



ORKUSTOFNUN
Jarðhitadeild

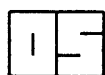
**Borholumælingar í Svartsengi
og á Reykjanesi árin 1993 og 1994**

Grímur Björnsson, Benedikt Steingrímsson og
Guðlaugur Hermannsson

Unnið fyrir Hitaveitu Suðurnesja

OS-95006/JHD-04 B

Febrúar 1995



ORKUSTOFNUN
Grensásvegi 9, 108 Reykjavík

Verknr. 630221 og 630222

**Borholumælingar í Svartsengi
og á Reykjanesi árin 1993 og 1994**

Grímur Björnsson, Benedikt Steingrímsson og
Guðlaugur Hermannsson

Unnið fyrir Hitaveitu Suðurnesja

OS-95006/JHD-04 B

Febrúar 1995

Efnisyfirlit

1. Inngangur	4
2. Mælingar í holu SG-4	7
3. Minningarorð um holu SG-5	8
4. Mælingar í holu SG-7	10
5. Mælingar í holu SG-8	13
6. Mælingar í holu SG-9	15
7. Mælingar í holu SG-11	16
8. Mælingar í holu SG-12	17
9. Mælingar í holu HSH-14	19
10. Hita- og þrýstidreifing í Svartsengi árin 1993 og 1994	20
11. Mælingar í holum RnG-8 og RnG-9 á Reykjanesi	23
12. Niðurstöður og umræða	25
13. Heimildir	27
Viðauki 1: Afstöðumynd og yfirlit um borholur í Svartsengi	28

Töfluskrá

Yfirlit um borholumælingar í Svartsengi og á Reykjanesi árin 1993 og 1994	5
---	---

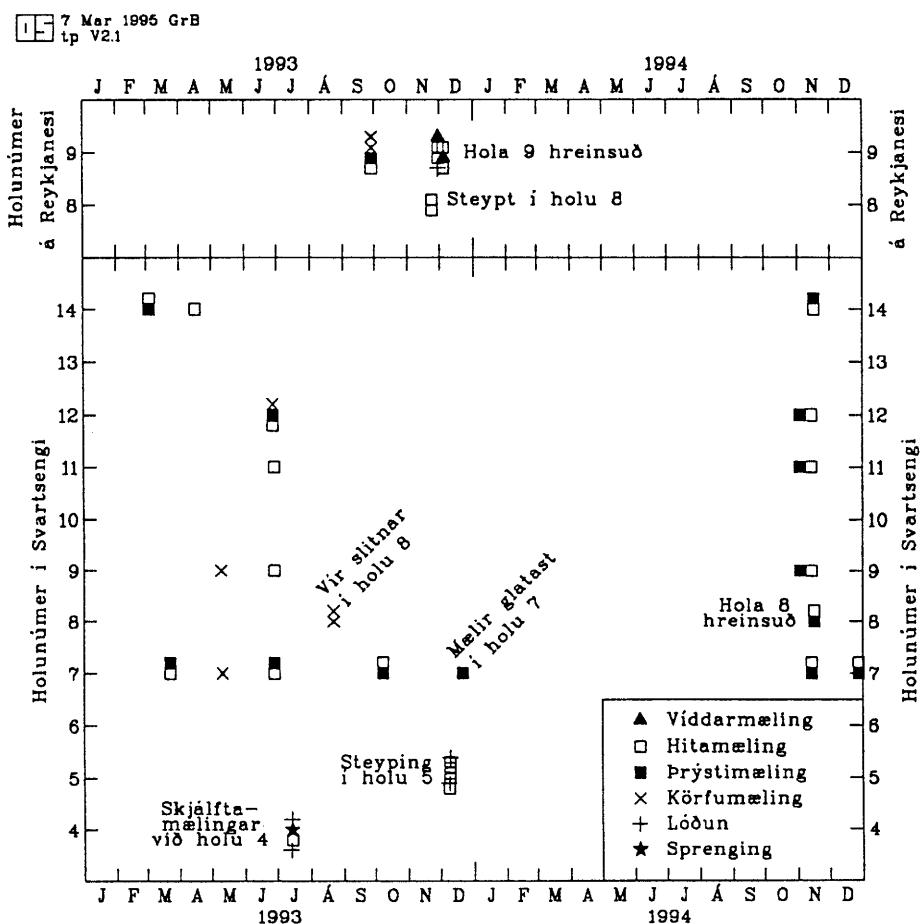
Myndaskrá

1. Yfirlit um mælingar í Svartsengis- og Reykjanesiholum árin 1993 og 1994	4
2. Hitamælingar í holu SG-4	7
3. Hitamælingar í holu SG-5	9
4. Hitamælingar í holu SG-7 árin 1993 og 1994	11
5. Saga hita á 700, 1000 og 1300 m dýpi í holu SG-7 (í blæstri)	12
6. Saga þrýstings á 1000 m dýpi í holu SG-7 (í blæstri)	12
7. Þrýstimælingar í holu SG-7 árin 1993 og 1994	13
8. Hitamælingar í holu SG-8 árin 1991, 1992 og 1994	14
9. Hitamælingar í holu SG-9 árin 1991-1994	15
10. Hitamælingar í holu SG-11 árin 1991-1994	16
11. Hitamælingar í holu SG-12 árin 1991-1994	11
12. Upptök jarðskjálfta nærri Grindavík milli 3. og 14. nóvember 1994	18
13. Hitamælingar í holu HSH-14	19
14. Þrýstimælingar í holu HSH-14	20
15. Saga hita á 900 m dýpi í Svartsengisholum árin 1993 og 1994	21
16. Saga þrýstings á 900 m dýpi í Svartsengisholum árin 1993 og 1994	21
17. Þrýstingur í Svartsengisholum í nóvember 1994	22
18. Saga þrýstings á 1400 m dýpi í holu RnG-9	24
19. Saga hita á 1400 m dýpi í holu RnG-9	24

1. Inngangur

Í þessari skýrslu eru dregið saman á einn stað yfirlit um þær borholumælingar sem Jarðhitadeild Orkustofnunar annaðist fyrir Hitaveitu Suðurnesja á jarðhitasvæðunum í Svartsengi og á Reykjanesi árin 1993 og 1994. Flestum mælinganna hefur áður verið lýst stuttlega í greinargerðum (Grímur Björnsson og Guðlaugur Hermannsson, 1993a og 1993b; Benedikt Steingrímsson og Grímur Björnsson, 1993a, 1993b, 1994). Mælingunum má skipta í tvo hópa. Í öðrum eru mælingar gerðar í tengslum við reglulegt vinnslueftirlit á jarðhitasvæðunum tveimur. Í hinum flokknum lenda svo mælingar sem tengjast boraðgerðum í holum. Samtals eru þetta 57 mælingar og skiptast þær í 28 hitamælingar, 14 þrýstimælingar, 8 ferðir með körfu, 4 lóðanir, 2 víddarmælingar og einu sinni var dýnamít sprengt ofan í holu vegna jarðskjálftarannsóknna. Alls spönnuðu mælingarnar tæpa 47 km í 10 borholum. Tafla 1 gefur yfirlit um mælingarnar og á mynd 1 er sýnt hvernig þær dreifðust í tímanum. Í viðauka 1 er sýnt staðsetningarkort af holunum í Svartsengi og yfirlit gefið um hönnun þeirra og bortíma. Auk mælinganna, sem sýndar eru í töflu 1, var töluvert mælt í janúar og febrúar 1993 vegna borunar holu HSH-14. Þeim athugunum hefur þegar verið lýst í annari skýrslu (Sigurður Benediktsson o.fl., 1993). Ekki var mælt í Eldvörpum árin 1993 og 1994.

Sá háttur er hafður við uppröðun skýrslunnar að fyrst er lýst mælingum í hverri holu en í skýrslulok er síðan dregin upp sú heildarmynd sem mælingarnar í Svartsengi og á Reykjanesi gefa um ástand jarðhitakerfanna tveggja.



Mynd 1: Yfirlit um mælingar í Svartsengis- og Reykjanesiholum árin 1993 og 1994.

Tafla 1: Yfirlit um borholumælingar í Svartsengi og á Reykjanesi árin 1993 og 1994.

Hola	Svunta	Dags	Upphafstími	Lokastími	Mæling	Upphafsdýpi (m)	Lokadýpi (m)	Athugasemdir
SG-4	13151	14-07-1993	13:30		Lóðun	577	577	Mælt vegna fyrirhugaðrar sprengingar
SG-4	13152	15-07-1993	16:30		Híti (°C)	100	570	Mælt vegna fyrirhugaðrar sprengingar
SG-4	13153	15-07-1993	17:30	20:30	Dýnamit	570	570	Sprengt 10 kg á 570 m kl 20:00.000
SG-4	13154	15-07-1993	22:00		Lóðun	570	570	Mælt eftir sprengingu
SG-5	13841	09-12-1993	19:30	20:15	Lóðun	0	600	Lóð stoppar í 538 m, en fer síðan í 600 m. Festur þar.
SG-5	13832	09-12-1993	22:30	23:30	Híti (°C)	0	462	Mælir sest á leiðaratopp í um 360 m og síðan alveg í 462.
SG-5	13833	10-12-1993	10:00	10:40	Híti (°C)	0	406.6	Hætt var að dæla á holuna í gærkvöldi.
SG-5	13834	10-12-1993	10:54	11:30	Híti (°C)	0	468.2	Hætt var að dæla á holuna í gærkvöldi.
SG-5	13835	10-12-1993	11:45	12:20	Híti (°C)	0	436.8	Hætt var að dæla á holuna í gærkvöldi.
SG-5	13836	10-12-1993	13:06	13:40	Híti (°C)	0	403.2	Hætt var að dæla á holuna í gærkvöldi.
SG-5	13837	10-12-1993	14:40	14:50	Lóðun	0	37	Hætt var að dæla á holuna í gærkvöldi.
SG-7	12799	23-03-1993	09:25	12:00	Híti (°C)	0	1351	Í blæstri, mælir festist illilega í toppi í hífingu
SG-7	12800	23-03-1993			Prýstingur (bör)	1000	1000	plat mæling byggð á eins hitamælingu frá 19/3 92
SG-7	12923	11-05-1993	13:15		Körfumæling	0	750	í gegn án fyrirstöðu, smáhögg í 535m á niðurleið.
SG-7	13039	29-06-1993	08:50	10:10	Híti (°C)	0	1348	Í blæstri
SG-7	13040	29-06-1993	10:30	11:30	Prýstingur (bör)	0	1100	Í blæstri
SG-7	13498	08-10-1993	09:15	10:20	Híti (°C)	0	1348	Í blæstri
SG-7	13497	08-10-1993	10:30	11:20	Prýstingur (bör)	0	1100	Í blæstri
SG-7	13868	22-12-1993	10:00	14:00	Prýstingur (bör)	0	1100	Mælir festist í toppi. Slitið úr. Mælir hrapaði til botns.
SG-7	15314	14-11-1994	13:00	14:10	Híti (°C)	0	1348	Í blæstri skekkja í 2" röri milli flangs og 2" ventils.
SG-7	15313	14-11-1994	13:00	14:10	Prýstingur (bör)	0	1348	Í blæstri skekkja í 2" röri milli flangs og 2" ventils.
SG-7	15544	28-12-1994	12:00	13:00	Prýstingur (bör)	0	1347	Í blæstri holan var mæld með 51948 til að fá samanburð
SG-7	15545	28-12-1994	10:30	11:30	Híti (°C)	0	1347	Í blæstri holan var mæld með 51948 til að fá samanburð
SG-8	13270	23-08-1993	10:30		Körfumæling	575	575	vír slitaði á niðurleið, toppur af holu og vír og körfu blásið upp úr
SG-8	13271	23-08-1993	13:30		Körfumæling	616	616	fór ekki í gegn þrátt fyrir skak (óleiðrétt dýpi)
SG-8	15331	16-11-1994	12:30	13:30	Prýstingur (bör)	0	1574	Í blæstri
SG-8	15332	16-11-1994	10:15	11:35	Híti (°C)	0	1574	Í blæstri
SG-9	12918	10-05-1993	13:15		Körfumæling	0	750	í gegn án fyrirstöðu, mikið bras við þungan VKM loka
SG-9	13042	29-06-1993	14:00	15:00	Híti (°C)	0	928	Í blæstri
SG-9	15316	03-11-1994			Prýstingur (bör)	0	924	Í blæstri
SG-9	15315	14-11-1994	09:00	10:00	Híti (°C)	0	922	Í blæstri

