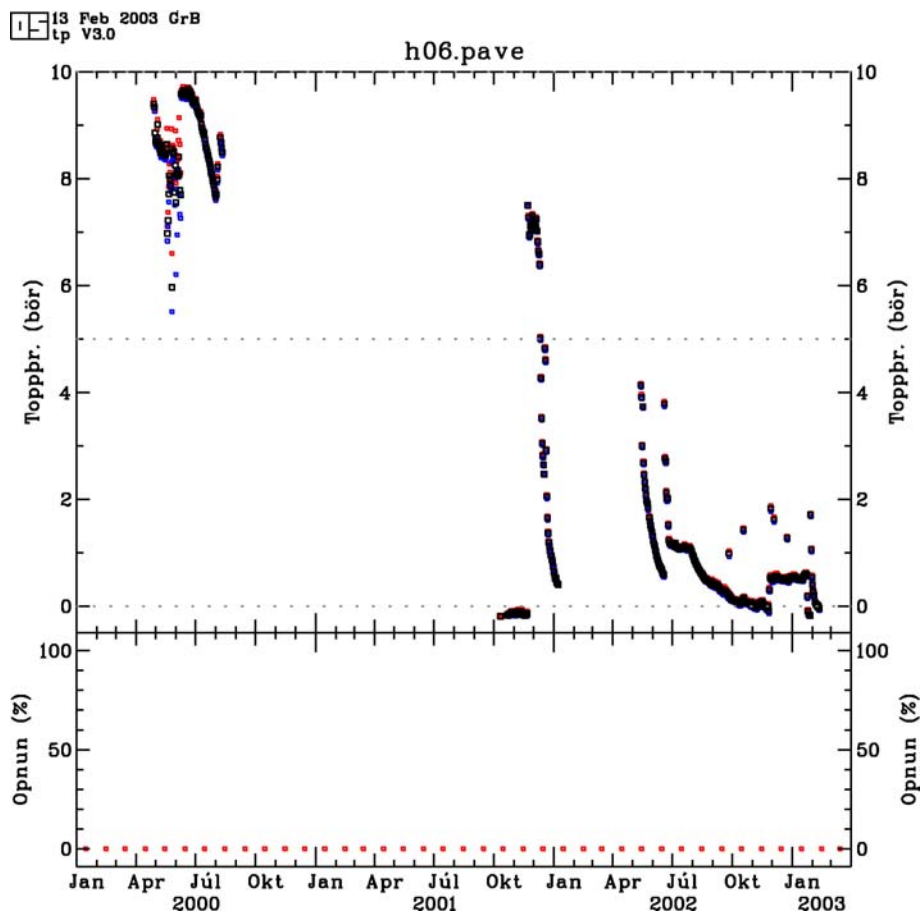
Mynd 11: Hiti í holu SG-6. Mæling frá 1998 fylgir suðuferli sem hefst á 320 m.



Mynd 12: Prýstingur í holu SG-6. Suðuferill hefst í 260 m.

Mynd 13 sýnir hvernig Campbell eftirlitsbúnaður í Svartsengi hefur skráð þrýsting á gasi sem hefur verið látið blæða niður loftrörið holu 6. Skemmst er frá því að segja að mjög lítið er á mælingunum að græða. Þannig er marga vikna dölun í þrýstingi eftir að loft er sett á rörið mjög óeðlileg og tæpast að segja neitt um þrýstinginn í holunni. Þess til viðbótar má nefna að líklega er aðalæð holu 6 nú á 650 m dýpi ef miðað er við hita í ádælingarprófunum árið 1991. Er æðin sem stýrir holuþrýstingnum því vel ofan við djúpa og eins-fasa vatnskerfið sem ætlunin var að fylgjast með. Hins vegar er hún e.t.v. í staðinn farinn að endurspeglar þrýstinginn neðst í gufupúðanum. Þannig fæst, ef 320 m suðumarksferillinn er framlengdur að 650 m dýpi, æðaþrýstingur upp á 28 bör. Svipar því ágætlega til mælds lokunarþrýstings holnanna í gufupúðanum.

Má því e.t.v. segja að niðurstaðan af þessum hugrenningum um holu 6 sé að breyta eigi um áherslu í notkun hennar og gera að eftirlitsholu með gufupúðanum. Til að svo megi verða þarf að framlengja loftrörið þ.a. það endi nákvæmlega við æðina á u.þ.b. 650 m. Jafnframt verði kannað hvort holan þoli að fyllast af gufu og endi með allt að 30 bara þrýstingi á toppnum. Hugsanlega verður það best gert með því að kæla holuna og mynda síðan fóðringuna með holumyndavél.

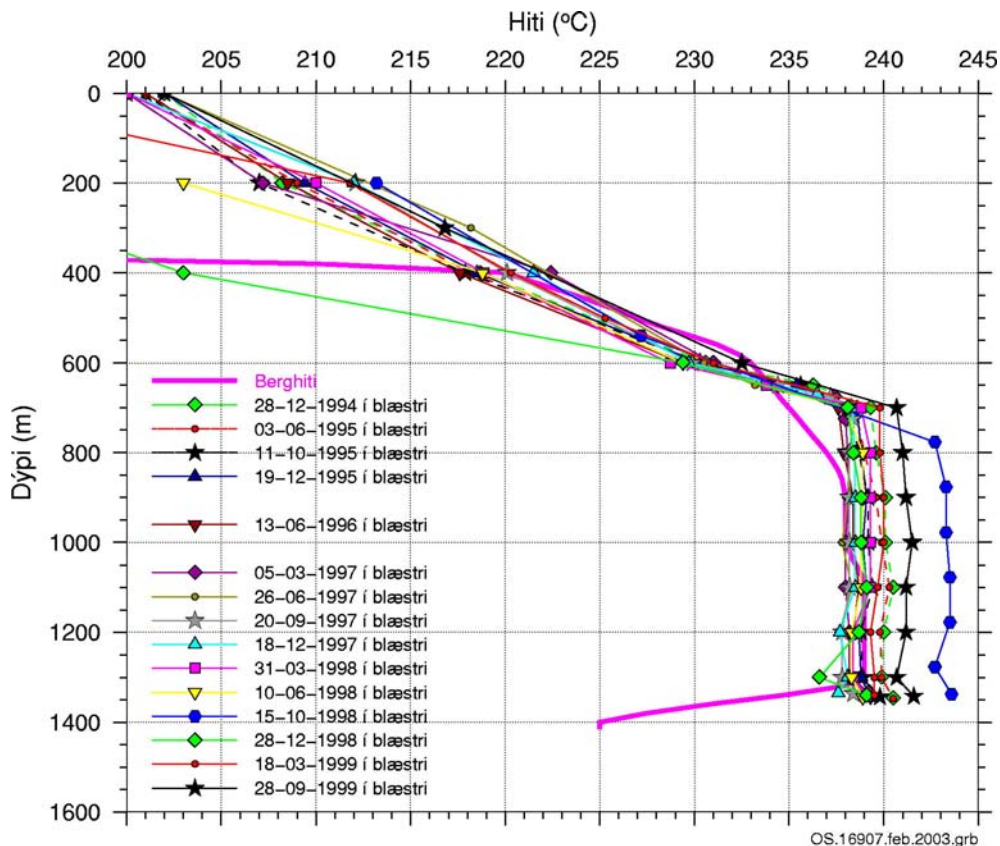


**Mynd 13:** Eftirlit með þrýstingi á loftröri holu SG-6 árabilið 2000-2003. Sýnd eru dagsmeðalgildi (□) auk há- (■) og lággilda(□) þrýstingsins.

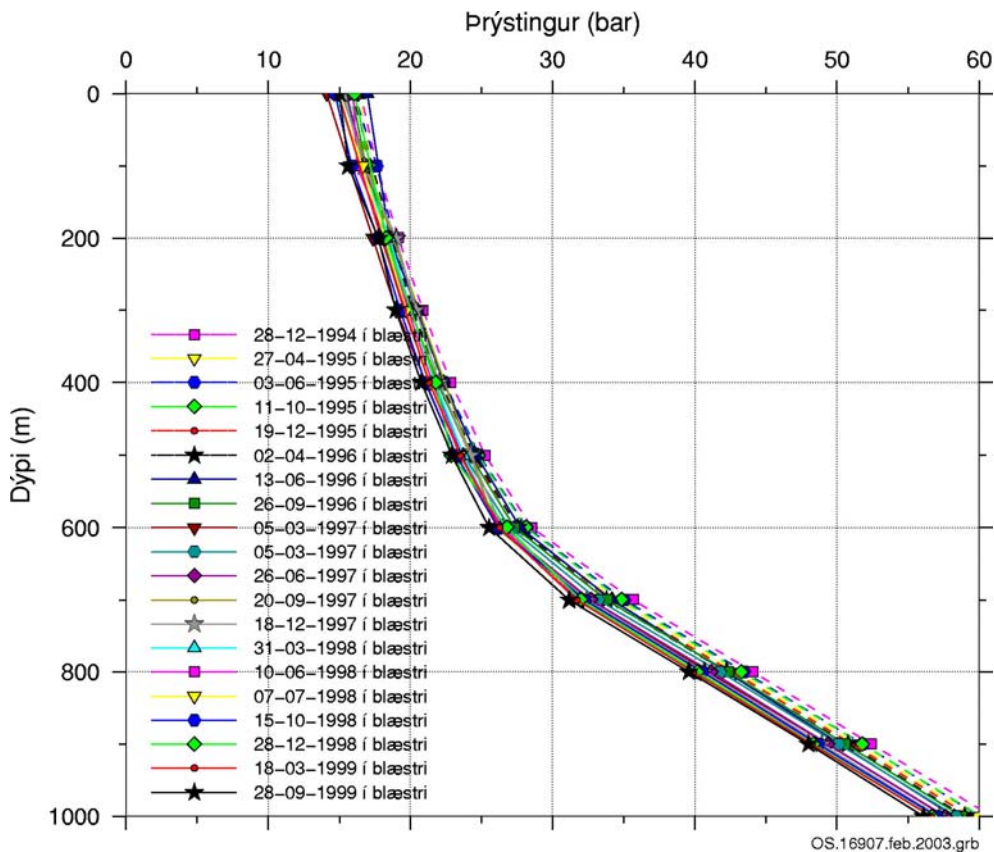
## Hola SG-7

Hola 7 þjónaði um árabíl sem aðaleftirlitsholan með þrýstingi í Svartsengi. Mynd 14 sýnir hitamælingar í holunni og mynd 15 sýnir þrýstimælingarnar, hvorutveggja með dýpi. Saga hita- og þrýstings með tímanum var hins vegar til umfjöllunar í aðalköflum þessarar skýrslu. Þegar flett er í bókum mælingabíllanna sést ýmislegt. Til að mynda voru mælingamenn hafðir til sýnis á opnu húsi í Svartsengi þann 3. júní 1995, slæm högg koma ætíð á mæla í ~885 m, í júní 1997 festist mælir illa í toppi í lok mælingar, í desember 1997 greina mælingamenn engan slátt í holurennslinu, í mars 1998 er vígt nýtt teljarahjól í NB-765 (hrosshaus), í mars 1999 er aftur vesen að lempa mælinn gegnum toppinn, og loks fer svo í apríl 2000 að ekki er lengur nokkur leið að koma mæli niður í gegnum 2" lokann á toppi. Hefur ekki verið mælt í holunni síðan og verður ekki fyrr en nýr mæliloki kemur á holuna.

Fátt er annars að bæta við mælingaumfjöllunina frá því sem var í aðalkafla. Má þó nefna að athyglisverð 5–7°C spönn er í mælda holuhitanum og ekki hægt að ættfæra hana nema að hluta til kvörðunarskekku. Þá hliðrast mældi þrýstingurinn til vinstri á mynd 15 eftir því sem niðurdráttur hefur vaxið í Svartsengi.



Mynd 14: Hitamælingar í holu SG-7.



Mynd 15: Prýstimælingar í holu SG-7.

Mynd 16 sýnir dagsmeðaltöl toppprýstings og Ellaloka holu 7. Margt er athyglisvert við þessa mynd. Í fyrsta lagi ber að nefna að prýstiskynjarar hafa enst óvenju illa á holunni og talsvert oft verið skipt um þá. Má sjá hvenær það gerist sem skyndilegt stökk í prýstingi. Skynjarabilanir kunna hins vegar að koma fram sem veruleg hækkun eða lækkun toppprýstings. Þá er einnig athyglisvert að slátturinn í holurennslinu breytist skyndilega til minnkunar í október 2000 án þess að dagsmeðaltalið haggðist. Ekki er einhlít skýring á þessu utan að jafnara rennsli ber helst að skýra með hækkuðu vermi. Eins sýnist sem toppprýstingur holunnar hafi breyst tiltölulega lítið á þessu þriggja ára tímabili, þrátt fyrir ~3 bara lækkun í djúpprýstingi svæðisins. Styður það tilgátuna um að vermi holunnar hafi verið að hækka, því annars hefði komið fram allt að 1 bars lækkun í toppprýstingnum (Grímur Björnsson og Benedikt Steingrímsson, 1991).

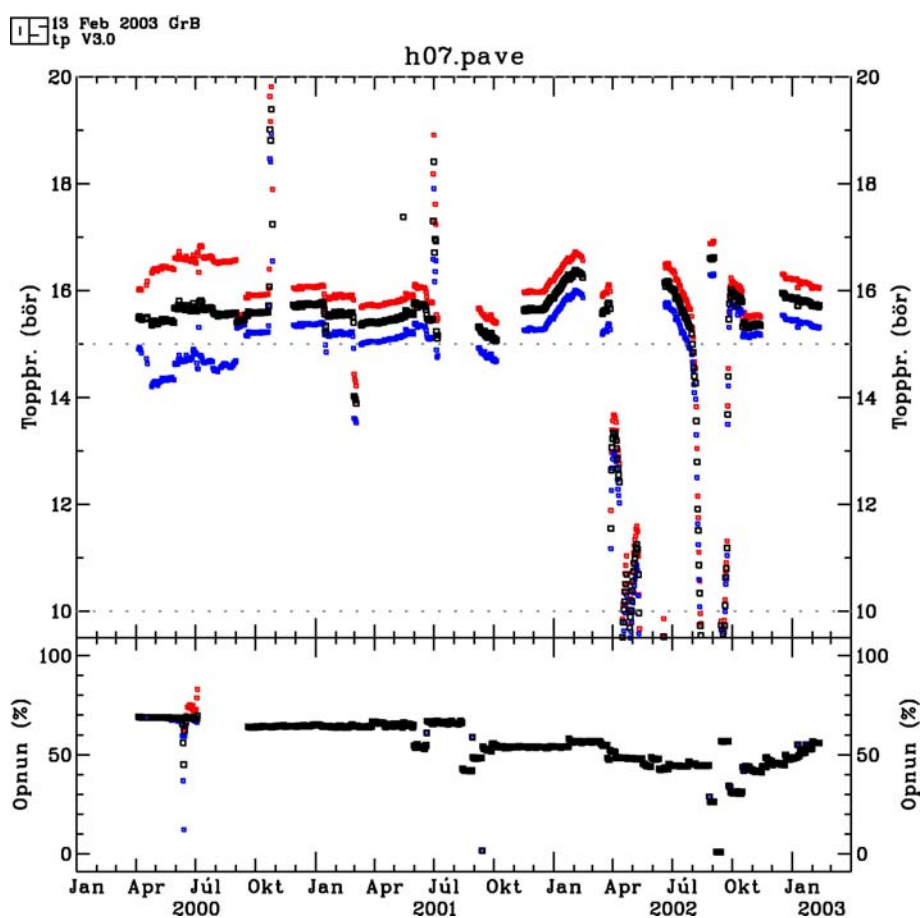
Þá urðu töluverðar æfingar hjá mælinga- og gufuveitumönnum í september 1998 þegar skipt var um aðalokann með holutappa. Varð þá eftir í holunni neðsti hluti tappans (kóngurinn) og fóru nokkrir dagar í að fiska hann úr. Hafðist ekki fyrr en holan var drepin. Var ýmislegt prófað, húkkað í kónginn meðan holan var enn undir prýstingi, hann féll niður en kom síðan aftur upp og hjó þá vel í fóðringuna rétt undir flans o.s.frv.

Lóð, körfur, heimasníðuð fiskitæki og fleira drasl fór og kom úr holunni í þessum æfingum og sumt varð eftir. Þegar holan var drepin náðust upp efri hluti tappans og fiskitæki. Síðan var lóðað á neðri hlutann og fannst hann á 75 m dýpi. Nótt fór í hönd og klukkan 5 að morgni fór holan í gos sökum ónógrar ádælingar. Skaust þá tappabúturinn upp í holutoppinn. Fannst hann á innan við ~1/2 m dýpi. Sett á blæðing beint upp og



teini síðan stungið gegnum pakk á kæfingarloka til að fyrirbyggja að tappinn dytti niður. Holan síðan kæfð á nýjan leik. Þegar örugglega dauð var opnað. Fannst þá tappinn á u.þ.b. 7 m dýpi, skordaður á ská, og hafði ekki tollað uppi þrátt fyrir teininn. Var nú smíðað enn eitt fiskitækið og það sent niður á mælingavír.

Tók síðan við sjónrennslisæfing að laxveiðimannasið og hafðist á endanum að krækja í kall. Kom síðan úr holunni með friði en eitthvað af gúmmídrasli vantaði enn. Lauk þessu brasi því með 11 ¼" körfumælingu niður í 700 m dýpi án þess að neitt myndist. Jafnframt staðfesti karfan að ekki var nein útfelling í fóðringunni. Var draslið úr tappanum því talið komið ofan í holubotn og aðgerðum þar með lokið. Var mikil ánægja með málalokin, ekki síst að holan var hreinsuð án þess að kalla þyrfti til bor.

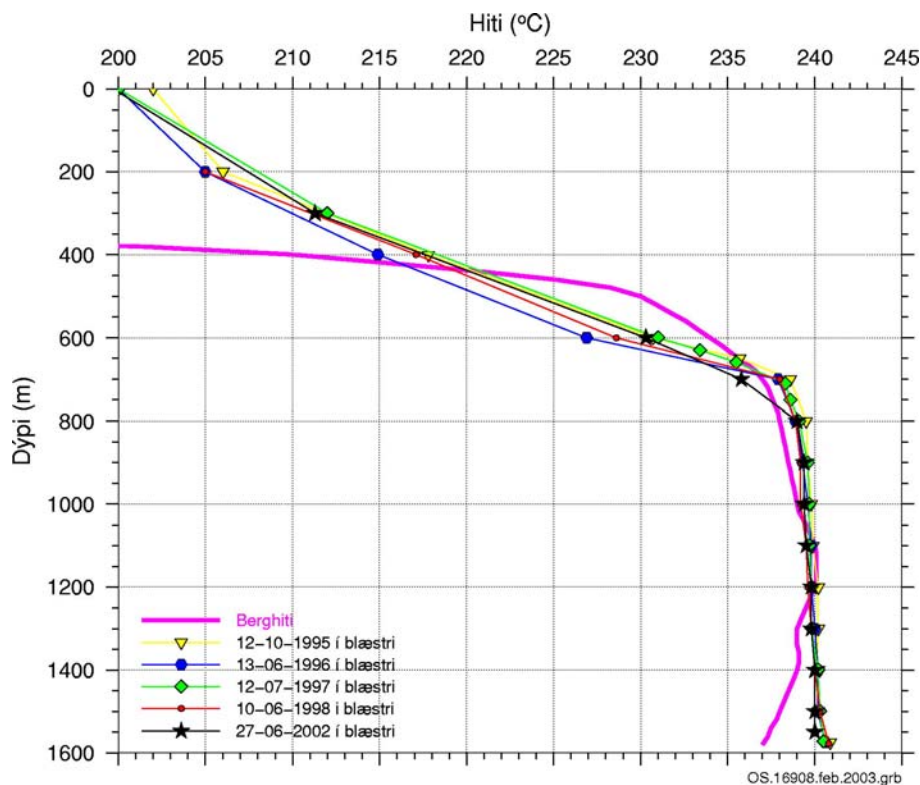


**Mynd 16:** Eftirlit með toppþrýstingi (efri mynd) og lokastöðu holu SG-7 árabilið 2000–2003. Sýnd eru dagsmeðaltöl (□) auk há- (◻) og lággilda (◻).

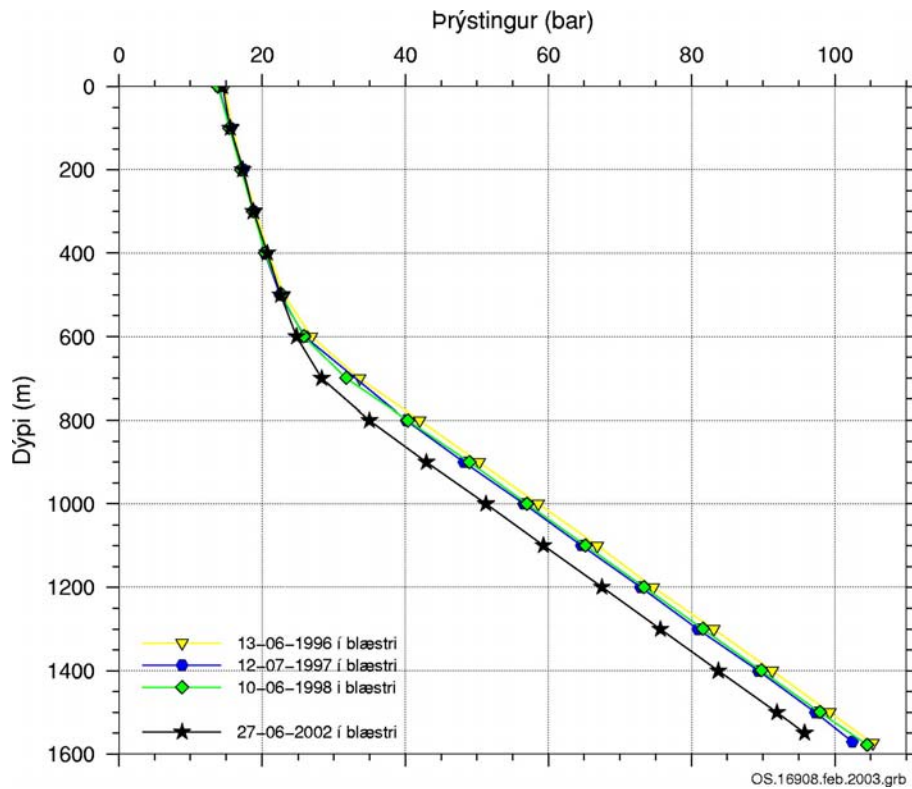
## Hola SG-8

Reynt hefur verið að mæla holu SG-8 einu sinni á ári en gengið upp og ofan sökum þess að hún er eina holan í Svartsengi sem safnar í sig kalkútfellingu. Frá 1994 hefur því tekist að mæla í botn árin 1995, 1996, 1997, 1998 og loks 2002. Niðurstöður hita- og þrýstimælinga eru sýndar á myndum 17 og 18. Þegar bókum úr mælingabílum er flett má lesa ýmislegt. Þannig sest mælir á hengistykki (580 m) og nartar á 750 m í hífingu í október 1995. Hægir vel á mæli í slökun í júní 1996. Körfumælt er í september 1996, sjá töflu 2. Í júlí 1997 er handflaskan við holuna og körfumælt í leiðinni. Í júní 1998 sest mælir í slökun á 585 m og var síðan í hægri slökun niður fyrir 670 m, högg í 750 m. Í september 1999 er fyrirstaða í 666 m dýpi, hægt á rennsli með Ellaloka og slakað í rúma 700 m en þá stopp. Í hífingunni var aukið aftur við rennslið til að læra að staðan á Ellaloka mældist röng. Vatnshamar henti því mæli upp og hringaði vírin sem varð til þess að lykkja dróst upp í mælirör. Festist allt þegar 330 m eftir af hífingunni, slitnar og mælir í botn. Í júní 2002 er hins vegar mælt án áfalla og finnst meira að segja fyrir hengistykkinu á 580 m sem er tekið til marks um að engin útfelling sé ofan þess.

Um hita- og þrýstimælingarnar má hins vegar segja að ólíkt holu 7 er nánast ekkert flökt í hita hola 8. Hins vegar sést vel sú rúmlega 5 bara þrýstilækkun sem verður við að Orkuver 5 fer í gang haustið 1999.

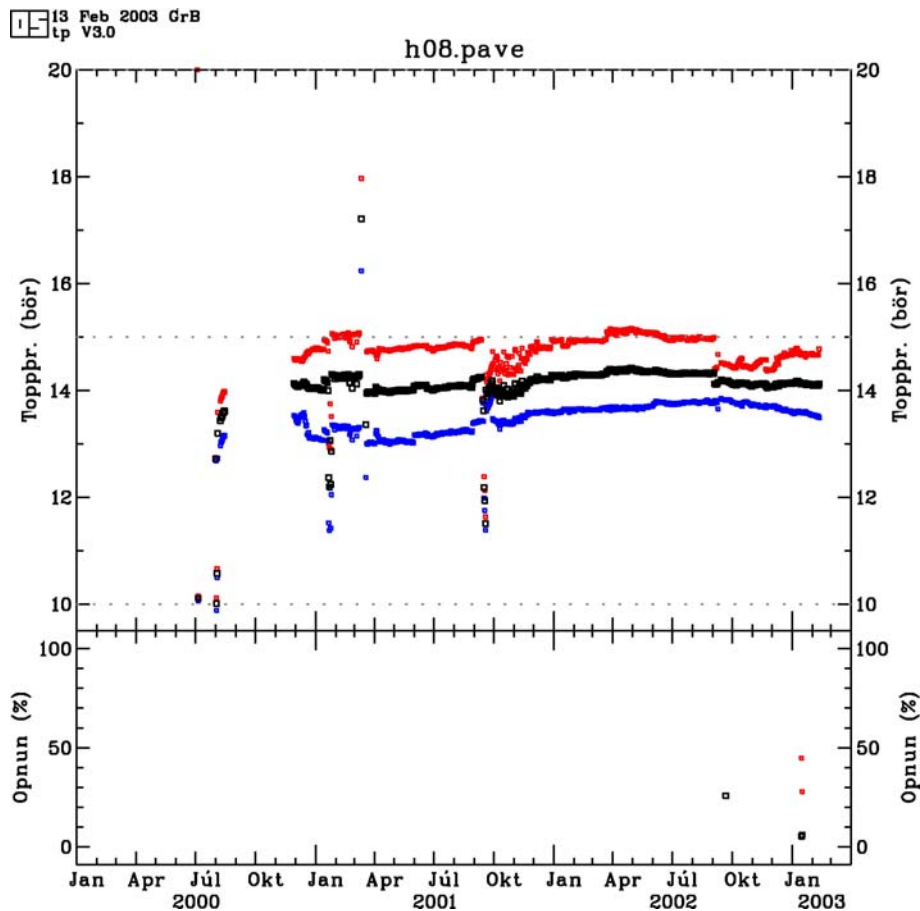


Mynd 17: Hitumælingar í holu SG-8.



**Mynd 18:** *Prýstimælingar í holu SG-8.*

Mynd 19 sýnir dagsmeðaltöl sískráningar á toppprýstingi holu 8. Staða Ellaloka er hins vegar ekki sískráð en má bæta inn á safnstöðina við tækifæri. Líkt og í holu 7 er toppprýstingur holu 8 stöðugur í kringum 14 bör öll 3 árin en sláttur hins vegar meiri. Þó bregður svo við í september 2002 að slátturinn minnkar verulega í e.t.v. 3 mánuði en virðist svo vera að vaxa á ný í janúar 2003.

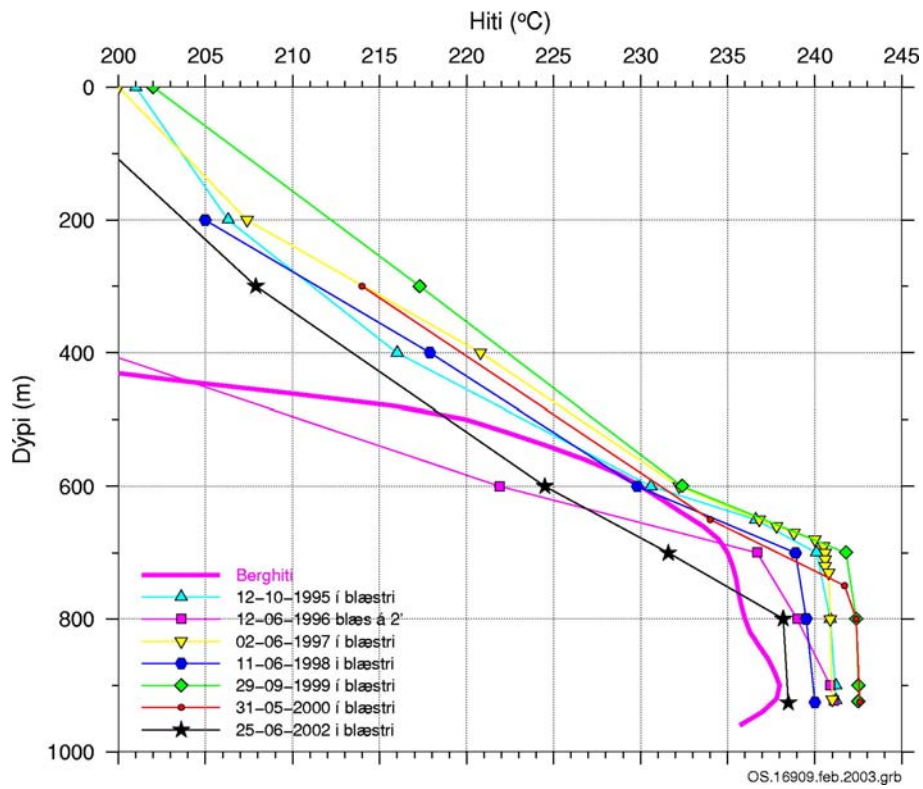


**Mynd 19:** Eftirlit með toppþrýstingi (efri mynd) og lokastöðu holu SG-8 árabilið 2000–2003. Sýnd eru dagsmeðaltöl (□) auk há- (■) og lággilda (□).

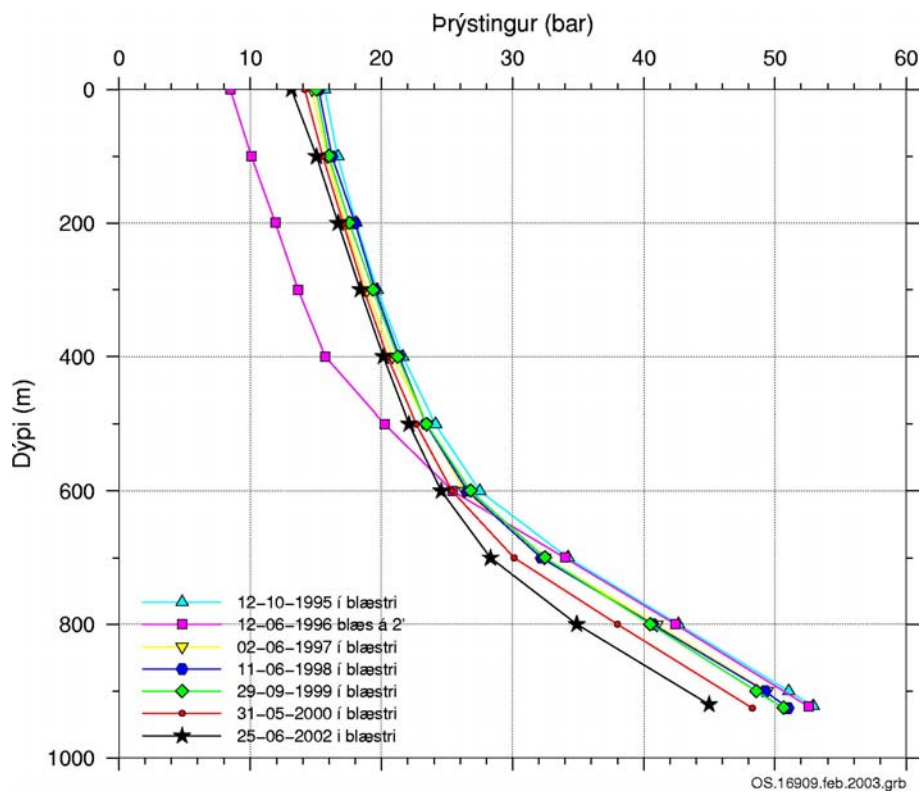
### Hola SG-9

Hola 9 hefur verið mæld árlega milli 1995 og 2002 utan að ekki var mælt á árinu 2001. Niðurstöður mælinganna með dýpi eru sýndar á myndum 20 og 21. Nokkur sveifla hefur verið í hita holunnar neðan suðuborðs, fór hann einna hæst árin 1999 og 2000 en hefur síðan lækkað á nýjan leik. Þrýstingurinn hefur svo fallið hratt við gangsetningu Orkuvers 5 líkt og í öðrum holum.

Ekki er tíðinda þegar hola 9 er flett upp í dagbókum mælingabíla. Mæling í október 1995 er hæg og hljóð utan að útfellingalaust hengistykkið slær. Hins vegar er hátíð í júní 1996 þegar nýr Econoline mælingabíll Orkustofnunar (NB-765) mælir fyrstu háhitaholuna í sinni sögu. Í júní 1997 eru mælingar gerðar meðan holan blæs út á hlandflösku. Ekkert ber til tíðinda árin 1998 og 1999 utan að hengistykkið sést seinna árið. Í maí 2000 er holan hins vegar óvenjuleg í hegðun, var eins og gufurík skot kæmu í hana á mínútu fresti og vont að slaka niður meðan þau stóðu. Minnstust menn ámóta hegðunar í holu 11 þegar hún var að byrja að þorna. Síðan sést hengistykkið í mælingunum 2002 en “gufuskotin” voru hins vegar horfin.

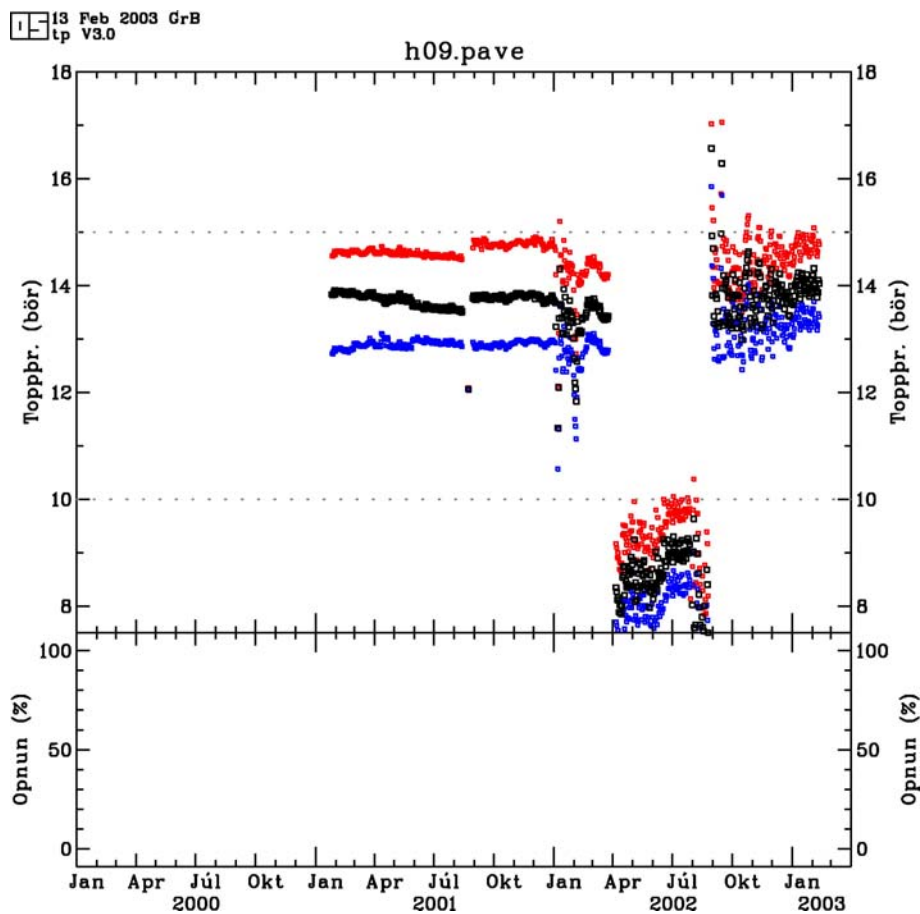


Mynd 20: Hitamælingar í holu SG-9.



Mynd 21: Þrýstimælingar í holu SG-9.

Mynd 22 sýnir skráningu á toppþrýstingi holu 9. Sem í öðrum holum er meðalgildi toppþrýstingsins nokkuð jafnt, meðan undarlegar breytingar verða í dreifingu hæstu og lægstu gilda toppþrýstings. Virðist þessi breyting verða í janúar 2002, síðan er holan á blæðingu yfir sumarið, en þegar hún kemur aftur inn á veitu í ágúst 2002 flóktir toppþrýstingurinn talsvert. Ekki er á þessari stundu hægt að útskýra hví holan lætur svona, en óneitanlega beinist grunurinn að vermismbreytingum. Rétt er að nefna að söfnunartækið sem skráir gögnin er forritað til að taka við stöðu Ellalokans og má koma þeirri söfnun á með tiltölulega litlum fyrirvara.