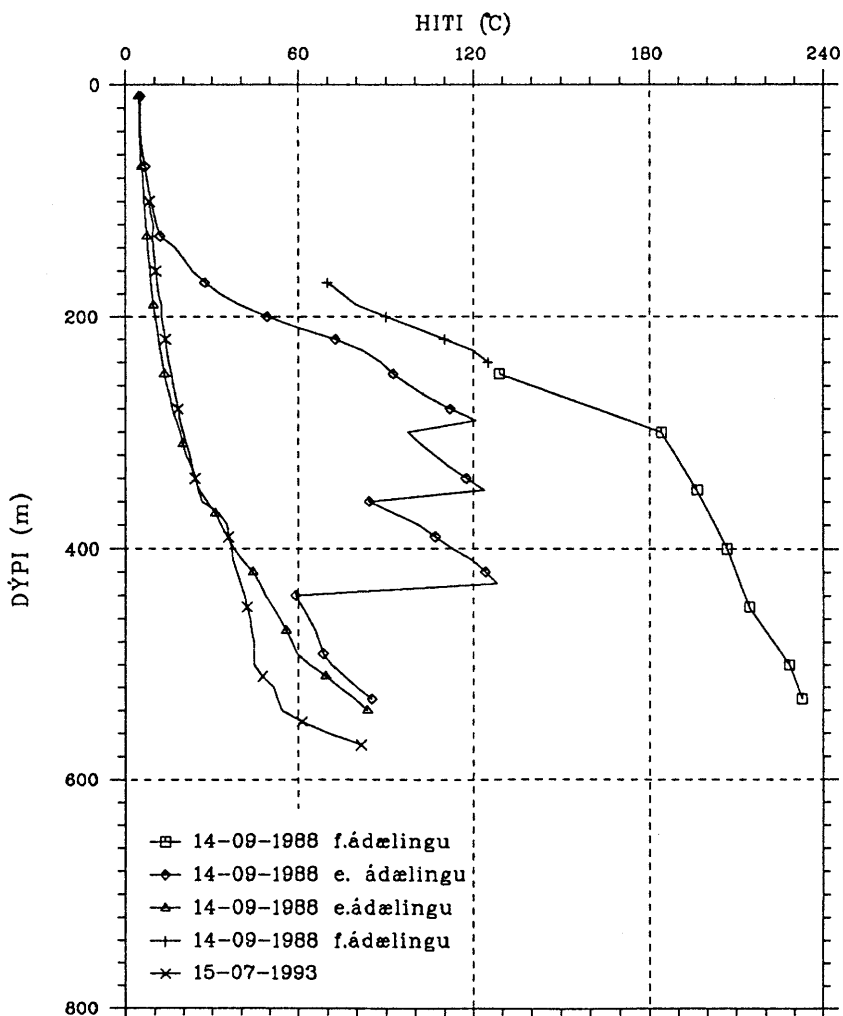
Tafla 1, framhald

Hola	Svunta	Dags	Upphafstími	Lokastími	Mæling	Upphafsdýpi (m)	Lokadýpi (m)	Athugasemdir
SG-11	13041	29-06-1993	12:30	13:30	Hiti (°C)	1000	1093	Í blæstri
SG-11	15318	03-11-1994	11:45	13:00	Þrýstingur (bör)	0	1093	Í blæstri
SG-11	15317	14-11-1994	10:30	11:40	Hiti (°C)	0	1093	Í blæstri
SG-12	13035	28-06-1993	11:30	12:00	Hiti (°C)	0	1378	Í blæðingu.
SG-12	13036	28-06-1993	10:30	12:00	Þrýstingur (bör)	0	1378	Í blæðingu.
SG-12	13038	28-06-1993	13:30	13:50	Körfumæling	0	700	Smánart í 545-550 og 605-610. Annars engar fyrirstöður.
SG-12	15319	03-11-1994	13:30	14:30	Þrýstingur (bör)	0	982	Í blæstri
SG-12	15320	14-11-1994	16:30	17:30	Hiti (°C)	0	982	Í blæstri, hnykkur kom á mæli í slökun og hífingu á 534m
HSH-14	12771	04-03-1993	14:50	16:00	Hiti (°C)	0	595	Hola sett í gos um 2" á eftir, Po úr 26 í 21 bar á 1/2 klst
HSH-14	12770	04-03-1993	14:50	16:00	Þrýstingur (bör)	0	595	Hola sett í gos um 2" á eftir, Po úr 26 í 21 bar á 1/2 klst
HSH-14	12864	16-04-1993	10:20	11:30	Hiti (°C)	0	595	
HSH-14	15334	16-11-1994	16:00	16:40	Þrýstingur (bör)	0	603	holan stendur í vægri blæðingu
HSH-14	15333	16-11-1994	14:30	15:20	Hiti (°C)	0	603	holan stendur í vægri blæðingu
RN-08	13588	24-11-1993	10:30	12:00	Hiti (°C)	0	280	Kæfing mistókst 23.nóv. Hóla stífluð í 280 m. Dælt nú 10 l/s á holuna frá kl 10:56
RN-08	13589	24-11-1993	12:39	13:45	Hiti (°C)	0	280	Holan stífluð í 280 m.
RN-09	13477	28-09-1993	16:30	18:00	Hiti (°C)	0	1403	Holu lokað 24 sept kl 12:30
RN-09	13478	28-09-1993	18:00	19:30	Þrýstingur (bör)	0	1404	Holu lokað 24 sept kl 12:30
RN-09	13479	28-09-1993	14:45	14:55	Körfumæling	0	488	Karfan stoppar við topp á leiðara.
RN-09	13480	28-09-1993	15:30	15:40	Körfumæling	0	567	Karfan hnökraði á 557 m á niðurléið og festist á 552 m í hýfingu.
RN-09	13842	30-11-1993	18:25		Löðun	466	466	settist í mjúkt, sýni kom í gat á löði, mælt gegnum stöng
RN-09	13843	30-11-1993	19:20		Hiti (°C)	0	310	mælt niður
RN-09	13844	30-11-1993	19:30		Hiti (°C)	0	310	kvörðun mælis kann að hafa fokið vegna mikils hita
RN-09	13845	30-11-1993			Holuviðd (mm)	0	310	mælt með stuttum örmum
RN-09	13801	05-12-1993	12:15	12:40	Hiti (°C)	0	550	Borinn kemst ekki niður fyrir 552 m
RN-09	13802	05-12-1993	12:45	13:40	Holuviðd (mm)	0	555	Borinn kemst ekki niður fyrir 552 m
RN-09	13803	05-12-1993	11:30	12:10	Hiti (°C)	0	556	Borinn kemst ekki niður fyrir 552 m

2. Mælingar í holu SG-4

Ekki hefur verið unnið úr holu SG-4 síðan í október 1979 að borað var út úr leiðara hennar á 490-530 m dýpi í hreinsun. Holan nýttist hins vegar til vatnsborðsmælinga fram til ársins 1987 að þeim var hætt vegna suðu sem þá hófst grunnt í holunni. Eftir það hefur holan fyrst og fremst skemmt gestum mötuneytis Orkuversins vegna fallegra gufuhringja sem hún þúar reglulega frá sér. Látið var renna á holuna haustið 1988 og hún lóðuð og hitamæld. Tilgangur mælinganna var að skoða hvort holan nýttist til vatnsborðsmælinga ef stanslaust rynni á hana kalt vatn. Í ljós kom að holan fylltist af vatni við það eitt að látið var renna í hana úr garðslöngu. Því voru áformin um vatnsborðsmælingar lögð til hliðar. Síðan líða 4 ár án nokkurra mælinga, en þá er mælt á ný í holu 4 þann 15. júlí 1993 vegna jarðskjálftamælinga í nágrenni Svartsengis (Bryndís Brandsdóttir o.fl., 1994). Áður hafði kalt vatn runnið á holuna um garðslöngu í 2 sólarhringa. Mælingar hófust með lóðun í 577 m og festist lóðið þar. Eftir bras náðist lóðið laust. Því næst var hitamælt í 570 m. Er mælingin sýnd á mynd 2. Að lokinni hitamælingu var 10 kg dýnamítsprengju slakað í 570 m dýpi og hún sprengd. Eftir það var lóðað á ný í 570 m án fyrirstöðu. Vatnsborð holunnar var á 95-115 m dýpi meðan á þessu stóð. Er það um 50-70 m hærra en í mælingunum 1988. Ef hitamælingin á mynd 2 er skoðuð sést að holan náðist í mjög svipað hitaástand og í ádælingunni 1988 og fer ádælingarvatnið allt niður í holubotn.

20 Feb 1995 grb
L= 16904 Oracle



Mynd 2: Hitamælingar í holu SG-4.

Mælingarnar í holu SG-4 í júlí 1993 sýna, líkt og haustið 1988, að efri hluti holunnar er nánast stíflaður og í litlu sem engu sambandi við dýpri hlutann. Óvíst er að þetta ástand hafi breyst við sprenginguna. Því er fhugunarefni hvort ekki eigi hreinlega að steypa í holuna. Áður má þó reyna til þrautar að ná holunni í þrýstisamband við jarðhitakerfið, t.d. með garðslönguádælingu í nokkra mánuði.

3. Minningarorð um holu SG-5

Holu SG-5 í Svartsengi var afskráð í desember 1993 þegar jarðborinn Narfi fyllti hana af steypu og möl. Í tengslum við aðgerðina var holan hitamæld og lóðuð nokkrum sinnum. Eru hitamælingarnar sýndar á mynd 3. Aðdragandi uppsteypingarinnar er að í hitamælingu í ágúst 1991 kom í ljós að hola 5 var skemmd á ≈ 116 m dýpi og komust mælitæki ekki niður. Skemmdin var helst rakin til þess að vinnslufóðringin hefði kýst saman vegna hitaþenslu. Var þá stuðst við greinilega 10-15 cm hækkun á holutoppnum (Grímur Björnsson og Hilmar Sigvaldason, 1991). Því var holan kæld á nýjan leik, toppurinn tekinn af henni og skemmdin ljósmynduð í janúar 1992. Kom í ljós að fóðringin var böggluð á 116,6 m dýpi og hélt uppi nógu stórum vatnspolli til að ljósmyndavélin færi á kaf og eyðilegðist (Hilmar Sigvaldason og Þórður Arason, 1992). Haldið var áfram með ádælinguna og reyndist holan enn stífluð í lóðun í mars 1992.

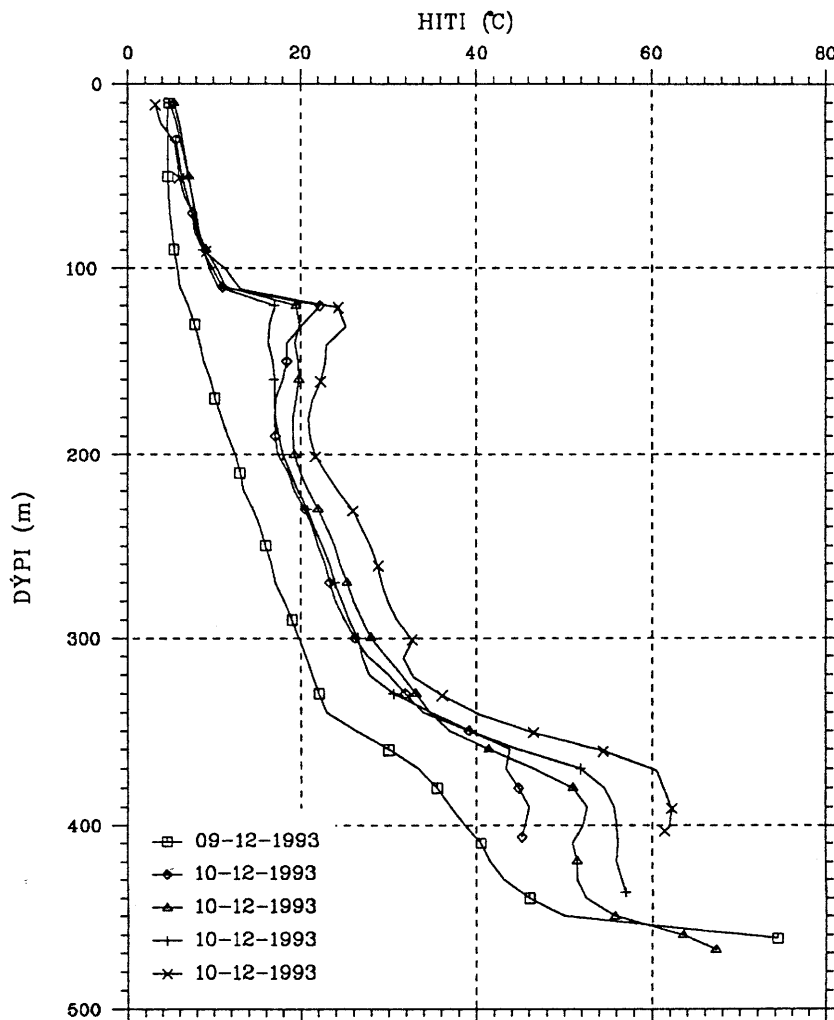
Í ljósi þessa var lagt til að hreinsa skemmdina á 116 m úr holu 5 og steypa nýja fóðringu innan í þá gömlu, niður að hengistykki. Þannig frágengin myndi holan nýtast til eftirlits og jafnvel vinnslu. Jarðborinn Narfi kom á svæðið í desember 1993 og byrjaði á að hreinsa burt fyrirstöðuna í 116 m með karbítspjóti. Því næst var holan lóðuð og komst lóðið dýpst í 600 m. Þar festist lóðið en losnaði aftur, jafnframt því sem hnökraði á fyrirstöðu í 538 m. Eftir kælingu var hitamælt. Á leiðinni niður stoppaði mælirinn á toppi leiðarans í 360 m. Þá stöðvaðist hitaneminn alveg í 462 m dýpi. Þar virtist leiðarinn skemmdur skv. segulspans-mælingu (CCL). Var þá ljóst að ástand holunnar var mun bágbornara en haldið var í upphafi og ekkert annað að gera en að afskrifa hana. Var byrjað á að moka möl í holuna og ýmist hitamælt eða lóðað til að finna dýpið á malaryfirborðið. Malarmokstrinum var hætt þegar dýpið á mölina reyndist 403 m, og holan þar næst fyllt af steypu. Lauk þar með sögu holu SG-5.

Hitamælingarnar á mynd 3 sýna að ádælingin í desember 1993 kældi holuna niður að fyrirstöðunni í 462 m, en þar virtist hún tapast út í bergið eða að heitara vatn bættist við niðurrennslið. Eins sést hitatoppur við fóðringarskemmdina á 116 m. Gætir hér sennilega gufu sem hefur streymt út um skemmdina meðan holan stóð undir þrýstingi og varð til þess að afbræðslur fóru að sjást á holuplaninu veturinn 1990-1991.

Hola SG-5 var önnur djúpa rannsóknarholan sem boruð var á vegum Orkustofnunar til rannsókna á jarðhitasvæðinu í Svartsengi, fyrir daga Hitaveitu Suðurnesja. Borað var á tímabilinu 13. maí til 8. júní 1974 með Gufubor. Þegar komið var í 1519 m dýpi kom gat á borstöng og í hífingu slitnaði stöngin þ.a. rúmlega 100 m af álagsstöngum og 3 borstangir féllu til botns. Fest var í brotinu með hulsu en stangirnar reyndust fastar í botni og tókst með engu móti að losa úr festunni. Var þá fenginn sprengimeistari á staðinn. Sá út-

bjó dýnamítsprengju sem slakað var allt niður að borkrónunni og var mælingabíll Orku-
stofnunar notaður til verksins. Þegar sprengjan var komin á sinn stað var sett hressilegt
umframtog á strenginn (≈ 100 þúsund pund) en síðan gerði sprengimeistarinn sig líklegan
til að sprengja. Sagði borstjórinn höfundur þessarar skýrslu að aðeins hefði verið búið að
tengja annan vírinn þegar skotið reið af og hefði borinn hoppað á holunni þegar hann
losnaði úr prísundinni. Lauk þar borun holu 5.

20 Feb 1995 grb
L= 16906 Oracle



Mynd 3: Hitamælingar í holu SG-5.

Hola 5 var fúðruð með 9 5/8" vinnslufóðringu í 397 m og 7 5/8" leiðari náði í 1467 m. Holan fór í rekstur inn á Orkuver í mars 1979 og var meira og minna í rekstri fram í júní 1982. Reyndist heildarvinnslan að jafnaði á bilinu 40-60 kg/s. Runnu tæpar 4 milljónir tonna jarðsjávar úr holunni á þessu tímabili (Verkfræðistofan Vatnaskil, 1985). Hola 5 reyndist hreinsana- og viðgerðafrek og fór bor á holuna árin 1979, 1980, 1981 og 1982 (Grímur Björnsson og Benedikt Steingrímsson, 1991). Sárálítið var unnið úr holunni eftir 1982 og árin 1988-1990 var dælt samtals 1 ½ milljón tonna af u.þ.b. 70 °C ferskvatni í hana (Verkfræðistofan Vatnaskil, 1991). Rennslismælingar í niðurdælingunni sýndu að æð á 600-650 m dýpi veitti um 7 l/s af 200°C vatni inn í holuna (Grímur Björnsson og

Benedikt Steingrímsson, 1991). Það gaf vísbendingu um að endurlífgaður blástur holu 5 myndi skila gufu úr þessari æð og bæta þannig mjög vinnslueiginleika holunnar. Bögglun vinnslufóðringarinnar í 116 m ásamt leiðaraskemmdunum á 462-600 m dýpi gerðu þær vonir hins vegar að engu. Var því talið öruggast að fylla holu SG-5 með mól og steypu.

4. Mælingar í holu SG-7

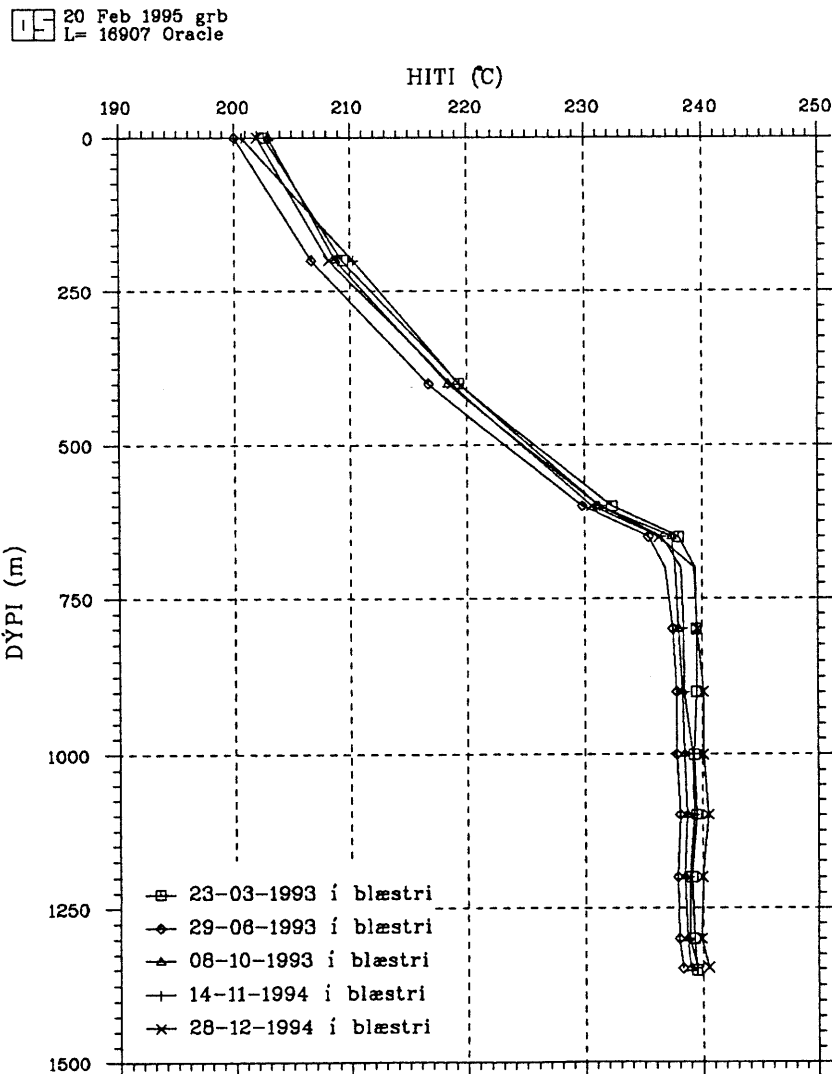
Hola SG-7 er núna aðaleftirlitsholan með djúpprýstingi jarðhitakerfisins í Svartsengi. Byrjað var að mæla holuna í blæstri árið 1988. Kom þá í ljós að hún hentaði prýðisvel til reglulegs mælingaeftirlits sökum óverulegs þrýstifalls í blæstrinum (Grímur Björnsson, 1988). Alls voru gerðar 11 mælingar í holunni tímabilið 1993 til 1994; 5 hitamælingar, 5 þrýstimælingar og 1 körfumæling. Í lok hitamælingar í mars 1993 festist hitaneminn illilega í toppi holu 7. Eftir nokkur átök losnaði mælirinn og náðist óskemmdur úr henni (Grímur Björnsson og Guðlaugur Hermannsson, 1993a). Var hætt við að þrýstimæla þann daginn og ákveðið að endursmíða holutopplokkið, því ástæða festunnar var talin skekkja milli 2" röranna sem liggja niður úr og upp úr holulokinu. Þrýstimælingar þennan dag er samt getið í töflu 1. Hún er áætluð og byggir á því að hiti holu 7, ofan og neðan suðuborðs, var næstum upp á brot úr gráðu sá sami og í mælingu frá því í mars 1992. Því er holuprýstingurinn talinn eins í mars 1993 og hann mældist í mars 1992. Holulokið var endursmíðað í maí 1993 og 10" körfu rennt niður holu 7 í leiðinni. Flaug karfan niður í 750 m dýpi án fyrirstöðu.

Hola SG-7 er síðan hita- og þrýstimæld án sérstakra tíðinda (Grímur Björnsson og Guðlaugur Hermannsson, 1993b) þar til í desember 1993 að enn festist þrýstimælir í holutoppnum á uppleið. Var þá efri endi mælisins rétt kominn upp fyrir 2" holutopplokann. Hófst nú um 4 klst bras við að reyna að losa mælinn í hvössum útsynningi og eljagangi, hangandi í 5 m hæð neðan í bílkrana, en án árangurs. Beðið var um heimild frá Orkuverinu til að draga úr rennsli holunnar, ef það mætti verða til þess að losa mælinn. Slíkt var ekki mögulegt vegna álags á Orkuverið þennan dag. Var því það eitt til ráða að klippa á vírinn, sem mælirinn hékk í, og festa síðan í bílkrannann sem togaði vírinn lóðrétt upp. Eftir nokkra rykki slitnaði vírinn en um leið kom hnykkur á holutoppsframlengingu þ.a. mælirinn losnaði og féll væntanlega sína 1350 m niður til holubotns. Er þrýstimælingin þar enn, ef einhver saknar hennar. Snáfuðu mælingamenn heim við svo búið.

Eftir þetta áfall var afráðið að mæla ekki aftur í holu 7 fyrr en búið væri að taka lokið af henni og skoða hvort einhverjar vísbendingar væru þar um mælifestuna. Stóð nú illa á tíma mælingamanna og Svartsengismanna á víxl, uns í nóvember 1994 að ákveðið var að láta slag standa og mæla holuna án þess að taka lokið af fyrst. Vildi mælirinn ekki niður í fyrstu. Var þá gripið til þess ráðs að láta Gufuveitustjórann riðlast á mælinum. Sýndi holan húsbóndahollustu og tók við mælinum. Var nú spáð og spekulerað um holutoppinn og reyndist lokaniðurstaðan sú að 2" rörstubburinn, milli holuloks og 2" flans, væri boginn sökum vogarafsins sem hann verður fyrir í blástursmælingunum. Hins vegar mætti nota bílkrannann, sem reisir holutoppsframlenginguna, til að rétta af skekkjuna. Hefur hola 7 síðan verið mæld án áfalla en telst samt varhugaverð til mælinga vegna röra-

skekkjunnar. Lagt er til að tenging 2" ventsins við holulokið verði rétt og styrkt og helst notað til þess efnisrör með víðara innanmáli en nú er.