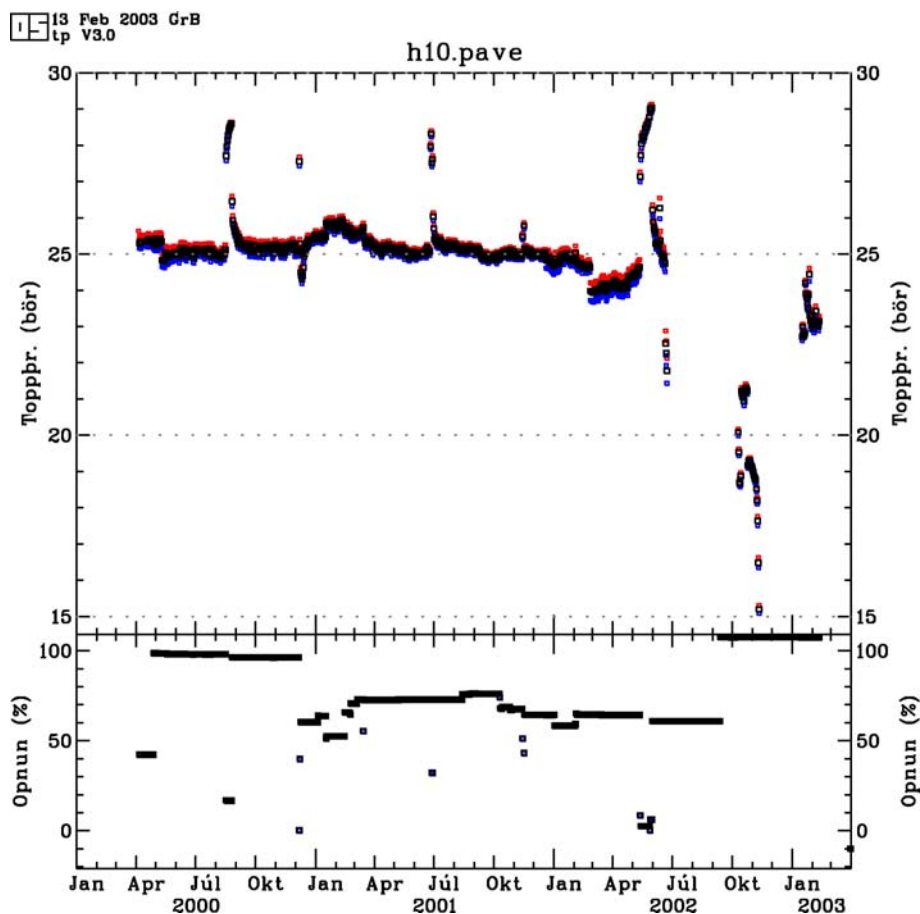


**Mynd 22:** Eftirlit með toppþrýstingi (efri mynd SG-9 árabilið 2000–2003. Sýnd eru dagsmeðaltöl (□) auk há- (◻) og lággilda(◻). Stöðu Ellaloka er ekki safnað.

### Hola SG–10

Hola SG-10 hefur ekki fengið í sig borholumæli síðan 1984. Hins vegar er ágætt að fylgjast með holunni eingöngu gegnum toppþrýsting hennar og stöðu á Ellaloka. Er þessi gögn sýnd á mynd 23. Nú er ýmislegt öðruvísi en í blautu sjóholunum. Þrýstingurinn er mun hærri en helst samt tiltölulega stöðugur í u.þ.b. 25 börum árin 2000 og 2001. Síðan bilar mælirinn að öllum líkindum um sumarið 2002 en er kominn í lag um haustið. Nú í janúar og febrúar 2003 virðist hins vegar sem þrýstingurinn hafi

fallið í 23–24 bör og er það umtalsvert. Mikilvægt er að kanna hvort enn sé skítur í þrýstimælingunni og jafnvel að skipta um skynjarann.



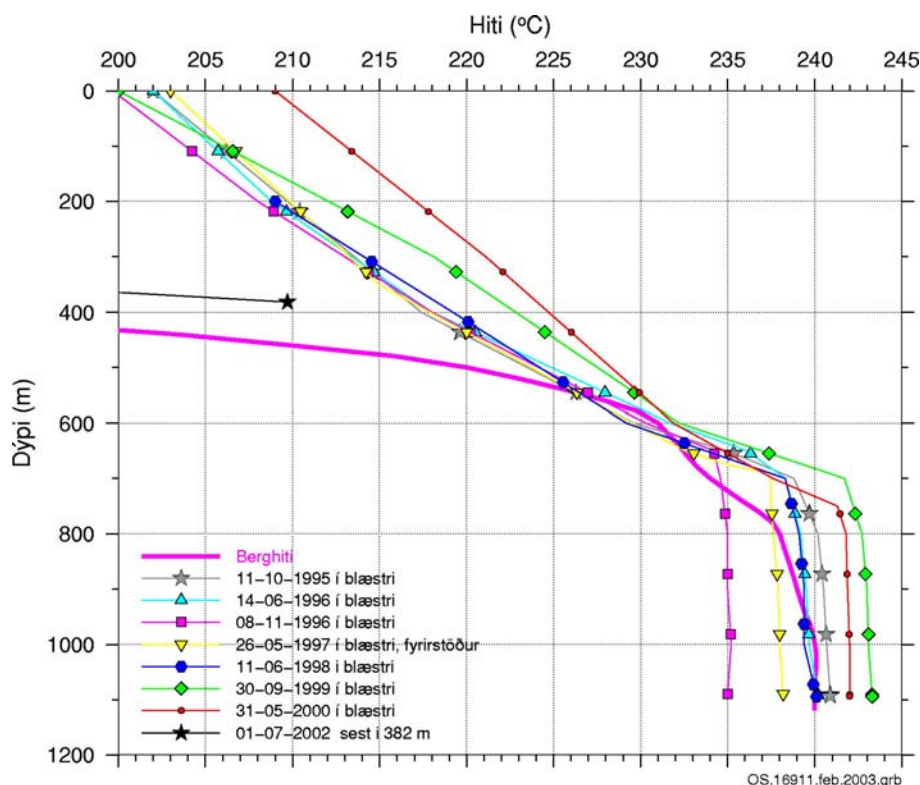
**Mynd 23:** Eftirlit með toppþrýstingi (efri mynd) og Ellaloka (neðri mynd) holu SG-9 árabilið 2000–2003. Sýnd eru dagsmeðaltöl (□) auk há- (■) og lággilda (□).

Annað athyglisvert atriði á mynd 23 er að í stuttum vinnsluhléum má sjá hvernig holan hefur jafnað sig í þrýstingi. Þetta gerist a.m.k. þrisvar, í ágúst 2000, júlí 2001 og í maí 2002. Í öll skiptin verður myndarleg jöfnun og endar dagsmeðaltalið í 28–29 börum. Er fróðlegt að bera það saman við meintan 28 bara þrýsting holu 6 í 650 m æðinni og fjallað var um hér að ofan.

### Hola SG–11

Hola 11 hefur verið í árlega mælingakerfinu líkt og flestar aðrar holur í Svartsengi. Myndir 24 og 25 sýna mæligögnin. Sama sagan og í holum 7–9, þ.e. svolítið flökt í hita kringum 240°C og þrýstilækkun við að Orkuver 5 fer í gang. Þegar rýnt er í dagbækur mælingabíla sést ýmislegt. Fyrst ber að nefna að skekkja er í tengingu 2” ventils við holu og ekki hægt að koma mælum niður nema með því að toga efri enda blástursrörs í átt að kjallaratröppunum. Er það miður og til stórrar hættu fyrir mælana. Mælingarnar 1995 og 1996 eru tíðindalausar utan að stafrænn þrýstimælir frá Trausta í Kemíu var

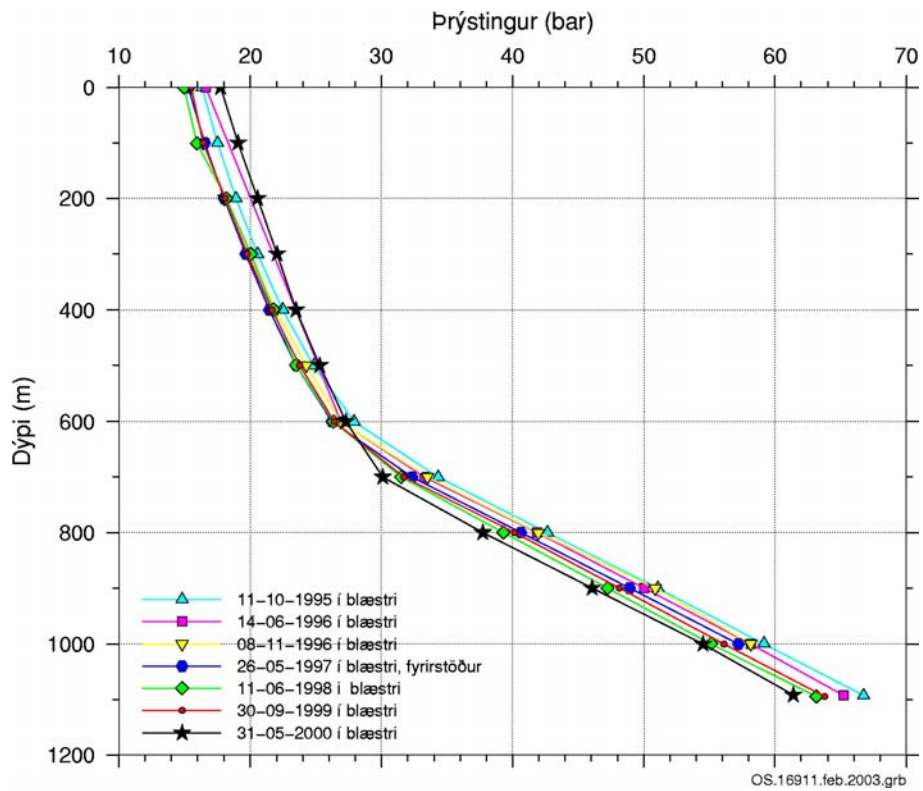
vígður seinna árið. Þá er hlandflaskan við holuna í nóvember 1996 og aftur í maí 1997. Í maí mælingunni 1997 verður hins vegar sú nýlunda að holuslátturinn virðist hafa vaxið talsvert, hávaði í holunni og óreglulegar hviður í rennslinu sem vont var að slaka á móti. Eins fannst fyrirstaða á 42 m í maí 1997 sem hefur hvorki fundist fyrr né síðar. Þessi sláttur og hviður í rennslinu eru enn til staðar í júní 1998 og september 1999 og slógu menn á sveiflutíma upp á ~30 sekúndur. Í maí 2000 var hins vegar auðvelt að slaka en aftur á móti ómögulegt í júlí 2002 og var þá gefist upp á 302 m dýpi.



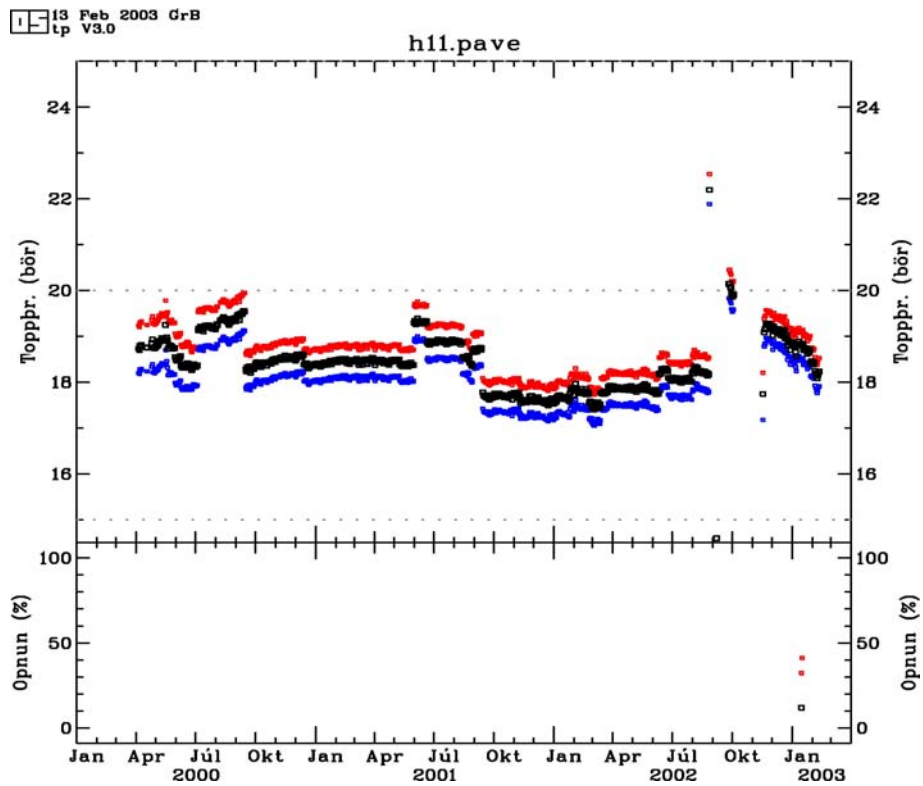
**Mynd 24:** Hitamælingar í holu SG-11.

Mynd 26 sýnir sískráningu á toppþrýstingi holu 11, umreiknað til dagsmeðalgilda. Þrýstingur er nokkuð stöðugur og stökk í mælingum talin stafa af annað hvort endurnýjun skynjara eða breyttri stöðu á Ellaloka. Söfnunartækið er tilbúið að taka við þessu merki líkt og í holum 8 og 9. Þá er áberandi á mynd 26 að mun minni dreif er í útgildum þrýstingsins en í holunum sem eru með vermi nærri 240°C vatnshita. eru þær systur í þessu tillita holur 7 og 11 og njóta báðar suðu út í berg.

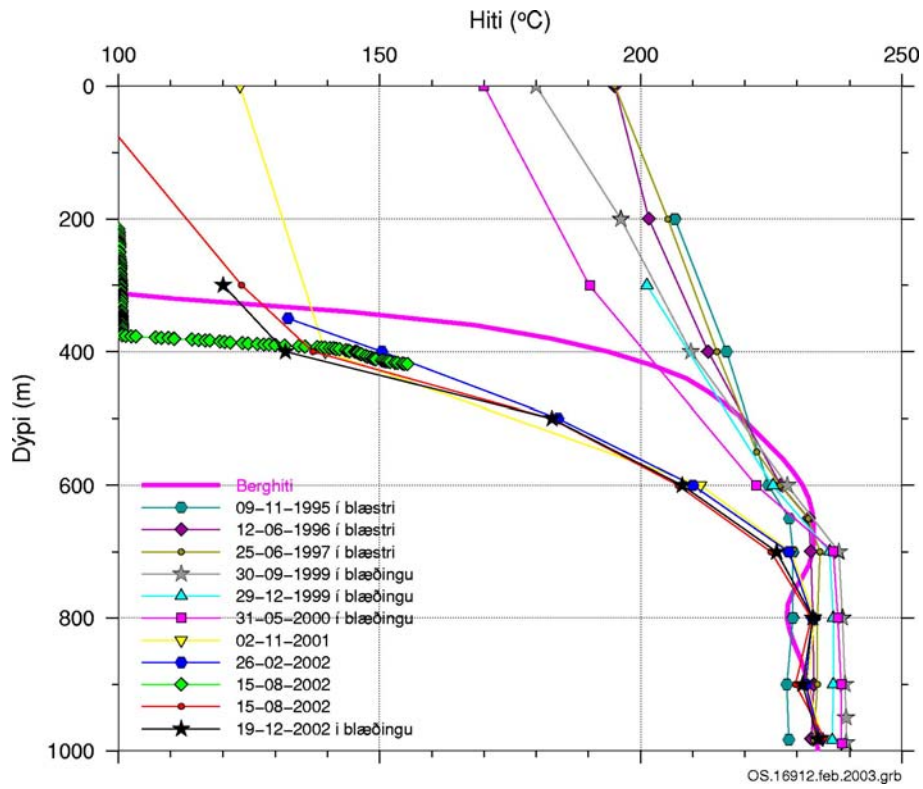




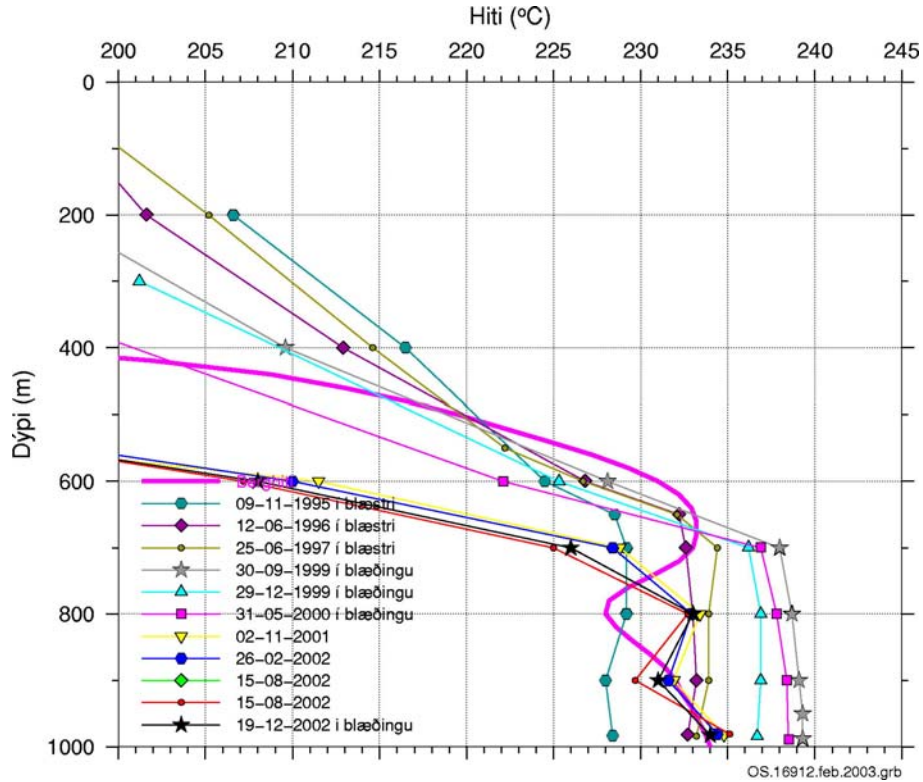
Mynd 25: Prýstimælingar í holu SG-11.



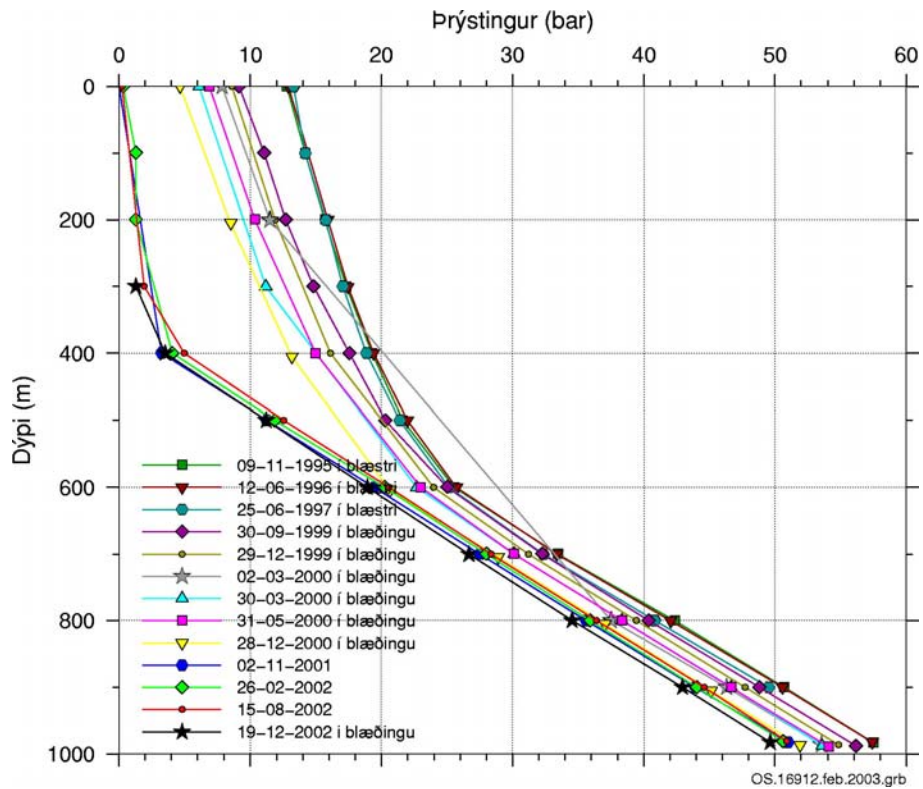
Mynd 26: Eftirlit með toppþrýstingi (efri mynd SG-9 árabilið 2000–2003. Sýnd eru dagsmeðaltöl (□) auk há- (□) og lággilda(□). Stöðu Ellaloka er ekki safnað.



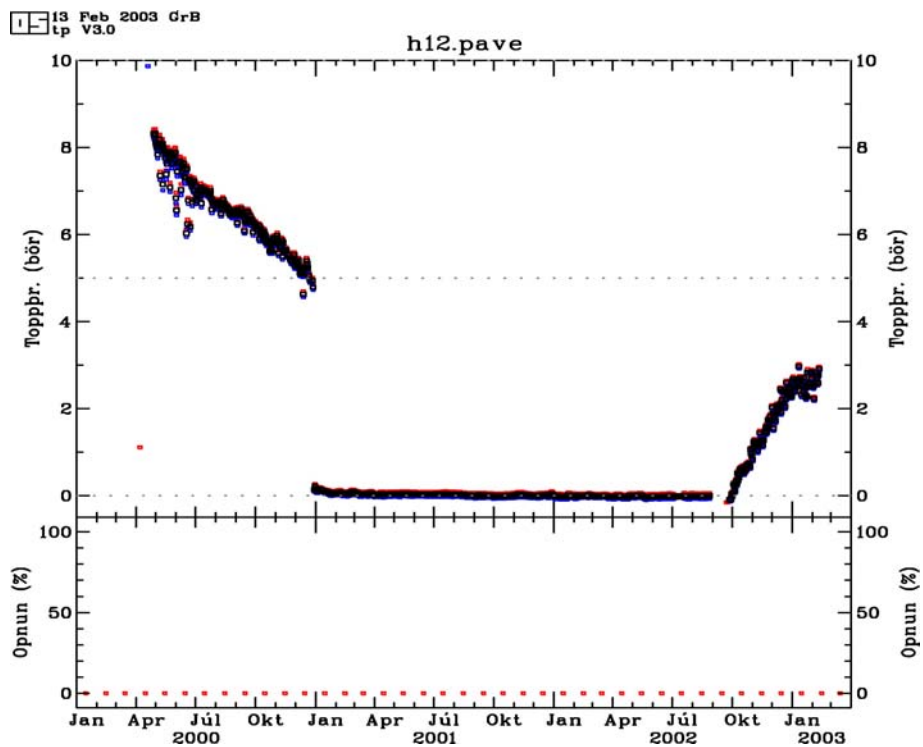
**Mynd 27: Hitamælingar í holu SG-12.**



**Mynd 28: Hitamælingar í holu SG-12.**



Mynd 29: Þrýstimælingar í holu SG-12.



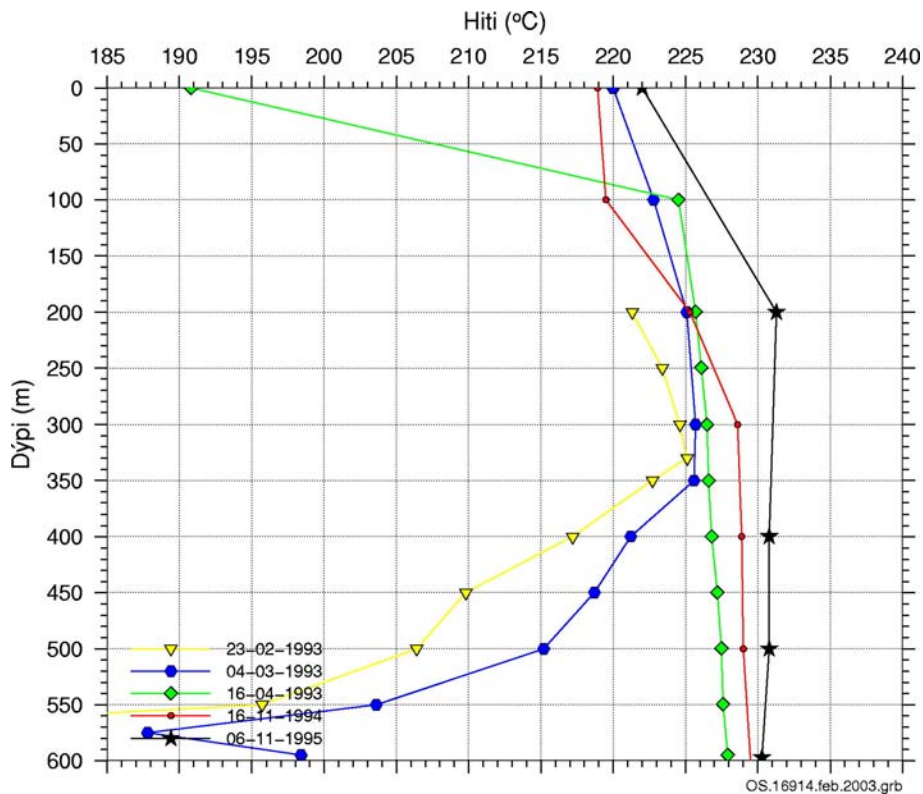
Mynd 30: Eftirlit með toppþrýstingi (efri mynd SG-9 árabilið 2000–2003. Sýnd eru dagsmeðaltöl (□) auk há- (□) og lággilda (□).

## Hola HSH-14

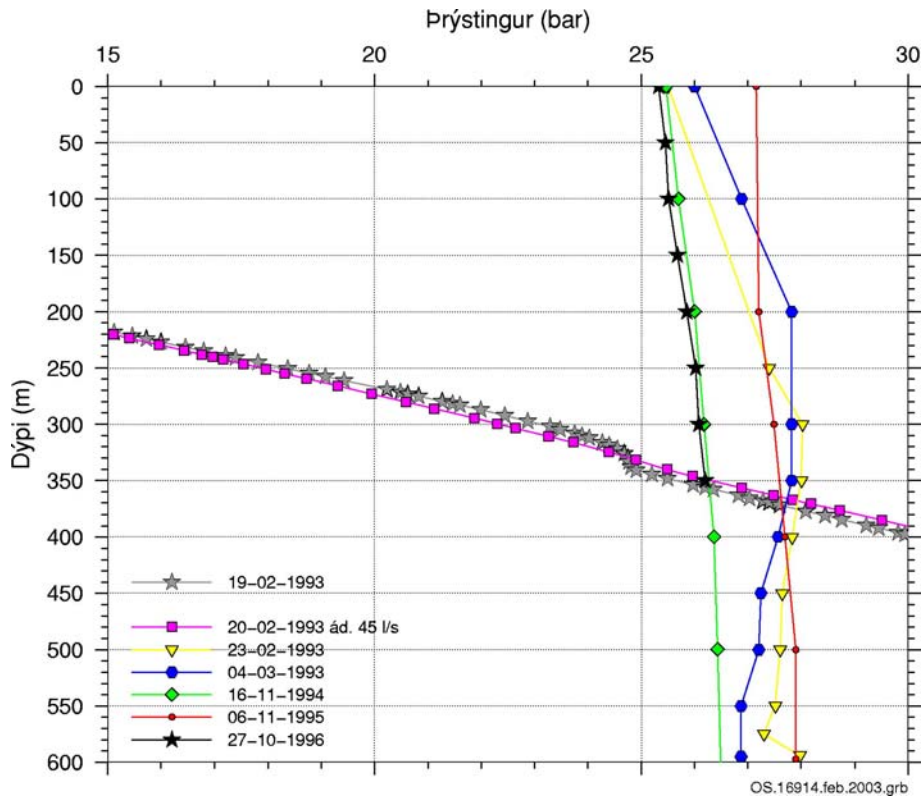
Líkt og í holu 10, hefur verið lítið um mælingar í holu 14. Þó er hitamælt árið 1995 í holunni og þrýstimælingar gerðar bæði 1995 og 1996. Myndir 31 og 32 sýna mælingarnar ásamt eldri gögnum. Holan er boruð 1993 og hefur nokkur undangengin ár verið tengd inn á gufuveitu. Aðalæðar holunnar eru 2, í ~350 m og ~580 m. Eftirlitsmælingarnar sýna að holan þróaðist fljótlega yfir í hreina gufuholu þar sem nánast einn og sami þrýstingurinn er frá toppi í holubotn.

Ekkert tíðindavert tengist mælingunum 1995, en í nóvember 1996 var hins vegar sérstakt verkefni í gangi sem fólst í að mæla þrýstijöfnun gufupúðans þegar holu 10 var lokað. Síritar voru á holum 10, 14 og 15 en þar að auki mæld jöfnun þrýstings á 350 m dýpi í holu 14. Skýrir það hví 1996 þrýstimælingin nær einungis í það dýpi (mynd 32).

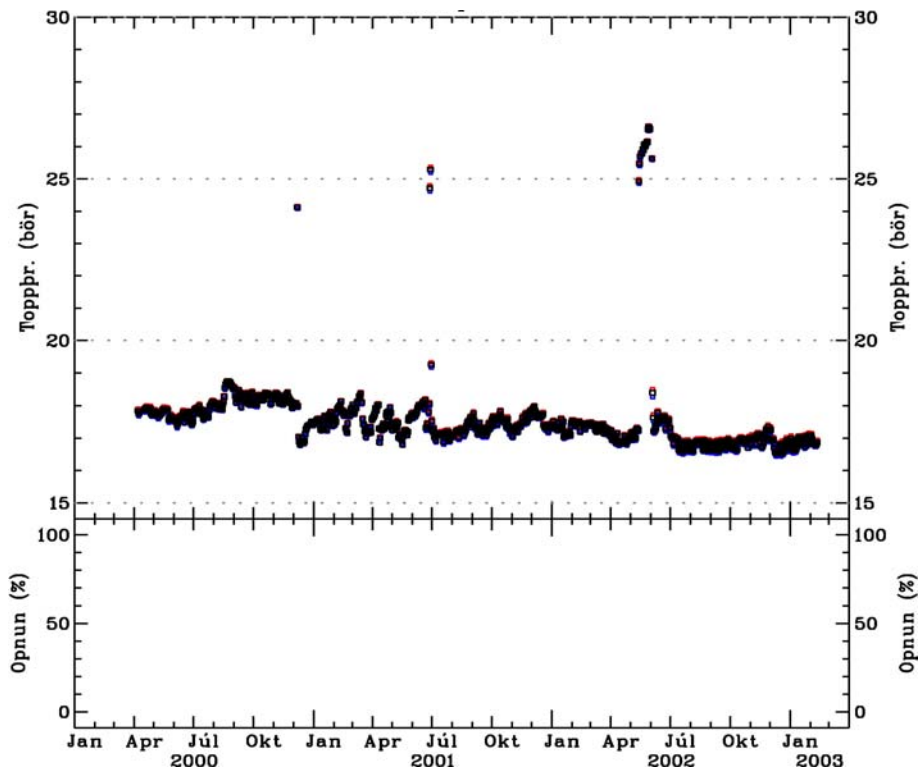
Mynd 33 sýnir sískráningu toppþrýstings holu 14 milli árána 2000 og 2003. Holan er í vinnslu allan tímann. Tvennt stendur út úr þrýstisögunni. Annars vegar að toppþrýstingur holunnar hefur dalað sem nemur 1–2 börum á þessum þremur árum. Hins vegar að holan nær að jafna sig upp í 25–27 bara þrýsting í tveimur stuttum vinnsluhléum. Þá er smávegis ólga í toppþrýstingnum sem verður látin óútskýrð hér.



Mynd 31: Hitamælingar í holu SV-14.



Mynd 32: Prýstimælingar í holu SV-14

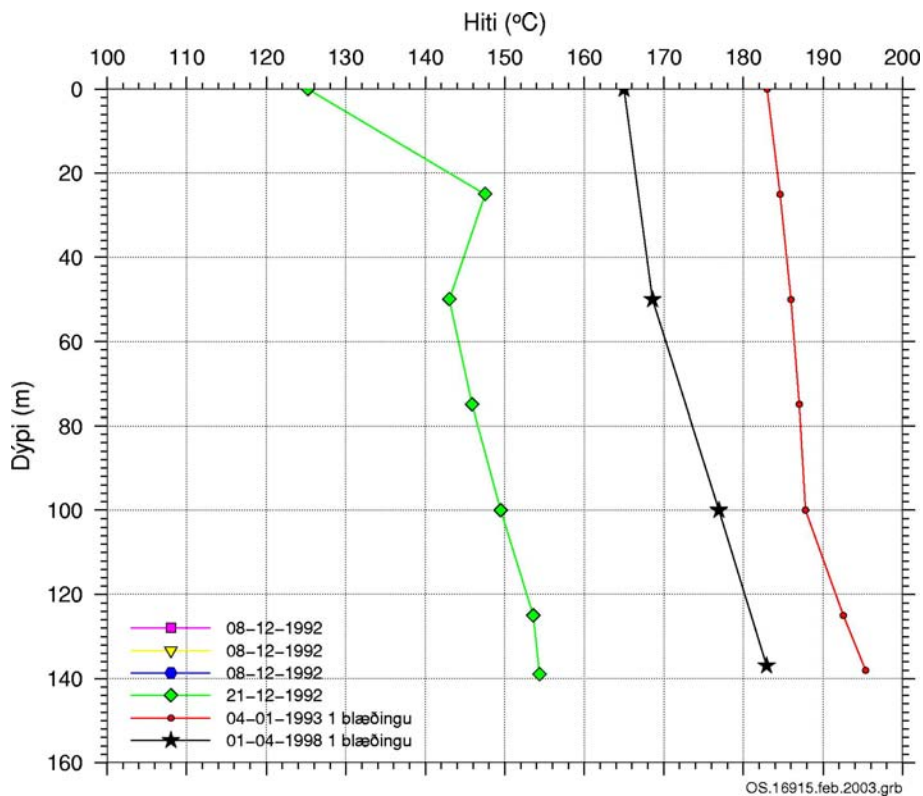


Mynd 33: Eftirlit með toppþrýstingi (efri mynd) holu SV-14 árabilið 2000–2003. Sýnd eru dagsmeðaltöl (□) auk há- (◻) og lággilda (◻).

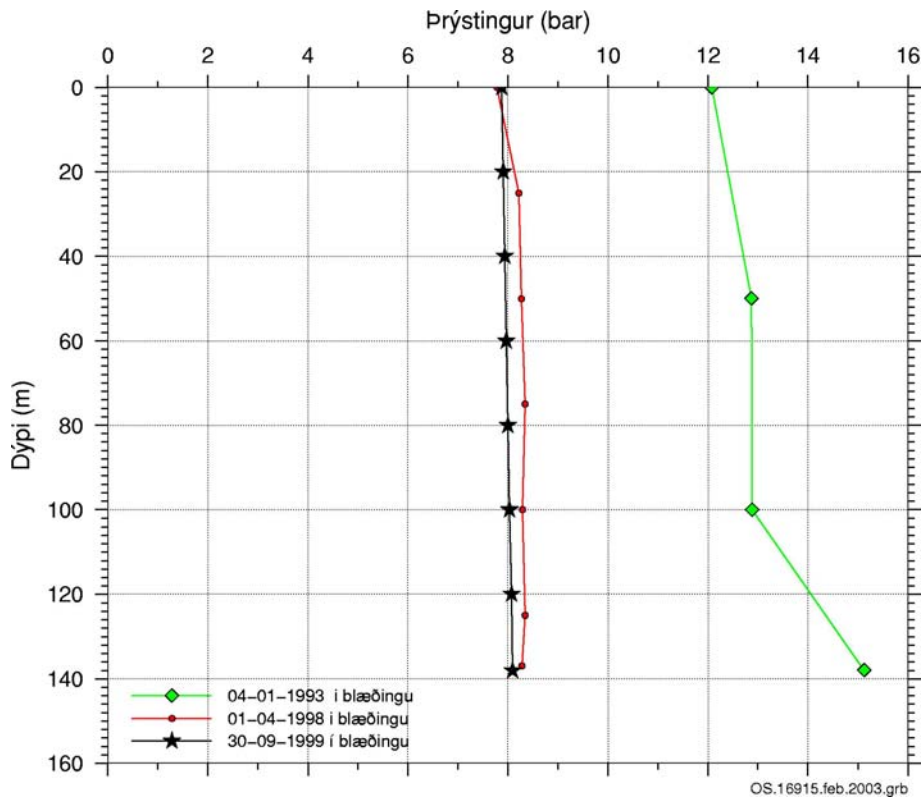
## Hola SV-15

Líkt og með holur 10 og 14, er lítið mælt niðri í holu 15, en þess betur fylgst með toppþrýstingi holunnar. Þó var mælt niðri í holunni árin 1998 og 1999. Myndir 34 og 35 sýna niðurstöðuna, holu fulla af gufu og nokkra lækkun þrýstings milli 1993 og 1998. Ekkert kom upp á í þessum mælingum sem verðskuldaði línu í dagbækur mælingabíla.