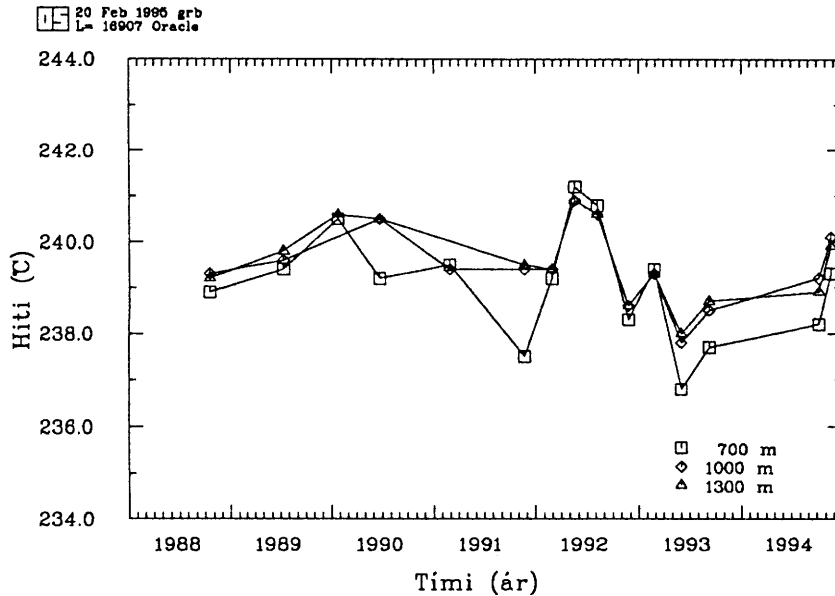
Mynd 4 sýnir hitamælingarnar sem safnað hefur verið með dýpi í holu SG-7, og mynd 5 sýnir þessar sömu mælingar teiknaðar með tímanum. Hitinn neðan suðuborðs er nokkuð jafn og stöðugur, þó er holan köldust (237-238 °C) í júní 1993 en heitust (239-241 °C) í desember 1994. Nánari skoðun hitasögunnar á mynd 5 sýnir einnig mjög athyglisvert samband hitans á 700 m við meðalhita holunnar. Þannig er hitinn á 700 m 1-2 °C kaldari en á 1000 m í þeim tilvikum þar sem holan er í kaldara lagi, en jafnhár eða hærri þegar holuhitinn siglir um og upp fyrir 240 °C. Með öðrum orðum, að sveiflur í æðahita holu 7 verða mestar milli 700 og 1000 m dýpis.



Mynd 4: Hitamælingar í holu SG-7 árin 1993 og 1994.

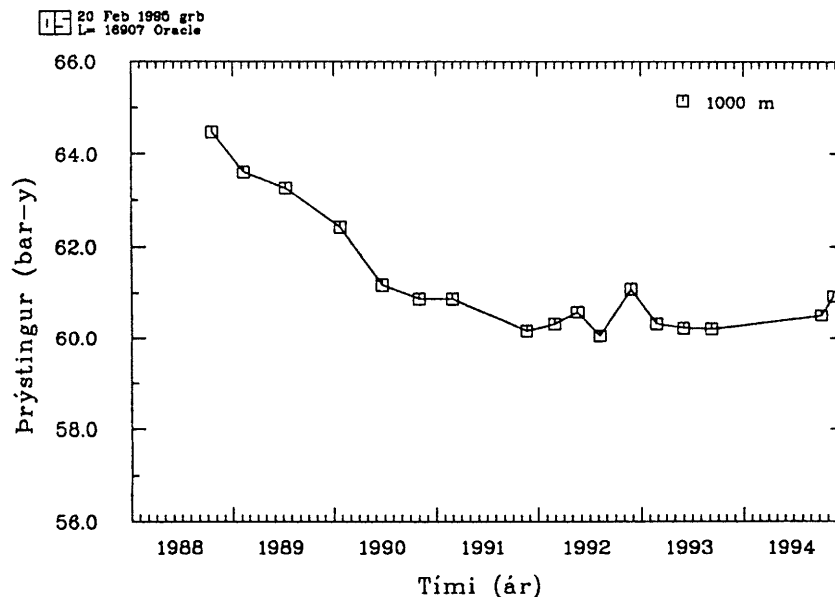
Nú hagar þannig hita- og þrýstiástandi í jarðhitakerfinu í Svartsengi að suðuborð í svæðinu er rétt um eða ofan við 700 m dýpið. Því má hugsanlega skýra sveiflurnar í hitanum á 700 m dýpi með því að þegar holan er "köld", þá sjóði æð sem er rétt neðan við 700 m. Hitatopparnir um sumarið 1992 stafi hins vegar af gufubéttingu þegar smáar gufubólur

dragast niður að æðinni og þéttast við vaxandi þrýsting. Það keyrði svo upp vatnshitann. Í þessu sambandi má geta þess að undarlegur hvinur heyrðist nokkrum sinnum á dag í holu 7 í desember 1994. Var því líkast að þota flygi hjá og stóð hávaðinn í innan við mínútu í hvert sinn. Náðist að mæla með sírita þrýsting á holutoppnum yfir eitt slíkt skot. Kom þá í ljós að holutoppþrýstingurinn féll meðan hávaðinn varði. Nánari grein verður gerð fyrir þessum mælingum síðar (Sverrir Þórhallsson 1995, persónulegar upplýsingar). Hins vegar styrkir þessi óregla í blæstri holunnar tilgátuna um að víxlverkun suðu og þéttingar eigi sér stað nærri holu 7.



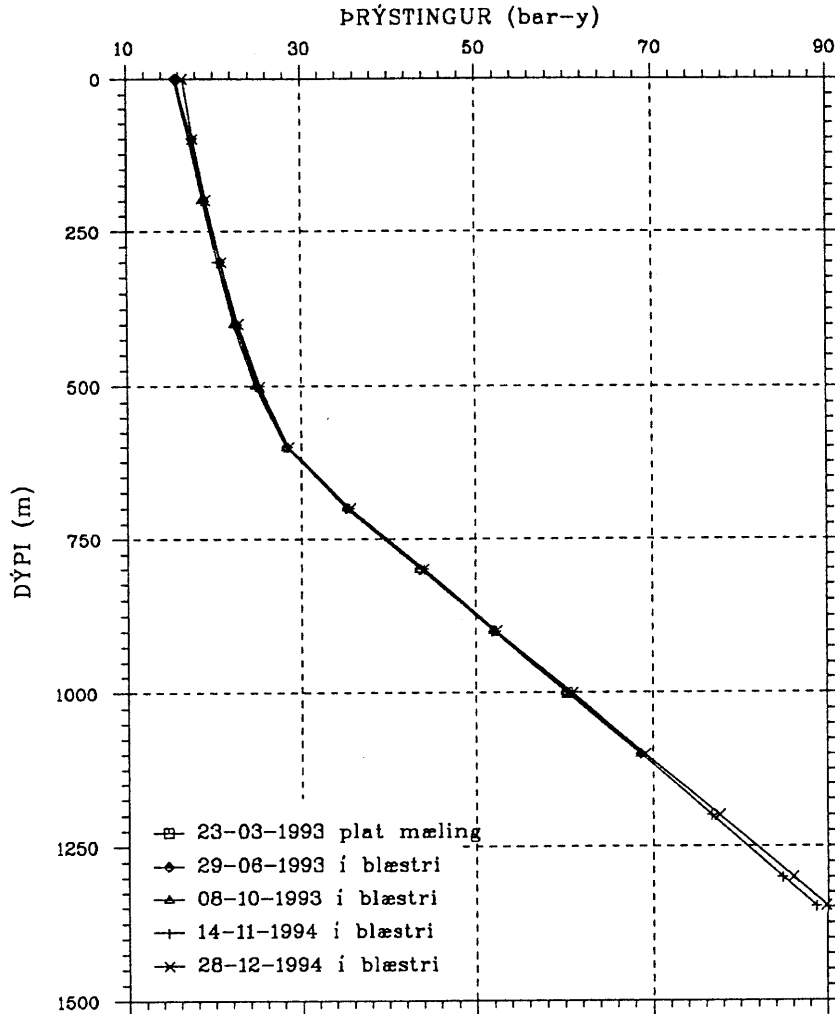
Mynd 5: Saga hita á 700, 1000 og 1300 m dýpi í holu SG-7 (í blæstri).

Myndir 6 og 7 sýna þrýstimælingar sem safnað var í holu SG-7 árin 1993 og 1994. Er skemmst frá því að segja að þrýstingurinn er nánast eins allan tímann og er ljóst að vinnsla síðustu ára hefur ekki leitt til niðurdráttar í jarðhitakerfinu.



Mynd 6: Saga þrýstings á 1000 m dýpi í holu SG-7 (í blæstri).

21 Feb 1995 grb
L= 16907 Oracle

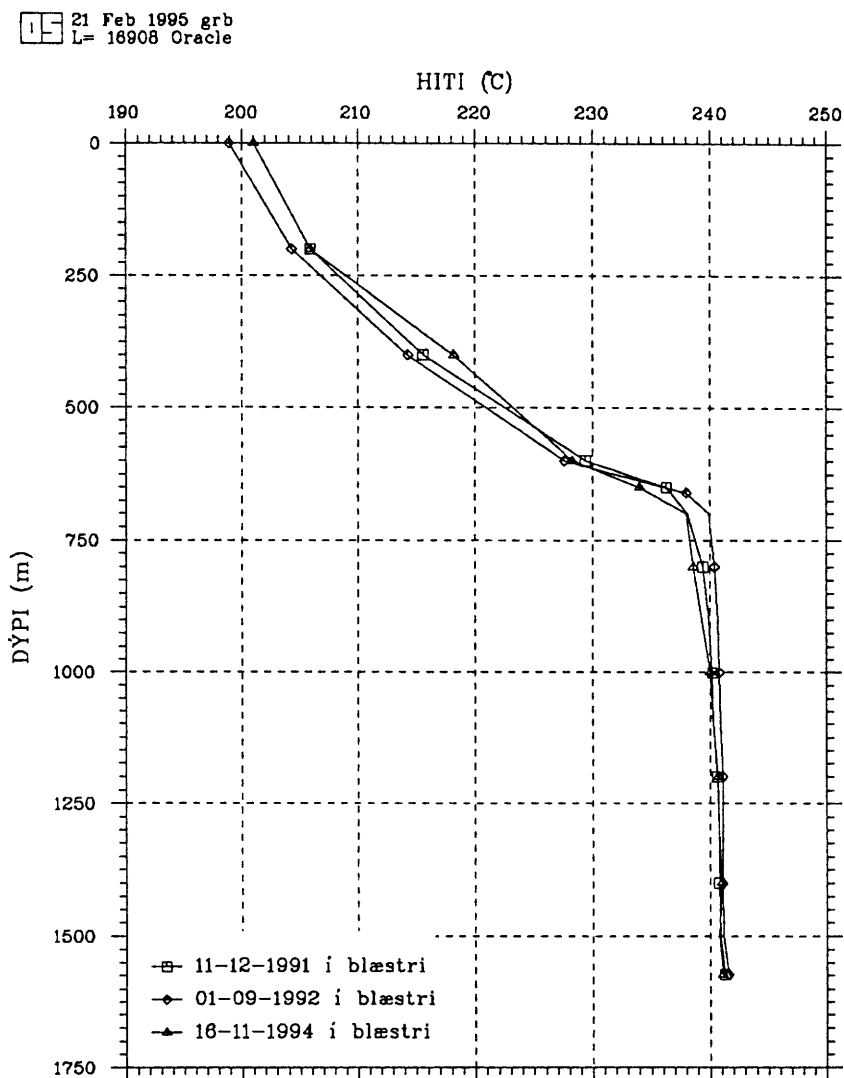


Mynd 7: Þrýstimælingar í holu SG-7 árin 1993 og 1994.

5. Mælingar í holu SG-8

Tvívegis var farið í holu SG-8 árin 1993 og 1994. Í fyrri mæliferðinni, í ágúst 1993, var körfumælt til að kanna frekar útfellingu sem varð vart í september 1992. Þá flaut hita-mælir í blæstrinum á 628 m dýpi, en lempaðist þó í gegn (Grímur Björnsson og Guðlaugur Hermannsson, 1992). Ekki vildi betur til en svo að þegar fyrri karfan (7") var á niðurléið, þá söng mælivírinn í sundur í 575 m dýpi og hvarf sjónum mælímanna. Vírlitið má nær örugglega rekja til veikleika sem hefur komið á vírinn í festunni í holu SG-4 á 577 m dýpi rúmlega mánuði áður (kafli 2). Var ekki annað til ráða en að taka lokið af holu 8, hleypa henni upp í loftið og skjóta þannig körfunni úr. Heppnaðist það. Þar næst fór 4" karfa niður og stöðvaðist hún í 616 m.

Hola SG-8 er síðan hreinsuð í nóvember 1994 og hita- og þrýstimæld að afstaðinni hreinsiboruninni. Er hitamælingin sýnd á mynd 8 ásamt nokkrum eldri mælingum en þrýstimælingin á mynd 17. Er fátt um mælingarnar að segja annað en að hiti og þrýstingur voru í eðlilegu meðallagi í nóvember 1994.

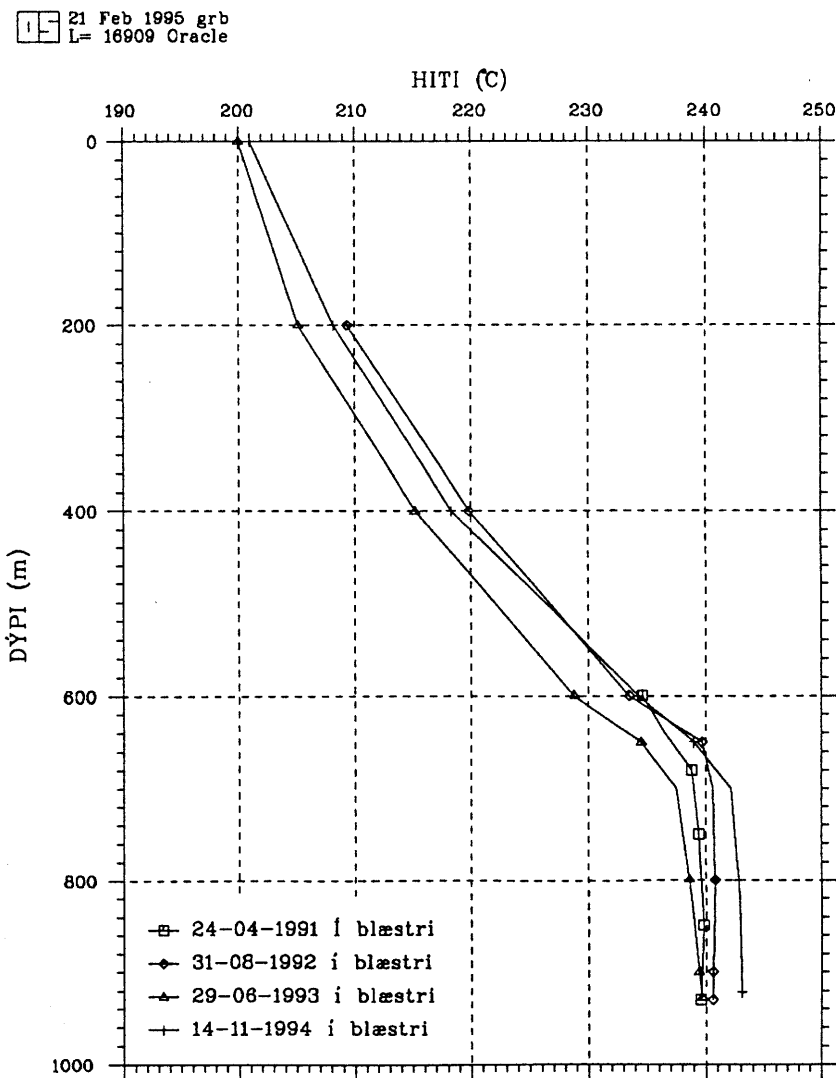


Mynd 8: Hitamælingar í holu SG-8 árin 1991, 1992 og 1994.

Hola SG-8 hefur þurft hreinsiborunar við árin 1983, 1985, 1989, 1991 og 1994. Til sam-
anburðar hefur þurft að hreinsa holu SG-7 tvisvar og holu SG-9 fjórum sinnum. Auk
þess er hola 8 sú eina af Svartsengisholum sem hefur þurft að hreinsa eftir árið 1989.
Ekki er einhlít skýring á þessu þar sem efnainnihald vökvans í holu SG-8 er á móta og í
hinum tveimur holunum (Jón Örn Bjarnason, 1995, persónulegar upplýsingar). Hins veg-
ar má nefna að helsta vatnsæð holu SG-8 er neðan 1500 m dýpis meðan holur 7 og 9
vinna úr mun grynnri æðum. Má vera að suða efst í jarðhitakerfinu skýri að útfellinga-
hraði er hægari í holum sem vinna úr grunnum æðum en í þeim sem vinna úr djúpum
æðum.

6. Mælingar í holu SG-9

Hiti og þrýstingur holu SG-9 var mældur í júní 1993 og í nóvember 1994. Eru mælingarnar sýndar á myndum 9 og 17. Eins var körfumælt með 10" körfu í 750 m á árinu 1993 án fyrirstöðu. Við skoðun hitamælinganna vekur strax athygli að hola 9 er óvanalega heit í nóvember 1994 eða á bilinu 242-243 °C. Ekki er hægt að rekja þennan mun til kvörðunar hitamælisins, því hann sýndi á sama tíma venjulegan hita í öðrum Svartsengisholum. Eins er fróðlegt að sjá að hitamælingin frá 1993 er í kaldara lagi. Óneitanlega vaknar sú spurning hvort þessar hitasveiflur standi í sambandi við víxlgang suðu og þéttingar nærri holu 9, líkt og giskað er á að eigi sér nú stað við holu SG-7 (kafli 4). Þannig hafi suða verið í gangi á u.þ.b. 700 m dýpi við holu 9 í júní 1993 og 237-238 °C "skiljuvatnið" frá suðusvæðinu lekið niður til helstu æðar holunnar á rúmlega 900 m. Síðan hafi gufa verið að þéttast í nóvember 1994 og sú þétting skilað rúmlega 240 °C "þéttivatni" niður á við. Þessar hugmyndir má sannreyna með skoðun á efnainnihald vatnssýna frá svipuðum tíma og eins með skoðun á toppþrýstingi holu 9.

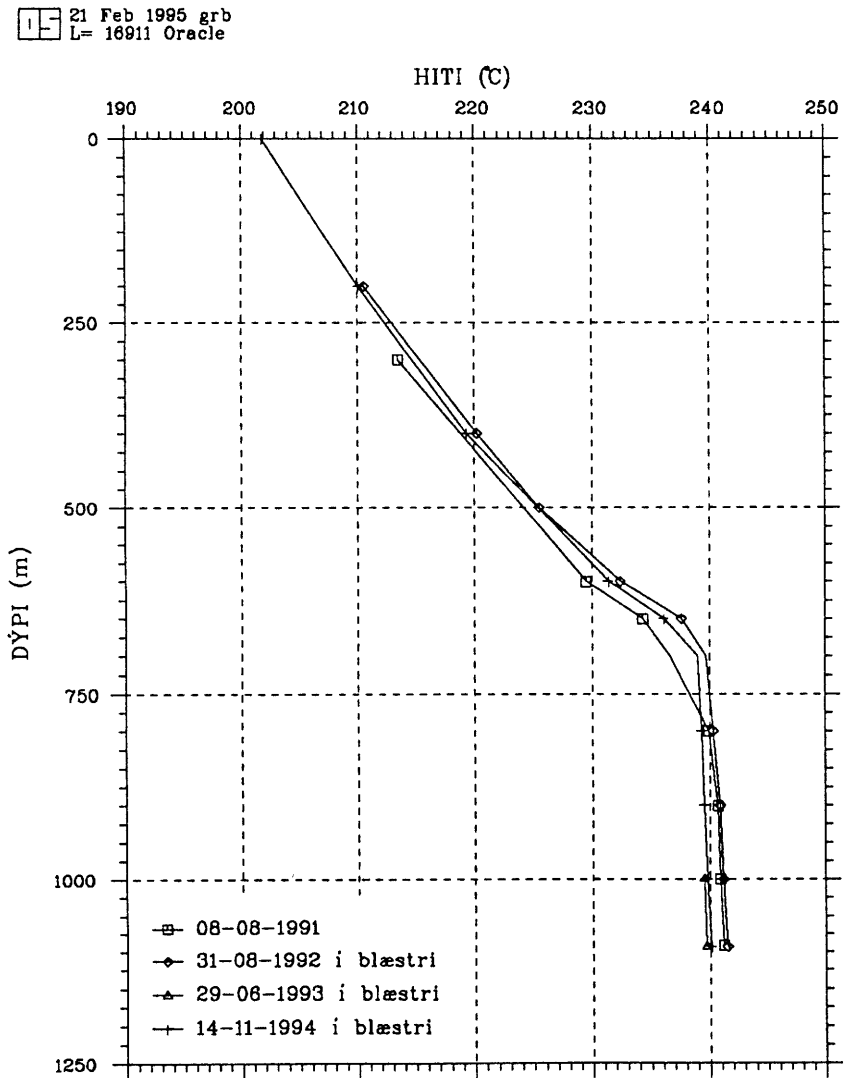


Mynd 9: Hitamælingar í holu SG-9 árin 1991-1994.

7. Mælingar í holu SG-11

Hola SG-11 var hitamæld í júní 1993 og hita- og þrýstimæld í nóvember 1994. Hitamælingin er sýnd ásamt eldri mælingum á mynd 10 en þrýstimælingin á mynd 17. Hitamælingarnar 1993 og 1994 eru í meðallagi heitar en þó ívið kaldari en í mælingunum 1991 og 1992. Ekki er samt talið að um marktækan mun sé að ræða. Sömu sögu er að segja af þrýstingnum, hann er mjög ámóta og í öðrum Svartsengisholum á sama tíma. Því telst hola 11 hafa verið í góðu hita- og þrýstijafnvægi árin 1993 og 1994.

Sams konar þrenging þjáir topp holu 11 og nú er í holu 7, þ.e. skekkja í afstöðu 2" ventils til holuloksins. Verulegar æfingar þarf til að koma mælum niður, aðallega með því að sveigja holutoppframlenginguna til norðausturs. Lagt er til að þessi skekkja verði rétt af og styrkt svo hún þoli betur vogaraflið frá blástursmælingabúnaðinum.

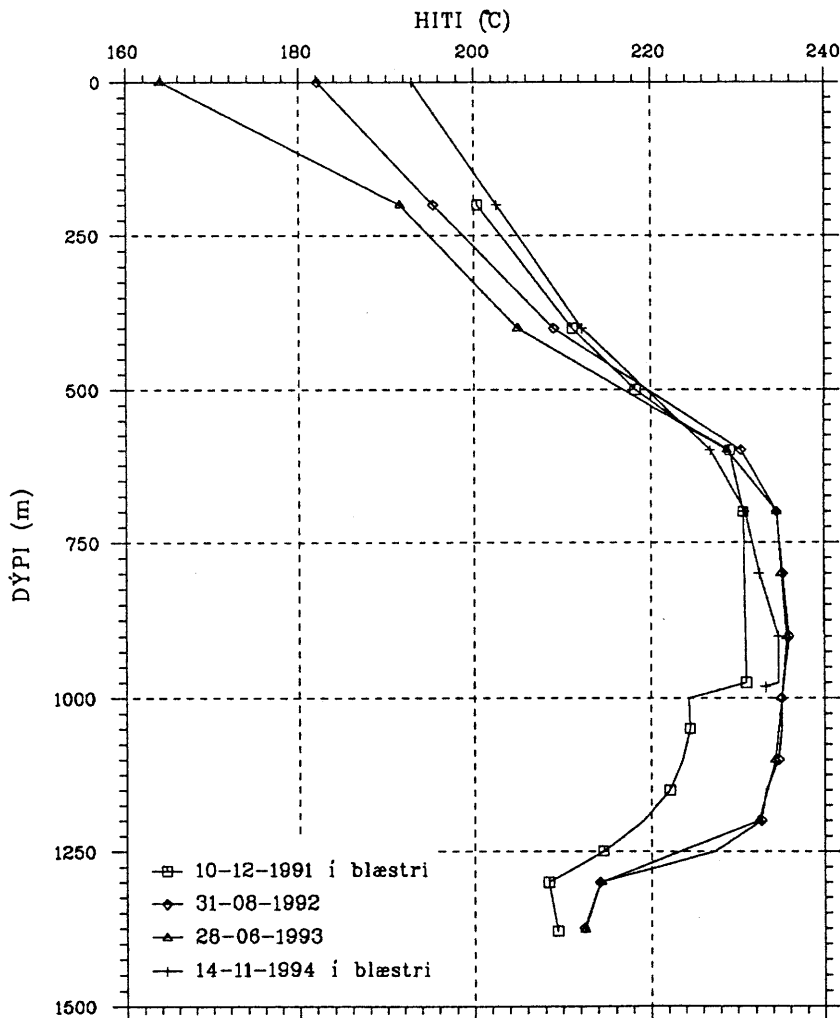


Mynd 10: Hitamælingar í holu SG-11 árin 1991-1994.