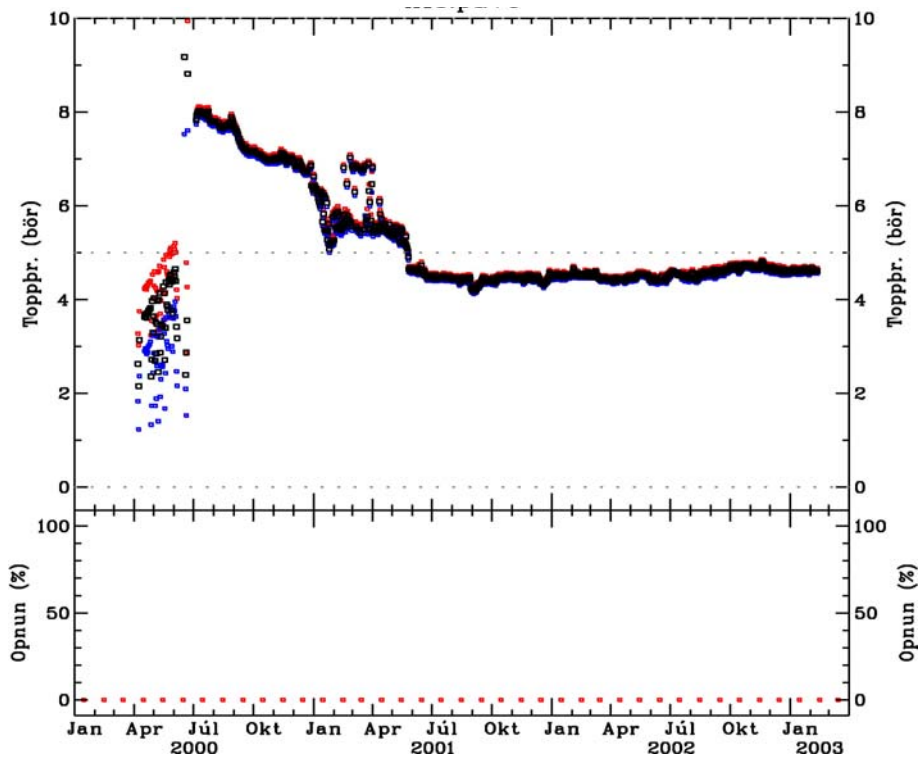
Mynd 36 sýnir svo sögu toppþrýstings holu 15, enn og aftur sem eitt meðalgildi á dag. Sést þar nokkur dölun í þrýstingi frá miðju ári 2000. Þar áður er talið að ólag hafi verið á skráningunni og e.t.v. ekki nóg blæðing heldur, því skýrsluhöfunda rekur minni til að frosið hafi í skynjurum við holuna. Sú dölun þrýstings sem á sér stað fram í apríl/maí 2001 getur því allt eins stafað af því að holan er að jafna sig að breyttri blæðingu. Eftir það er þrýstingurinn klettstöðugur. Af myndinni má því álykta að ekki séu í gangi neinar sérstakar vinnslutengdar breytingar í vatnskerfinu sem liggur ofan á gufupúðanum.



Mynd 34: Hitamælingar í holu HSH-15.



Mynd 35: Prýstimælingar í holu HSH-15.



Mynd 36: Eftirlit með toppprýstingi (efri mynd) holu SV-15 árabilið 2000–2003. Sýnd eru dagsmeðaltöl (□) auk há- (□) og lággilda (□).

## Hola SG-12

Hola 12 þjónar nú sem ein aðalmælingaholan með djúpþrýstingi í Svartsengi. Tók við því hlutverki eftir að toppur holu 7 var orðinn svo skakkur að mælar komust ekki lengur niður í holuna. Þá spillir ekki að holan stendur nánast dauð og er því mjög þægileg í umgengni. Niðurstöður þrýsti- og hitamælinga eru á myndum 27 og 28. Nú ber svo við að unnt var að mæla holu 12 með rafmagnsmæli í ágúst 2002 þar sem holan var steindauð á þeim tíma. Er mælingin því höfð með á fyrri myndinni og sýnir með ágætum að vatnsborð í heitri Svartsengisholu var þá á 376 m dýpi. Á síðari myndinni er hitinn hins vegar sýndur á bilinu 200 til 245°C, rétt eins og í öllum fyrri myndunum í viðaukanum. Þrýstingurinn er eðlilega fallandi, meðan talsverð spönn er í mældum hita neðan suðuborðs. Kann það að eiga sér þá eðlilegu skýringu að sumar mælingarnar eru gerðar í holunni blásandi en aðrar í holunni lokaðri. Athygli vekur kælipunktur sem er orðin viðvarandi í 900 m dýpi haustið 2002. Ekki verður hann skýrður hér.

Sem áður koma punktar úr dagbókum mælingabíllanna. Þannig er hola 12 körfumæld í júlí 1995 sökum þess að vart varð við fyrirstöðu í holunni á 534 m dýpi í blástursmælingu haustið 1994. Fyrri ferðina átti 8" karfa og settist hún í 536 m. Bankað var á fyrirstöðuna og losnaði þá um og gekk karfan viðstöðulaust í 700 m. Síðari ferðina átti 10" karfa og fann hún ekki fyrir neinu á leið sinni í 700 m dýpið. Blástursmælingar árin 1995, 1996 og 1997 eru svo án tíðinda utan að hlandflaskan er komin við holuna í júní 1997 þegar þá er mælt. Holan er síðan tekin úr rekstri vegna byggingar Orkuvers 5 og er nánast gleymd þar til haustið 1999 að mælt er í september og desember, mánuðina í kringum gangsetningu Orkuvers 5. Síðan þá hefur holan verið mæld 14 sinnum og þannig staðið undir því hlutverki sínu að vera aðalmæliholan djúpþrýstings í Svartsengi.

Mynd 30 sýnir skráningu á toppþrýstingi holu 12 síðustu 3 árin. Þessi mynd hefur satt að segja trúlega enga þýðingu fyrir vinnslueftirlitið í Svartsengi, utan að hún sýnir tvennt: 1) að holan er lengi að drepast árið 2000 og 2) að hún hefur lifnað á nýjan leik í október 2002.

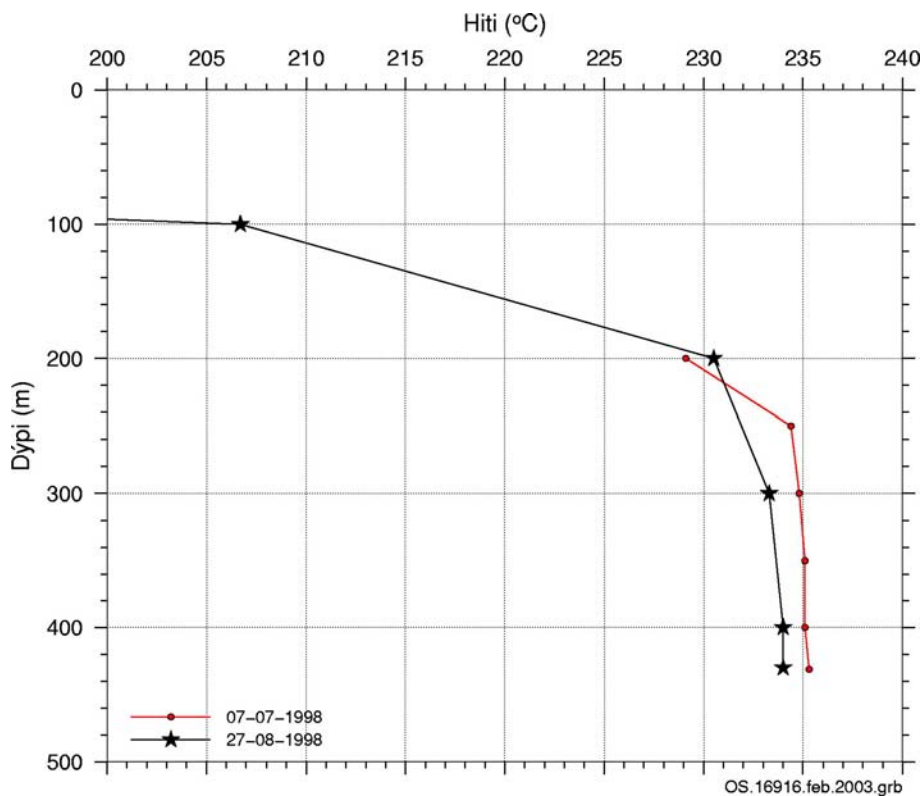


## Hola SV-16

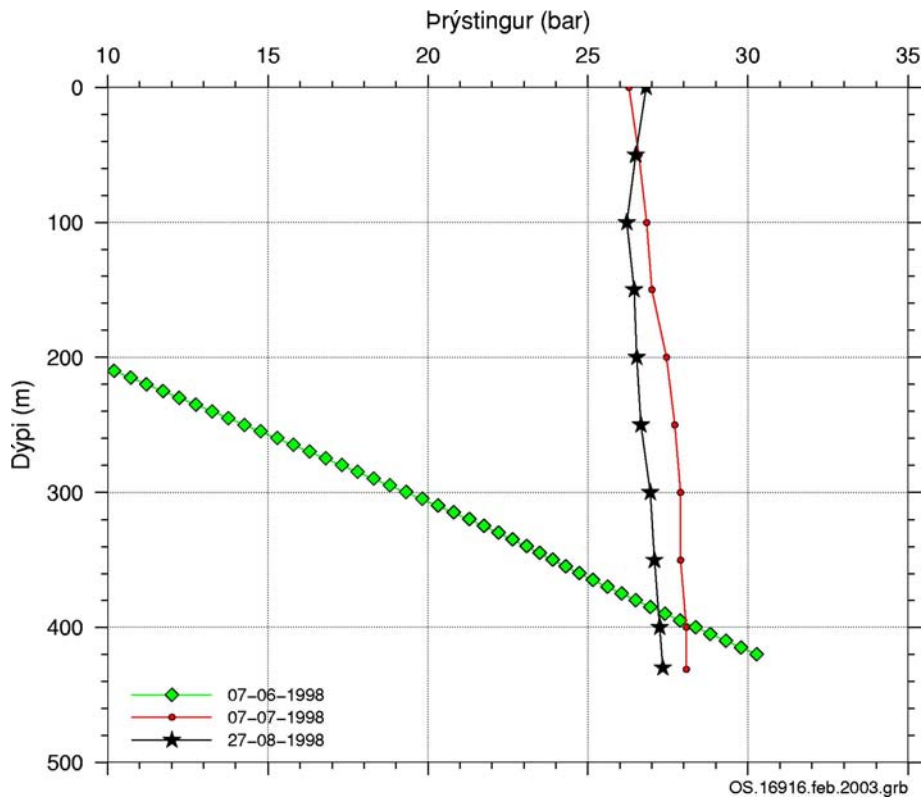
Lítið hefur verið um eftirlit í holu 16 utan mælingar sem eru teknar með mánaðarmillibili í upphitnun holunnar. Niðurstöður eru á myndum 37 og 38, en þær sýna hita og þrýsting með dýpi. Sver holan sig í ætt við nágrannakerlingarnar, stendur full af gufu upp og niður úr og nánast sami þrýstingur alla leið.

Með þetta ástand í huga hefur toppþrýstingnum verið safnað á mínútu fresti um árabíl og úr honum gerð mynd 39. Hún sýnir dagsmeðaltöl toppþrýstingsins og stöðuna á Ellalokanum. Nokkuð öfug þróun sýnist eiga sér stað í holu 16 miðað við holur 10 og 14. Nú virðist nefnilega helst sem toppþrýstingur hennar hafi hækkað nokkuð árabilið 2000 til 2003. Skýringu þessa má þó efalaust einfaldlega tengja minni opnun holunnar eftir mars 2001. Fram til þess tíma stóð hola 16 nánast ein undir 30 MW vélinni í Orkuveri 5 ef rétt er munað og sýnir hvílkur stólpagripur er hér á ferð.

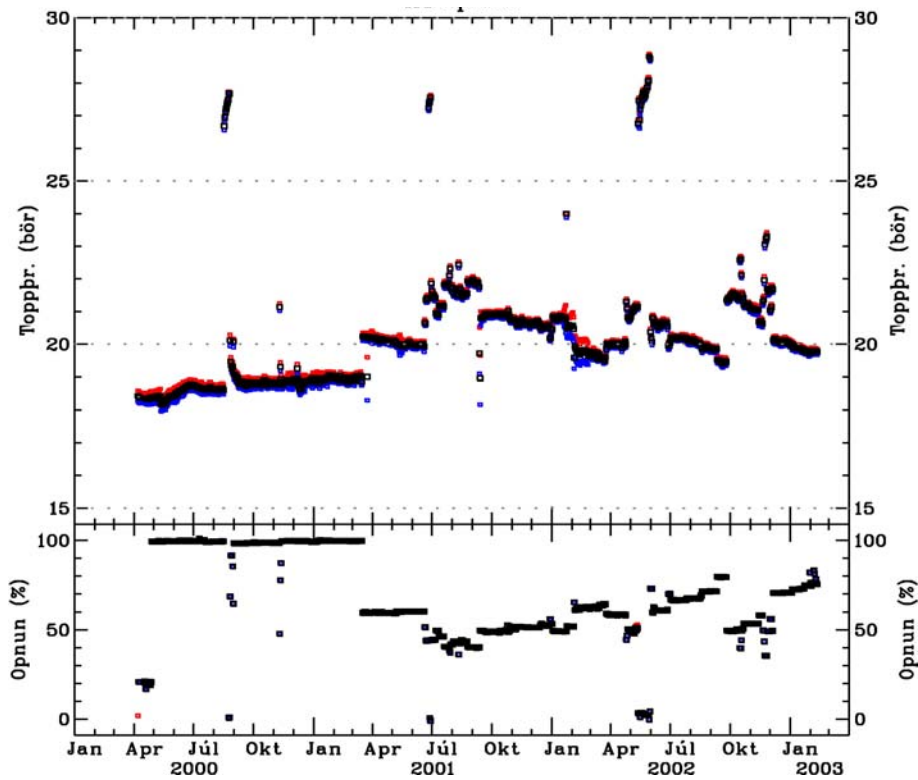
Þá svíkst söfnunarbúnaðurinn ekki undan í stuttum vinnsluhléum sem urðu þrisvar á skráningartímanum. Kemur þá í ljós að þrýstingurinn rís í öll skiptin að 28 börum og jafnvel nær 29 börum í stoppinu sem varð í maí 2002. Gögn þessi eru þyngdar sinnar virði í gulli og ættu að skorða með ágætum reiknilíkön af gufupúðanum.



Mynd 37: Hitamælingar í holu SV-16.



Mynd 38: Prýstimælingar í holu SV-16.



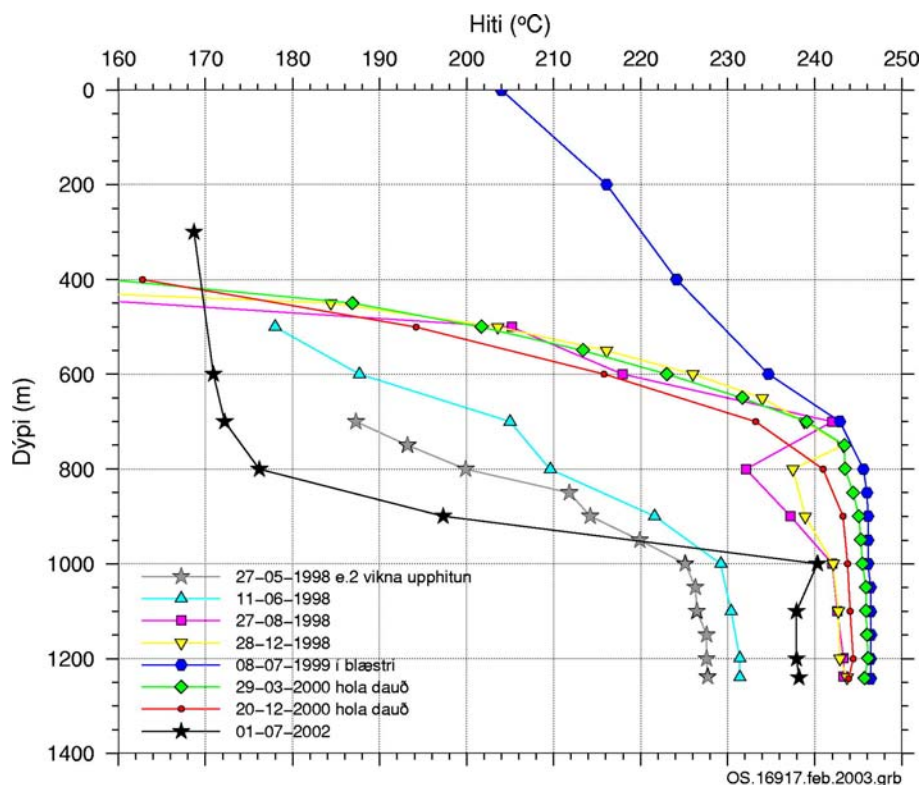
Mynd 39: Eftirlit með toppprýstingi (efri mynd) og stöðu Ellaloka (neðri mynd) holu SV-16 árabilið 2000–2003. Sýnd eru dagsmeðaltöl ( $\square$ ) auk há- ( $\square$ ) og lággilda ( $\diamond$ ).

## HOLA SV-17

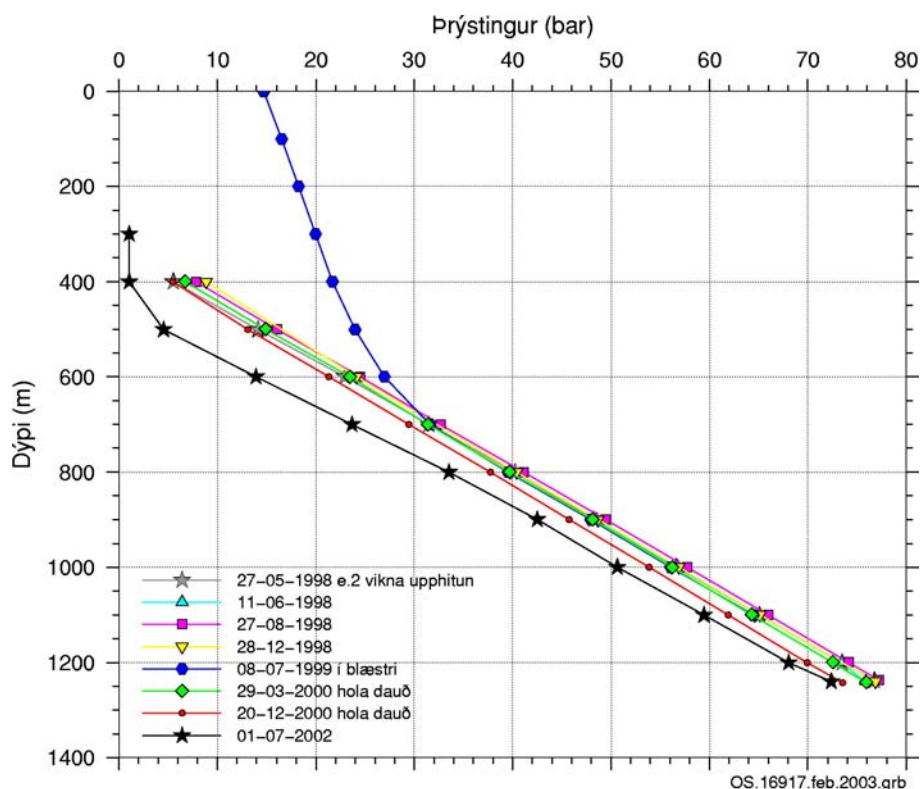
Hola 17 þjónar sem niðurdælingarhola fyrir orkuverið í Svartsengi og er boruð þar sem komið er hálf leið út í Eldvörp. Slæðingur er kominn af mælingum úr holunni, gerðar í upphitnun, blæstri og loks ein mæling í niðurdælingu. Myndir 40 og 41 sýna gögnin sem söfnuðust. Tvennt kom á óvart þegar hiti og þrýstingur holu 17 lágu fyrir. Annars vegar að hiti neðan suðuborðs er yfir 245°C, sem er góðum 5°C hærra en í Svartsengi. Hins vegar að þrýstingur holunnar, umreiknaður að dýpi undir sjávarmáli er nánast sá sami og í Svartsengi. Nú mætti ætla sökum fjarlægðar að einhver þrýstihækkun yrði til þessarar áttar líkt og til Eldvarpaholunnar, en svo er ekki. Hlýtur lektin milli holu 17 og vinnslusvæðisins í Svartsengi því að vera mjög góð.

Blástur holu 17 út á hlandflöskuna, í júlí 1999, sýndi að niðurdráttur var hverfandi í blæstri og því staðfest að sú örvun sem átti sér stað með ádælingu kalds vatns eftir að Jötunn fór af holunni var varanleg. Mælingarnar í niðurdælingu, frá 1. júlí 2002, sýna því nánast réttan svæðisþrýsting en einnig að mestur hluti vökvans sem dælt er í holuna er kominn út í bergið ofan 1000 m dýpis. Mest virðist reyndar fara út í 800 m.

Gagnasöfnunarbúnaður er við holuna en ekki vannst tími til að teikna mælingar hans að þessu sinni og bíður betri tíma.



Mynd 40: Hitamælingar í holu SV-17.

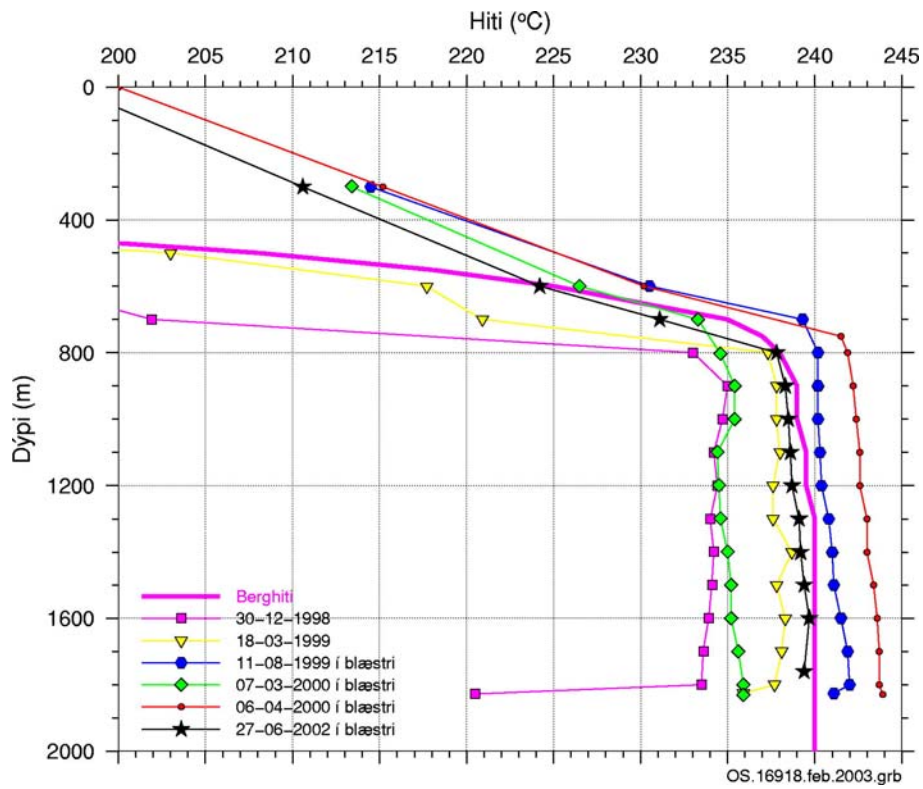


Mynd 41: Þrýstimælingar í holu SV-17.

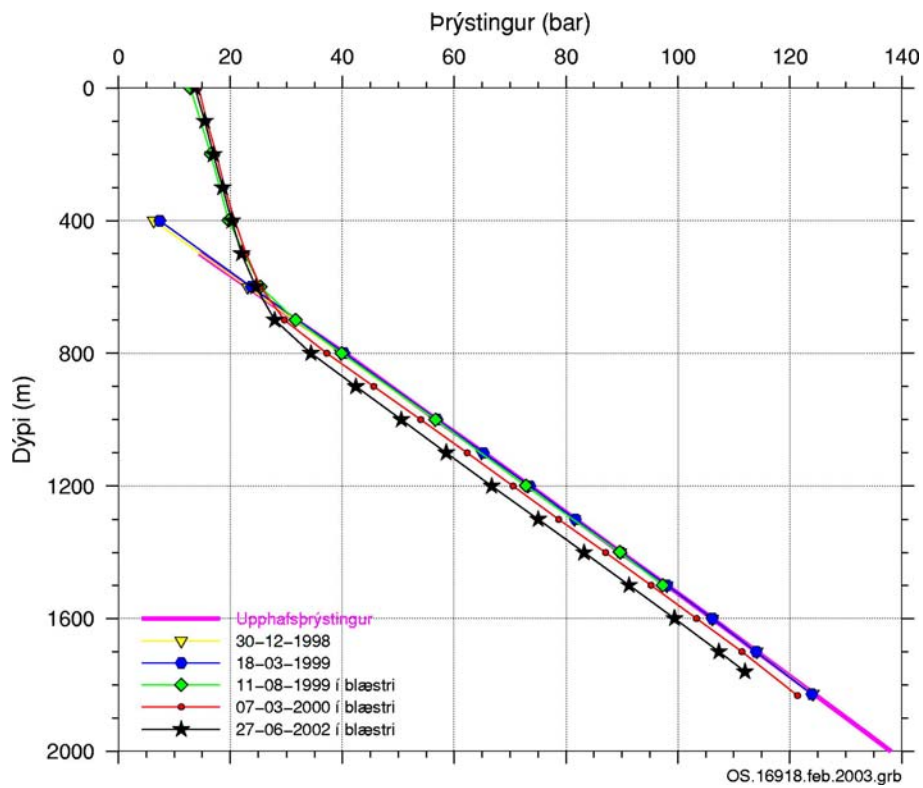
### Hola SV-18

Hola 18 er af nýrri kynslóðinni í Svartsengi og sú næstdýpsta, önnur í röðinni á eftir holu 6. Myndir 40 og 43 hér á eftir sýna allar háhitamælingar sem hafa verið gerðar í holunni. Er hiti hennar í hærri kanti sjóholna í Svartsengi en þrýstingur hins vegar í fullu samræmi við nágrannana. Holan er algerlega klækjafri og á sér fáar athugasemdalínur í dagbókum mælingabíls. Megi svo verða áfram. Þó má tína til smáatriði hér. Þannig settist mælirinn í 738 m í fyrstu mæliferðunum og var þar hengistykkið á ferð. Þá blæs holan út á hlandflösku í ágúst 1999. Hengistykkið verður einhverra hluta vegna þægara við mælana eftir að holan hefur blásið. Hins vegar sést það ennþá vel í nýjstu mælingunum frá í júlí 2002 þ.a. ef útfelling er á því er hún einungis smávægileg.

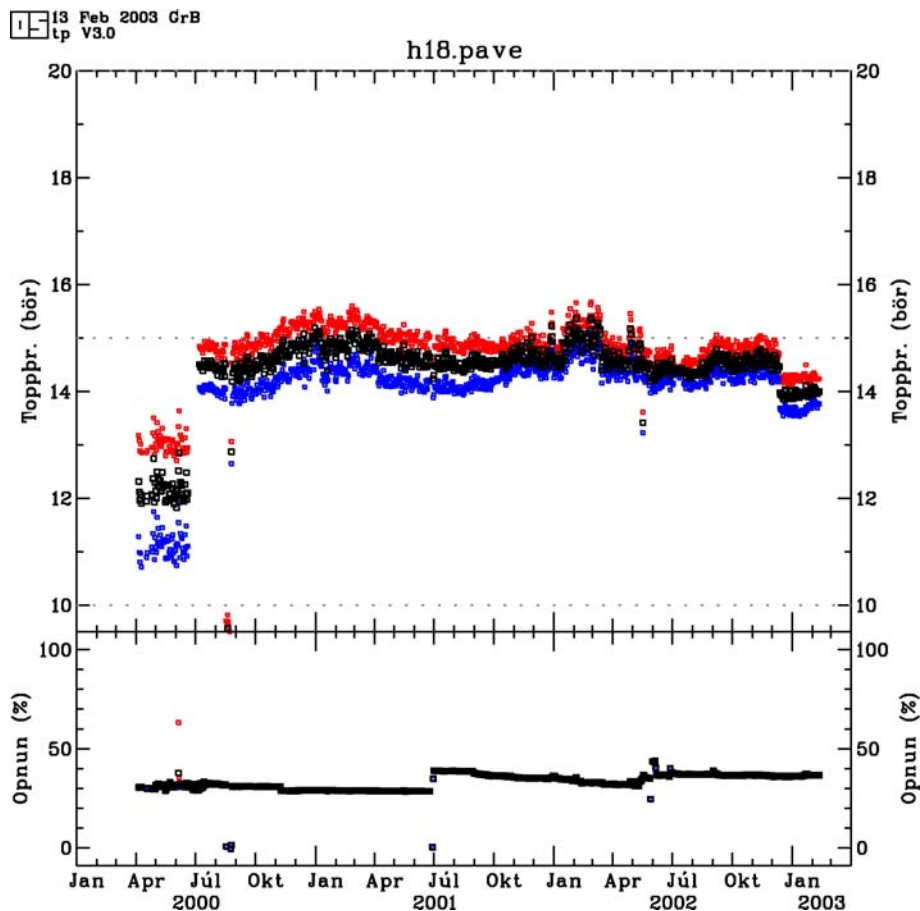
Mynd 44 sýnir skráningar á toppþrýstingi og stöðu Ellaloka. Verður ekki annað séð en að rekstur holunnar hafi verið jafn og góður þetta árábil. Toppþrýstingur sveiflast milli 14 og 15 bör og eins má greina hlykki í þrýstiferlinum. Virðist sem holan sé háþrýstust upp úr janúar árin 2001 og 2002. Of snemmt er að segja hvort holan endurtekur þann leik nú árið 2003. Þá sýnir myndin og að slátturinn í holurennslinu virðist hafa minnkað eftir því sem á vinnslusöguna hefur liðið, hver svo sem er skýringin á því.



Mynd 42: Hitamælingar í holu SV-18.



Mynd 43: Prýstimælingar í holu SV-18.

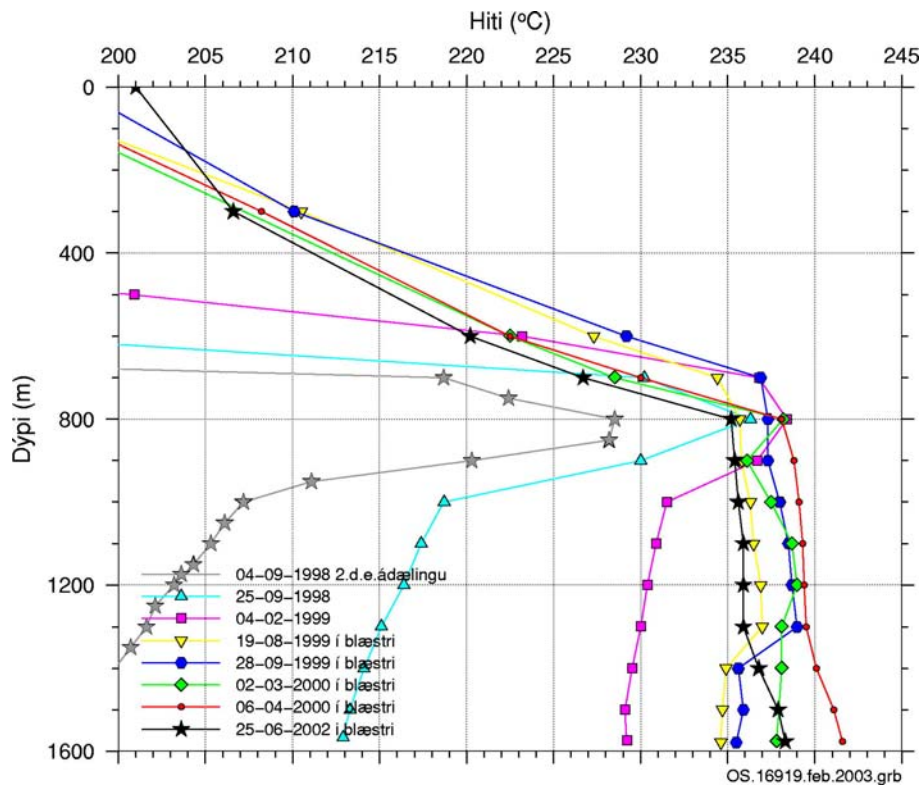


**Mynd 44:** Eftirlit með toppþrýstingi (efri mynd) og stöðu Ellaloka (neðri) holu SV-17 árabilið 2000–2003. Sýnd eru dagsmeðaltöl ( $\square$ ) auk há- ( $\square$ ) og lággilda ( $\square$ ).

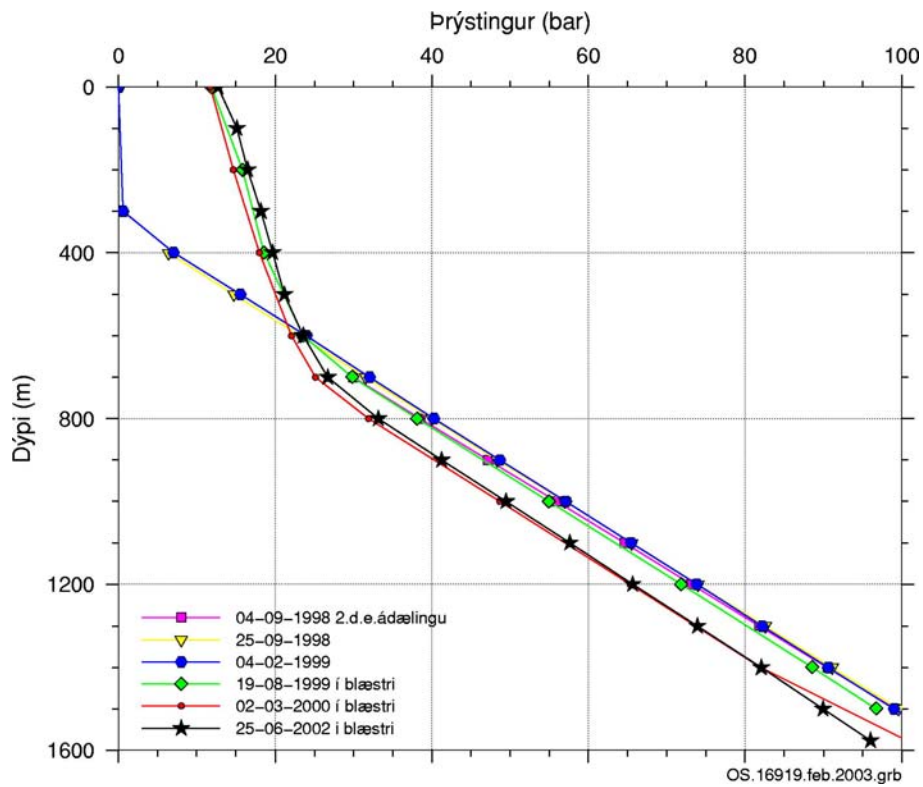
### Hola SV-19

Hola 19 er einnig ný sjóhola í Svartsengi, boruð í 1600 m síðsumars 1998. Myndir 45 og 46 sýna allar háhita- og þrýstingsmælingar úr holunni frá borlokum. Öfugt við hola 18, er hola 19 í kaldara lagi af sjóholum í Svartsengi að vera. Eins eru í henni nokkrar hitasveiflur auk þess sem hitastigullinn neðst í holunni er að breyta um formerki. Þrýstingur mælist til samræmis við aðrar blautar holur í Svartsengi. Að öðru leyti er hola 18 þæg og góð í umgegni. Þó má tína til athugasemdir úr dagbókum bíls. Upphitunarmælingar gengu vel, holan er tengd inn á hlandflösku í ágúst 1999. Þá dalar holan í toppþrýstingi síðdegis 2. mars árið 2000 en kælingin gengin hjá næsta morgun. Loks ber að nefna að mælar slást enn við hengistykkið árið 2002 þ.a. engin skýr merki eru um útfellingar ofan þess í holunni.

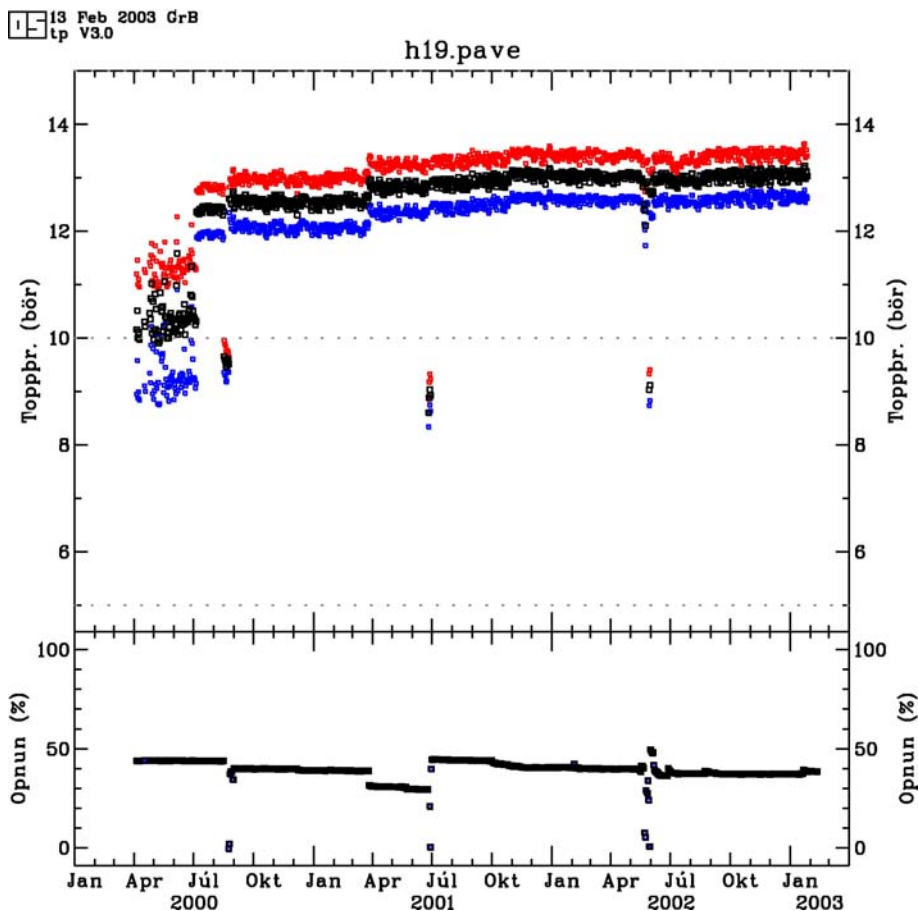
Mynd 47 sýnir sögu toppþrýstings og stöðu Ellaloka milli 2000 og 2003. Toppþrýstingur holunnar er í lægri kantinum til samræmis við lægri innstreymishita. Jafnframt má benda á að lekt æða holu 18 ekki í sama stjörnuflökki og aðrar Svartsengisholur. Það sem er hins vegar athyglisvert við toppþrýstinginn er að hann virðist hækka rólega fram til 2003. Þetta ber að skoða sem hitnun holunnar.



Mynd 45: Hitamælingar í holu SV-19.



Mynd 46: Þrýstimælingar í holu SV-19.



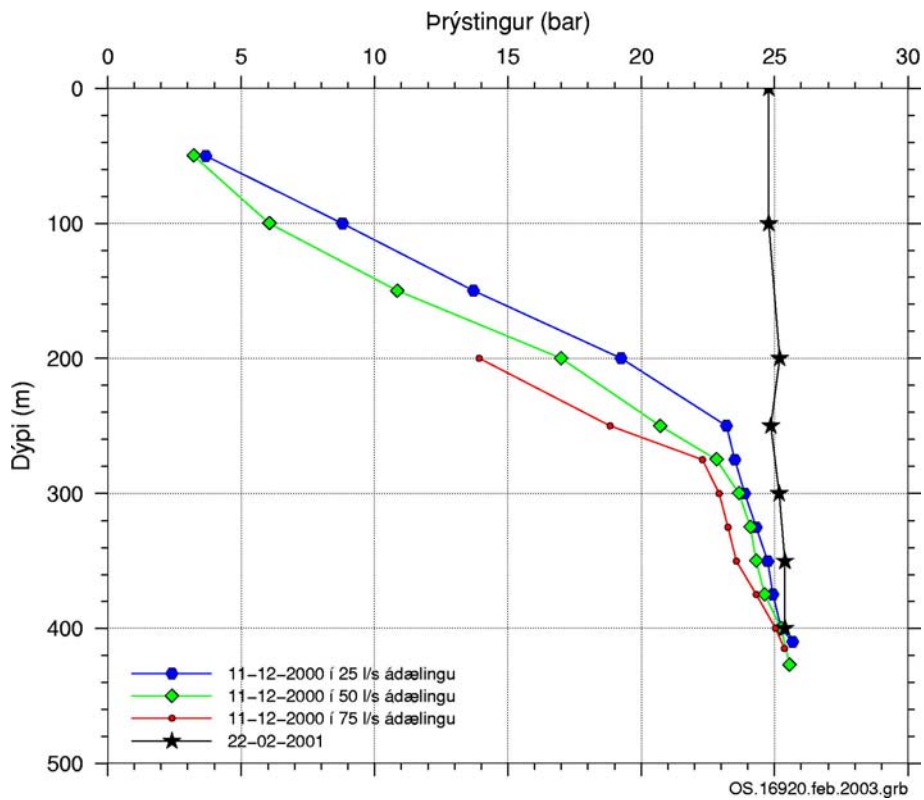
**Mynd 47:** Eftirlit með toppþrýstingi (efri mynd) og stöðu Ellaloka (neðri) holu SV-17 árabilið 2000–2003. Sýnd eru dagsmeðaltöl ( $\square$ ) auk há- ( $\square$ ) og lággilda ( $\square$ ).

### Hola SV-20

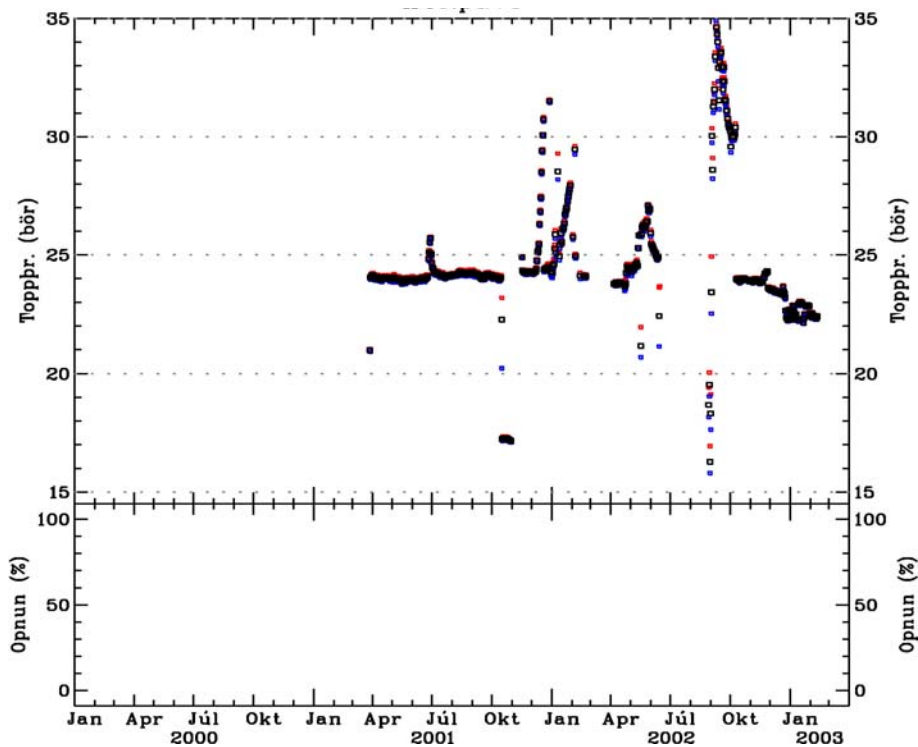
Hola 20 er boruð í gufupúðann rétt við holu 10, haustið 2000. Holan reyndist hin mesta ótemja í vinnsluhlutanum og tókst því ekki að koma í hana leiðara. Ekki hafa verið gerðar á henni hitamælingar frá í borlok. Þrýstingur hennar er aftur á móti til mældur og er sýndur á mynd 48. Engar athugasemdir eru um þessar mælingar utan að þegar þrýstimælingin er gerð, var holan í kjölfarið sett á blæðingu gegnum tappann sem er utan um vír mælingabílsins. Ekki þurft nema hádegismatartíma, þá var holan komin með gufublæðingu.

Mynd 49 sýnir sískráða toppþrýstinginn. Illa virðist hafa gengið að reka þennan skynjara en þó má sjá að lengst af er holan rekin við u.þ.b. 24 bör á toppi, nánast sama þrýsting og í lokaðri holu. Veldur hér frammúrskarandi gæfni æða. Við lokun nær holan yfir 30 bara þrýstingi og spurning hvort hér sé um raunverulegan þrýsting að ræða eða bilun í skynjurum. Hins vegar virðist toppþrýstingurinn dala hratt í árslok 2000, rétt eins og í holu 10 (mynd 23). Áriðandi er að komast að hvað hér valdi.





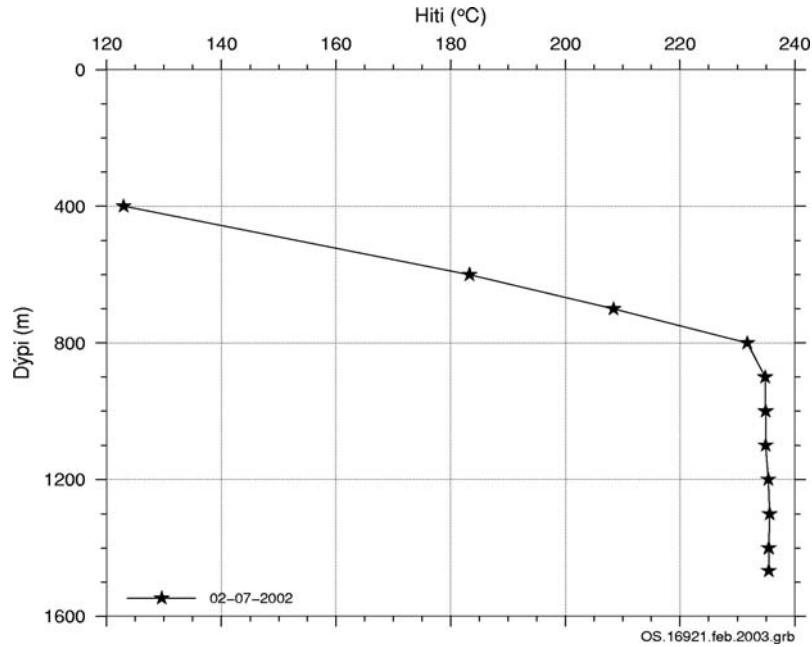
Mynd 48: Þrýstimælingar í holu SV-20.



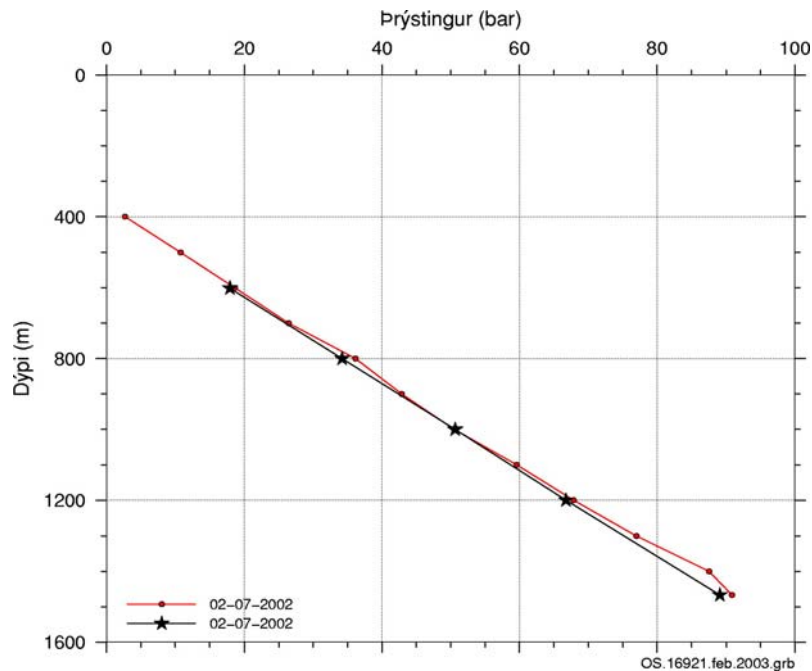
Mynd 49: Eftirlit með toppþrýstingi holu SV-17 árabilið 2000–2003. Sýnd eru dagsmeðaltöl ( $\square$ ) auk há- ( $\square$ ) og lággilda ( $\square$ ). Staða Ellaloka er ekki skráð.

## Hola SV-21

Hola 21 er nýjust Svartsengisholna, henni er lokið snemma árs 2001 í 1470 m dýpi. Aðeins er til sín hvor hita- og þrýstimælingin úr holunni. Þær eru sýndar á myndum 50 og 51. Lítið er um mælingarnar að segja annað en að hola 21 virðist á þessari stundu vera dæmigerð sjóhola af Svartsengisgerðinni.



Mynd 50: Hitamælingar í holu SV-21.



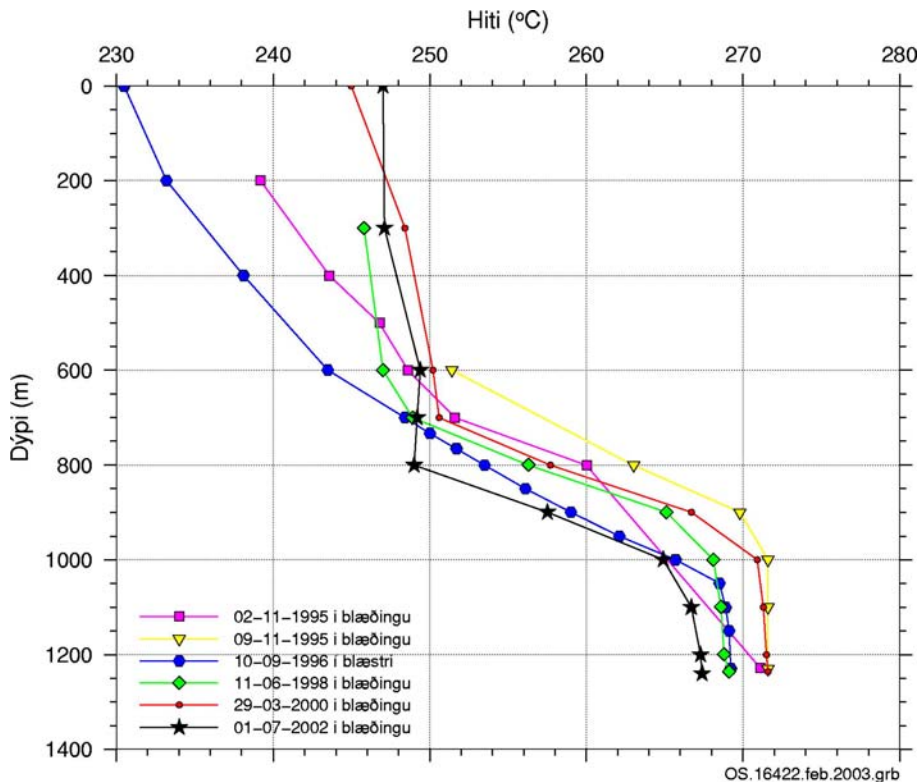
Mynd 51: Þrýstimælingar í holu SV-21.

### VIÐAUKI 3: HITA- OG ÞRÝSTIMÆLINGAR Í ELDVÖRPUM

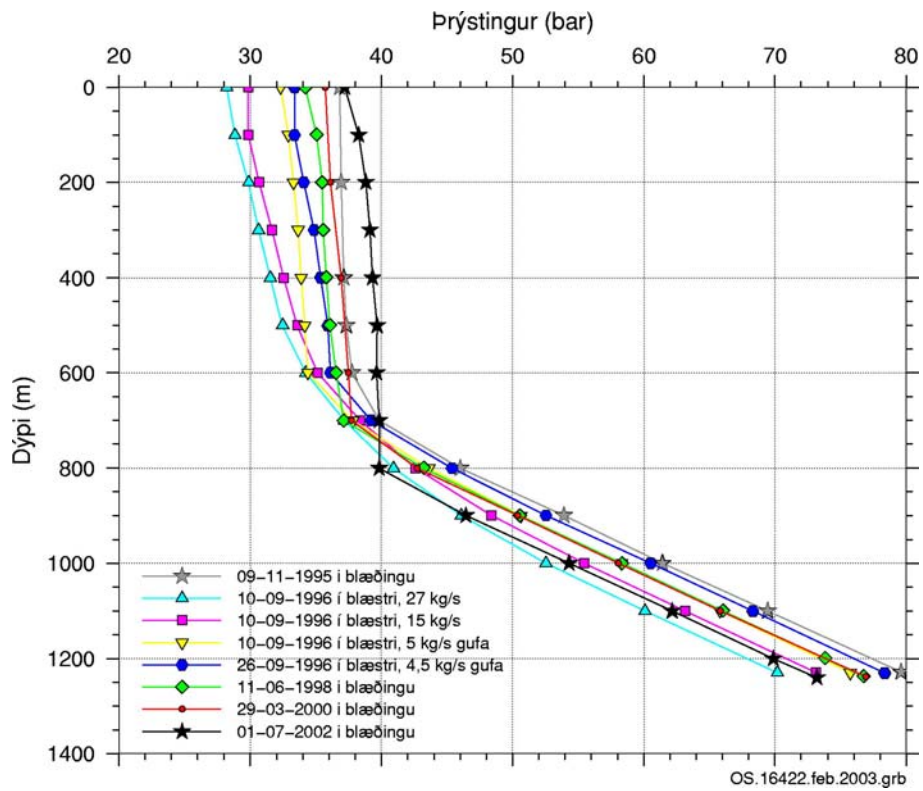
Holu EG-2 í Eldvörpum hefur verið sinnt á 1–2 ára fresti þann tíma sem þessi skýrsla spannar. Holan hefur verið í blæðingu allt tímabilið utan að hlandflaskan var við hana í september 1996. Aðgengi hefur verið takmarkað að henni á köflum, smíðaður var nýr kjallari í kringum hana og þá var óstand á holulokanum sem endaði með því að skipt var um hann. Öll þessi vandamál höfðu þó verið yfirstigin í mælingu sumarið 2002.

Myndir 52 og 53 sýna mældan hita og þrýsting holunnar frá árinu 1995. Um mælingarnar er það helst að segja að þær einkennast af vaxandi niðurdrætti þrýstings vegna vinnslunnar í Svartsengi. Hins vegar má einnig kenna öfuga fylgni í þrýstingi gufunnar sem situr efst í holunni og fer hann hækkandi með tímanum. Hiti er hins vegar mjög stöðugur neðan suðuborðs og sveiflan ekki nema 2°C.

Dagbækur mælingabíls geyma marga söguna af viðureignum við EG-2. Sökum þrýstings á toppi þarf meiri aðgæslu við hana en Svartsengisholur. Fyrst ber til að taka að í mælingu í nóvember 1995 slitnar vírin óvænt þegar komið var í 900 m. Var dræsuni því skotið úr holunni í kjölfarið með því að taka lokið af holunni og hleypa upp í loftið. Var það mikill hvellur, myndaður á vídeóvélar að viðstöddu fjölmenni. Strókurinn kom fram á radar á Keflavíkurflugvelli. Mælinn tók hins vegar ekki að laga eftir flugferðina þá. Hlandflaskan var við holuna haustið 1996. Vorið 2000 skaust síðan tappi með vír upp úr mæliröri vegna slitinna gengja, en varð ei til skaða þar sem gufuveitustjóranum í Svartsengi tókst að grípa mælinn af alkunnu snarræði.



Mynd 52: Hitamælingar í holu EV-02.



Mynd 53: Prýstimælingar í holu EV-02.

## **III. HLUTI**

### **Svartsengi – Reykjanes**

**Efnavöktun 1996 – 2002**

**Rannsóknavið Orkustofnunar**

**Magnús Ólafsson**



## EFNISYFIRLIT

1. INNGANGUR.....	99
2. HOLUR 7, 8, 9, 11, 12, 18 og 19 .....	100
3. HOLUR 10, 14, 16 og 20 .....	111
4. GUFUGÆÐI.....	119
4.1. Gas í gufu úr borholum .....	119
4.2. Gæði gufu í orkuverum .....	123
5. HITAVEITUVATN .....	133
6. GASLOSUN.....	136
7. NIÐURDÆLING Í HOLU 17 .....	142
8. HOLA 9 Á REYKJANESI .....	143
9. HELSTU NIÐURSTÖÐUR .....	144
10. HEIMILDIR .....	145

## TÖFLUR

Tafla 1. <i>Holur 7, 8, 9, 11, 12, 18 og 19. Styrkur efna í djúpvatni.</i> .....	102
Tafla 2. <i>Kvarshiti, <math>T_q</math> (°C). Holur 7, 8, 9, 11, 12, 18 og 19.</i> .....	104
Tafla 3. <i>Hola 10. Styrkur efna í gufu.</i> .....	113
Tafla 4. <i>Hola 14. Styrkur efna í gufu.</i> .....	114
Tafla 5. <i>Hola 16. Styrkur efna í gufu.</i> .....	115
Tafla 6. <i>Hola 20. Styrkur efna í gufu.</i> .....	115
Tafla 7. <i>Gas í gufu, %-þyngdar. Skiljuþrýstingur 5,5 bar-a. Holur 7, 8, 9, 11, 12, 18 og 19.</i> .....	119
Tafla 8. <i>Gas í gufu, %-þyngdar. Skiljuþrýstingur 5,5 bar-a. Holur 10, 14, 16, og 20.</i> .....	120
Tafla 9. <i>Efnastyrkur gufu og skriðvatns í gufulögn sunnan við Dropasíuhús</i> .....	124
Tafla 10. <i>Efnastyrkur gufu og þéttivatns í gufulögn við inntak á hverfil.</i> .....	124
Tafla 11. <i>Efnastyrkur þéttivatns í þéttivatnslögn við vesturvegg.</i> .....	125
Tafla 12. <i>Efnastyrkur gufu og þéttivatns í gufulögn við inntak á hverfil.</i> .....	129
Tafla 13. <i>Efnastyrkur þéttivatns í bakþrýstilögn.</i> .....	129
Tafla 14. <i>Efnasamsetning vatns úr Gjá í Lágum, HSK-100, mg/kg.</i> .....	133
Tafla 15. <i>Efnasamsetning vatns, rás 6 í orkuveri 2, mg/kg.</i> .....	134

Tafla 16. <i>Losun gass úr holu 7.</i> .....	136
Tafla 17. <i>Losun gass úr holu 8.</i> .....	137
Tafla 18. <i>Losun gass úr holu 9.</i> .....	137
Tafla 19. <i>Losun gass úr holu 10.</i> .....	138
Tafla 20. <i>Losun gass úr holu 11.</i> .....	138
Tafla 21. <i>Losun gass úr holu 12.</i> .....	139
Tafla 22. <i>Losun gass úr holu 14.</i> .....	139
Tafla 23. <i>Losun gass úr holu 16.</i> .....	139
Tafla 24. <i>Losun gass úr holu 18.</i> .....	139
Tafla 25. <i>Losun gass úr holu 19.</i> .....	139
Tafla 26. <i>Losun gass úr holu 20.</i> .....	140
Tafla 27. <i>Heildarlosun gass úr Svartsengi.</i> .....	140
Tafla 28. <i>Efnasamsetning niðurdælingarvatns í holu 17.</i> .....	142
Tafla 29. <i>Hola RN-09. Styrkur efna í djúpvatni.</i> .....	143
Tafla 30. <i>Hola RN-09. Styrkur lofttegunda í djúpvatni og hundraðshluti gass (% massa) í gufu við 12,5 bar-a.</i> .....	143
Tafla 31. <i>Losun gass úr holu RN-09.</i> .....	143

## MYNDIR

Mynd 1. <i>Styrkur kísils í djúpvatni.</i> .....	105
Mynd 2. <i>Styrkur klóríðs í djúpvatni.</i> .....	105
Mynd 3. <i>Styrkur súlfats í djúpvatni.</i> .....	105
Mynd 4. <i>Uppleyst efni í djúpvatni.</i> .....	106
Mynd 5. <i>Styrkur natríums í djúpvatni.</i> .....	106
Mynd 6. <i>Styrkur kalíums í djúpvatni.</i> .....	106
Mynd 7. <i>Styrkur magnesíums í djúpvatni.</i> .....	107
Mynd 8. <i>Styrkur kalsíums í djúpvatni.</i> .....	107
Mynd 9. <i>Styrkur flúoríðs í djúpvatni.</i> .....	107
Mynd 10. <i>Hlutfall súrefnissamsætna í djúpvatni.</i> .....	108
Mynd 11. <i>Hlutfall vetnissamsætna í djúpvatni.</i> .....	108
Mynd 12. <i>Styrkur koldíoxíðs í djúpvatni.</i> .....	108
Mynd 13. <i>Styrkur brennisteinsvetnis í djúpvatni.</i> .....	109
Mynd 14. <i>Hlutfall brennisteinsvetnis við koldíoxíð í djúpvatni.</i> .....	109



Mynd 15. <i>Sýrustig djúpvatns.</i> .....	109
Mynd 16. <i>Kalkmettunarstig í djúpvatni.</i> .....	110
Mynd 17. <i>Kvarshiti.</i> .....	110
Mynd 18. <i>Leiðni þéttivatns.</i> .....	116
Mynd 19. <i>Styrkur kísils í þéttivatni.</i> .....	116
Mynd 20. <i>Styrkur natríums í þéttivatni.</i> .....	116
Mynd 21. <i>Styrkur kalíums í þéttivatni.</i> .....	117
Mynd 22. <i>Styrkur kalsíums í þéttivatni.</i> .....	117
Mynd 23. <i>Styrkur koldíoxíðs í gufu.</i> .....	117
Mynd 24. <i>Styrkur brennisteinsvetnis í gufu.</i> .....	118
Mynd 25. <i>Styrkur koldíoxíðs í gufu, 1984–2002.</i> .....	118
Mynd 26. <i>Styrkur brennisteinsvetnis í gufu, 1984–2002.</i> .....	118
Mynd 27. <i>Styrkur gass í gufu, 1996–2002.</i> .....	121
Mynd 28. <i>Styrkur gass í gufu, 1996–2002.</i> .....	121
Mynd 29. <i>Styrkur gass í gufu, 1980–2002.</i> .....	122
Mynd 30. <i>Styrkur gass í gufu, 1980–2002.</i> .....	122
Mynd 31. <i>Styrkur koldíoxíðs í gufu.</i> .....	126
Mynd 32. <i>Styrkur brennisteinsvetnis í gufu.</i> .....	126
Mynd 33. <i>Gas í gufu (% þyngdar).</i> .....	126
Mynd 34. <i>Eðlisleiðni þéttivatns/skriðvatns.</i> .....	127
Mynd 35. <i>Styrkur natríums í þéttivatni/skriðvatni.</i> .....	127
Mynd 36. <i>Styrkur kalíums í þéttivatni/skriðvatni.</i> .....	127
Mynd 37. <i>Styrkur kalsíums í þéttivatni/skriðvatni.</i> .....	128
Mynd 38. <i>Styrkur kísils í þéttivatni/skriðvatni.</i> .....	128
Mynd 39. <i>Styrkur járn í þéttivatni/skriðvatni.</i> .....	128
Mynd 40. <i>Styrkur koldíoxíðs í gufu.</i> .....	130
Mynd 41. <i>Styrkur brennisteinsvetnis í gufu.</i> .....	130
Mynd 42. <i>Gas í gufu (% þyngdar).</i> .....	130
Mynd 43. <i>Eðlisleiðni í þéttivatni/skriðvatni.</i> .....	131
Mynd 44. <i>Styrkur natríums í þéttivatni/skriðvatni.</i> .....	131
Mynd 45. <i>Styrkur kalíums í þéttivatni/skriðvatni.</i> .....	131
Mynd 46. <i>Styrkur kalsíums í þéttivatni/skriðvatni.</i> .....	132
Mynd 47. <i>Styrkur kísils í þéttivatni/skriðvatni.</i> .....	132

Mynd 48. <i>Styrkur járns í þéttivatni/skriðvatni.</i> .....	132
Mynd 49. <i>Sýrustig kalds og upphitaðs vatns.</i> .....	134
Mynd 50. <i>Eðlisleiðni kalds og upphitaðs vatns.</i> .....	134
Mynd 51. <i>Styrkur klóríðs í köldu og upphituðu vatni.</i> .....	135
Mynd 52. <i>Styrkur kísils í köldu og upphituðu vatni.</i> .....	135
Mynd 53. <i>Styrkur kalsíums í köldu og upphituðu vatni.</i> .....	135
Mynd 54. <i>Losun koldíoxíðs úr Svartsengi 1976–2002.</i> .....	141
Mynd 55. <i>Losun brennisteinsvetnis úr Svartsengi 1976–2002.</i> .....	141

## 1. INNGANGUR

Frá því vinnsla jarðvarma hófst í Svartsengi hefur Orkustofnun árlega fylgst með efnasamsetningu jarðsjávar og gufu úr borholum, auk þess sem fylgst hefur verið með efnainnihaldi í heitu neysluvatni frá orkuverunum þar. Á seinni árum hefur bæst við eftirlit með gæðum gufu í orkuverum 1, 3 og 5 auk þess sem sýni hafa verið tekin af vökva þeim sem dælt er niður í holu 17. Samhliða efnavöktun í Svartsengi hefur Orkustofnun jafnframt annast svipaða vöktun á jarðhitasvæðinu á Reykjanesi. Eru verk þessi unnið fyrir Hitaveitu Suðurnesja.

Niðurstöðum efnavöktunar fram til ársloka 1995 hefur verið lýst í fjórum skýrslum Orkustofnunar (Trausti Hauksson, 1980; Verkfræðistofan Vatnaskil, Jón Örn Bjarnason, Benedikt Steingrímsson og Guðjón Guðmundsson, 1983; Jón Örn Bjarnason, 1988; og Jón Örn Bjarnason, 1996). Yfirlit um vinnslu úr jarðhitageyminum í Svartsengi frá upphafi er að finna í árlegum skýrslum frá Verkfræðistofunni Vatnaskilum sf. Hér á eftir verður lýst niðurstöðum efnavöktunar í Svartsengi frá ársbyrjun 1996 til ársloka 2002, en nánari fræðileg úttekt á niðurstöðum látin bíða betri tíma. Í skýrslu Orkustofnunar (Jón Örn Bjarnason, 2002) er lýst ítarlega efnasamsetningu gufu og heits jarðsjávar í borholum á jarðhitasvæðinu á Reykjanesi yfir tímabilið 1971 til ársloka 2001.

Á geisladiski sem fylgir skýrslu þessari eru skjöl sem hafa að geyma gögn um efnastyrk vökva úr borholum í Svartsengi frá 1980 og um gaslosun allt frá árinu 1976.

Á tímabilinu 1996 til 2002 voru tekin 48 heilsýni úr holum 7, 8, 9, 11, 12, 18 og 19 í Svartsengi og er þá átt við sýni þar sem safnað er í senn vatnsfasa, þéttivatni og gasi. Til viðbótar voru tekin 17 sýni til greininga á gasi og þéttivatni úr holum 10, 14, 16 og 20, sem vinna úr gufusvæðinu, auk 54 gufusýna úr sömu holum. Á þessu sama tímabili voru tekin sjö sýni til heildarefnagreininga á heitu neysluvatni úr rás 6 í orkuveri 2 og sjö sýni af köldu vatni úr gjánni í Lágum (HSK-100). Í orkuverum 1, 3 og 5 voru tekin samtals um 120 sýni af gufu og þéttivatni á tímabilinu og átta sýni voru tekin af niðurdælingarvökva í holu 17. Það lætur því nærri að um 260 eftirlitssýni hafi verið tekin úr borholum og orkuverum í Svartsengi á ofangreindu tímabili. Auk þeirra sýna sem að ofan greinir var tekin allnokkur fjöldi sýna af ýmsu tilefni, oftast hlutsýni, en ekki verður að öðru leyti gerð grein fyrir þeim hér. Sumum þessara sýna hafa þegar verið gerð skil í ýmsum greinargerðum (t.d. Jón Örn Bjarnason, 2000). Öll hafa sýnin verið efnagreind á efnarannsóknarstofu Orkustofnunar að því frátöldu að samsætur súrefnis og vetnis hafa verið greindar á Raunvísindastofnun.

## 2. HOLUR 7, 8, 9, 11, 12, 18 OG 19

Þegar heilsýni til efnagreininga er tekið af renni háhitaholu eru vatn og gufa skilin að með sérstakri skilju við mældan þrýsting og hita og sýni tekið af hvoru tveggja. Til að finna efnasamsetningu vökvans í jarðhitakerfinu þarf síðan að reikna saman vatn og gufu. Hefur efnasamsetning djúpvatns verið reiknað við 238°C og vermi 1028 kJ/kg, og er þar fylgt síðustu skýrslu um efnavöktun í Svartsengi (Jón Örn Bjarnason, 1996). Mælingar hafa sýnt að 238°C eru nálægt því að vera meðalhiti á 700 m dýpi í jarðhitageyminum.

Á því tímabili sem hér er til umfjöllunar hefur efnavöktun með holum 7, 8, 9, 11, 18 og 19 í Svartsengi verið háttáð sem hér greinir:

Hola	Sýnataka		Gerð sýnis
	Vor	Haust	
7	x	x	Heilsýni
8	x		Heilsýni
9	x		Heilsýni
11	x		Heilsýni
18	x		Heilsýni
19	x		Heilsýni

Þessu til viðbótar voru sýni tekin úr holu 12 árin 1996 og 1997, en þá var rekstri hennar hætt.

Í töflu 1 er sýnd efnasamsetning djúpvatns úr holum 7, 8, 9, 11, 12, 18 og 19 á tímabilinu 1996 til 2002. Í fyrri skýrslum um efnavöktun í Svartsengi (Jón Örn Bjarnason, 1988; 1996) eru birtar sambærilegar niðurstöður fyrir sýni frá því fyrir 1996. Á geisladiski, sem fylgir með skýrslu þeirri er hér birtist, eru Excel-skrár sem geyma upplýsingar um efnastyrk djúpvatns úr öllum borholum í Svartsengi frá árinu 1980 til ársloka 2002. Á myndum 1 til 17 eru sýndar helstu niðurstöður úr töflu 1 og að auki niðurstöður mælinga á samsætum súrefnis og vetnis, sýrustig (pH), kalkmettun og kvarshiti.

Þessar breytingar hafa orðið helstar:

- Styrkur steinaefna er nánast sá sami í öllum holum og breyttist að kalla má ekki á tímabilinu. Hann er og óbreyttur frá tímabilinu 1980 til 1995. Eitt sýni úr holu 7 (nr. 2000–0517 frá 6. des. 2000) sker sig úr, en í því mældist styrkur steinefna í djúpvatni óvenju líttill. Ekki er vel ljóst hvað veldur, en svipaðar einstakar breytingar hafa sést áður, t.d. í desember 1984 í holu 11, og voru túlkaðar sem innskot þéttivatns.

- Styrkur gass ( $\text{CO}_2$  og  $\text{H}_2\text{S}$ ) hækkaði í holum 7 og 11 á seinni hluta tímabilsins 1996 til 2002. Þó sýnir síðasta sýnið úr holu 7 (nóvember 2002) að styrkur brennisteinsvetnis hefur minnkað og mælist þá svipaður og áður.
- Sýrustig djúpvatns lækkaði örlítið milli árána 1999 og 2000 í holum 7, 8, 9, 11, 18 og 19 og hefur haldist lægra síðan, eins og fram kemur á mynd 15. Talið er að hér geti valdið lítilsháttar aukin suða og hækkað vermi í holunum vegna aukinnar vinnslu úr jarðhitageyminum.
- Kalkmettun djúpvökva lækkaði einnig milli árána 1999 og 2000 í sömu holum eins og sýnt er á mynd 16, en líta verður á það sem beina afleiðingu af lækkuðu sýrustigi. Má því reikna með að kalk falli ekki út í nefndum holum um þessar mundir.
- Kvarshiti sýna úr holum 7, 8, 9, 11, 12, 18 og 19 spannar í stórum dráttum hitabilið 240 til  $250^\circ\text{C}$  (mynd 17 og tafla 2). Hann er að jafnaði hæstur í holu 8 en lægstur í holu 9. Kvarshiti í nýju holunum reiknast um  $246^\circ\text{C}$  í holu 18 og  $242^\circ\text{C}$  í holu 19.