8. Mælingar í holu SG-12

Hola SG-12 var hitamæld árin 1993 og 1994 og einnig þrýstimæld árið 1994. Mælingarnar eru sýndar á myndum 11 og 17. Hola SG-12 var nýtt til niðurdælingar árin 1984-1988, en þá var holunni hleypt í gos á nýjan leik. Vel hefur verið fylgst með upphitnun holunnar frá því að blástur hófst og á grunni hitamælinganna verið áætlað að efsta æð holu 12, (975-1000 m) skili 40 % af heildarvinnslunni í holunni (Grímur Björnsson og Benedikt Steingrímsson, 1991). Holu 12 hefur gengið illa að losa sig algerlega við hrollinn frá niðurdælingunni og er hún rekinn með lægri toppþrýstingi og skilar lægra vermi en aðrar holur í Svartsengi.

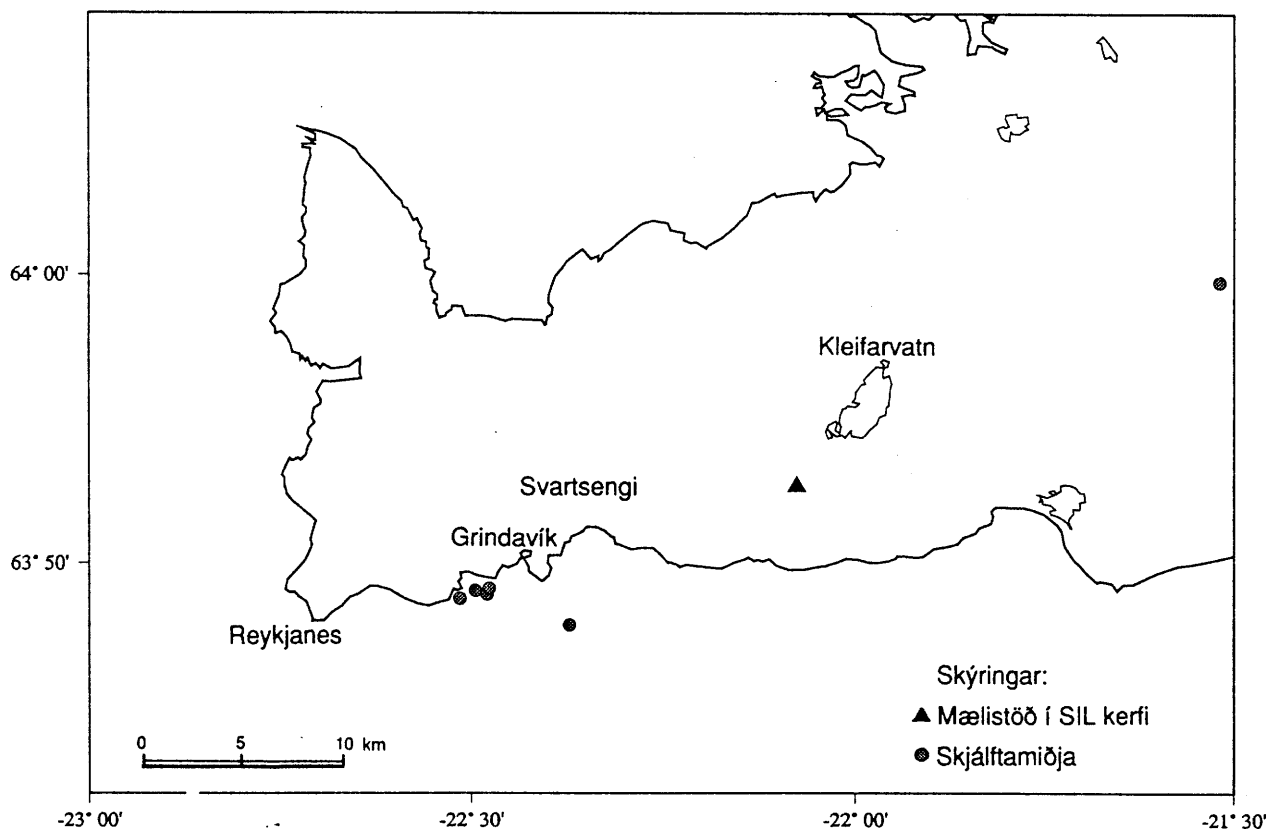
21 Feb 1995 grb
L= 16912 Oracle



Mynd 11: Hitamælingar í holu SG-12 árin 1991-1994.

Í mælingunum í nóvember 1994 kom í ljós fyrirstaða á 982 m dýpi sem ekki tókst að komast fram hjá. Óljóst er um ástæðu fyrirstöðunnar en helst talið að einhvers konar stykki hafi komið ofar úr holunni og stöðvast rétt neðan við efstu æð holunnar þegar hægði á rennslisraðanum. Hér gæti hvort sem er verið um að ræða stein sem hefur fallið úr leiðaralausum vinnsluhlutanum eða útfellingarbrot ofan úr vinnslufóðringunni.

Hola SG-12 var þrýstimæld þann 3. nóvember og síðan hitamæld þann 14. nóvember 1994. Fyrirstaðan á 982 m var til staðar þegar þann 3. nóvember. Síðan bar svo við í slökun hitamælisins þann 14. að mælirinn settist á 534 m dýpi, en datt svo fram hjá. Eins nartaði mælirinn á uppleið í þessu sama dýpi. Ekki er vitað hvað olli breytingunni sem varð innan vinnslufóðringar holunnar á þessu tímabili. Helst er talið að rekja megi hana til útfellinga sem hafi losnað frá holuveggnum. Beinist grunurinn óneitanlega að áhrifum nokkurra snarpra jarðskjálfta sem urðu rétt VSV af Grindavík milli mælinganna 3. og 14. nóvember 1994 (Sigurður Rögnvaldsson 1994, persónulegar upplýsingar). Staðsetning skjálftanna er sýnd á mynd 12. Svipaður grunur um áhrif jarðskjálfta vaknaði út af fyrirstöðu sem kom fram neðarlega í holu SG-7 árið 1989 (Grímur Björnsson og Benedikt Steingrímsson, 1991). Ástæða er til að körfumæla holu SG-12 við tækifæri til að kanna nánar fyrirstöðuna á 534 m dýpi.

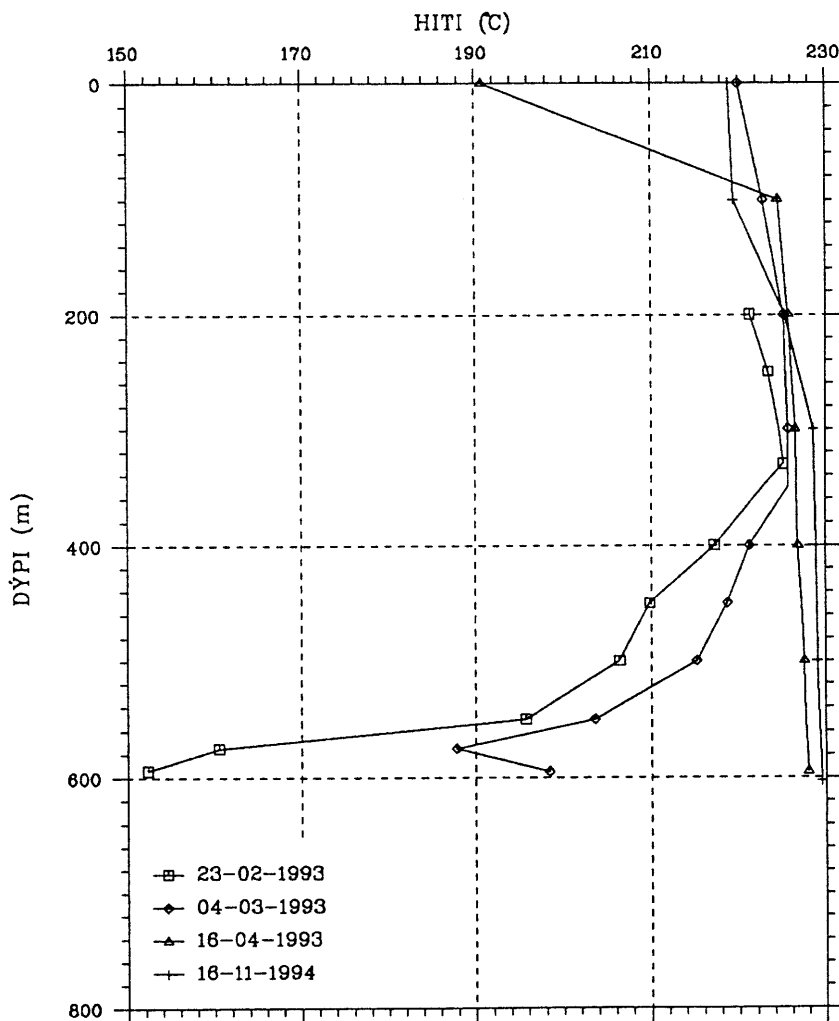


Mynd 12: *Upptök jarðskjálfta nærri Grindavík milli 3. og 14. nóvember 1994. Skjálftarnir voru staðsettir af SIL kerfi Veðurstofu Íslands (Sigurður Rögnvaldsson, 1994, persónulegar upplýsingar).*

9. Mælingar í holu HSH-14

Hola HSH-14 er yngsta holan í Svartsengi og lauk borun hennar í lok febrúar 1994. Holan er 612 m djúp, fódruð með 9 5/8" vinnslufóðringu í 195 m en 7" leiðari nær í botn. Meginæð holunnar er á 340-350 m dýpi (Sigurður Benediktsson o.fl., 1993). Fyrstu mælingarnar í holunni nær fullheitri voru gerðar í byrjun mars 1993, þá var mælt í apríl sama ár og loks í nóvember 1994. Hitamælingarnar eru sýndar á mynd 13 og þrýstímælingarnar á myndum 14 og 17.

□ 24 Feb 1996 grb
L= 16914 Oracle

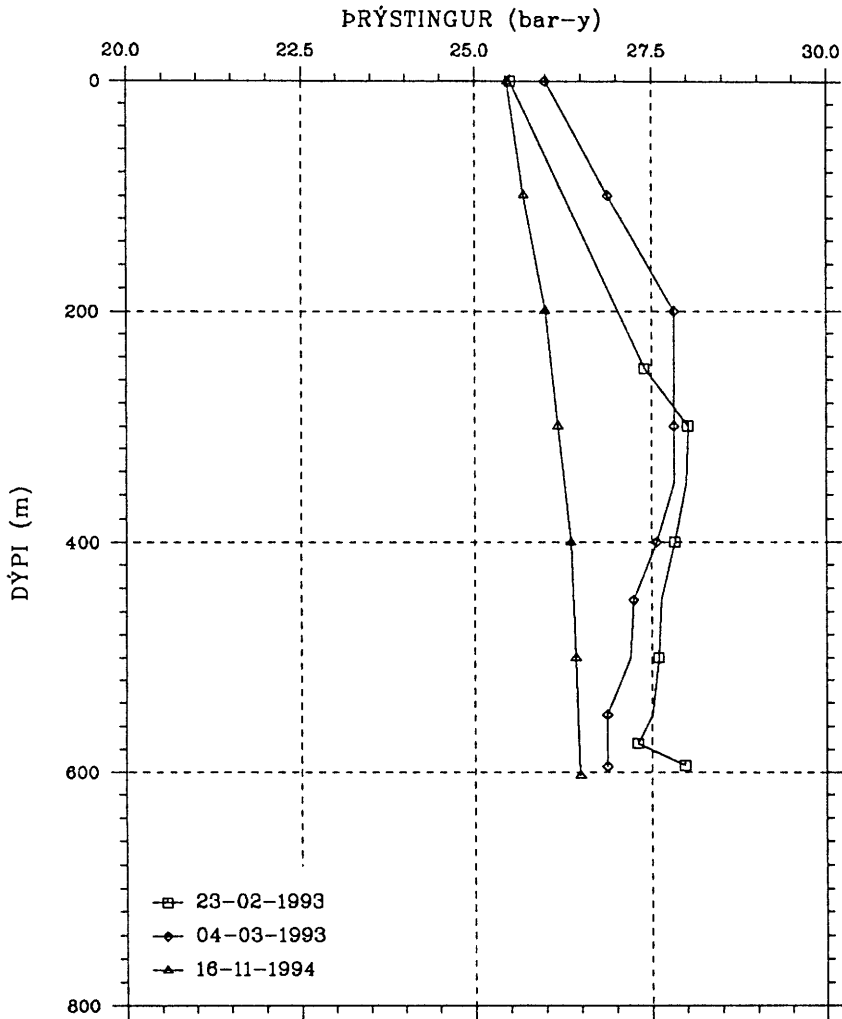


Mynd 13: Hitamælingar í holu HSH-14.

Hola HSH-14 er boruð í gufuríkt suðusvæði þar sem hiti er $\approx 230^\circ\text{C}$ og þrýstingur 27-29 bör hvarvetna. Hitamælingarnar á mynd 13 endurspeglar þetta svæðisástand í apríl 1993 og nóvember 1994. Í fyrstu tveimur mælingunum gættir hins vegar kælingar frá borun. Sama er uppi á teningnum í holuþrýstingnum á mynd 14, þ.e. holan er full af gufu við 26-28 bör, nema í fyrstu þrýstímælingunni frá febrúar 1993 þar sem vatnspollur er enn við lýði í neðstu 25 m holunnar sökum kælingar í borun. Annað sem vekur athygli á mynd 14 er að þrýstingur í nóvember 1994 er $\frac{1}{2}$ -1 bari lægri en í fyrri tveimur mælingun-

um. Þetta þrýstifall getur átt sér tvær skýringar: 1) að ádælingin í borun hafi byggt upp þrýsting sem síðan hafi á nokkrum mánuðum lagast að suðusvæðisþrýstingnum, eða 2) að vinnslan úr holu SG-10 lækki þrýsting í suðusvæðinu með þessum hraða. Full ástæða er til að fylgjast vel með þrýstingi holunnar til að ganga úr skugga um þetta.

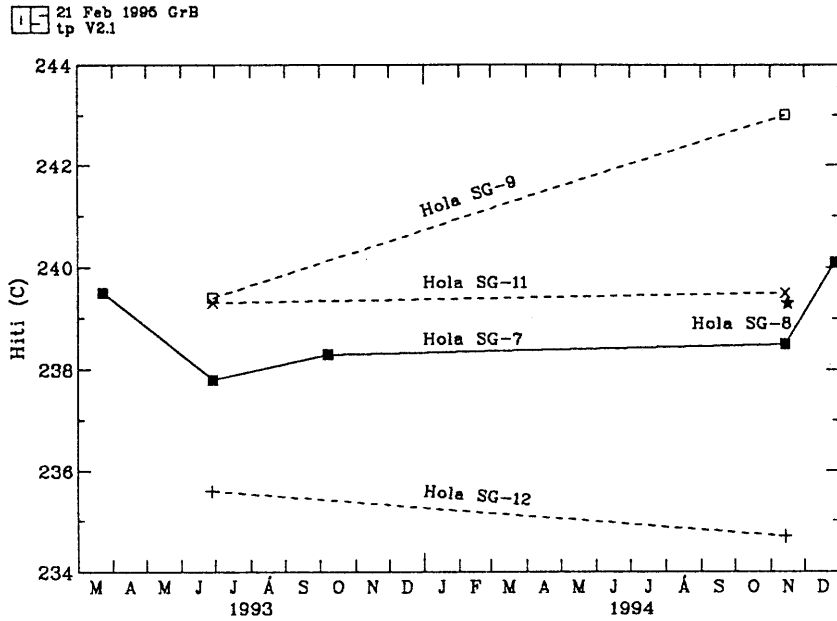
24 Feb 1995 grb
L= 16914 Oracle



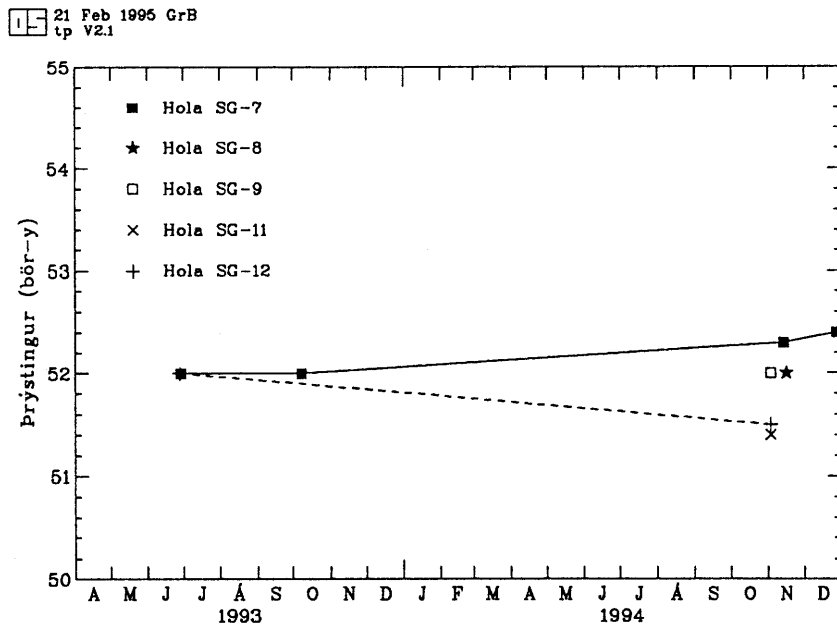
Mynd 14: Þrýstimælingar í holu HSH-14.

10. Hita- og þrýstidreifing í Svartsengi árin 1993 og 1994

Myndir 15 og 16 voru gerðar til að glöggva sig á hitadreifingu í Svartsengisholum árin 1993 og 1994. Skoðaður er hiti og þrýstingur á 900 m dýpi, til að allar eftirlitsholurnar (nema HSH-14) náist inn í samanburðinn. Hitasagan á mynd 15 sýnir að holur 7, 8 og 11 lenda ætíð á hitabilinu 238-240 °C, sem er eðlilegt meðaltal hita í Svartsengi. Hóla SG-12 er heldur kaldari, sökum ádælingarinnar 1984-1988, og virðist ekki ætla að ná hærri hita en um 235 °C. Hóla 9 sker sig hins vegar frá hinum sökum vaxandi hita. Er hér talið líklegast, eins og áður hefur komið fram, að þessu valdi víxlverkun suðu og þéttningar í jarðhitakerfinu. Sama fyrirbæri gæti skýrt hitaaukningu SG-7 í lok árs 1994.



Mynd 15: Saga hita á 900 m dýpi í Svartsengisholum árin 1993 og 1994.



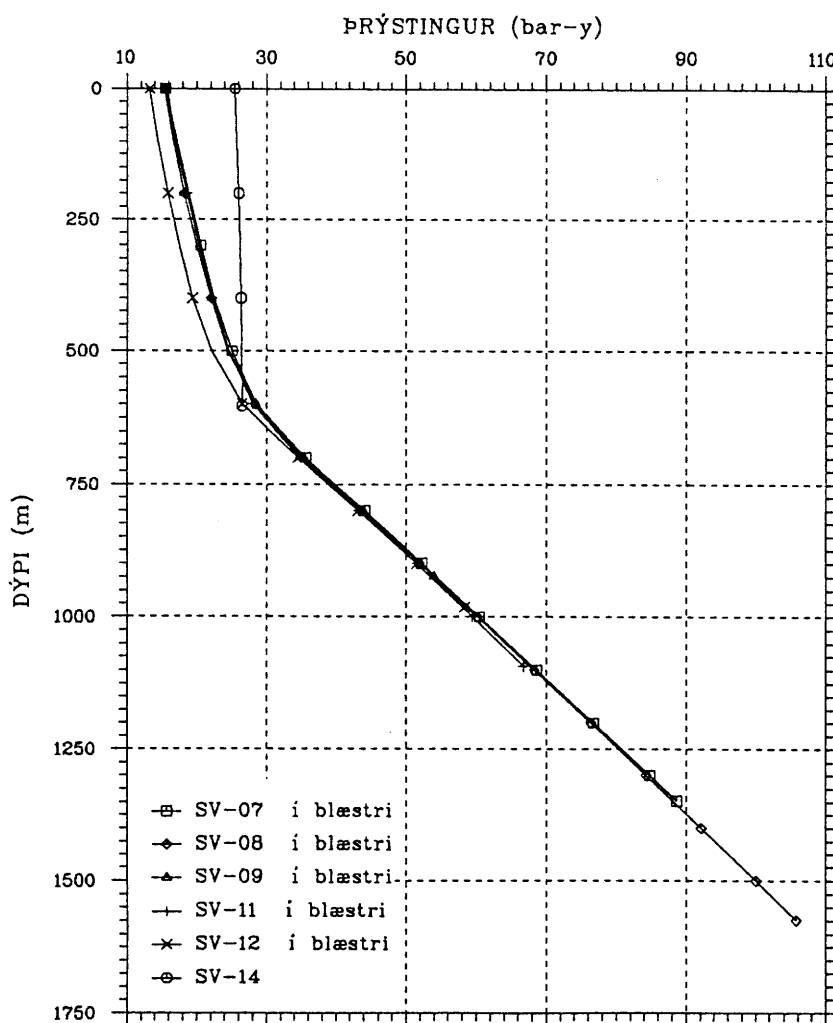
Mynd 16: Saga þrýstings á 900 m dýpi í Svartsengisholum árin 1993 og 1994.

Saga þrýstings er tíðindalítil árin 1993 og 1994, þ.e. hann helst stöðugur. Virðast kann af mynd 16 að þrýstingur fari lækkandi í holu 12. Svo er ekki heldur er fyrri mælingin gerð í lokaðri holunni en hin í blæstri. Það sýnir að iðustreymistapið í holu 12 af stærðarþreppinu 1 bar líkt og hefur mælst í holu 7. Eins sést á mynd 16 að þrýstingur í holum 8 og 11 er nánast sá sami og í holu 7.

Mynd 17 var gerð til að sýna hvernig þrýstingur hegðaði sér með dýpi í mælingunum í nóvember 1994. Þar sést að neðan 700 m dýpis er þrýstingur nánast eins í öllum holunum en hins vegar greinast ferlarnir í sundur ofan þessa dýpis. Er þrýstingur lægstur í holu SG-12, nánast eins í holum 7, 8, 9 og 11 en verulega hærri í holu HSH-14. Endurspeglar

ferlamir ólíkt ástand vökvasúlnanna í holunum. Þannig veldur lægri vatnshiti holu SG-12 því að suða nær ekki jafn langt niður í blæstrinum auk þess sem sjóðandi súlan er eðlisþyngri. Þetta kemur skýrt fram í toppþrýstingnum, sem er 2-3 börum lægri en í holum 7, 8, 9 og 11 þrátt fyrir sama þrýsting á vatnsæðunum. Hóla HSH-14 sker sig svo úr með langhæsta þrýstinginn, enda full af gufu sem fylgir þrýstingi æðarinnar á 340-350 m.

Ekki þarf að skoða mynd 17 lengi til að átta sig á því að mesta rekstrarhætta holna í Svartsengi nú á tímum felst í kælingu vinnsluæða. Þannig fellir 3-5 °C kólnun holu SG-12 toppþrýsting um 2-3 bör, miðað við fullheitar holur. Talið er að ef innstreymishiti æða í Svartsengisholum lækki niður fyrir 225 °C, þá muni toppþrýstingur í blæstri falla niður fyrir núverandi gufuveituþrýsting (Grímur Björnsson og Benedikt Steingrímsson, 1991).



Mynd 17: Þrýstingur í Svartsengisholum í nóvember 1994.

11. Mælingar í holum RnG-8 og RnG-9 á Reykjanesi

Haustið 1993 varð, í holuskilningi, tíðindasamt á Reykjanesi. Áður hafði Saltverksmiðjan aukið mjög massatökuna úr holu RnG-9 og lækkaði toppþrýstingur hennar úr rúmlega 30 í tæp 20 bör (Verkfræðistofan Vatnaskil, 1994). Körfumælingar í september 1993 sýndu að töluverðar útfellingar voru komnar í holuna, einkum um og neðan hengistykki (500-570 m), en þar stoppaði 6" karfa eftir skröngl. Hafði því þverskurðarflatarmál holunnar minnkað um helming sökum útfellinganna (Benedikt Steingrímsson og Grímur Björnsson, 1993a). Eins sást þegar lokið var tekið af holunni að nokkurra millimetra, svört skán var í holutoppnum. Slík skán var hins vegar ekki sjáanleg við ventilskipti í júlí 1991. Ekki er hægt að meta á hvað löngum tíma útfellingin var að myndast djúpt í holunni. Hins vegar myndaðist svarta skánin í holutoppnum nær örugglega við það að vinnsluþrýstingur holunnar lækkaði niður fyrir 30 bör árið 1993.