**Tafla 1.** *Holur 7, 8, 9, 11, 12, 18 og 19. Styrkur efna í djúpvatni.*

Dags.	Númer	Hiti (°C)	P <sub>s</sub> bar-a	SiO <sub>2</sub> (mg/kg)	Na (mg/kg)	K (mg/kg)	Mg (mg/kg)	Ca (mg/kg)	F (mg/kg)	Cl (mg/kg)	SO <sub>4</sub> (mg/kg)	Uppleyst (mg/kg)	CO <sub>2</sub> (mg/kg)	H <sub>2</sub> S (mg/kg)	H <sub>2</sub> (mg/kg)	CH <sub>4</sub> (mg/kg)	N <sub>2</sub> (mg/kg)
<b>Hola 7</b>																	
1996-06-03	1996-0111	238	17,0	437	6284	965	0,515	1038	0,129	12514	26,4	21895	406	6,08	0,03	0,02	17,9
1996-12-02	1996-0546	238	16,9	432	6344	964	0,523	1139	0,156	12624	28,9	22072	373	5,04	0,06	0,01	1,46
1997-05-28	1997-0284	238	17,1	458	6436	965	0,515	1011	0,120	11640	28,8	21762	461	10,4	0,03	0,01	20,1
1997-11-25	1997-0742	238	17,2	442	6413	975	0,488	1040	0,202	12402	24,8	22587	570	10,4	0,12	0,04	1,98
1998-06-03	1998-0327	238	16,9	428	6546	970	0,395	1049	0,136	12729	24,8	21283	406	11,3	0,06	0,03	1,23
1998-11-18	1998-0591	238	16,5	446	6418	961	0,467	1091	0,146	12119	28,5	22332	317	7,58	0,05	0,01	6,09
1999-05-25	1999-0148	238	17,1	451	6893	986	0,478	1044	0,138	12564	27,9	21836	533	11,4	0,06	0,01	1,15
1999-12-08	1999-0530	238	17,0	452	6447	983	0,487	1028	0,156	12526	26,6	21922	408	7,91	0,06	0,01	4,16
2000-05-16	2000-0172	238	17,0	434	6220	1004	0,483	1087	0,165	13019	28,0	22088	528	10,5	0,11	0,02	5,10
2000-12-06	2000-0517	238	16,5	377	5094	746	0,364	819	0,137	10053	22,5	17726	626	15,4	0,10	0,03	2,49
2001-05-15	2001-0169	238	16,8	427	6182	946	0,440	1012	0,165	12506	26,3	21241	625	15,9	0,14	0,02	1,65
2001-11-28	2001-0462	238	17,0	454	6131	957	0,423	1075	0,470	12688	26,0	21352	750	18,0	0,18	0,03	2,13
2002-06-10	2002-0148	238	18,0	436	6559	1003	0,444	1099	0,176	12506	28,8	22079	643	15,7	-	-	-
2002-12-02	2002-0452	238	16,8	453	6398	959	0,413	1035	0,147	12754	26,3	22039	743	9,94	-	-	-
<b>Hola 8</b>																	
1996-06-13	1996-0125	238	16,0	464	6186	949	0,547	1022	0,137	12272	28,3	21670	300	5,65	0,02	0,02	5,06
1997-05-27	1997-0281	238	16,2	445	6286	941	0,576	1005	0,110	12189	31,3	21481	284	3,34	0,01	0,03	3,29
1998-05-28	1998-0320	238	16,0	462	6481	962	0,493	1012	0,129	12345	25,8	20538	299	6,34	0,01	0,03	3,34
1999-05-18	1999-0142	238	15,5	457	6183	936	0,509	969	0,109	12019	29,2	21128	438	7,55	0,02	0,01	2,16
2000-05-15	2000-0170	238	13,8	470	6137	987	0,566	1057	0,153	12404	30,2	21514	369	6,79	0,02	0,02	1,99
2001-01-25	2001-0021	238	15,2	474	6528	982	0,654	1090	0,145	12537	35,0	21581	372	7,66	0,03	0,02	1,44
2001-05-14	2001-0166	238	15,2	459	6150	939	0,626	1002	0,145	12464	28,8	21436	382	8,21	0,03	0,02	1,12
2002-06-04	2002-0140	238	16,0	465	6463	977	0,620	1046	0,155	12308	31,0	21916	446	3,72	-	-	-
<b>Hola 9</b>																	
1996-11-28	1996-0530	238	16,1	420	6400	968	0,374	1096	0,155	13005	27,9	22251	128	2,89	0,010	0,000	0,250
1997-05-27	1997-0282	238	16,2	412	6451	959	0,338	1060	0,128	12198	26,9	22075	146	5,14	0,010	0,010	0,560
1998-05-28	1998-0321	238	16,2	415	6656	956	0,283	1101	0,159	12746	29,6	21600	122	5,29	0,000	0,000	2,850
1999-05-20	1999-0145	238	16,1	434	6479	978	0,32	1094	0,146	12783	27,0	22196	232	6,62	0,010	0,000	0,760
2000-05-11	2000-0152	238	15,8	428	6423	1020	0,335	1125	0,173	12773	27,7	21721	207	7,79	0,010	0,000	0,600
2001-05-09	2001-0163	238	15,0	426	6262	947	0,362	1035	0,163	12437	25,8	21612	221	6,42	0,010	0,000	2,170
2002-05-29	2002-0136	238	14,8	429	6593	987	0,335	1103	0,172	12653	32,6	22168	221	5,65	-	-	-

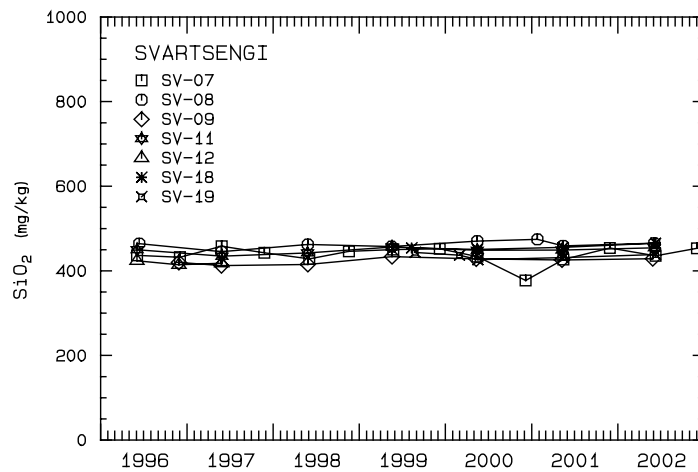
**Tafla 1, framhald.** Holur 7, 8, 9, 11, 12, 18 og 19. Styrkur efna í djúpvatni.

Dags.	Númer	Hiti (°C)	P <sub>s</sub> bar-a	SiO <sub>2</sub> (mg/kg)	Na (mg/kg)	K (mg/kg)	Mg (mg/kg)	Ca (mg/kg)	F (mg/kg)	Cl (mg/kg)	SO <sub>4</sub> (mg/kg)	Uppleyst (mg/kg)	CO <sub>2</sub> (mg/kg)	H <sub>2</sub> S (mg/kg)	H <sub>2</sub> (mg/kg)	CH <sub>4</sub> (mg/kg)	N <sub>2</sub> (mg/kg)
<b>Hola 11</b>																	
1996-06-04	1996-0116	238	17,0	450	6294	965	0,551	1038	0,138	12551	29,1	22005	481	9,40	0,060	0,020	2,230
1997-05-29	1997-0285	238	17,0	434	6450	965	0,56	1011	0,110	11623	28	21959	465	10,50	0,080	0,020	1,620
1998-05-27	1998-0312	238	16,6	443	6564	977	0,467	1029	0,126	12621	27,1	21395	473	10,70	0,040	0,020	23,000
1999-05-20	1999-0144	238	16,6	456	6340	967	0,504	1025	0,128	12510	28	21706	569	12,50	0,080	0,020	1,050
2000-05-15	2000-0169	238	18,6	449	6349	1018	0,591	1094	0,158	12601	29,1	21868	777	17,40	0,200	0,030	1,820
2001-05-09	2001-0162	238	18,8	449	6240	914	0,586	955	0,149	12692	26,9	21664	777	20,10	0,210	0,030	1,190
2002-06-04	2002-0139	238	19,0	454	6561	990	0,577	1072	0,158	12484	32,3	22232	778	18,70	-	-	-
<b>Hola 12</b>																	
1996-06-03	1996-0112	230	14,0	424	6391	983	0,523	1038	0,138	12690	29,3	22745	223	4,20	-	-	26,500
1996-11-28	1996-0531	230	14,0	414	6511	992	0,523	1065	0,156	12914	31	22479	216	4,24	0,010	0,010	0,900
1997-05-28	1997-0283	230	14,0	418	6529	973	0,505	1019	0,110	12277	31,7	22075	189	2,92	0,010	0,010	1,060
<b>Hola 18</b>																	
1999-08-11	1999-0281	238	14,8	454	6692	1043	0,307	996	0,154	13133	31,3	24357	253	4,30	0,040	0,000	5,870
2000-05-16	2000-0171	238	15,5	451	6396	1066	0,41	1035	0,164	12928	29,9	22528	294	6,68	0,020	0,010	3,480
2001-05-14	2001-0164	238	15,5	455	6498	1018	0,445	976	0,164	12910	28,8	22428	279	6,97	0,010	0,000	0,710
2002-06-10	2002-0149	238	16,5	465	6878	1069	0,467	1033	0,165	12883	30,2	22753	286	7,10	-	-	-
<b>Hola 19</b>																	
1999-08-26	1999-0300	238	14,4	444	6581	1008	0,35	977	0,153	12777	30,7	23761	268	6,54	0,030	0,000	4,560
2000-03-01	2000-0042	238	13,5	437	6517	1015	0,428	1035	0,152	12599	29,6	21526	296	5,73	0,010	0,010	6,220
2000-05-18	2000-0191	238	13,8	426	6205	1029	0,441	1039	0,162	12557	29,3	21891	310	7,38	0,030	0,010	1,490
2001-05-14	2001-0165	238	14,0	432	6306	981	0,423	994	0,162	12585	28,1	22042	244	6,64	0,010	0,000	1,300
2002-06-10	2002-0150	238	15,3	438	6686	1028	0,409	1043	0,172	12655	30,5	22350	228	5,97	-	-	-

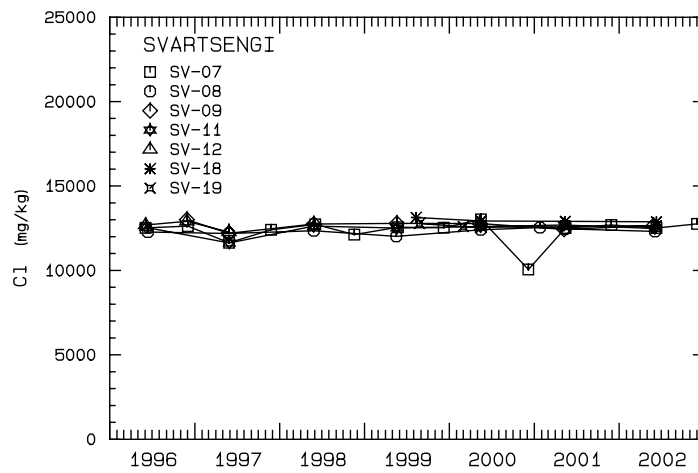
**Tafla 2.** Kvarshiti, Tq (°C). Holur 7, 8, 9, 11, 12, 18 og 19.

<b>Hola 7</b>			<b>Hola 8</b>			<b>Hola 9</b>		
<b>Dags.</b>	<b>Númer</b>	<b>Tq</b>	<b>Dags.</b>	<b>Númer</b>	<b>Tq</b>	<b>Dags.</b>	<b>Númer</b>	<b>Tq</b>
1996-06-03	1996-0111	242,3	1996-06-13	1996-0125	247,1	1996-11-28	1996-0530	239,1
1996-12-02	1996-0546	241,5	1997-05-27	1997-0281	243,8	1997-05-27	1997-0282	237,7
1997-05-28	1997-0284	246,0	1998-05-28	1998-0320	246,7	1998-05-28	1998-0321	238,2
1997-11-25	1997-0742	243,4	1999-05-18	1999-0142	245,9	1999-05-20	1999-0145	241,7
1998-06-03	1998-0327	240,8	2000-05-15	2000-0170	248,1	2000-05-11	2000-0152	240,8
1998-11-18	1998-0591	243,9	2001-01-25	2001-0021	248,8	2001-05-09	2001-0163	240,3
1999-05-25	1999-0148	244,7	2001-05-14	2001-0166	246,2	2002-05-29	2002-0136	240,9
1999-12-08	1999-0530	245,0	2002-06-04	2002-0140	247,3			
2000-05-16	2000-0172	241,8						
2000-12-06	2000-0517	231,4						
2001-05-15	2001-0169	240,5						
2001-11-28	2001-0462	245,3						
2002-06-10	2002-0148	242,1						
2002-12-02	2002-0452	245,2						
<b>Hola 11</b>			<b>Hola 12</b>					
<b>Dags.</b>	<b>Númer</b>	<b>Tq</b>	<b>Dags.</b>	<b>Númer</b>	<b>Tq</b>			
1996-06-04	1996-0116	244,6	1996-06-03	1996-0112	238,3			
1997-05-29	1997-0285	241,9	1996-11-28	1996-0531	236,6			
1998-05-27	1998-0312	243,3	1997-05-28	1997-0283	237,3			
1999-05-20	1999-0144	245,7						
2000-05-15	2000-0169	244,4						
2001-05-09	2001-0162	244,5						
2002-06-04	2002-0139	245,4						
<b>Hola 18</b>			<b>Hola 19</b>					
<b>Dags.</b>	<b>Númer</b>	<b>Tq</b>	<b>Dags.</b>	<b>Númer</b>	<b>Tq</b>			
1999-08-11	1999-0281	245,3	1999-08-26	1999-0300	243,4			
2000-05-16	2000-0171	244,8	2000-03-01	2000-0042	242,4			
2001-05-14	2001-0164	245,6	2000-05-18	2000-0191	240,5			
2002-06-10	2002-0149	247,2	2001-05-14	2001-0165	241,4			
			2002-06-10	2002-0150	242,6			

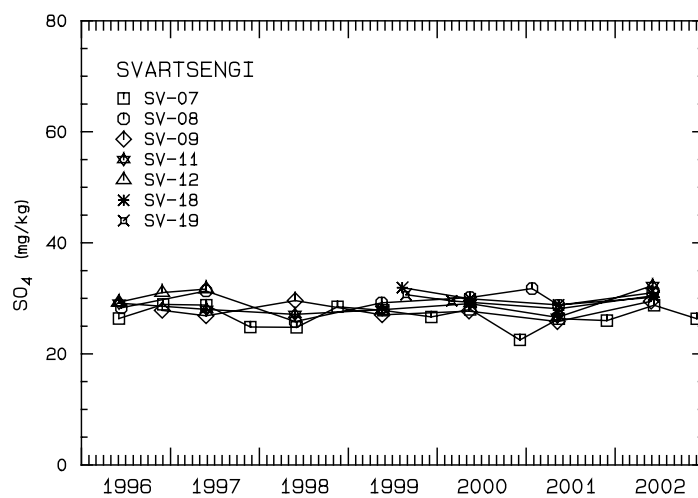




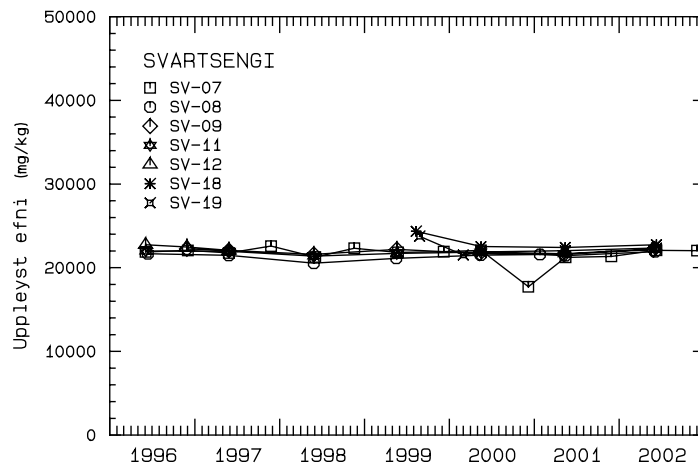
**Mynd 1.** Styrkur kísils í djúpvatni.



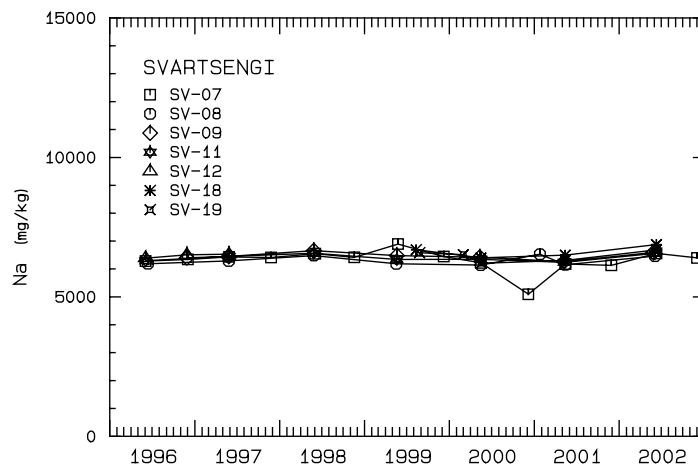
**Mynd 2.** Styrkur klóríðs í djúpvatni.



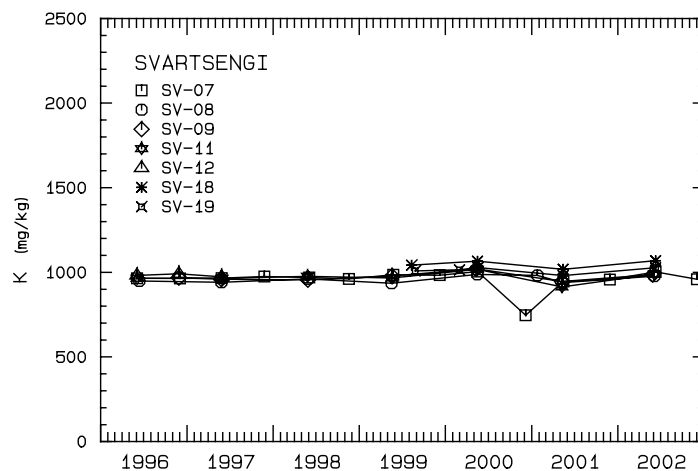
**Mynd 3.** Styrkur súlfats í djúpvatni.



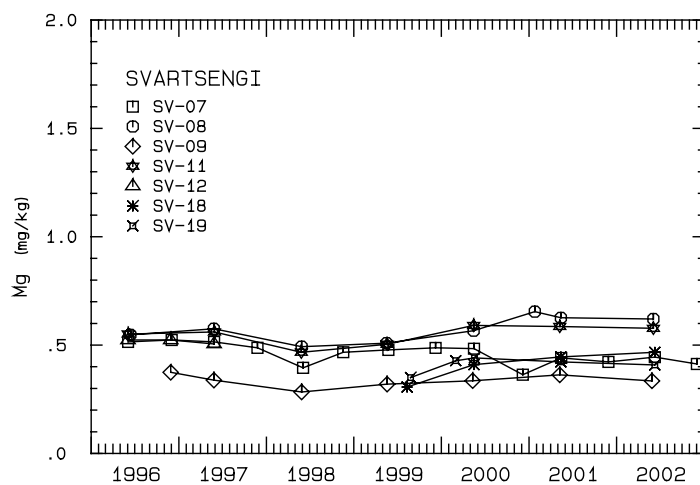
**Mynd 4.** Uppleyst efni í djúpvatni.



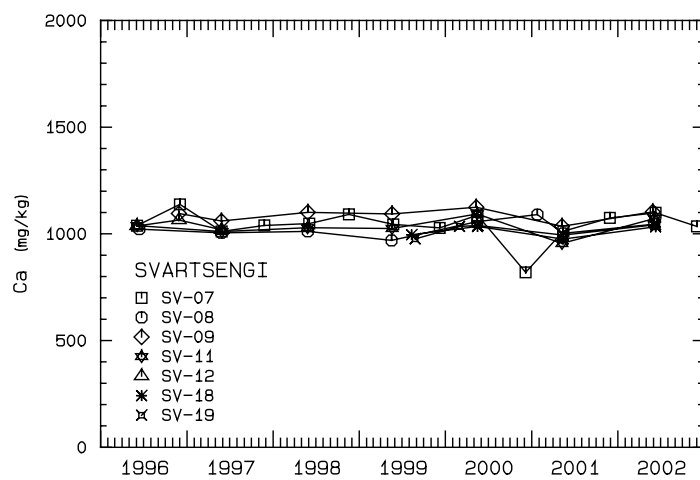
**Mynd 5.** Styrkur natríums í djúpvatni.



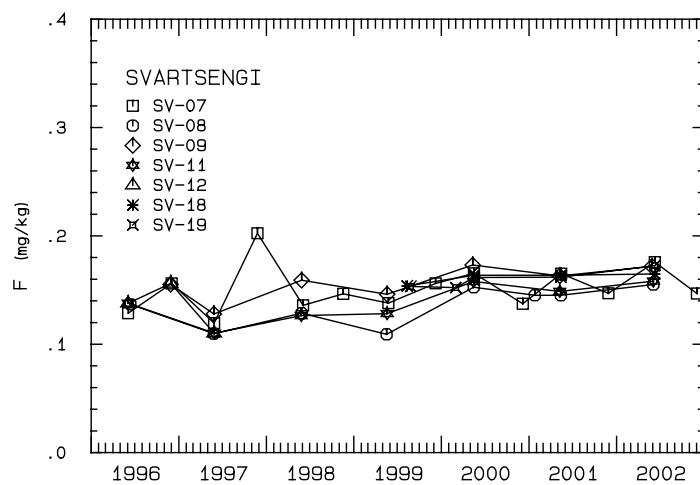
**Mynd 6.** Styrkur kalíums í djúpvatni.



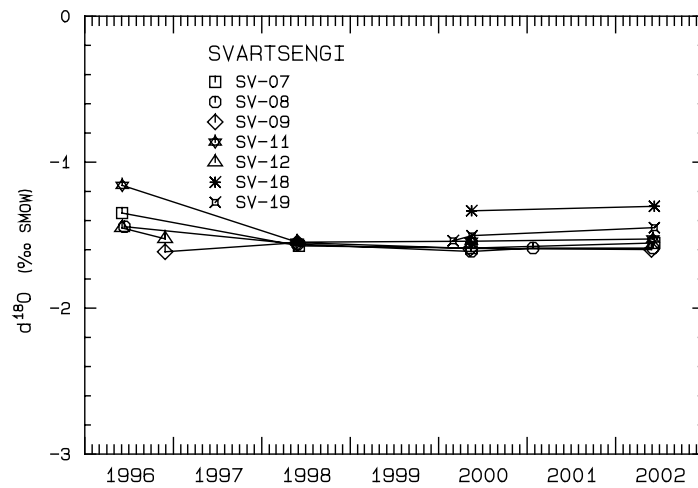
Mynd 7. Styrkur magnesíums í djúpvatni.



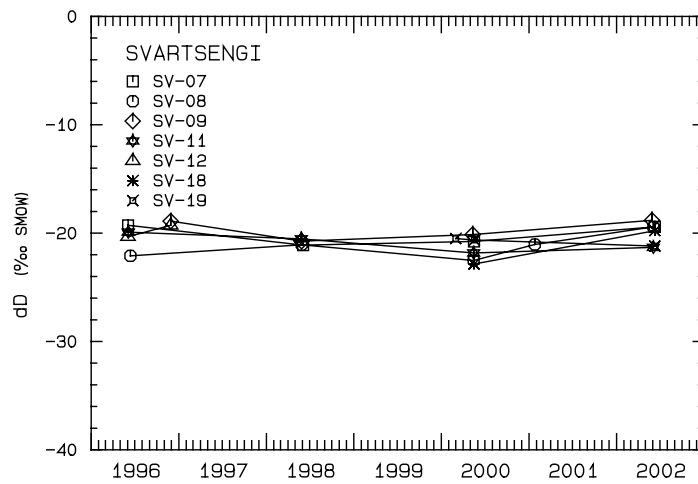
Mynd 8. Styrkur kalsíums í djúpvatni.



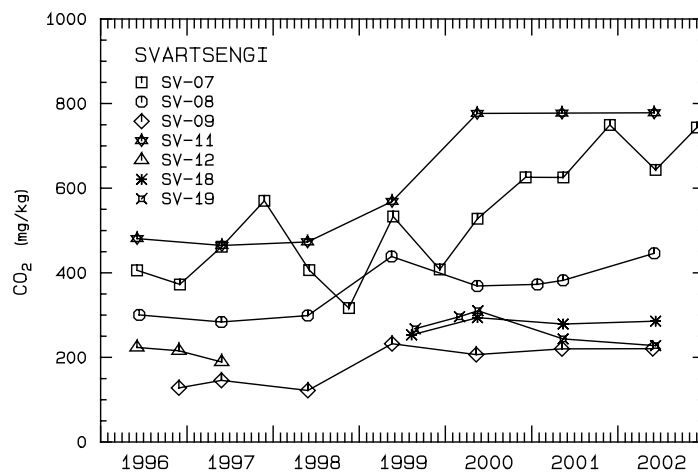
Mynd 9. Styrkur flúoríðs í djúpvatni.



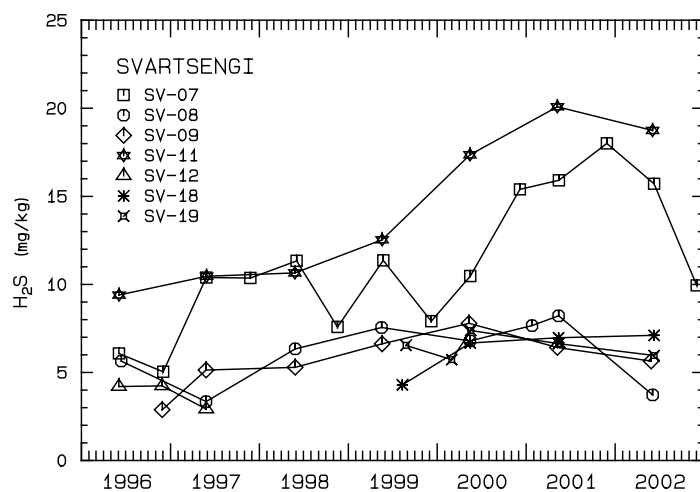
Mynd 10. Hlutfall súrefnissamsætna í djúpvatni.



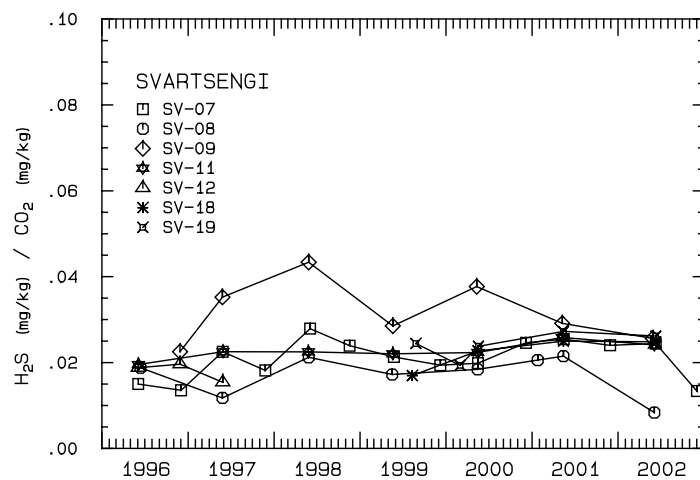
Mynd 11. Hlutfall vetnissamsætna í djúpvatni.



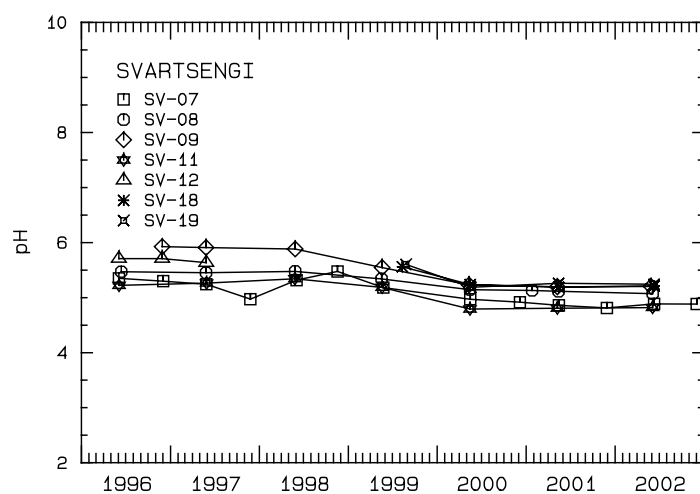
Mynd 12. Styrkur koldíoxíðs í djúpvatni.



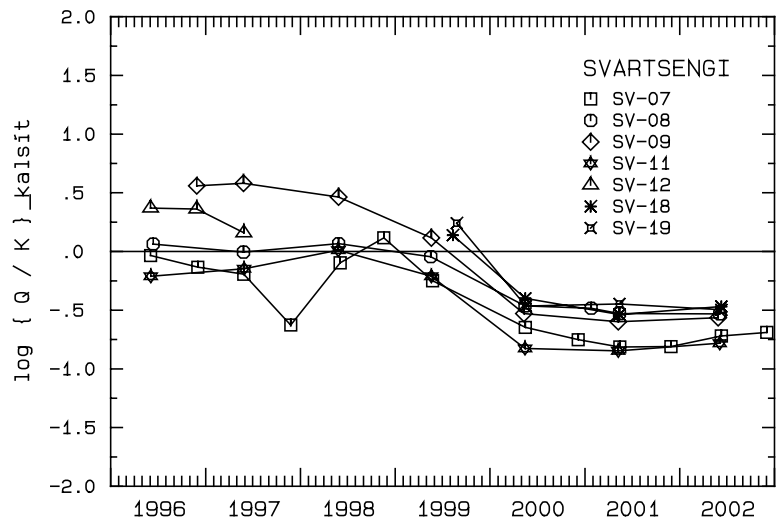
Mynd 13. Styrkur brennisteinsvetnis í djúpvatni.



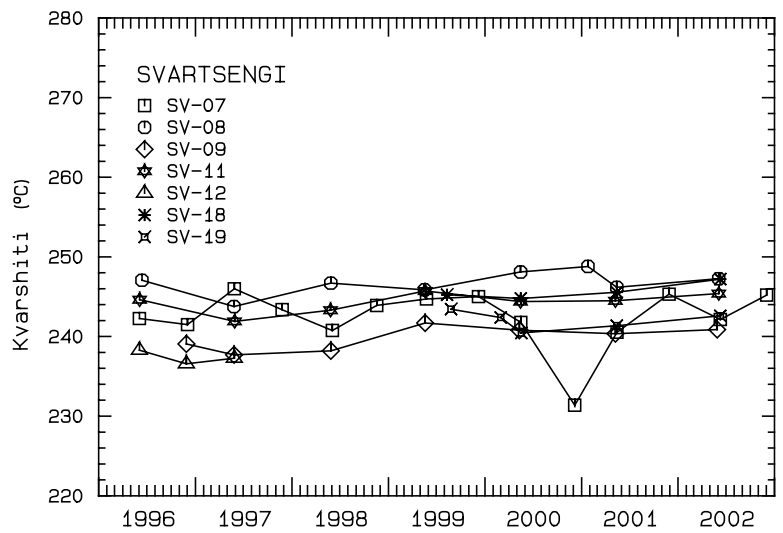
Mynd 14. Hlutfall brennisteinsvetnis við koldíoxíð í djúpvatni.



Mynd 15. Sýrustig djúpvatns.



Mynd 16. Kalkmettunarstig í djúpvatni.



Mynd 17. Kvarshiti.

### 3. HOLUR 10, 14, 16 OG 20

Á austurhluta jarðhitasvæðisins í Svartsengi eru holur 10, 14, 16 og 20. Þær eru allar “þurrar”, þ.e. úr þeim kemur eingöngu gufa en ekkert vatn, og úr þeim er því að jafnaði eingöngu safnað sýnum til greininga á styrk gass. Sýni eru að jafnaði tekin fjórum sinnum á ári, en einu sinni á ári eru einnig tekin sýni af þéttivatni til greininga á nokkrum völdum steinefnum í meðburðinum. Á því tímabili sem hér er til umfjöllunar hefur efnavöktun holna 10, 14, 16 og 20 því verið háttáð sem hér segir:

Hola	Vetur	Vor	Sumar	Haust
10	Gas	Gas og þéttivatn	Gas	Gas
14	Gas	Gas og þéttivatn	Gas	Gas
16	Gas	Gas og þéttivatn	Gas	Gas
20	Gas	Gas og þéttivatn	Gas	Gas

Í töflum 3, 4, 5 og 6 eru sýndar niðurstöður efnagreininga á styrk efna í gufu úr holum 10, 14, 16 og 20. Á myndum 18 til 24 eru sýndar helstu niðurstöður úr töflum 3, 4, 5, og 6.

Mynd 18 sýnir eðlisleiðni þéttivatns úr holunum. Þar sést glögg að hún er að jafnaði nærri 50  $\mu\text{S}/\text{cm}$  ef frá er talið fyrsta þéttivatnssýni úr holu 16 frá því í maí 2000. Á mynd 19 sést að styrkur kísils mælist alltaf innan við 2 mg/kg, oftast innan við 1 mg/kg. Til samanburðar er styrkur kísils í djúpvatni úr “blautu” holunum (7, 8, 9, 11, 18 og 19) nærri 450 mg/kg (tafla 1). Myndir 20, 21 og 22 sýna styrk natríums, kalíums og kalsíums. Styrkur þessara efna er yfirleitt nokkuð jafn frá einu sýni til annars, helst eru það sýni úr holu 14 sem skera sig úr og mælist þá styrkur ofangreindra efna hærrí þar.

Myndir 23 og 24 sýna styrk koldíoxíðs og brennisteinsvetnis í gufu úr holum 10, 14, 16 og 20. Myndirnar sýna að styrkur koldíoxíðs og brennisteinsvetnis úr holum 10 og 14 mældist óvenju hár í sýnum sem voru tekin 14. mars 2001. Ástæður þessa má rekja til breytinga á vinnslu og holutoppþrýstingi í þessum tveimur holum um nokkurra dag skeið fyrri hluta marsmánaðar (Verkfræðistofan Vatnaskil sf., 2002).

Á myndum 23 og 24 má sjá að styrkur koldíoxíðs í gufu úr þessum holum hefur, á undanförunum árum, verið u.þ.b. 25000 mg/kg og styrkur brennisteinsvetnis á bilinu 200 til 400 mg/kg. Er þetta talsvert lægra en á árum áður þegar styrkur koldíoxíðs úr holu 10 var u.þ.b. 40.000 til 50.000 mg/kg, eins og sýnt er á mynd 25, sem nær yfir tímabilið

1984 til 2002. Ekki er að sjá að sambærilegar breytingar hafi orðið á styrk brennisteinsvetnis, en hann er sýndur á mynd 26 fyrir þetta sama tímabil.

Í greinargerð Orkustofunar frá árinu 2000 (Jón Örn Bjarnason, 2000) er fjallað um lækkaðan gasstyrk úr þurru holunum á austursvæðinu og hann rakin til aukinnar vinnslu úr gufupúðanum við gangsetningu hverfils í orkuveri 5. Í greinargerðinni segir orðrét:

“Skýringarinnar á þessari skyndilegu lækkun á styrk gass í gufu úr “þurru” holunum er trúlega að leita í stóraukinni vinnslu úr gufupúðanum austast á jarðhitasvæðinu. Vinnslan úr holu 10 var u.þ.b. 29 kg/s þann 25. mars 1999, svo dæmi sé tekið, en vinnsla úr holu 14 var þá 9 kg/s. Vinnsla úr holu 16 var þá ekki hafin. Séu þessar tölur margfaldaðar með gasstyrk þeim sem skráður er í töflu 2, kemur í ljós að gaslosun úr gufupúðanum var hér um bil 1,4 kg/s á þessum tíma. Þann 6. desember 1999 skilaði hola 10 hins vegar 38 kg/s, hola 14 u.þ.b. 10 kg/s, en hola 16 nálægt 30 kg/s. Margföldun gasstyrks og vinnslu sýnir að heildarlosun gass úr gufupúðanum var þá orðin 1,7 kg/s. Gaslosunin jókst þannig aðeins um 21% á sama tíma og gufuvinnslan líðlega tvöfaldaðist.

Þrýstilækkun vegna vinnslu úr jarðhitakerfinu hefur valdið því að vökvi sýður nú sums staðar úti í bergi. Holurnar austast á svæðinu, 10, 14 og 16, skila til yfirborðs þorra þeirrar gufu sem þannig myndast. Þegar einhver hluti tiltekins vökvamassa sýður, hverfur yfir í gufuna mikill hluti þess gass, sem bundið er í massanum, og það eins þótt suðuhlutinn sé lítill. Sé suðuhlutinn hins vegar stærri, breytir það því einu að meiri gufa myndast, án þess að meira gas losni að kalla geti. Styrkur gassins í gufunni fellur þá með vaxandi gufuhluta, og er hér væntanlega komin ástæða þynningarinnar á austursvæðinu.”

Eftir lækkunina í gasstyrk í lok ársins 1999 hefur gasstyrkur í gufu úr holunum haldist nokkuð stöðugur, eins þó vinnsla úr holu 20 hafi hafist á því ári. Má því ætla að nýju jafnvægi hafi verið náð í gufupúðanum.



**Tafla 3. Hóla 10. Styrkur efna í gufu.**

Dags.	Númer	Leiðni ( $\mu$ S/cm)	SiO <sub>2</sub> (mg/kg)	Na (mg/kg)	K (mg/kg)	Mg (mg/kg)	Ca (mg/kg)	Al (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Cl (mg/kg)	SO <sub>4</sub> (mg/kg)	Uppleyst (mg/kg)	CO <sub>2</sub> (mg/kg)	H <sub>2</sub> S (mg/kg)
1996-07-06	1996-0093	62	12,4	0,71	0,77	0,03	0,29	0,026	0,083	1,58	0,78	2,95	26,0	52340	590
1997-05-22	1997-0262	50	0,7	0,13	0,24	0,005	0,12	0,003	0,059	-	-	1,51	25	35240	345
1997-11-26	1997-0744	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30000	403
1998-02-24	1998-0050	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	29288	-
1998-05-26	1998-0310	54	1,9	0,81	0,56	0,03	0,18	0,004	0,108	1,38	0,71	2,16	100	31150	325
1998-09-03	1998-0410	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30914	470
1998-11-19	1998-0593	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	31248	444
1999-03-25	1999-0079	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	38811	479
1999-05-18	1999-0140	-	0,36	2,6	0,58	0,11	0,15	0,005	0,049	0,86	0,6	0,6	10	31544	388
1999-08-26	1999-0301	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	38666	503
1999-12-06	1999-0526	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20700	300
2000-03-01	2000-0037	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20400	333
2000-03-07	2000-0043	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20200	318
2000-05-10	2000-0147	44	0,18	1,4	0,65	0,032	0,15	0,004	0,003	0,134	0,09	0,3	6	20385	297
2000-09-07	2000-0302	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	21484	344
2000-11-29	2000-0483	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	21065	380
2001-03-14	2001-0079	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	37862	651
2001-05-16	2001-0170	45	0,15	0,24	0,32	-	0,05	-	-	-	0,1	8,1	-	20491	354
2001-09-10	2001-0264	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	21703	354
2001-11-27	2001-0450	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	21956	376
2002-02-25	2002-0063	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20087	336
2002-06-11	2002-0152	39	0,3	0,09	0	0,04	0,11	-	-	-	0,1	-	-	-	-
2002-09-20	2002-0275	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	23576	231
2002-11-27	2002-0418	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	23144	366

**Tafla 4. Hóla 14. Styrkur efna í gufu.**

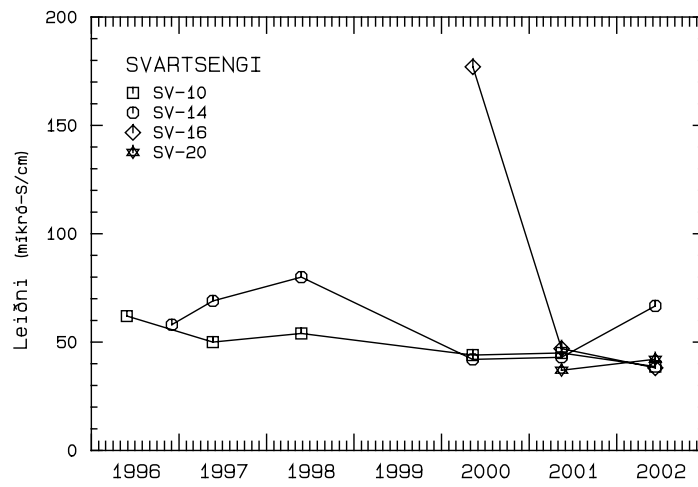
Dags.	Númer	Leiðni ( $\mu$ S/cm)	SiO <sub>2</sub> (mg/kg)	Na (mg/kg)	K (mg/kg)	Mg (mg/kg)	Ca (mg/kg)	Al (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Cl (mg/kg)	SO <sub>4</sub> (mg/kg)	Uppleyst (mg/kg)	CO <sub>2</sub> (mg/kg)	H <sub>2</sub> S (mg/kg)
1996-12-02	1996-0545	58	1,6	1,27	2,31	0,02	0,39	0,005	0,043	0,96	0,57	0,8	7	42450	473
1997-05-22	1997-0263	69	0,5	3,71	0,69	0,003	0,92	0,003	0,038	0,89	5,45	0,6	30	25500	274
1998-05-26	1998-0311	80	1,9	2,96	0,42	0,02	0,35	0,002	0,068	1,0	8,67	1,5	-	23000	270
1998-09-03	1998-0411	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	21940	320
1998-11-25	1998-0595	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	21340	309
1999-03-25	1999-0080	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	28619	270
1999-05-18	1999-0141	-	0,7	1,80	0,43	0,024	0,24	0,005	0,065	0,75	0,94	0,9	-	28909	333
1999-08-26	1999-0302	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25601	330
1999-12-06	1999-0528	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17130	190
2000-03-01	2000-0039	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	19000	237
2000-03-07	2000-0045	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18040	258
2000-05-10	2000-0148	42	0,14	1,00	0,45	0,016	0,15	0,001	0,008	0,112	0,74	0,5	17	18671	260
2000-09-07	2000-0304	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	23741	308
2000-11-29	2000-0484	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	24213	344
2001-03-14	2001-0078	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	51593	678
2001-05-16	2001-0171	43	0,19	0,45	0,22	-	0,11	-	-	-	0,71	-	-	16809	246
2001-09-10	2001-0263	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15097	217
2001-11-27	2001-0453	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17346	251
2002-02-25	2002-0064	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	19650	281
2002-06-11	2002-0155	67	0,85	4,09	1,22	-	0,37	-	-	-	8,78	-	-	-	-
2002-09-20	2002-0276	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18555	275
2002-11-27	2002-0420	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18488	285

**Tafla 5.** Hóla 16. Styrkur efna í gufu.

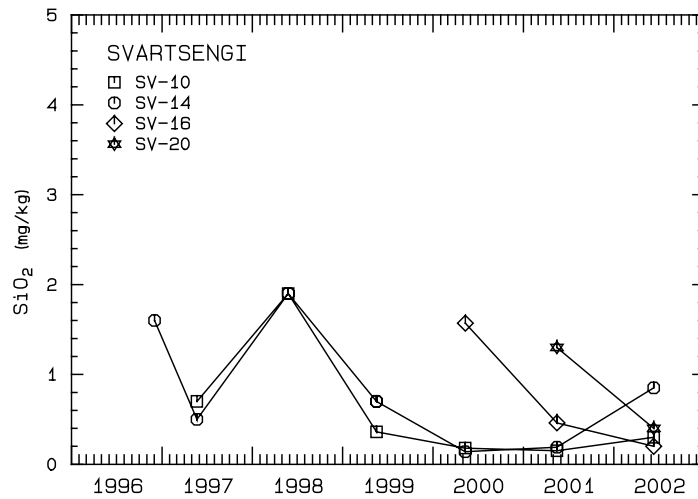
Dags.	Númer	Leiðni ( $\mu$ S/cm)	SiO <sub>2</sub> (mg/kg)	Na (mg/kg)	K (mg/kg)	Mg (mg/kg)	Ca (mg/kg)	Al (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Cl (mg/kg)	SO <sub>4</sub> (mg/kg)	Uppleyst (mg/kg)	CO <sub>2</sub> (mg/kg)	H <sub>2</sub> S (mg/kg)
1999-08-12	1999-0287	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	38734	430
1999-08-12	1999-0288	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	28194	363
1999-08-12	1999-0289	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	27053	355
1999-12-06	1999-0527	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	24160	300
2000-03-01	2000-0038	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25100	222
2000-03-07	2000-0044	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	24000	319
2000-05-11	2000-0149	177	1,57	1,25	0,32	0,015	0,36	0,010	0,045	0,026	2,17	0,9	36	27109	359
2000-09-07	2000-0303	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	24412	340
2000-11-29	2000-0485	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	23781	343
2001-03-14	2001-0080	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25226	353
2001-05-16	2001-0172	47	0,46	1,49	0,33	-	0,15	-	-	-	2,33	-	-	22711	348
2001-09-10	2001-0266	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	21872	319
2001-11-27	2001-0452	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	21478	319
2002-02-25	2002-0065	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25753	381
2002-06-11	2002-0153	38	0,2	0,06	<0,1	-	0,02	-	-	-	0,03	-	-	-	-
2002-09-20	2002-0277	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	26344	408
2002-11-27	2002-0417	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	27346	376

**Tafla 6.** Hóla 20. Styrkur efna í gufu.

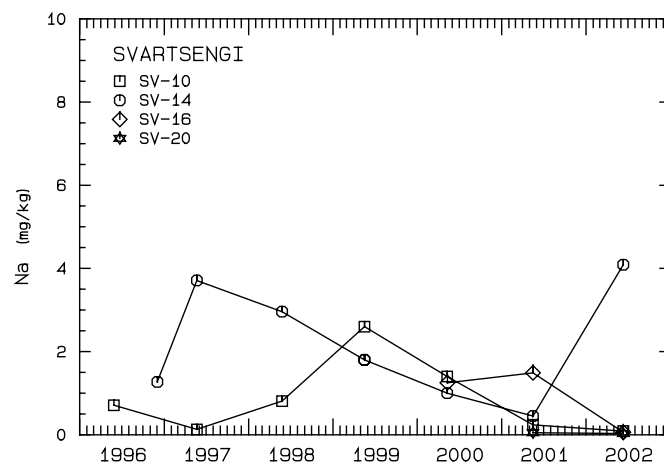
Dags.	Númer	Leiðni ( $\mu$ S/cm)	SiO <sub>2</sub> (mg/kg)	Na (mg/kg)	K (mg/kg)	Mg (mg/kg)	Ca (mg/kg)	Al (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Cl (mg/kg)	SO <sub>4</sub> (mg/kg)	Uppleyst (mg/kg)	CO <sub>2</sub> (mg/kg)	H <sub>2</sub> S (mg/kg)
2001-03-29	2001-0091	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22284	407
2001-05-16	2001-0173	37	1,3	0,05	0,09	-	0,04	-	-	-	0,05	-	-	17621	337
2001-09-10	2001-0265	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11751	215
2001-11-27	2001-0451	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18800	346
2002-02-25	2002-0066	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20068	372
2002-06-11	2002-0154	42	0,4	0,03	< 0,05	-	0,04	-	-	-	0,02	-	-	-	-
2002-09-20	2002-0278	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20704	398
2002-11-27	2002-0419	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	21581	402



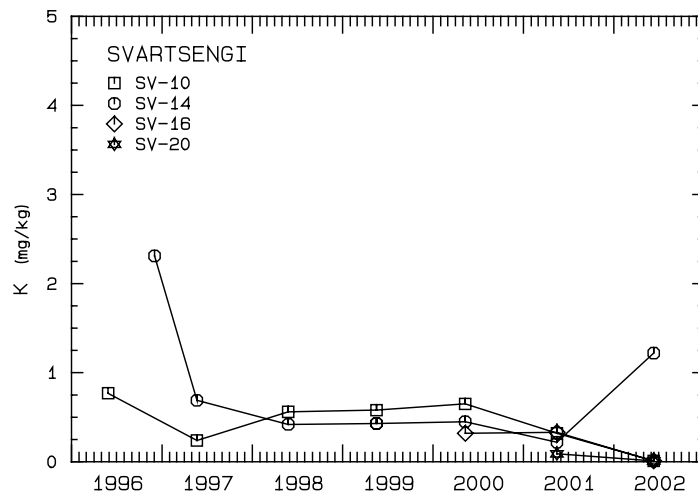
Mynd 18. Leiðni þéttvatns.



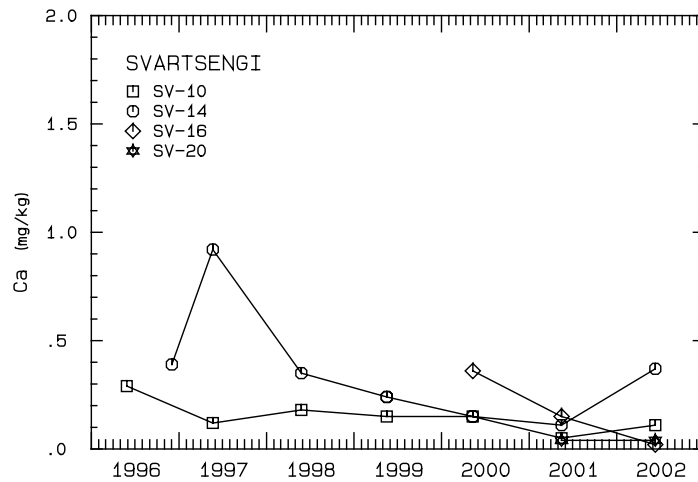
Mynd 19. Styrkur kísils í þéttvatni.



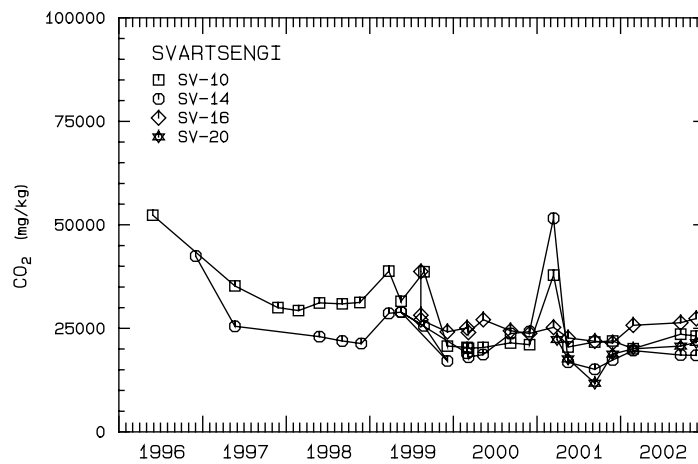
Mynd 20. Styrkur natríums í þéttvatni.



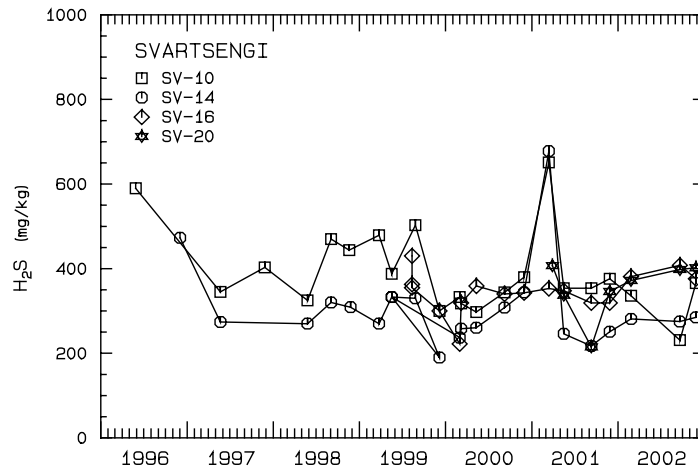
Mynd 21. Styrkur kalíums í þéttvatni.



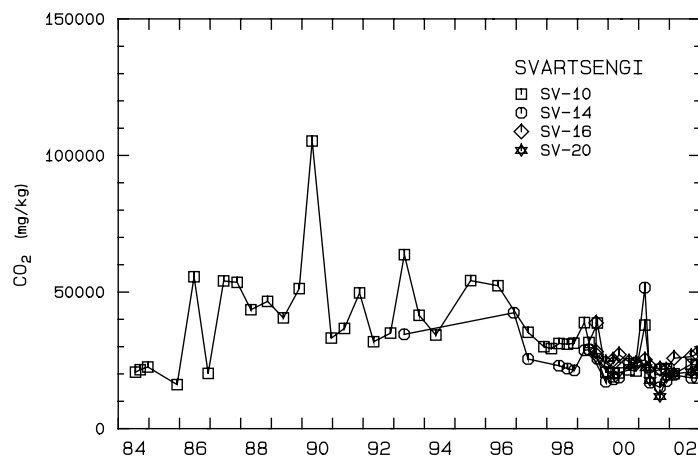
Mynd 22. Styrkur kalsíums í þéttvatni.



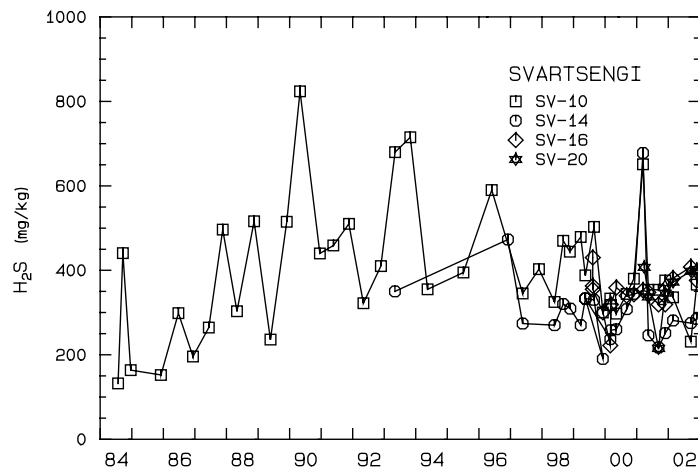
Mynd 23. Styrkur koldíoxíðs í gufu.



Mynd 24. Styrkur brennisteinsvetnis í gufu.



Mynd 25. Styrkur koldíoxíðs í gufu, 1984–2002.



Mynd 26. Styrkur brennisteinsvetnis í gufu, 1984–2002.

## 4. GUFUGÆÐI

Við rekstur gufuhverfla í orkuverum skiptir máli að þekkja ýmsa eiginleika gufunnar, s.s. gasinnihald og meðburð og hefur þessi þáttur í efnavöktun hjá Hitaveitu Suðurnesja farið vaxandi.

### 4.1. Gas í gufu úr borholum

Töflur 7 og 8 sýna styrk gass í gufu, reiknaðan sem hundraðshluta þyngdar við 5,5 bar-a skiljuþrýsting, í vinnsluholum í Svartsengi. Í töflu 7 er sýndur styrkur gass úr holum 7, 8, 9, 11, 12, 18 og 19, en tafla 8 sýnir gasstyrk í holum 10, 14, 16 og 20. Á myndum 27 og 28 eru niðurstöður úr töflum 7 og 8 sýndar. Þar sést glögg að styrkur gass úr holum 7, 8, 9, 11, 12, 18 og 19 (mynd 27) er á bilinu 0,15 til 0,4 %-þyngdar, en u.þ.b. 2 %-þyngdar í holum 10, 14, 16 og 20 (mynd 28), eða rétt um 10 sinnum hærrí. Breytingar í gasstyrk, sem fram koma á þessum myndum, endurspeгла að sjálfsögðu þær breytingar sem koma fram á myndum 12 og 23, en þær sýna styrk koldíoxíðs í djúpvatni úr holum 7, 8, 9, 11, 12, 18 og 19 annars vegar og í gufu úr holum 10, 14, 16 og 20 hins vegar.

Myndir 29 og 30 sýna styrk gass í gufu, reiknaðan á sama hátt og að ofan greinir, en fyrir tímabilið 1980 til ársloka 2002.

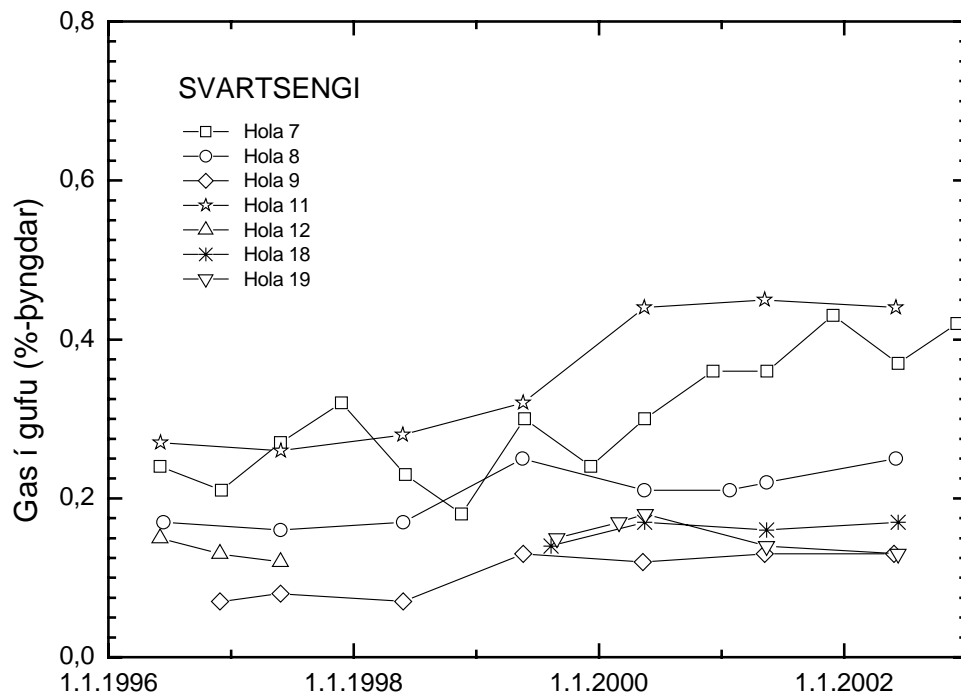
**Tafla 7.** Gas í gufu, %-þyngdar. Skiljuþrýstingur 5,5 bar-a. Holur 7, 8, 9, 11, 12, 18 og 19.

Hóla 7			Hóla 8			Hóla 9		
Dags.	Númer	% Gas	Dags.	Númer	% Gas	Dags.	Númer	% Gas
1996-06-03	1996-0111	0,24	1996-06-13	1996-0125	0,17	1996-11-28	1996-0530	0,07
1996-12-02	1996-0546	0,21	1997-05-27	1997-0281	0,16	1997-05-27	1997-0282	0,08
1997-05-28	1997-0284	0,27	1998-05-28	1998-0320	0,17	1998-05-28	1998-0321	0,07
1997-11-25	1997-0742	0,32	1999-05-18	1999-0142	0,25	1999-05-20	1999-0145	0,13
1998-06-03	1998-0327	0,23	2000-05-15	2000-0170	0,21	2000-05-11	2000-0152	0,12
1998-11-18	1998-0591	0,18	2001-01-25	2001-0021	0,21	2001-05-09	2001-0163	0,13
1999-05-25	1999-0148	0,30	2001-05-14	2001-0166	0,22	2002-05-29	2002-0136	0,13
1999-12-08	1999-0530	0,24	2002-06-04	2002-0140	0,25			
2000-05-16	2000-0172	0,30						
2000-12-06	2000-0517	0,36						
2001-05-15	2001-0169	0,36						
2001-11-28	2001-0462	0,43						
2002-06-10	2002-0148	0,37						
2002-12-02	2002-0452	0,42						
Hóla 11			Hóla 12					
Dags.	Númer	% Gas	Dags.	Númer	% Gas			
1996-06-04	1996-0116	0,27	1996-06-03	1996-0112	0,15			
1997-05-29	1997-0285	0,26	1996-11-28	1996-0531	0,13			
1998-05-27	1998-0312	0,28	1997-05-28	1997-0283	0,12			
1999-05-20	1999-0144	0,32						
2000-05-15	2000-0169	0,44						
2001-05-09	2001-0162	0,45						
2002-06-04	2002-0139	0,44						
Hóla 18			Hóla 19					
Dags.	Númer	% Gas	Dags.	Númer	% Gas			
1999-08-11	1999-0281	0,14	1999-08-26	1999-0300	0,15			
2000-05-16	2000-0171	0,17	2000-03-01	2000-0042	0,17			
2001-05-14	2001-0164	0,16	2000-05-18	2000-0191	0,18			
2002-06-10	2002-0149	0,17	2001-05-14	2001-0165	0,14			
			2002-06-10	2002-0150	0,13			

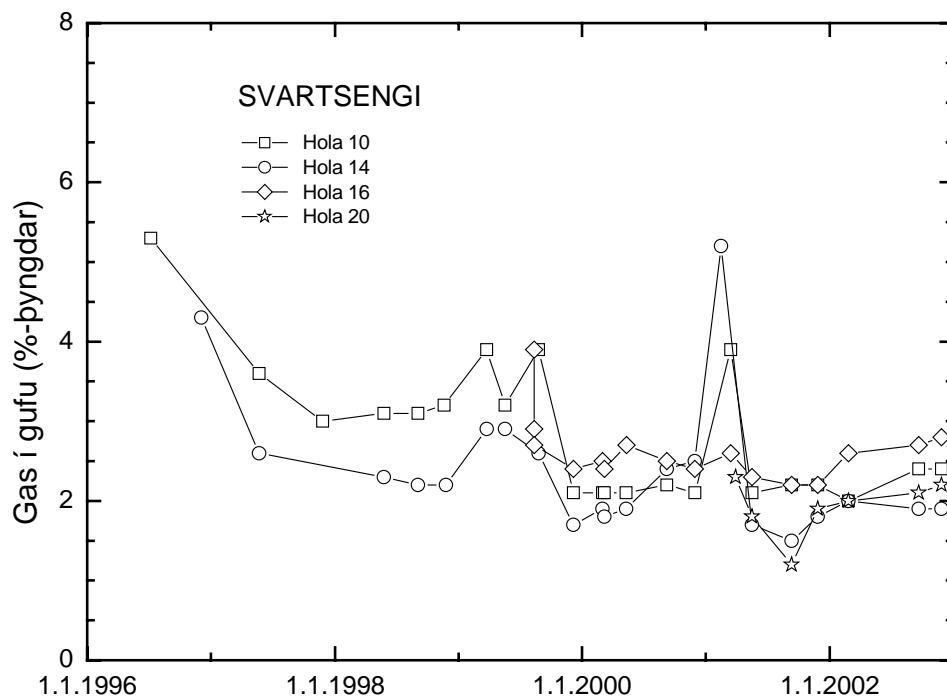
**Tafla 8.** Gas í gufu, %-þyngdar. Skiljuþrýstingur 5,5 bar-a. Holur 10, 14, 16, og 20.

<b>Hola 10</b>			<b>Hola 14</b>			<b>Hola 16</b>		
<b>Dags.</b>	<b>Númer</b>	<b>% Gas</b>	<b>Dags.</b>	<b>Númer</b>	<b>% Gas</b>	<b>Dags.</b>	<b>Númer</b>	<b>% Gas</b>
1996-07-06	1996-0093	5,3	1996-12-02	1996-0545	4,3	1999-08-12	1999-0287	3,9
1997-05-22	1997-0262	3,6	1997-05-22	1997-0263	2,6	1999-08-12	1999-0288	2,9
1997-11-26	1997-0744	3,0	1998-05-26	1998-0311	2,3	1999-08-12	1999-0289	2,7
1998-05-26	1998-0310	3,1	1998-09-03	1998-0411	2,2	1999-12-06	1999-0527	2,4
1998-09-03	1998-0410	3,1	1998-11-25	1998-0595	2,2	2000-03-01	2000-0038	2,5
1998-11-19	1998-0593	3,2	1999-03-25	1999-0080	2,9	2000-03-07	2000-0044	2,4
1999-03-25	1999-0079	3,9	1999-05-18	1999-0141	2,9	2000-05-11	2000-0149	2,7
1999-05-18	1999-0140	3,2	1999-08-26	1999-0302	2,6	2002-09-07	2000-0303	2,5
1999-08-26	1999-0301	3,9	1999-12-06	1999-0528	1,7	2000-11-29	2000-0485	2,4
1999-12-06	1999-0526	2,1	2000-03-01	2000-0039	1,9	2001-03-14	2001-0080	2,6
2000-03-01	2000-0037	2,1	2000-03-07	2000-0045	1,8	2001-05-16	2001-0172	2,3
2000-03-07	2000-0043	2,1	2000-05-10	2000-0148	1,9	2001-09-10	2001-0266	2,2
2000-05-10	2000-0147	2,1	2000-09-07	2000-0304	2,4	2001-11-27	2001-0452	2,2
2000-09-07	2000-0302	2,2	2000-11-29	2000-0484	2,5	2002-02-25	2002-0065	2,6
2000-11-29	2000-0483	2,1	2001-03-14	2001-0078	5,2	2002-09-20	2002-0277	2,7
2001-03-14	2001-0079	3,9	2001-05-16	2001-0171	1,7	2002-11-27	2002-0417	2,8
2001-05-16	2001-0170	2,1	2001-09-10	2001-0263	1,5			
2001-09-10	2001-0264	2,2	2001-11-27	2001-0453	1,8			
2001-11-27	2001-0450	2,2	2002-02-25	2002-0064	2,0			
2002-02-25	2002-0063	2,0	2002-09-20	2002-0276	1,9			
2002-09-20	2002-0275	2,4	2002-11-27	2002-0420	1,9			
2002-11-27	2002-0418	2,4						
<b>Hola 20</b>								
<b>Dags.</b>	<b>Númer</b>	<b>% Gas</b>						
2001-03-29	2001-0091	2,3						
2001-05-16	2001-0173	1,8						
2001-09-10	2001-0265	1,2						
2001-11-27	2001-0451	1,9						
2002-02-25	2002-0066	2,0						
2002-09-20	2002-0278	2,1						
2002-11-27	2002-0419	2,2						

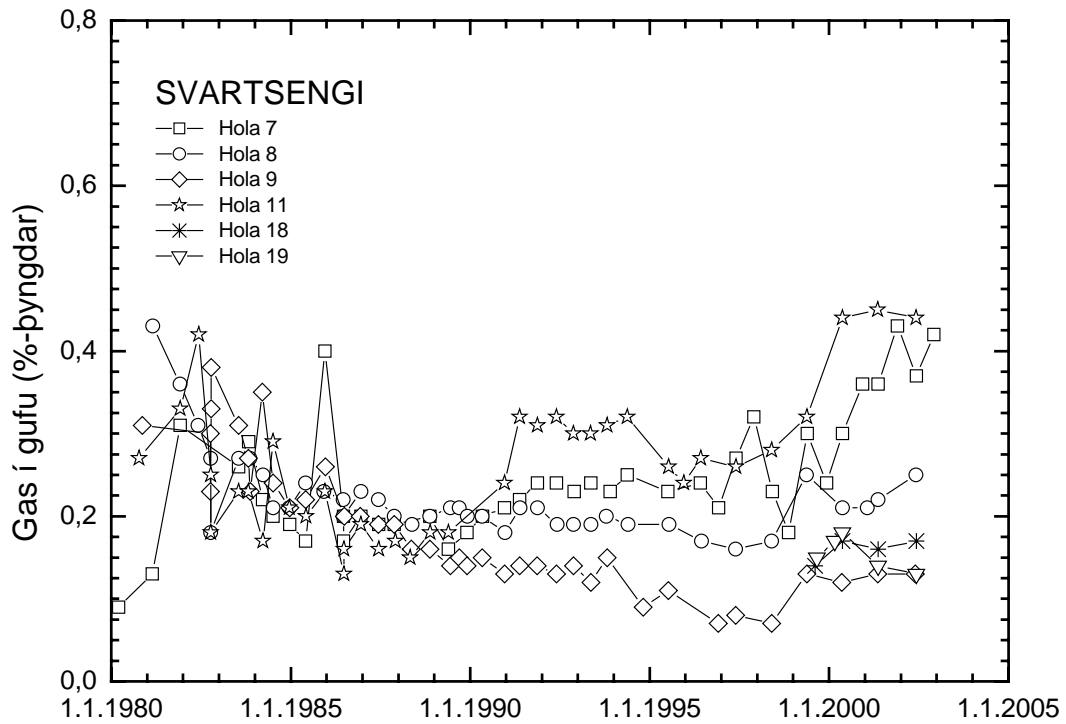




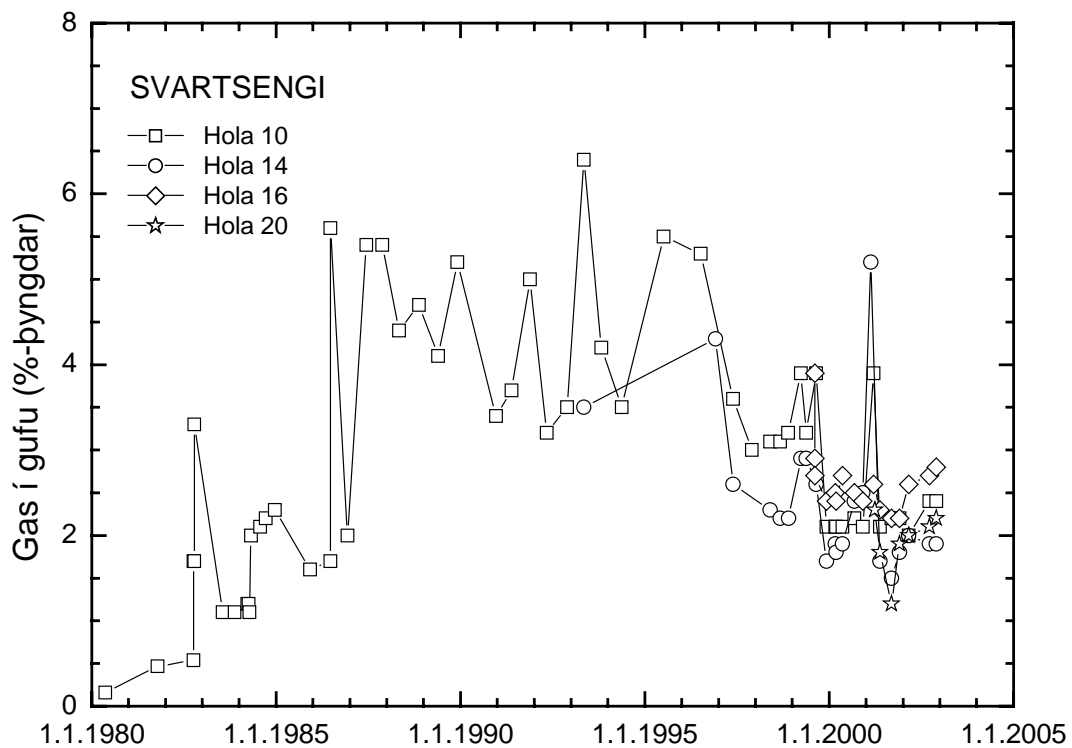
Mynd 27. Styrkur gass í gufu, 1996–2002.



Mynd 28. Styrkur gass í gufu, 1996–2002.



Mynd 29. Styrkur gass í gufu, 1980–2002.



Mynd 30. Styrkur gass í gufu, 1980–2002.

## 4.2. Gæði gufu í orkuverum

Á árinu 2000 bættist við nýr þáttur í efnaeftirlit í Svartsengi, en hann felst í því að reglulega er fylgst með efnastyrk í gufu og þéttivatni í orkuverunum. Í fyrstu var eftirlitið eingöngu bundið við orkuver 5, en síðar bættist orkuver 3 við og undir lok síðastliðins árs einnig orkuver 1. Eftirlitið fer þannig fram að tekin eru sýni af gufu og þéttivatni á völdum stöðum og styrkur nokkurra efna mældur. Í byrjun voru sýni tekin á u.þ.b. mánaðar fresti, en síðan varð breyting á og þau tekin annan hvern mánuð. Niðurstöður eru birtar jafnóðum á jarðhitavef Rannsóknasviðs Orkustofnunar (ROS): <http://www.os.is/ros/jardhitavefur/>. Hér að neðan eru niðurstöður sýndar fyrir eftirlit í orkuverum 5 og 3, og eru gögnin samhljóða þeim sem birt eru á vefnum. Helsta niðurstaða þessa þáttar efnavöktunar í Svartsengi er sú að gufan í orkuverum 3 og 5 er harla góð.

### Orkuver 5

Sýnatökustaðir í orkuveri 5 eru eftirfarandi:

Staður	Tilgangur
Gufulögn sunnan við dropasíuhús	Styrkur steinefna í þéttivatni/skriðvatni gefur upplýsingar um skiljunýtni fyrir dropasíur.
Gufulögn við inntak á hverfil	Gas í gufu greint og einnig steinefni í þéttivatni til að meta gæði gufunnar sem fer inn á hverfilinn.
Þéttivatnslögn við vesturvegg	Steinefni mæld í þéttivatni til að meta hreinleika gufunnar.

Ljósmyndir af sýnatökustöðum er að finna á jarðhitavef ROS. Niðurstöður efnagreininga eru sýndar í töflum 9, 10 og 11 og á myndum 31 til 39.

**Tafla 9. Efnastyrkur gufu og skriðvatns í gufulögn sunnan við Dropasíuhús**

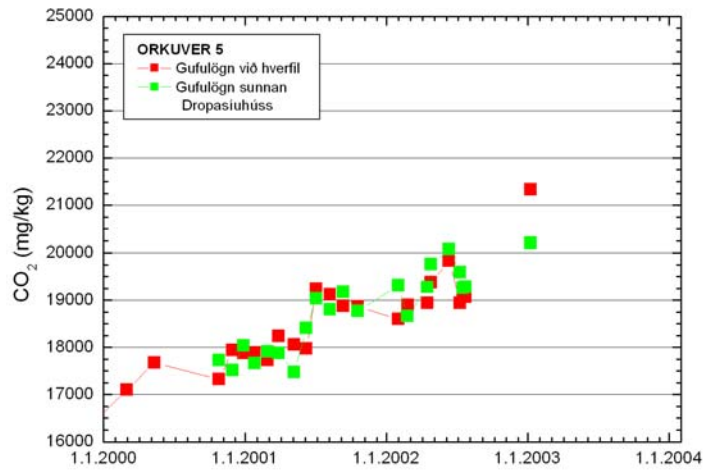
<b>ORKUVER 5</b>												
Gufulögn sunnan dropasíuhúss (styrkur efna í mg/kg, eðlisleiðni í $\mu\text{S}/\text{cm}$ v/25°C)												
Dags.	Tími	Númer	CO2	H2S	% gas	Leiðni	Na	K	Ca	NH4	SiO2	Fe
2000-10-25	15:15	2000-0408	17727	278	1,80	50	0,99	0,2	0,21	-	-	-
2000-11-29	21:00	2000-0488	17519	279	1,78	-	-	-	-	-	-	-
2000-12-28	12:15	2000-0522	18038	284	1,83	-	-	-	-	-	-	-
2001-01-25	13:00	2001-0017	17666	285	1,80	37	0,20	0,07	0,08	3,67	-	-
2001-02-28	13:45	2001-0068	17904	298	1,82	-	-	-	-	-	-	-
2001-03-29	13:45	2001-0082	17875	271	1,81	-	-	-	-	-	-	-
2001-05-07	13:50	2001-0151	17469	280	1,77	-	-	-	-	-	-	-
2001-06-08	13:30	2001-0180	18407	301	1,87	-	-	-	-	-	-	-
2001-07-03	12:50	2001-0198	19038	303	1,93	-	-	-	-	-	-	-
2001-08-08	12:50	2001-0215	18795	301	1,91	-	-	-	-	-	-	-
2001-09-11	12:45	2001-0269	19173	298	1,95	-	-	-	-	-	-	-
2001-10-19	12:30	2001-0343	18770	293	1,91	-	-	-	-	-	-	-
2002-01-31	12:45	2002-0028	19314	299	1,96	153	19,2	2,66	2,60	3,73	-	-
2002-02-25	15:00	2002-0067	18662	299	1,90	218	27,1	4,03	3,85	4,59	-	-
2002-04-17	13:15	2002-0118	19275	290	1,96	150	17	2,32	2,58	3,31	-	-
2002-04-26	11:45	2002-0126	19755	308	2,01	51	1,2	0,14	0,4	4,21	-	-
2002-06-12	11:45	2002-0157	20070	306	2,04	39	0,3	0,05	0,05	2,86	0,74	-
2002-07-10	14:15	2002-0168	19587	299	1,99	43	0,25	0,05	0,06	2,86	0,39	0,210
2002-07-17	12:30	2002-0178	19260	311	1,96	50	0,6	0,05	0,09	2,98	0,42	0,041
2002-07-24	13:30	2002-0188	19278	310	1,96	55	1,25	0,32	0,26	-	0,7	0,047
2002-08-08	14:00	2002-0191	-	-	-	51	1,18	0,19	0,25	-	0,39	0,034
2002-08-14	11:30	2002-0198	-	-	-	49	0,98	0,19	0,2	-	0,33	0,086
2002-08-18	12:30	2002-0237	-	-	-	44,7	0,97	0,2	0,15	-	-	0,07
2002-10-02	13:00	2002-0295	-	-	-	54,4	1,18	0,23	0,19	-	-	0,06
2002-10-09	10:30	2002-0317	-	-	-	64,4	2,56	0,46	0,36	-	-	0,31
2002-10-14	13:00	2002-0320	-	-	-	65,3	2,85	0,51	0,48	-	-	0,04
2002-10-24	11:15	2002-0335	-	-	-	111	7,53	1,35	1,41	-	-	0,1
2002-11-07	11:45	2002-0343	-	-	-	45,7	0,77	0,2	0,12	-	-	-
2003-01-08	13:00	2003-0003	20200	300	2,05	46	0,67	0,15	0,13	-	0,11	0,26

**Tafla 10. Efnastyrkur gufu og þéttvatns í gufulögn við inntak á hverfil.**

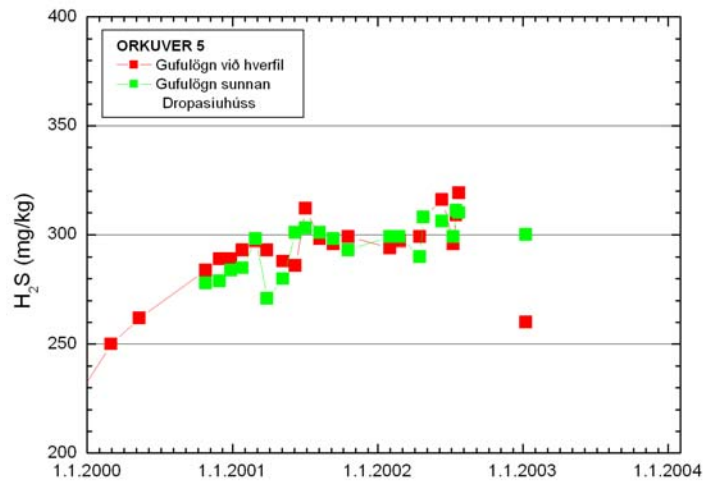
<b>ORKUVER 5</b>												
Inntak á hverfil (styrkur efna í mg/kg, eðlisleiðni í $\mu\text{S}/\text{cm}$ v/25°C)												
Dags.	Tími	Númer	CO2	H2S	% gas	Leiðni	Na	K	Ca	NH4	SiO2	Fe
2000-03-01	14:00	2000-0040	17100	250	1,74	-	-	-	-	-	-	-
2000-05-11	13:50	2000-0150	17673	262	1,79	-	-	-	-	-	-	-
2000-10-25	13:45	2000-0379	17321	284	1,76	-	-	-	-	-	-	-
2000-11-29	20:20	2000-0486	17940	289	1,82	-	-	-	-	-	-	-
2000-12-28	13:00	2000-0523	17876	289	1,82	-	-	-	-	-	-	-
2001-01-25	13:50	2001-0019	17888	293	1,82	-	-	-	-	-	-	-
2001-02-28	14:00	2001-0069	17727	297	1,80	-	-	-	-	-	-	-
2001-03-29	14:30	2001-0084	18234	293	1,85	-	-	-	-	-	-	-
2001-05-07	13:30	2001-0153	18062	288	1,84	-	-	-	-	-	-	-
2001-06-08	12:45	2001-0181	17970	286	1,83	-	-	-	-	-	-	-
2001-07-03	13:20	2001-0200	19238	312	1,96	-	-	-	-	-	-	-
2001-08-08	13:20	2001-0217	19116	298	1,94	-	-	-	-	-	-	-
2001-09-11	13:15	2001-0271	18873	296	1,92	-	-	-	-	-	-	-
2001-10-19	13:00	2001-0345	18863	299	1,92	-	-	-	-	-	-	-
2002-01-31	13:20	2002-0030	18600	294	1,89	-	-	-	-	-	-	-
2002-02-25	16:00	2002-0069	18896	297	1,92	-	-	-	-	-	-	-
2002-04-17	13:45	2002-0120	18940	299	1,92	-	-	-	-	-	-	-
2002-04-26	12:30	2002-0128	19375	308	1,97	-	-	-	-	-	-	-
2002-06-12	12:30	2002-0158	19830	316	2,01	40	0,04	0,05	0,04	2,74	0,2	-
2002-07-10	15:45	2002-0170	18942	296	1,92	38	0,05	0,05	0,03	2,66	0,3	0,048
2002-07-17	14:00	2002-0180	19137	309	1,94	42	0,04	0,05	0,02	2,65	0,1	0,031
2002-07-24	15:00	2002-0190	19069	319	1,94	36	0,07	0,03	0,03	-	0,14	0,018
2002-08-08	15:30	2002-0193	-	-	-	40	0,06	0,03	0,03	-	0,16	0,092
2002-08-14	12:45	2002-0200	-	-	-	42	0,07	0,03	0,03	-	0,12	0,062
2002-09-18	13:30	2002-0239	-	-	-	40	0,07	0,02	0,01	-	< 0,1	0,040
2002-10-02	14:30	2002-0297	-	-	-	43	0,13	0,03	0,02	-	< 0,1	0,060
2002-10-09	11:30	2002-0319	-	-	-	42	0,1	0,06	0,05	-	< 0,1	0,200
2002-10-14	14:30	2002-0322	-	-	-	42,7	0,07	0,03	0,01	-	< 0,01	0,030
2002-10-24	12:00	2002-0337	-	-	-	43	0,08	0,06	0,06	-	0,13	0,030
2002-11-07	13:30	2002-0345	-	-	-	33,8	0,08	0,06	0,02	-	0,11	0,050
2003-01-08	13:45	2003-0005	21330	260	2,16	37	0,07	0,04	0,04	-	< 0,1	0,140

**Tafla 11.** Efnastyrkur þéttivatns í þéttivatnslögn við vesturvegg.

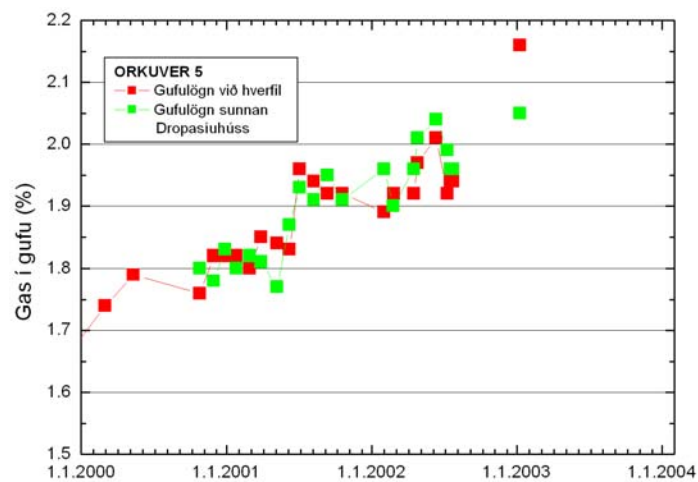
<b>ORKUVER 5</b>									
Þéttivatnslögn (styrkur efna í mg/kg, eðlisleiðni í $\mu\text{S/cm}$ v/25°C)									
Dags.	Tími	Númer	Leiðni	Na	K	Ca	NH4	SiO2	Fe
2000-03-01	15:00	2000-0041	30	0,15	0,26	0,01	3,50	-	-
2000-05-11	14:15	2000-0151	30	0,08	0,07	0,04	-	-	-
2000-10-25	14:30	2000-0407	28	0,07	0,02	0,04	-	-	-
2000-11-29	20:50	2000-0487	29	0,11	0,07	0,03	3,27	-	-
2000-12-28	13:15	2000-0524	26	0,08	0,04	0,03	3,79	-	-
2001-01-25	13:30	2001-0018	28	0,09	0,02	0,02	3,76	-	-
2001-02-28	13:15	2001-0067	29	0,06	0,02	0,03	4,04	-	-
2001-03-29	14:00	2001-0083	30	0,08	0,04	0,04	3,67	-	-
2001-05-07	13:20	2001-0152	29	0,11	0,09	0,13	3,63	-	-
2001-06-08	12:15	2001-0179	29	0,09	0,07	0,05	3,55	-	-
2001-07-03	13:10	2001-0199	30	0,03	0,01	0,05	3,43	-	-
2001-08-08	13:10	2001-0216	30	0,05	0,01	0,01	3,51	-	-
2001-09-11	13:00	2001-0270	28	0,09	0,01	0,15	3,94	-	-
2001-10-19	12:45	2001-0344	28	0,06	0,01	0,03	3,86	-	-
2002-01-31	13:00	2002-0029	27	0,08	0,01	0,02	3,80	-	-
2002-02-25	15:30	2002-0068	26	0,04	0,01	0,01	3,98	-	-
2002-04-17	13:30	2002-0119	28	0,05	0,01	0,04	4,01	-	-
2002-04-26	12:15	2002-0127	28	0,06	0,01	0,03	4,08	-	-
2002-06-12	11:30	2002-0156	26	0,03	0,05	0,03	2,77	0,14	-
2002-07-10	15:00	2002-0169	27	0,03	0,05	0,04	2,74	0,06	0,022
2002-07-17	13:00	2002-0179	29	0,03	0,05	0,03	2,67	0,05	0,025
2002-07-24	14:15	2002-0189	29	0,07	0,01	0,03	-	0,04	0,022
2002-08-08	14:45	2002-0192	31	0,07	0,01	0,02	-	0,12	0,024
2002-08-14	12:00	2002-0199	30	0,07	0,01	0,02	-	0,1	0,024
2002-09-18	13:00	2002-0238	30,7	0,11	0,01	0,01	-	-	0,040
2002-10-02	13:45	2002-0296	28,9	0,11	0,01	0,01	-	-	0,030
2002-10-09	11:00	2002-0318	29	0,07	0,01	< 0,01	-	-	0,030
2002-10-14	13:30	2002-0321	28,6	0,08	0,01	< 0,01	-	-	0,030
2002-10-24	11:45	2002-0336	29,5	0,07	0,01	< 0,01	-	-	0,030
2002-11-07	13:00	2002-0344	27,9	0,08	0,01	< 0,01	-	-	-
2003-01-08	13:30	2003-0004	28	0,08	0,01	0,04	-	0,05	0,020



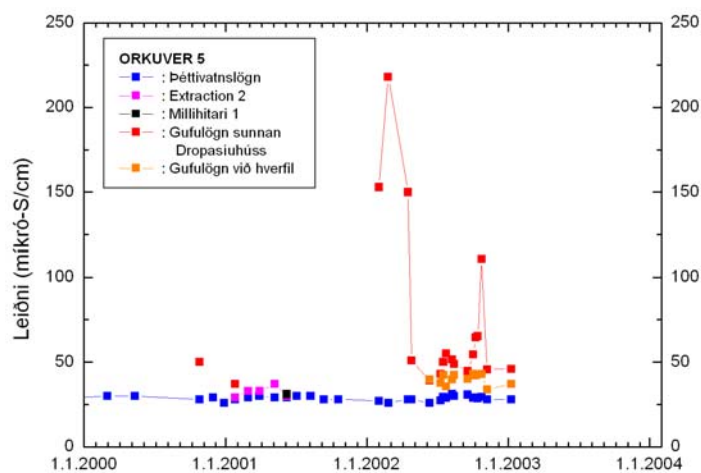
Mynd 31. Styrkur koldíoxíðs í gufu.



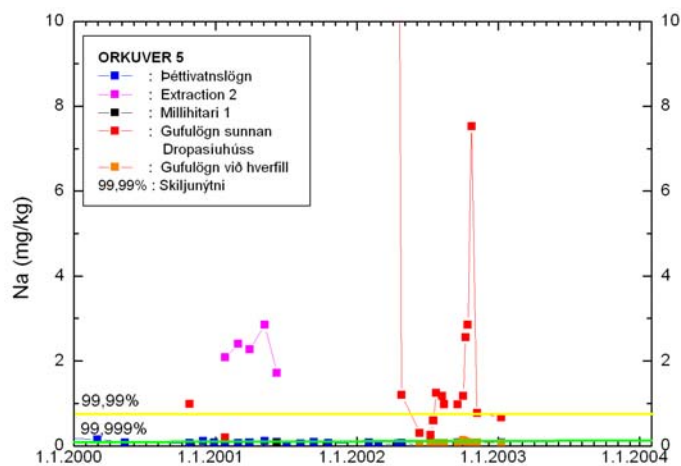
Mynd 32. Styrkur brennisteinsvetnis í gufu.



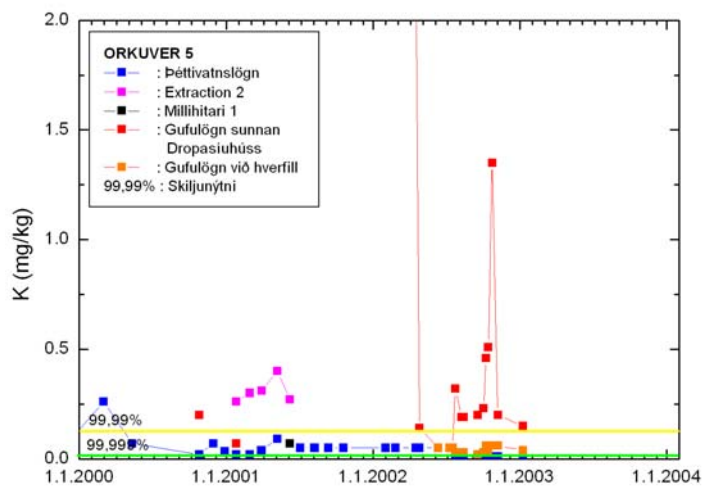
Mynd 33. Gas í gufu (% þyngdar).



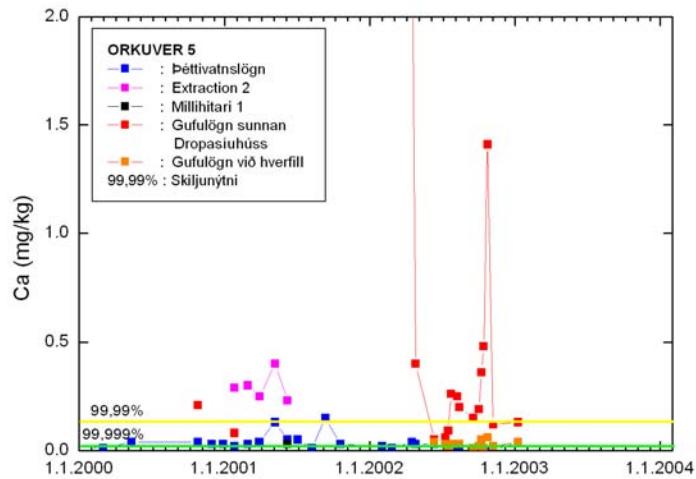
Mynd 34. Eðlisleiðni þéttvatns/skriðvatns.



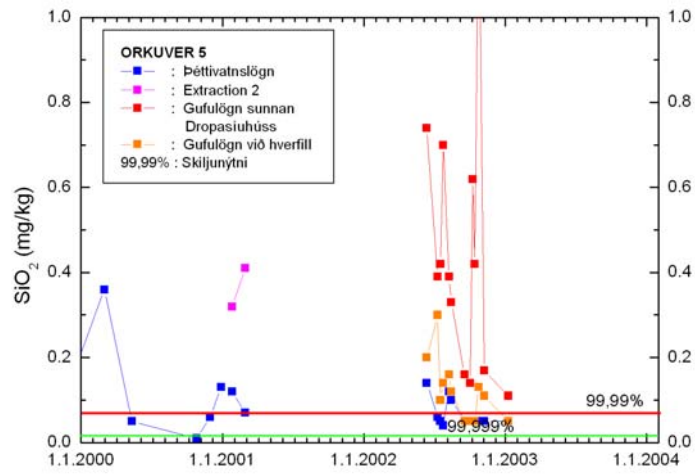
Mynd 35. Styrkur natríums í þéttvatni/skriðvatni.



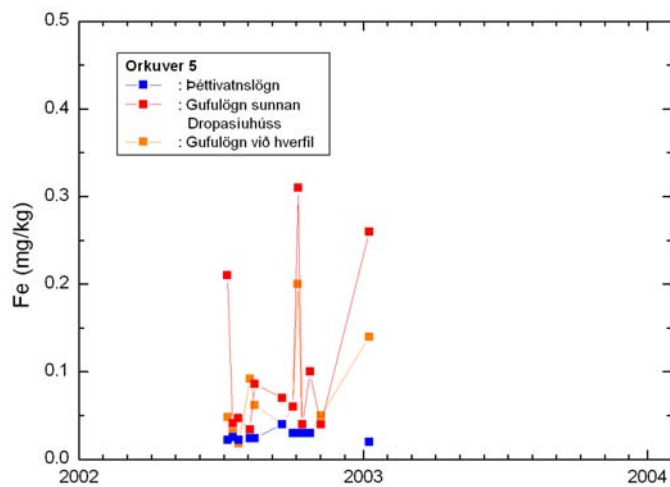
Mynd 36. Styrkur kalíums í þéttvatni/skriðvatni.



Mynd 37. Styrkur kalsíums í þéttivatni/skriðvatni.



Mynd 38. Styrkur kísils í þéttivatni/skriðvatni.



Mynd 39. Styrkur járns í þéttivatni/skriðvatni.



### Orkuver 3

Sýnatökustaðir í orkuveri 3 eru eftirfarandi:

Staður	Tilgangur
Gufulögn við inntak á hverfil	Gas í gufu greint og einnig steinefni í þéttivatni til að meta gæði gufunnar sem fer inn á hverfilinn.
Bakprýstilögn norðan við stöðvarhús	Steinefni mæld í þéttivatni til að meta hreinleika gufunnar.

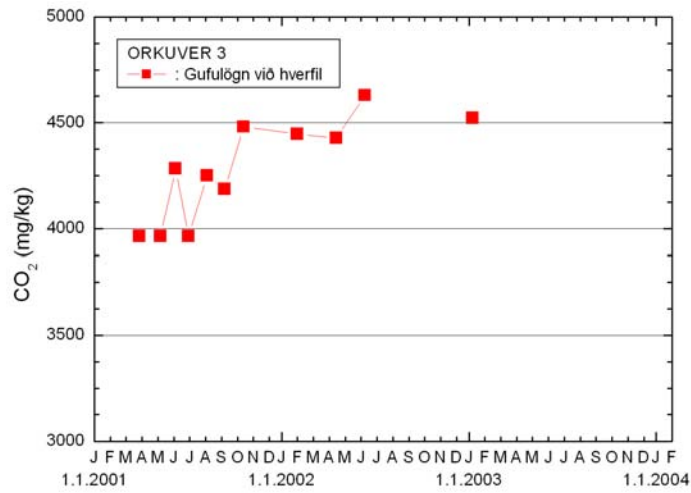
Ljósmyndir af sýnatökustöðum er að finna á jarðhitavef ROS. Niðurstöður efnagreininga eru sýndar í töflum 12 og 13 og á myndum 40 til 48.

**Tafla 12.** Efnastyrkur gufu og þéttivats í gufulögn við inntak á hverfil.

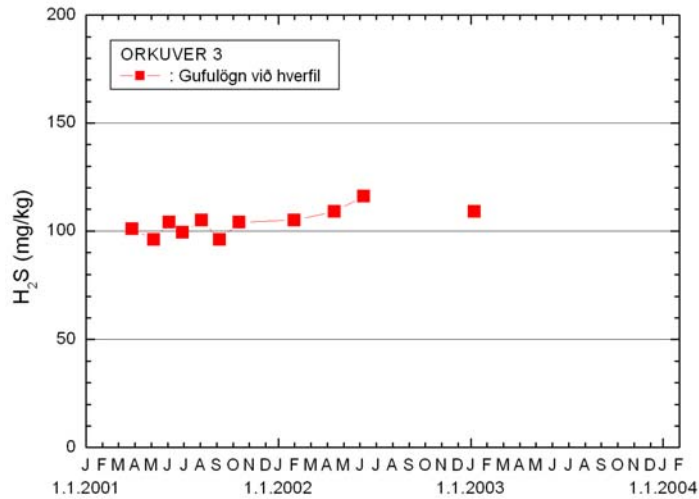
ORKUVER 3												
Gufulögn við inntak á hverfil (eðlisleiðni í $\mu\text{S/cm}$ v/25°C; efnastyrkur í mg/kg)												
Dags.	Tími	Númer	CO2	H2S	% gas	Leiðni	SiO2	Na	K	Ca	Fe	NH4
2001-03-29	16:00	2001-0086	3965	101	0,41	-	-	-	-	-	-	-
2001-05-09	12:00	2001-0160	3965	96	0,41	-	-	-	-	-	-	-
2001-06-08	14:15	2001-0184	4283	104	0,44	-	-	-	-	-	-	-
2001-07-03	14:10	2001-0201	3966	99	0,41	-	-	-	-	-	-	-
2001-08-08	14:00	2001-0218	4250	105	0,44	-	-	-	-	-	-	-
2001-09-11	11:15	2001-0267	4187	96	0,43	-	-	-	-	-	-	-
2001-10-19	11:15	2001-0341	4481	104	0,46	-	-	-	-	-	-	-
2002-01-31	14:00	2002-0031	4447	105	0,46	-	-	-	-	-	-	-
2002-04-17	14:30	2002-0121	4428	109	0,45	-	-	-	-	-	-	-
2002-06-12	13:15	2002-0159	4630	116	0,47	38,8	-	0,97	0,73	0,15	-	2,98
2002-08-09	11:00	2002-0194	-	-	-	37,5	0,28	0,49	0,08	0,08	0,089	-
2002-10-02	16:30	2002-0299	-	-	-	44,8	< 0,1	0,53	0,09	0,09	0,04	-
2003-01-08	15:00	2003-0007	4522	109	0,46	36	0,17	0,76	0,18	0,16	0,06	-

**Tafla 13.** Efnastyrkur þéttivats í bakprýstilögn.

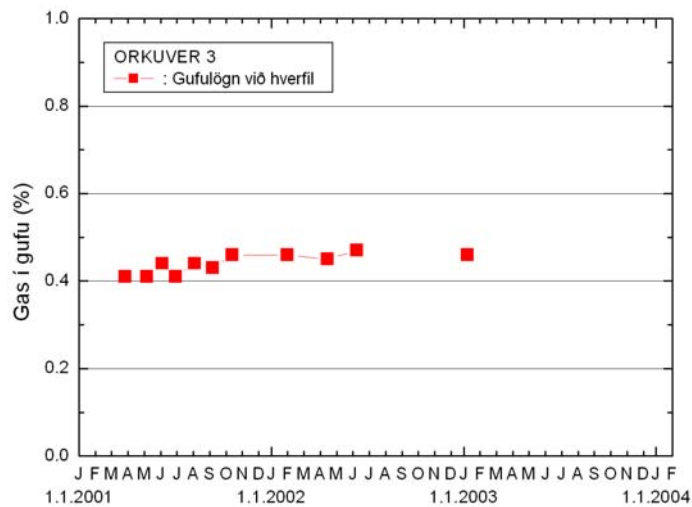
ORKUVER 3									
Bakprýstilögn (eðlisleiðni í $\mu\text{S/cm}$ v/25°C; efnastyrkur í mg/kg)									
Dags.	Tími	Númer	Leiðni	SiO2	Na	K	Ca	Fe	NH4
2001-03-29	17:15	2001-0088	33	-	2,94	0,45	0,52	-	1,23
2001-05-09	12:50	2001-0161	37	-	3,36	0,5	0,83	-	1,26
2001-06-08	14:30	2001-0185	39	-	3,8	0,56	0,62	-	1,25
2001-07-03	14:30	2001-0202	35	-	3,15	0,43	0,45	-	1,11
2001-08-08	14:15	2001-0219	37	-	0,35	0,06	0,15	-	3,3
2001-09-11	11:30	2001-0268	31	-	2,71	0,49	0,52	-	1,42
2001-10-19	11:45	2001-0342	36	-	2,89	0,46	0,48	-	1,21
2002-01-31	14:15	2002-0032	29	-	2,42	0,32	0,27	-	1,37
2002-04-17	14:45	2002-0122	32	-	3,12	0,47	0,48	-	1,62
2002-06-12	13:45	2002-0160	36,5	-	3,22	0,74	0,53	-	3,06
2002-08-09	12:00	2002-0195	41	0,47	3,87	0,64	0,63	0,165	-
2002-10-02	17:00	2002-0300	33,8	0,11	2,92	0,5	0,52	0,19	-
2003-01-08	15:45	2003-0008	34	0,28	3,18	0,62	0,56	0,27	-



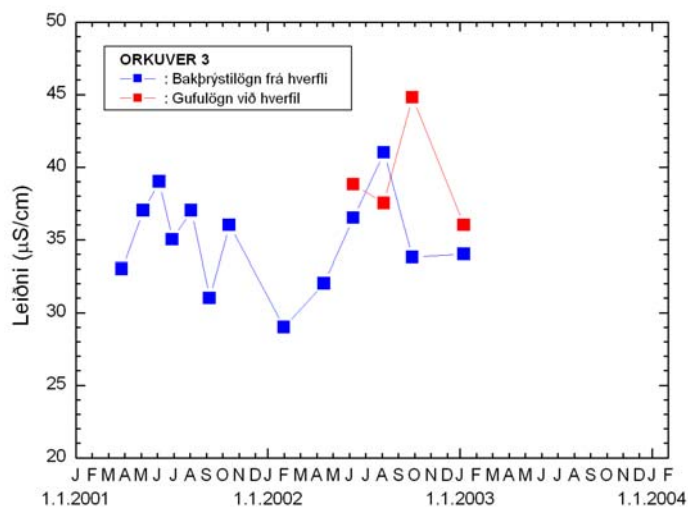
**Mynd 40.** Styrkur koldíoxíðs í gufu.



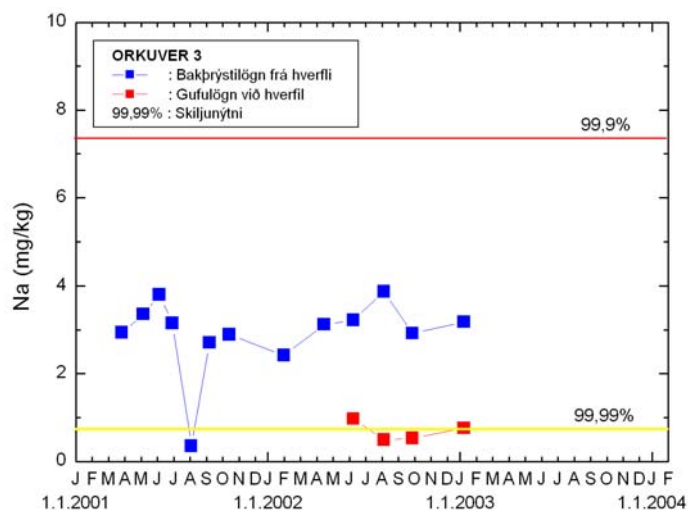
**Mynd 41.** Styrkur brennisteinsvetnis í gufu.



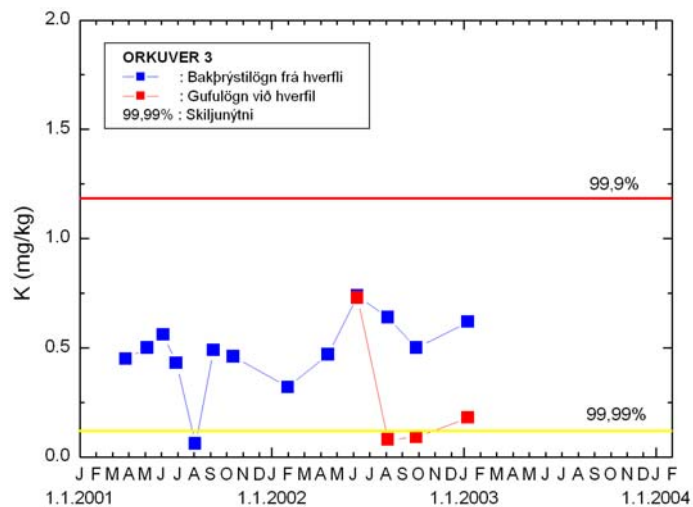
**Mynd 42.** Gas í gufu (% þyngdar).



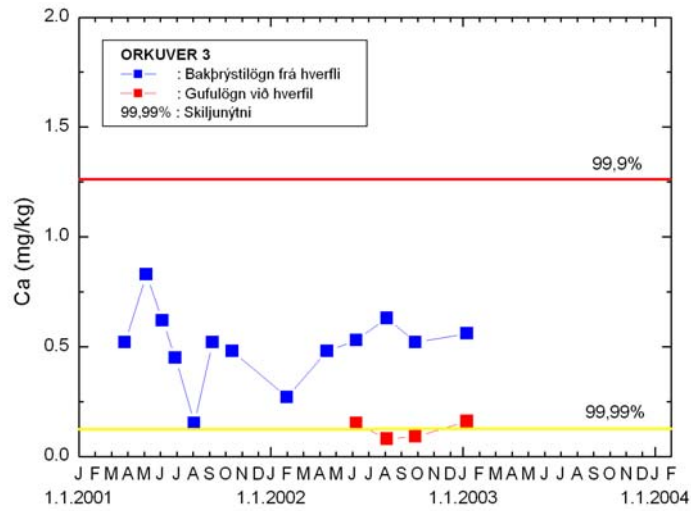
Mynd 43. Eðlisleiðni í þéttvatni/skriðvatni.



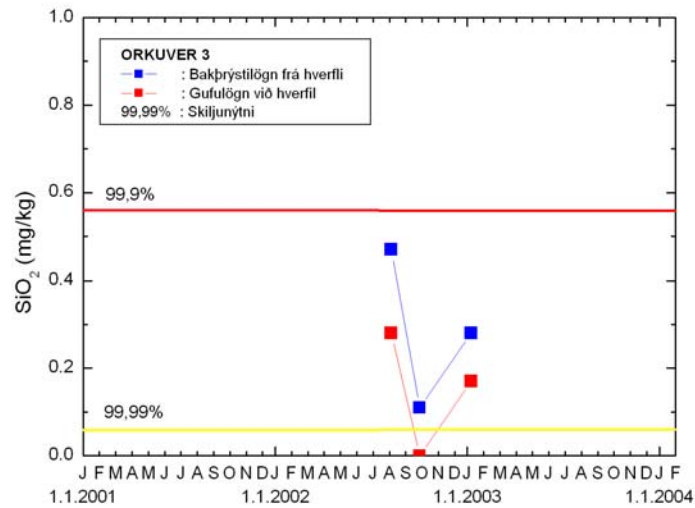
Mynd 44. Styrkur natríums í þéttvatni/skriðvatni.



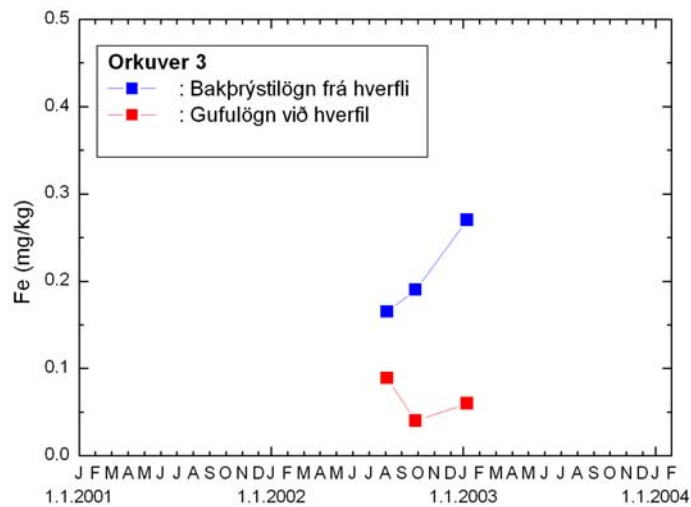
Mynd 45. Styrkur kalíums í þéttvatni/skriðvatni.



**Mynd 46.** Styrkur kalsíums í þéttivatni/skriðvatni.



**Mynd 47.** Styrkur kísils í þéttivatni/skriðvatni.



**Mynd 48.** Styrkur járnns í þéttivatni/skriðvatni.

## 5. HITAVEITUVATN

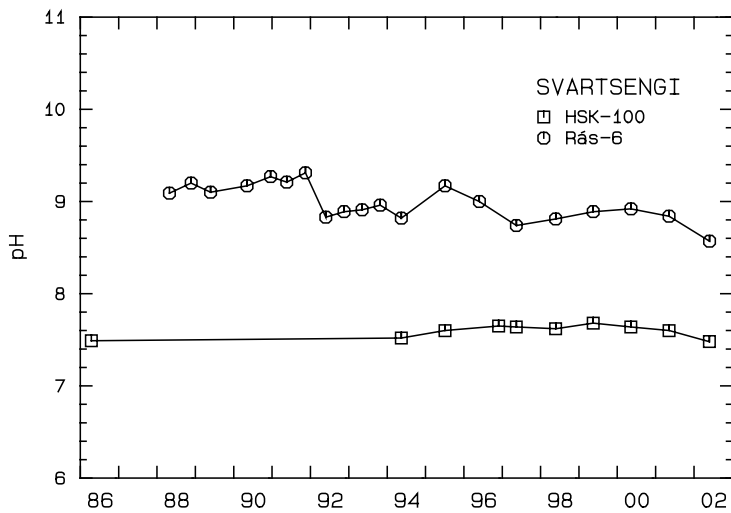
Hitaveita Suðurnesja dælir köldu grunnvatni úr vatnsbóli í Lágum (HSK-100) og hita það upp í orkuverum í Svartsengi, þaðan sem því dreift um Suðurnes. Orkustofnun hefur fylgst með efnasamsetningu kalda grunnvatnsins í HSK-100 og heita vatnsins sem dælt er frá Svartsengi út á dreifikerfið. Framan af voru sýni oft tekin tvisvar á ári, vor og haust, en frá árinu 1994 hefur verið talið nægilegt að taka sýni einu sinni, og hafa þau verið tekin að vori. Sýni eru tekin í dæluhúsi í Lágum (HSK-100) og úr rás 6 í orkuveri 2. Niðurstöður efnagreininga frá þessum tveimur stöðum eru sýndar í töflum 14 (Gjá í Lágum, HSK-100) og 15 (Rás 6, orkuver 2). Myndir 49 til 53 sýna sýrustig (pH), eðlisleiðni og styrk klóríðs, kísils og kalsíums í vatni frá ofangreindum stöðum á tímabilinu 1986 til 2002. Myndirnar sýna glögg áhrif íblöndunar gufu í vatnið, sem veldur þynningu og lækkun steinefna, og síðan afloftunar þar sem sýrustigið hækkar um 1 til 1,5 pH einingu. Ekki er unnt að merkja marktækar breytingar á efnasamsetningu kalda eða upphita vatnsins á tímabilinu 1996 til 2002, en á árunum þar á undan jókst selta vatnsins lítillega, líklega vegna aðstreymis saltara vatns samfara aukinni dælingu úr svæðinu.

**Tafla 14.** Efnasamsetning vatns úr Gjá í Lágum, HSK-100, mg/kg.

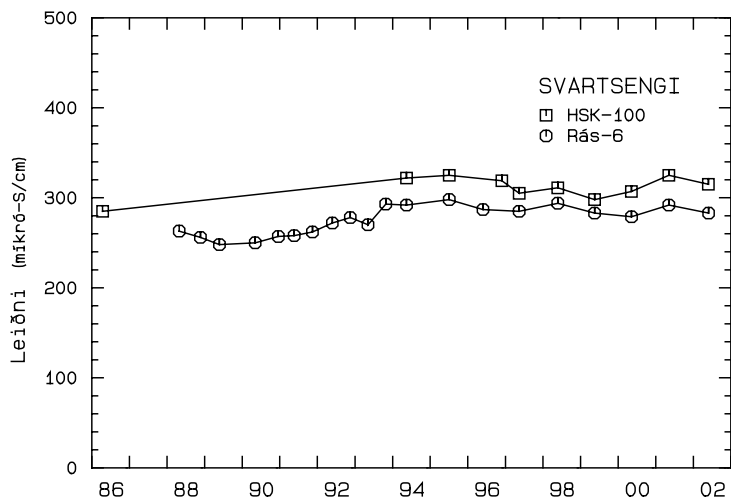
Dags.	1996-11-27	1997-05-15	1998-05-25	1999-05-17	2000-05-09	2001-05-08	2002-05-27
Númer	1996-0528	1997-0239	1998-0308	1999-0138	2000-0145	2001-0158	2002-0134
Hiti (°C)	-	5,7	5,0	4,9	4,9	4,8	4,9
Sýrustig (pH/°C)	7,65 / 21,3	7,64 / 21,8	7,62 / 23,7	7,68 / 22,7	7,64 / 22,5	7,60 / 22,6	7,48 / 23,8
Leiðni (µS/cm v/25°C)	319	305	311	298	307	325	315
Karbónat (CO <sub>2</sub> )	14,0	13,9	17,6	18,0	18,0	19,2	23,6
Brennisteinsvetni (H <sub>2</sub> S)	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03
Bór (B)	0,03	0,03	0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Kísill (SiO <sub>2</sub> )	14,0	13,6	13,8	15,5	13,3	14,7	14,4
Natríum (Na)	36,1	35,5	36,9	35,5	35,3	38,4	37,8
Kalíum (K)	1,49	1,45	1,52	1,49	1,48	1,52	1,49
Magnesium (Mg)	7,52	6,74	7,25	6,98	6,94	7,45	7,56
Kalsíum (Ca)	8,52	8,25	8,26	8,12	8,28	8,75	8,35
Flúoríð (F)	0,12	0,06	0,06	0,08	0,06	0,07	0,07
Klóríð (Cl)	75,0	72,7	71,2	69,4	69,6	74,0	73,4
Brómíð (Br)	0,24	0,23	0,24	0,25	0,22	0,25	0,25
Nítrat (NO <sub>3</sub> )	0,23	0,32	0,23	0,34	0,35	0,34	0,29
Súlfat (SO <sub>4</sub> )	9,90	10,1	9,67	9,75	9,66	9,96	9,85
Ál (Al)	0,0390	0,0045	0,0081	0,0067	0,0051	0,0066	0,0040
Mangan (Mn)	0,0002	0,0002	-	0,0019	0,0005	-	-
Járn (Fe)	0,0123	0,3460	0,0684	0,0640	0,0138	0,0322	0,0177
Sínk (Zn)	0,027	0,036	0,017	0,019	0,012	0,030	0,035
Uppleyst efni	169	177	166	179	181	169	172

**Tafla 15.** Efnasamsetning vatns, rás 6 í orkuveri 2, mg/kg.

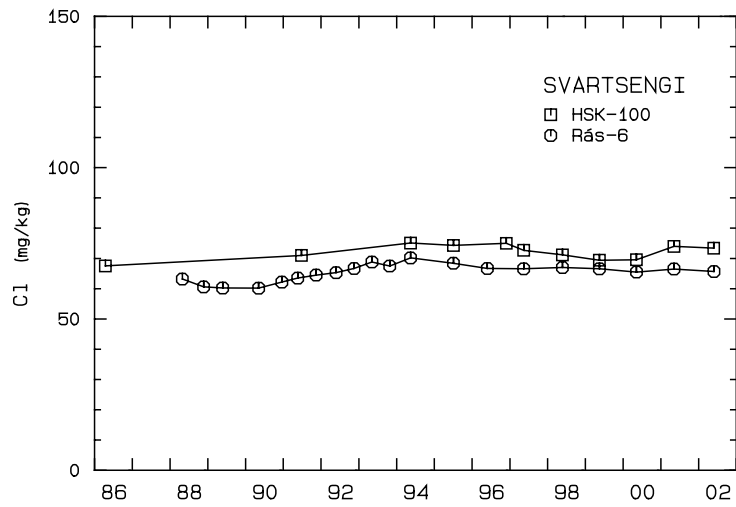
Dags.	1996-05-28	1997-05-15	1998-05-25	1999-05-17	2000-05-10	2001-05-08	2002-05-29
Númer	1996-0097	1997-0240	1998-0309	1999-0139	2000-0146	2001-0159	2002-0135
Sýrustig (pH/°C)	9,00 / 22,2	8,74 / 22,0	8,81 / 24,2	8,89 / 22,6	8,92 / 22,6	8,84 / 22,9	8,57 / 23,8
Leiðni (µS/cm v/25°C)	287	285	294	283	279	292	283
Karbonsat (CO <sub>2</sub> )	11,3	11,7	13,4	12,0	12,6	12,7	11,3
Brennisteinsvetni (H <sub>2</sub> S)	< 0,03	0,1	0,11	0,15	0,09	0,16	0,04
Bór (B)	-	-	-	-	-	< 0,01	< 0,01
Kísill (SiO <sub>2</sub> )	13,0	12,7	12,7	13,5	12,4	13,0	13,0
Natríum (Na)	33,6	33,0	34,4	33,6	32,0	34,8	33,7
Kalíum (K)	1,48	1,43	1,51	1,45	1,52	1,52	1,44
Magnesium (Mg)	6,64	6,18	6,52	6,43	6,17	6,50	6,45
Kalsíum (Ca)	7,40	7,66	7,59	7,66	7,53	7,71	7,36
Flúoríð (F)	0,08	0,07	0,06	0,07	0,07	0,07	0,06
Klóríð (Cl)	66,7	66,6	67,0	66,6	65,5	66,5	65,7
Súlfat (SO <sub>4</sub> )	10,8	10,7	10,4	10,5	9,31	10,1	9,78
Uppleyst efni	132	119	138	168	157	155	153



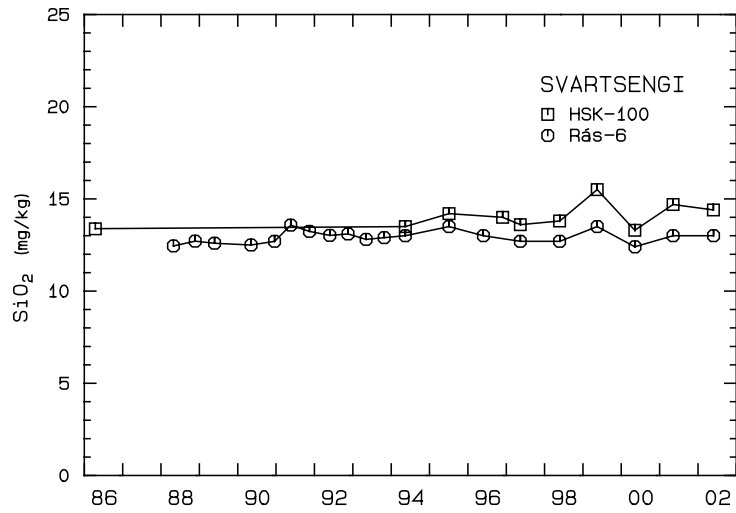
**Mynd 49.** Sýrustig kalds og upphitaðs vatns.



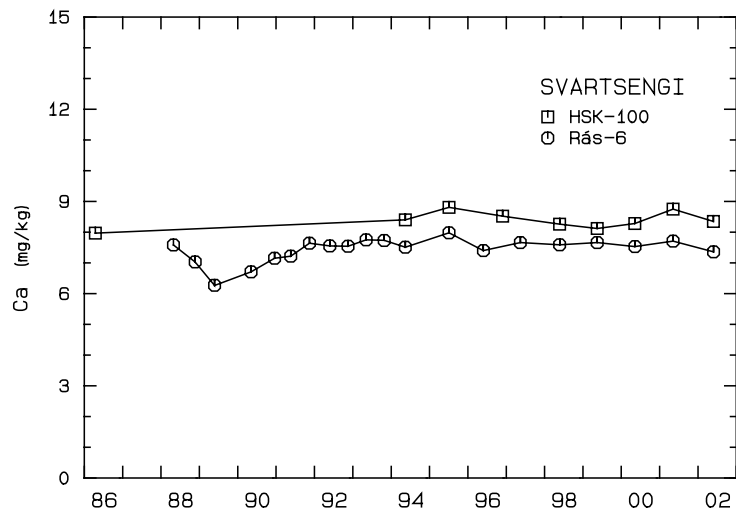
**Mynd 50.** Eðlisleiðni kalds og upphitaðs vatns.



**Mynd 51.** Styrkur klóríðs í köldu og upphituðu vatni.



**Mynd 52.** Styrkur kísils í köldu og upphituðu vatni.



**Mynd 53.** Styrkur kalsíums í köldu og upphituðu vatni.

## 6. GASLOSUN

Í skýrslu Orkustofnunar frá árinu 1996 (Jón Örn Bjarnason, 1996) var gerð ítarleg grein fyrir árlegri losun gass í Svartsengi frá upphafi vinnslu fram til loka árs 1995. Áætlað er að um 95% af þessu gasi fari út í andrúmsloftið en 5% eru uppleyst í þéttivatni. Gaslosun fyrir hverja holu var reiknuð fyrir hvert ár svo og heildargaslosun, sem reyndist vera 26.000 tonn af koldíoxíði og 3.000 tonn af brennisteinsvetni á nefndu tímabili. Sambærilegar tölur fyrir vinnsluholur á tímabilinu frá ársbyrjun 1996 til ársloka 2000 hafa nú verið reiknaðar og eru niðurstöður sýndar í töflum 16 til 25 ásamt gaslosun frá árinu 1980 þar sem við á. Í töflu 26 er sýnt yfirlit um árlega gaslosun frá upphafi vinnslu í Svartsengi til ársloka 2002. Þar kemur fram að heildargaslosun frá Svartsengi nemur nú um 546.000 tonnum, rétt um 540.000 tonn af koldíoxíð og rúmlega 6.800 tonn af brennisteinsvetni. Á myndum 52 og 53 eru sýndar niðurstöður úr töflu 27 fyrir losun á koldíoxíði og brennisteinsvetni. Þar sést glögggt gríðaleg aukning í losun þessara gasa samfara aukinni vinnslu úr jarðhitasvæðinu.

Tafla 16. Losun gass úr holu 7.

Ár	Styrkur CO <sub>2</sub> (mg/kg)	Styrkur H <sub>2</sub> S (mg/kg)	Vinnsla (þús.tonn/ár)	Losun CO <sub>2</sub> (tonn/ár)	Losun H <sub>2</sub> S (tonn/ár)	CO <sub>2</sub> samtals (tonn)	H <sub>2</sub> S samtals (tonn)	Gaslosun (tonn/ár)	Gaslosun (tonn)
1980	169	1,57	90	15	0,14	15	0,14	15	15
1981	388	2,89	540	210	1,56	225	1,70	211	226
1982	439	5,05	1690	742	8,53	967	10,2	750	977
1983	490	7,21	1420	696	10,2	1662	20,5	706	1683
1984	364	6,12	1750	637	10,7	2299	31,2	648	2331
1985	509	8,88	1620	825	14,4	3124	45,6	839	3170
1986	336	6,32	1760	591	11,1	3715	56,7	602	3772
1987	334	7,14	1690	564	12,1	4280	68,8	577	4349
1988	357	8,75	1720	614	15,1	4894	83,8	629	4978
1989	297	6,31	1750	520	11,0	5414	94,9	531	5508
1990	361	8,27	1880	679	15,5	6092	110	694	6203
1991	411	8,93	1880	773	16,8	6865	127	789	6992
1992	417	9,03	1480	617	13,4	7482	141	631	7623
1993	416	9,79	1530	636	15,0	8119	156	651	8274
1994	448	6,34	1550	694	9,8	8813	165	704	8978
1995	403	6,52	1600	645	10,4	9458	176	655	9634
1996	390	5,56	1320	515	7,34	9973	183	522	10156
1997	482	10,7	1190	574	12,7	10546	196	586	10742
1998	317	7,58	990	314	7,50	10860	203	321	11063
1999	471	9,66	1420	669	13,7	11529	217	683	11746
2000	577	13,0	1510	871	19,6	12400	237	891	12637
2001	688	15,7	1600	1101	25,1	13501	262	1126	13763
2002	693	12,8	1380	956	17,7	14457	279	974	14737



**Tafla 17.** Losun gass úr holu 8.

Ár	Styrkur CO <sub>2</sub> (mg/kg)	Styrkur H <sub>2</sub> S (mg/kg)	Vinnsla (þús.tonn/ár)	Losun CO <sub>2</sub> (tonn/ár)	Losun H <sub>2</sub> S (tonn/ár)	CO <sub>2</sub> samtals (tonn)	H <sub>2</sub> S samtals (tonn)	Gaslosun (tonn/ár)	Gaslosun (tonn)
1980	628	6,83	190	119	1,30	119	1,30	121	121
1981	628	6,83	2110	1325	14,4	1444	15,7	1339	1460
1982	464	4,02	1550	719	6,23	2164	21,9	725	2186
1983	480	7,04	1560	749	11,0	2912	32,9	760	2945
1984	396	6,38	1630	645	10,4	3558	43,3	656	3601
1985	421	6,48	1530	644	9,91	4202	53,2	654	4255
1986	387	6,19	1560	604	9,66	4806	62,9	613	4869
1987	373	6,66	1530	571	10,2	5376	73,1	581	5450
1988	349	6,53	1550	541	10,1	5917	83,2	551	6001
1989	362	6,28	1780	644	11,2	6562	94,4	656	6656
1990	337	6,86	1830	617	12,6	7178	107	629	7285
1991	374	6,35	1730	647	11,0	7825	118	658	7943
1992	340	6,62	1440	490	9,53	8315	127	499	8443
1993	345	5,87	1410	486	8,28	8802	136	495	8937
1994	338	4,91	1210	409	5,94	9210	142	415	9352
1995	344	4,83	1470	506	7,10	9716	149	513	9865
1996	300	6,65	1460	438	9,71	10154	158	448	10313
1997	284	3,34	1550	440	5,18	10594	164	445	10758
1998	299	6,34	1540	460	9,76	11055	173	470	11228
1999	438	7,55	1490	653	11,2	11707	185	664	11892
2000	369	6,79	1610	594	10,9	12302	196	605	12497
2001	377	7,94	1661	626	13,2	12928	209	639	13137
2002	446	3,72	1430	638	5,32	13566	214	643	13780

**Tafla 18.** Losun gass úr holu 9.

Ár	Styrkur CO <sub>2</sub> (mg/kg)	Styrkur H <sub>2</sub> S (mg/kg)	Vinnsla (þús.tonn/ár)	Losun CO <sub>2</sub> (tonn/ár)	Losun H <sub>2</sub> S (tonn/ár)	CO <sub>2</sub> samtals (tonn)	H <sub>2</sub> S samtals (tonn)	Gaslosun (tonn/ár)	Gaslosun (tonn)
1980	553	5,73	90	50	0,52	50	0,52	50	50
1981	557	3,51	1410	785	4,95	835	5,46	790	841
1982	561	3,90	1610	903	6,28	1738	11,7	909	1750
1983	515	6,60	1510	778	10,0	2516	21,7	788	2538
1984	475	7,58	1730	822	13,1	3338	34,8	835	3373
1985	421	8,39	1620	682	13,6	4020	48,4	696	4068
1986	352	7,87	1680	591	13,2	4611	61,6	605	4673
1987	337	6,68	1730	583	11,6	5194	73,2	595	5267
1988	280	7,25	1720	482	12,5	5676	85,7	494	5761
1989	254	7,02	1470	373	10,3	6049	96,0	384	6145
1990	245	7,78	1720	421	13,4	6471	109	435	6580
1991	245	7,18	1820	446	13,1	6916	122	459	7039
1992	237	7,37	1360	322	10,0	7239	132	332	7371
1993	238	8,49	1240	295	10,5	7534	143	306	7677
1994	167	5,03	1340	224	6,74	7758	150	231	7907
1995	191	4,37	1620	309	7,08	8067	157	316	8224
1996	128	2,89	1410	180	4,07	8248	161	185	8408
1997	146	5,14	1500	219	7,71	8467	169	227	8635
1998	122	5,29	1430	174	7,56	8641	176	182	8817
1999	232	6,62	1580	367	10,5	9008	187	377	9194
2000	207	7,79	1750	362	13,6	9370	200	376	9570
2001	221	6,42	1600	354	10,3	9723	211	364	9934
2002	221	5,65	1500	332	8,48	10055	219	340	10274

**Tafla 19. Losun gass úr holu 10.**

Ár	Styrkur CO <sub>2</sub> (mg/kg)	Styrkur H <sub>2</sub> S (mg/kg)	Vinnsla (þús.tonn/ár)	Losun CO <sub>2</sub> (tonn/ár)	Losun H <sub>2</sub> S (tonn/ár)	CO <sub>2</sub> samtals (tonn)	H <sub>2</sub> S samtals (tonn)	Gaslosun (tonn/ár)	Gaslosun (tonn)
1980	283	3,32	40	11	0,13	11	0,13	11	11
1981	841	6,12	450	378	2,75	390	2,89	381	393
1982	3225	12,5	460	1484	5,75	1873	8,64	1489	1882
1983	1980	13,5	600	1188	8,10	3061	16,7	1196	3078
1984a	2065	16,7	150	310	2,51	3371	19,2	312	3390
1984b	21250	215	250	5313	53,8	8684	73,0	5366	8757
1985	16100	152	230	3703	35,0	12387	108	3738	12494
1986	23800	188	120	2856	22,6	15243	131	2879	15373
1987	53800	380	140	7532	53,2	22775	184	7585	22958
1988	45100	410	150	6765	61,5	29540	245	6827	29785
1989	45900	376	150	6885	56,4	36425	302	6941	36726
1990	69200	632	200	13840	126	50265	428	13966	50693
1991	43200	484	490	21168	237	71433	665	21405	72098
1992	33400	366	750	25050	275	96483	940	25325	97422
1993	52600	698	780	41028	544	137511	1484	41572	138995
1994	34300	355	830	28469	295	165980	1779	28764	167758
1995	54200	395	860	46612	340	212592	2118	46952	214710
1996	52340	590	778	40721	459	253312	2577	41180	255890
1997	32620	374	681	22214	255	275526	2832	22469	278358
1998	30650	410	853	26144	350	301671	3182	26494	304853
1999	32430	418	837	27144	350	328815	3532	27494	332346
2000	20707	334	1200	24848	401	353663	3933	25249	357596
2001	21383	361	980	20955	354	374618	4286	21309	378905
2002	22269	311	850	18929	264	393547	4551	19193	398098

**Tafla 20. Losun gass úr holu 11.**

Ár	Styrkur CO <sub>2</sub> (mg/kg)	Styrkur H <sub>2</sub> S (mg/kg)	Vinnsla (þús.tonn/ár)	Losun CO <sub>2</sub> (tonn/ár)	Losun H <sub>2</sub> S (tonn/ár)	CO <sub>2</sub> samtals (tonn)	H <sub>2</sub> S samtals (tonn)	Gaslosun (tonn/ár)	Gaslosun (tonn)
1980	480	5,84	90	43	0,53	43	0,53	44	44
1981	582	5,40	1290	751	6,97	794	7,49	758	801
1982	517	3,90	1640	848	6,40	1642	13,9	854	1656
1983	407	6,79	1740	708	11,8	2350	25,7	720	2376
1984	396	7,44	1430	566	10,6	2916	36,3	577	2953
1985	379	7,10	1590	603	11,3	3519	47,6	614	3567
1986	280	6,86	1690	473	11,6	3992	59,2	485	4051
1987	295	7,21	1700	502	12,3	4494	71,5	514	4565
1988	290	6,41	1750	508	11,2	5001	82,7	519	5084
1989	317	7,36	1650	523	12,1	5524	94,8	535	5619
1990	430	8,14	1410	606	11,5	6130	106	618	6237
1991	555	10,2	1130	627	11,5	6758	118	639	6875
1992	553	10,6	1190	658	12,6	7416	130	671	7546
1993	548	9,30	1450	795	13,5	8210	144	808	8354
1994	566	10,6	1660	940	17,6	9150	162	957	9311
1995	443	8,17	1600	709	13,1	9859	175	722	10033
1996	481	9,40	1640	789	15,4	10648	190	804	10838
1997	465	10,5	1540	716	16,2	11364	206	732	11570
1998	473	10,7	1540	728	16,5	12092	223	745	12315
1999	569	12,5	1450	825	18,1	12917	241	843	13158
2000	777	17,4	1530	1189	26,6	14106	267	1215	14373
2001	777	20,1	2530	1966	50,9	16072	318	2017	16390
2002	778	18,7	2460	1914	46,0	17986	364	1960	18350

**Tafla 21. Losun gass úr holu 12.**

Ár	Styrkur CO <sub>2</sub> (mg/kg)	Styrkur H <sub>2</sub> S (mg/kg)	Vinnsla (þús.tonn/ár)	Losun CO <sub>2</sub> (tonn/ár)	Losun H <sub>2</sub> S (tonn/ár)	CO <sub>2</sub> samtals (tonn)	H <sub>2</sub> S samtals (tonn)	Gaslosun (tonn/ár)	Gaslosun (tonn)
1988	356	4,26	520	185	2,22	185	2,2	187	187
1989	303	3,42	1650	500	5,64	685	7,86	506	693
1990	306	4,47	1540	471	6,88	1156	14,7	478	1171
1991	355	4,98	1080	383	5,38	1540	20,1	389	1560
1992	339	5,37	990	336	5,32	1875	25,4	341	1901
1993	316	4,13	960	303	3,96	2179	29,4	307	2208
1994	319	5,27	1000	319	5,27	2498	34,7	324	2532
1995	280	3,68	1030	288	3,79	2786	38,5	292	2825
1996	220	4,22	928	204	3,92	2990	42,4	208	3033
1997	189	2,92	946	179	2,76	3169	45,1	182	3214

**Tafla 22. Losun gass úr holu 14.**

Ár	Styrkur CO <sub>2</sub> (mg/kg)	Styrkur H <sub>2</sub> S (mg/kg)	Vinnsla (þús.tonn/ár)	Losun CO <sub>2</sub> (tonn/ár)	Losun H <sub>2</sub> S (tonn/ár)	CO <sub>2</sub> samtals (tonn)	H <sub>2</sub> S samtals (tonn)	Gsalosun (tonn/ár)	Gaslosun (tonn)
1996	42450	473	114	4839	53,9	4839	53,9	4893	4893
1997	25500	274	229	5840	62,7	10679	117	10795	15689
1998	22093	300	161	3557	48,3	14236	165	14401	30089
1999	25065	281	264	6617	74,2	20853	239	21092	51182
2000	20733	281	318	6593	89,4	27446	329	27775	78956
2001	16417	283	307	5040	86,9	32486	415	32901	111857
2002	18898	280	300	5669	84,0	38155	499	38655	150512

**Tafla 23. Losun gass úr holu 16.**

Ár	Styrkur CO <sub>2</sub> (mg/kg)	Styrkur H <sub>2</sub> S (mg/kg)	Vinnsla (þús.tonn/ár)	Losun CO <sub>2</sub> (tonn/ár)	Losun H <sub>2</sub> S (tonn/ár)	CO <sub>2</sub> samtals (tonn)	H <sub>2</sub> S samtals (tonn)	Gaslosun (tonn/ár)	Gaslosun (tonn)
1999	29535	362	167	4932	60,5	4932	60,5	4993	4993
2000	24880	317	1270	31598	403	36530	463	36993	41986
2001	22822	335	1320	30125	442	66655	905	67560	109546
2002	26481	388	1340	35485	520	102140	1425	103565	213111

**Tafla 24. Losun gass úr holu 18.**

Ár	Styrkur CO <sub>2</sub> (mg/kg)	Styrkur H <sub>2</sub> S (mg/kg)	Vinnsla (þús.tonn/ár)	Losun CO <sub>2</sub> (tonn/ár)	Losun H <sub>2</sub> S (tonn/ár)	CO <sub>2</sub> samtals (tonn)	H <sub>2</sub> S samtals (tonn)	Gaslosun (tonn/ár)	Gaslosun (tonn)
1999	253	4,30	379	96	1,63	96	1,63	98	98
2000	294	6,68	1420	417	9,49	513	11,1	427	524
2001	279	6,97	1240	346	8,64	859	19,8	355	879
2002	286	7,10	1050	300	7,46	1160	27,2	308	1187

**Tafla 25. Losun gass úr holu 19.**

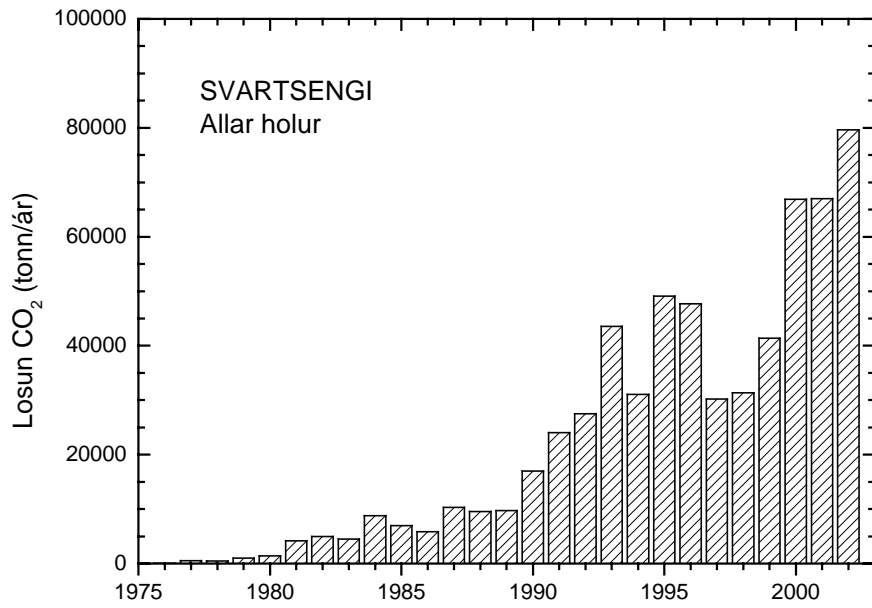
Ár	Styrkur CO <sub>2</sub> (mg/kg)	Styrkur H <sub>2</sub> S (mg/kg)	Vinnsla (þús.tonn/ár)	Losun CO <sub>2</sub> (tonn/ár)	Losun H <sub>2</sub> S (tonn/ár)	CO <sub>2</sub> samtals (tonn)	H <sub>2</sub> S samtals (tonn)	Gaslosun (tonn/ár)	Gaslosun (tonn)
1999	268	6,54	248	66	1,62	66	1,62	68	68
2000	290	6,56	1510	438	9,91	504	11,5	516	584
2001	244	6,64	1230	300	8,17	804	19,7	824	1408
2002	228	5,97	1000	228	5,97	1032	25,7	1058	2466

**Tafla 26.** Losun gass úr holu 20.

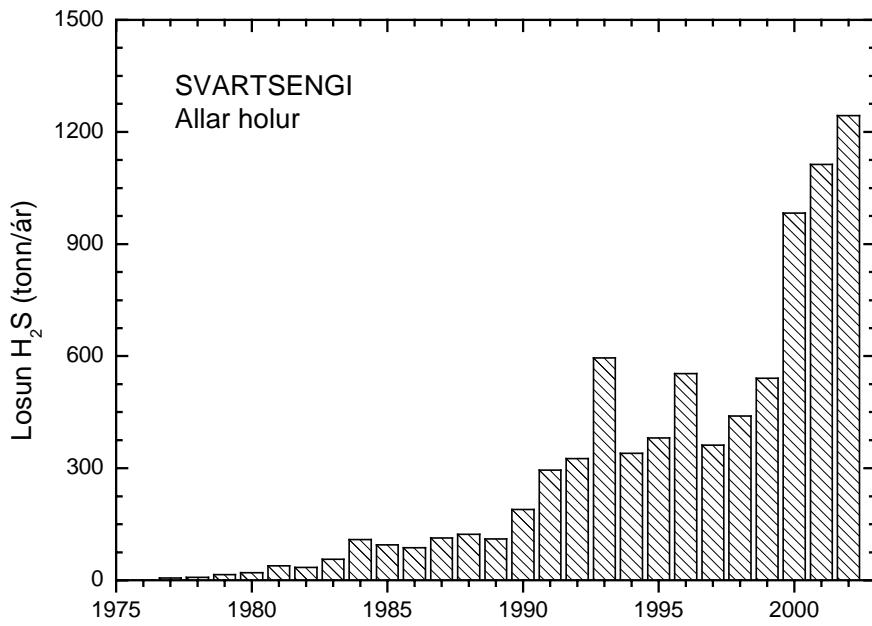
Ár	Styrkur CO <sub>2</sub> (mg/kg)	Styrkur H <sub>2</sub> S (mg/kg)	Vinnsla (þús.tonn/ár)	Losun CO <sub>2</sub> (tonn/ár)	Losun H <sub>2</sub> S (tonn/ár)	CO <sub>2</sub> samtals (tonn)	H <sub>2</sub> S samtals (tonn)	Gaslosun (tonn/ár)	Gaslosun (tonn)
2001	17614	327	350	6165	114	6165	114	6279	6279
2002	20784	391	730	15172	285	15172	285	15458	15458

**Tafla 27.** Heildarlosun gass úr Svartsengi.

Ár	CO <sub>2</sub> (tonn/ár)	H <sub>2</sub> S (tonn/ár)	Heild (tonn/ár)
1976	42	0,32	42
1977	504	6,29	510
1978	462	8,16	470
1979	994	15,1	1009
1980	1402	20,3	1422
1981	4135	38,8	4174
1982	4998	34,6	5033
1983	4516	55,8	4572
1984	8778	109	8887
1985	6967	94,9	7062
1986	5858	86,6	5945
1987	10299	113	10412
1988	9514	123	9637
1989	9734	111	9845
1990	16949	190	17139
1991	24073	295	24368
1992	27473	326	27799
1993	43543	595	44138
1994	31055	340	31395
1995	49069	381	49450
1996	47686	553	48239
1997	30182	362	30544
1998	31377	440	31817
1999	41369	541	41910
2000	66905	983	67888
2001	66978	1113	68091
2002	79623	1244	80867
<b>Gaslosun Samtals tonn</b>	<b>CO<sub>2</sub> 624485</b>	<b>H<sub>2</sub>S 8182</b>	<b>Heild 632667</b>



Mynd 54. Losun koldíoxíðs úr Svartsenge 1976–2002.



Mynd 55. Losun brennisteinsvetnis úr Svartsenge 1976–2002.

## 7. NIÐURDÆLING Í HOLU 17

Sýni til efnagreininga af vatni sem dælt er niður í holu 17 voru tekin fjórum sinnum á árunum 2001 og 2002. Vatnið er blanda af jarðsjó og þéttivatni. Í öll skiptin voru sýni tekin á tveimur stöðum, norðan við skiljustöð annars vegar og við holutopp á holu 17 hins vegar. Niðurstöður eru sýndar í töflu 28.

**Tafla 28:** Efnasamsetning niðurdælingarvatns í holu 17.

Staður	Dags.	Númer	Hiti (°C)	pH/°C	CO <sub>2</sub> (mg/kg)	H <sub>2</sub> S (mg/kg)	SiO <sub>2</sub> (mg/kg)	Cl (mg/kg)	Fe (mg/kg)
Við skiljustöð	2001-02-28	2001-0071	78,3	5,77 / 22,4	41,6	2,17	407	11440	0,65
Við holutopp	2001-02-28	2001-0072	75,8	5,77 / 22,6	52,8	3,48	393	11350	0,62
Við skiljustöð	2001-03-29	2001-0089	-	6,14 / 21,6	30,1	1,17	444	12430	0,57
Við holutopp	2001-03-29	2001-0090	-	6,35 / 22,6	24,4	0,92	439	13570	0,08
Við skiljustöð	2001-09-11	2001-0272	-	5,98 / 22,5	39,0	1,94	345	9640	0,14
Við holutopp	2001-09-11	2002-0271	-	5,88 / 22,7	41,2	1,66	355	10030	0,24
Við skiljustöð	2002-10-14	2002-0326	105	5,83 / 22,2	35,0	2,14	326	9170	0,17
Við holutopp	2002-10-14	2002-0325	108	6,02 / 21,8	37,0	2,33	328	9280	0,37

## 8. HOLA 9 Á REYKJANESI

Í skýrslu Orkustofnunar (Jón Örn Bjarnason, 2002) er lýst ítarlega efnasamsetningu gufu og heits jarðsjávar í borholum á jarðhitasvæðinu á Reykjanesi yfir tímabilið 1971 til ársloka 2001. Á því tímabili var vökvi aðeins unninn úr holum 8 og 9. Holu 8 var lokað 1987 og frá þeim tíma hefur öll vinnsla á svæðinu verið úr holu 9.

Allt frá árinu 1992 hefur sýnatöku úr holu 9 verið þannig háttáð að sýni eru tekin tvisvar á ári, vor og haust. Þannig var það einnig á árinu 2002 og eru niðurstöður efnagreininga frá síðastliðnu ári sýndar í töflum 29 og 30. Engar breytingar eru merkjanlegar á styrk efna úr holu 9 á árinu 2002.

Losun gass úr holu 9 árið 2002 er sýnd í töflu 31.

**Tafla 29.** *Hola RN-09. Styrkur efna í djúpvatni.*

Dags.	Númer	Hiti (°C)	Ps bar-a	SiO <sub>2</sub> (mg/kg)	B (mg/kg)	Na (mg/kg)	K (mg/kg)	Mg (mg/kg)	Ca (mg/kg)	F (mg/kg)	Cl (mg/kg)	SO <sub>4</sub> (mg/kg)	Al (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Uppleyst (mg/kg)
2002-06-11	2002-0151	290	26,0	672	7,8	10129	1475	0,980	1653	0,176	19002	16,4	0,03	0,32	33250
2002-12-02	2002-0451	290	24,0	692	7,6	9796	1444	0,945	1614	0,149	19393	15,5	0,05	0,53	32694

**Tafla 30.** *Hola RN-09. Styrkur lofttegunda í djúpvatni og hundradshluti gass (% massa) í gufu við 12,5 bar-a.*

Dags.	Númer	Hiti (°C)	Ps bar-a	CO <sub>2</sub> (mg/kg)	H <sub>2</sub> S (mg/kg)	H <sub>2</sub> (mg/kg)	CH <sub>4</sub> (mg/kg)	N <sub>2</sub> (mg/kg)	Gas í gufu (% massa)
2002-06-11	2002-0151	290	26,0	1071	37,2	-	-	-	0,45
2002-12-02	2002-0451	290	24,0	1067	35,6	-	-	-	0,45

**Tafla 31.** *Losun gass úr holu RN-09.*

Ár	Styrkur CO <sub>2</sub> (mg/kg)	Styrkur H <sub>2</sub> S (mg/kg)	Vinnsla (þús.tonn/ár)	Losun CO <sub>2</sub> (tonn/ár)	Losun H <sub>2</sub> S (tonn/ár)
2002	1069	36,4	1040	1112	37,9

## 9. HELSTU NIÐURSTÖÐUR

Helstu niðurstöður efnavöktunar í Svartsengi á tímabilinu 1996 til 2002 eru eftirfarandi:

- Styrkur steinefna í djúpvatni úr holum 7, 8, 9, 11, 18 og 19 hefur ekkert breyst að kalla má og er nánast óbreyttur frá upphafi vinnslu úr jarðhitasvæðinu. Bendir þetta til þess að holurnar vinni vökva úr einsleitu jarðhitakerfi hvað efnasamsetningu varðar.
- Styrkur koldíoxíðs og brennisteinsvetnis hækkaði í holum 7 og 11 á seinni hluta tímabilsins en brennisteinsvetni hefur lækkað til fyrra horfs á ný.
- Sýrustig djúpvatns í holum 7, 8, 9, 11 18 og 19 lækkaði lítillega á milli árána 1999 og 2000 og af þeim sökum reiknast kalkmettun síðastliðinna þriggja ára lægri en áður. Talið er að hækkað vermi vegna aukinnar vinnslu og þrýstilækkunar geti valdið.
- Styrkur gass í þurru holunum á austursvæðinu (holur 10, 14, 16 og 20) er lægri en áður var og er lækkunin rakin til aukinnar vinnslu úr gufupúðanum, einkum í tengslum við gangsetningu orkuvers 5. Styrkur koldíoxíðs í holu 10 hefur t.d. lækkað úr 40.000 mg/kg í u.þ.b. 25.000 mg/kg. Lækkunin átti sér aðallega stað milli árána 1999 og 2000 en gasstyrkur hefur haldist nokkuð stöðugur síðan. Má því ætla að nýju jafnvægi hafi verið náð í gufupúðanum.
- Styrkur gass í gufu, reiknaður sem hundradshluti þyngdar við 5,5 bar-a skiljuþrýsting, er um 0,2–0,4 %-þyngdar í holum 7, 8, 9, 11, 18 og 19 en u.þ.b. 2 %-þyngdar í holum 10, 14, 16 og 20, eða rétt um 10 sinnum hærri.
- Mælingar á efnastyrk í gufu og þéttivatni í orkuverum 3 og 5 sýna að gufan er harla góð til nýtingar.
- Engar marktækar breytingar hafa komið fram á efnasamsetningu upphitaða vatnsins (hitaveituvatns) sem hitaveitan dreifir um Suðurnes frá orkuverum í Svartsengi.
- Á árinu 2002 nam gaslosun úr jarðhitasvæðinu í Svartsengi tæplega 80.000 tonnum af koldíoxíði og rúmum 1.200 tonnum af brennisteinsvetni. Heildargaslosun úr svæðinu frá upphafi vinnslu er þá orðinn um 625.000 tonn af koldíoxíði og rúm 8.000 tonn af brennisteinsvetni.

Helstu niðurstöður efnavöktunar í Reykjanesi árið 2002 eru eftirfarandi:

- Engar breytingar eru merkjanlegar á styrk efna úr holu 9 á Reykjanesi á árinu 2002.
- Losun gass úr holu 9 á Reykjanesi árið 2002 var um 1100 tonn af koldíoxíði og tæp 40 tonn af brennisteinsvetni. Heildargaslosun úr holu 9 frá upphafi vinnslu nemur því um 33.100 tonnum af koldíoxíði og um 1.130 tonnum af brennisteinsvetni.



## 10. HEIMILDIR

- Jón Örn Bjarnason, 1988: *Svartsengi. Efnæftirlit 1980–1987*. Orkustofnun, OS-88001/JHD-01, 98 s.
- Jón Örn Bjarnason, 1996: *Svartsengi. Efnavöktun 1988–1995*. Orkustofnun, OS-96082/JHD-10, 125 s.
- Jón Örn Bjarnason, 2000: *Styrkur gass í gufu úr borholum í Svartsengi árin 1999 og 2000: Breytingar eftir gangsetningu hverfils í orkuveri 5*. Orkustofnun, greinargerð JÖB-2000/02, 5 s.
- Jón Örn Bjarnason, 2002: *Reykjanes. Efni í jarðsjó og gufu 1971–2001*. Orkustofnun, OS-2002/38, 69 s.
- Trausti Hauksson, 1980: *Svartsengi. Efnasamsetning heits grunnvatns og hitaveituvatns*. Orkustofnun, OS-80023/JHD-12, 38 s.
- Verkfræðistofan Vatnaskil hf; Jón Örn Bjarnason, OS; Benedikt Steingrímsson, OS; og Guðjón Guðmundsson, OS; 1983: *SVARTSENGI. I. Vatnsborðslökkun og vinnsla. II. Efnasamsetning jarðsjávar og gufu 1980–1983. III. Hiti og þrýstingur í jarðhitakerfinu*. Orkustofnun, OS-83086/JHD-17.
- Verkfræðistofan Vatnaskil sf., 2002: *Svartsengi–Reykjanes. Vinnslueftirlit árið 2001*. Orkustofnun, OS-2002/017, 33 s., geisladiskur.