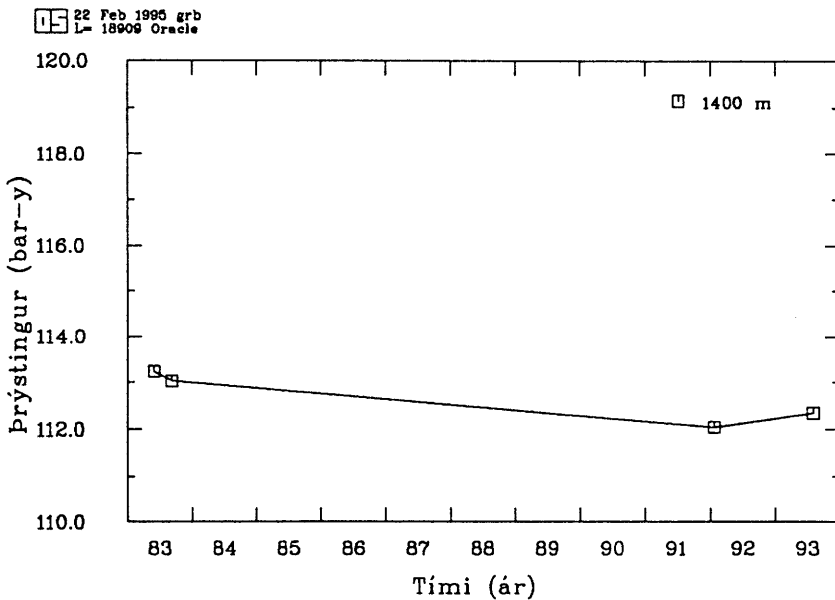
Í ljósi útfellinganna í holu RnG-9 afréð Hitaveita Suðurnesja að láta gera upp holutoppinn á holu RnG-8 svo nota mætti hana sem varaholu fyrir Saltverksmiðjuna, og jafnframt hreinsa útfellingarnar úr holu RnG-9. Jarðborinn Narfi var fenginn í verkið. Vann Narfi við holu RnG-8 síðari hluta nóvembermánaðar 1993 en hola RnG-9 var hreinsuð í desember sama ár. Þessum boraðgerðum hefur þegar verið gerð skil í tveimur greinargerðum Orkustofnunar og er hér aðeins gefið örstutt yfirlit (Benedikt Steingrímsson og Grímur Björnsson, 1993b og 1994).

Hola RnG-8 hafði staðið lokuð þó nokkra hríð eftir að ótrygg tenging á legg út í hljóðdeyfi hafði valdið slæmu slysi við upphleypingu. Til stóð að kæfa holuna, skipta um holutoppinn og tengja síðan að nýju inn á veitu. Hins vegar brá svo við í kæfingunni að holan byggði upp háan þrýsting, því líkast sem hún væri algerlega stífluð. Borholumælingar leiddu í ljós leka á vinnslufóðringunni á 210 m dýpi. Auk þess fannst fyrirstaða (stífla) á 280 m dýpi, sem er 20 m niður í leiðarann. Í ljósi fóðringarlekans var holan dæmd óhæf til vinnslu og beinlínis hættuleg. Lauk Narfi því aðgerðum sínum með því að fylla vinnslufóðringuna af steypu, a.m.k. niður til gatsins á 210 m. Er hola RnG-8 þar með úr sögunni (Benedikt Steingrímsson og Grímur Björnsson, 1993).

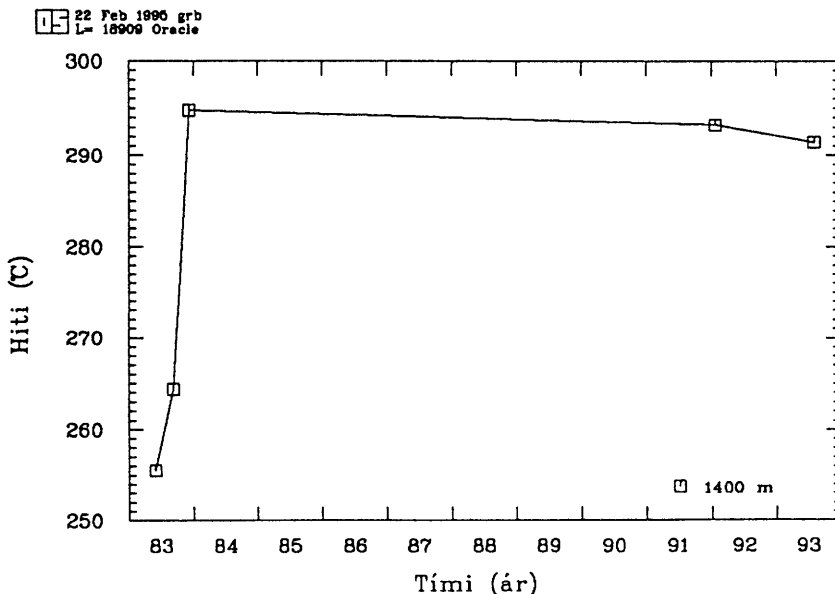
Farið var í hreinsun holu RnG-9 strax að aflokinni uppsteypingu holu RnG-8. Byrjað var að kæfa holuna. Brá þá svo við eftir rúmlega klukkustundar ádælingu að holan byggði snögglega upp þrýsting og virkaði stífluð. Fannst stíflan á 466 m sem er 35 m ofan við hengistykki leiðarans. Talið er að stíflan hafi myndast á hengistykkinu þegar útfellingar, sem sátu ofar í holunni, tóku að hrynja niður við ádælinguna og meðfylgjandi kólnunarsamdrátt. Því næst var 8½" króna send niður. Gekk brösótt að hreinsa niður að 480 m þar sem sífellt hrundu útfellingar úr 12½" víðri vinnslufóðringunni. Í 480 m brast hins vegar útfellingastíflan. Komst 8½" krónan þá dýpst í um 550 m dýpi, en þar töldu bormenn sig finna skemmd á leiðaranum. Hita- og víddarmælingar sýndu svo að leiðarinn hafði slitnað á 534 m dýpi og fannst neðri hluti hans á 550 m. Samkvæmt þessu er efsta, raufaða rörið í leiðaranum slitnið.

Leiðaraslitið í holu RnG-9 varð til þess að frekari hreinsunum var frestað. Réði þar að of mikil hætta var talin á að borað yrði út úr holunni, auk þess sem holan var vel opin fyrir ádælingu. Lá næst fyrir að hleypa holunni í gos. Ruddist þá upp úr henni verulegt magn útfellinga. Afmæling sýndi að holan skilaði meiru en fyrir hreinsun, en minna en fékkst úr henni nýboraðri (Benedikt Steingrímsson og Grímur Björnsson, 1994).

Hreinsanir holna RnG-8 og RnG-9 á Reykjanesi sýna að holurnar eru mjög viðkvæmar fyrir borskarkinu sem þeim fylgir. Skyggir það á annars mjög jákvæðar niðurstöður hita- og þrýstieftirlits í holu RnG-9. Myndir 18 og 19 sýna hita- þrýstisögu holunnar á 1400 m dýpi með tímanum. Þar kemur fram að hiti og þrýstingur hélst stöðugur allt mælitímabilið, þrátt fyrir 40 milljón tonna samanlagaða vinnslu úr svæðinu frá árinu 1970 (Verkfræðistofan Vatnaskil, 1993). Eru þetta glæsilegar niðurstöður fyrir jarðhitakerfið sem benda til að það sé stórt og poli mikla vinnslu í framtíðinni.



Mynd 18: Saga þrýstings á 1400 m dýpi í holu RnG-9.



Mynd 19: Saga hita á 1400 m dýpi í holu RnG-9.

12. Niðurstöður og umræða

Helstu niðurstöður þessarar skýrslu eru eftirtaldar:

1. Hola SG-4 virðist stífluð og í litlu sem engu þrýstisambandi við jarðhitakerfið. Reyna má til þrautar hvort slíkt þrýstisamband náist með nokkurra mánaða langri ádælingu. Ef það bregst er íhugunarefni hvort ekki eigi að steypa í holuna.
2. Mælingar, sem gerðar voru í tengslum við hreinsun fódðringarskemmdar á 116 m dýpi í holu SG-5, leiddu í ljós að leiðari holunnar var einnig skemmdur á 462, 538 og 600 m dýpi. Bágt ástand fódðingar og leiðara í 19 ára gamallri holunni leiddi til þess að hún var fyllt af steypu og mól og þannig jörðuð um alla framtíð.
3. Reglulegar mælingar í holu SG-7 sýna að jarðhitakerfið í Svartsengi hélst í góðu þrýstijafnvægi árin 1993 og 1994, og hefur reyndar svo verið allt frá árinu 1991. Smávægilegar hitasveiflur gætu hins vegar skýrst með víxlverkun suðu og þéttingar í jarðhitakerfinu nærri holunni.
4. Körfumælingar sýndu að veruleg útfelling var komin í holu SG-8 í ágúst 1993. Holan var hreinsuð í nóvember 1994 og sýndu mælingar að aflokinni hreinsun að hiti og þrýstingur voru í eðlilegu meðallagi.
5. Hugsanlega má skýra örari hreinsanir holu 8, borið saman við holur 7 og 9, út frá suðu í jarðhitakerfinu. Þannig vinna holur 7 og 9 úr grynnri æðum en hola 8. Gæti útfellingahættan minnkað þegar suða fer að hafa áhrif á ástand grunnu æðanna.
6. Hola SG-9 helst í sama þrýstijafnvægi og aðrar Svartsengisholur. Hins vegar mælist hún óvanalega heit (242-243 °C) í nóvember 1994. Þessi hitabreyting er skýrð með þéttingu gufu nærri holunni.
7. Hola SG-11 var í góðu hita- og þrýstijafnvægi árin 1993 og 1994.
8. Nú virðist sem hola SG-12 ætli ekki að ná hærri hita en 235 °C í suðuborði. Fyrirstaða myndaðist í holunni á 982 m dýpi milli mælinga 1993 og 1994. Hún er talin stafa af steini eða útfellingaflyksu sem hefur komið ofan úr holunni og stöðvast þegar hægði á streyminu neðan við efstu æð holunnar. Eins kom áberandi högg á mæli í slökun þann 14. nóvember 1994 sem fannst ekki í mælingu 2. vikum áður. Hugsanlega má tengja þá breytingu snörpum jarðskjálftum sem urðu VSV af Grindavík í millitíðinni.
9. Hola HSH-14 stendur full af gufu sem er tæplega 230 °C heit og undir 27-29 bara þrýstingi. Ástandi holunnar er stjórnað af æð á 340-350 m dýpi. Óljós vísbending er um þrýstilækkun í suðusvæðinu milli mælinga 1993 og 1994. Er því ástæða til að mæla þrýsting holunnar oftár en árlega.
10. Nokkuð bras hefur verið við að koma hita- og þrýstiskynjurum niður blásandi holutoppa í Svartsengi. Endaði það með slæmri festu og vírsliti í holu SG-7, en sem betur fer losnaði mælirinn og féll til botns. Talið er að tenging 2" ventla í holulok-in sé of veik þannig að hún bogni út frá vogaraffi blástursbúnaðarins. Lagt er til að þessi tenging verði styrkt, því til þess gæti komið að mælir festist alveg í holutoppi.

11. Samanburður hita og þrýstings milli holna í Svartsengi sýnir að láréttur munur í þrýstingi er óverulegur. Eins er hiti í holum nánast eins ef undan er skilin áberandi hitnun holu SG-9 milli árána 1993 og 1994. Undantekning er hola SG-12. Um 3-5 ° lægri hiti hennar, borið saman við holur 7, 8, 9 og 11, veldur 2-3 börum lægri toppþrýstingi í rekstri. Sýnir það enn og aftur að mesta ógn við rekstur holna í Svartsengi nú á tímum er ekki þrýstilækkunin í kerfinu heldur kólnun vinnsluæða um 10-15 °C.
12. Borframkvæmdir á Reykjanesi í desember 1993 leiddu í ljós bágð ástand fódðingar holu RnG-8. Það leiddi til þess að hætt var við endurnýjun holutoppsins en í staðinn var holan fyllt af steypu. Eins varð ádæling kalds vatns í holur RnG-8 og RnG-9 til þess að útfellingar ofan til í vinnslufóðringum losnuðu, hrundu niður og kolstífluðu báðar holurnar við hengistykki leiðara. Til að kóróna áföllin slitnaði svo leiðari holu RnG-9 þannig að ekki tókst að hreinsa útfellingar dýpra en í 550 m dýpi. Afköst holunnar eru samt mun meiri en fyrir hreinsun.
13. Endurteknar hita- og þrýstimælingar í holu RnG-9 leiða í ljós stöðugan hita og þrýsting jarðhitakerfisins næst holunni, þrátt fyrir 40 milljón tonna vinnslu úr svæðinu á 25 árum. Þetta er talið sýna að jarðhitakerfið sé stórt og þoli mikla vinnslu í framtíðinni.

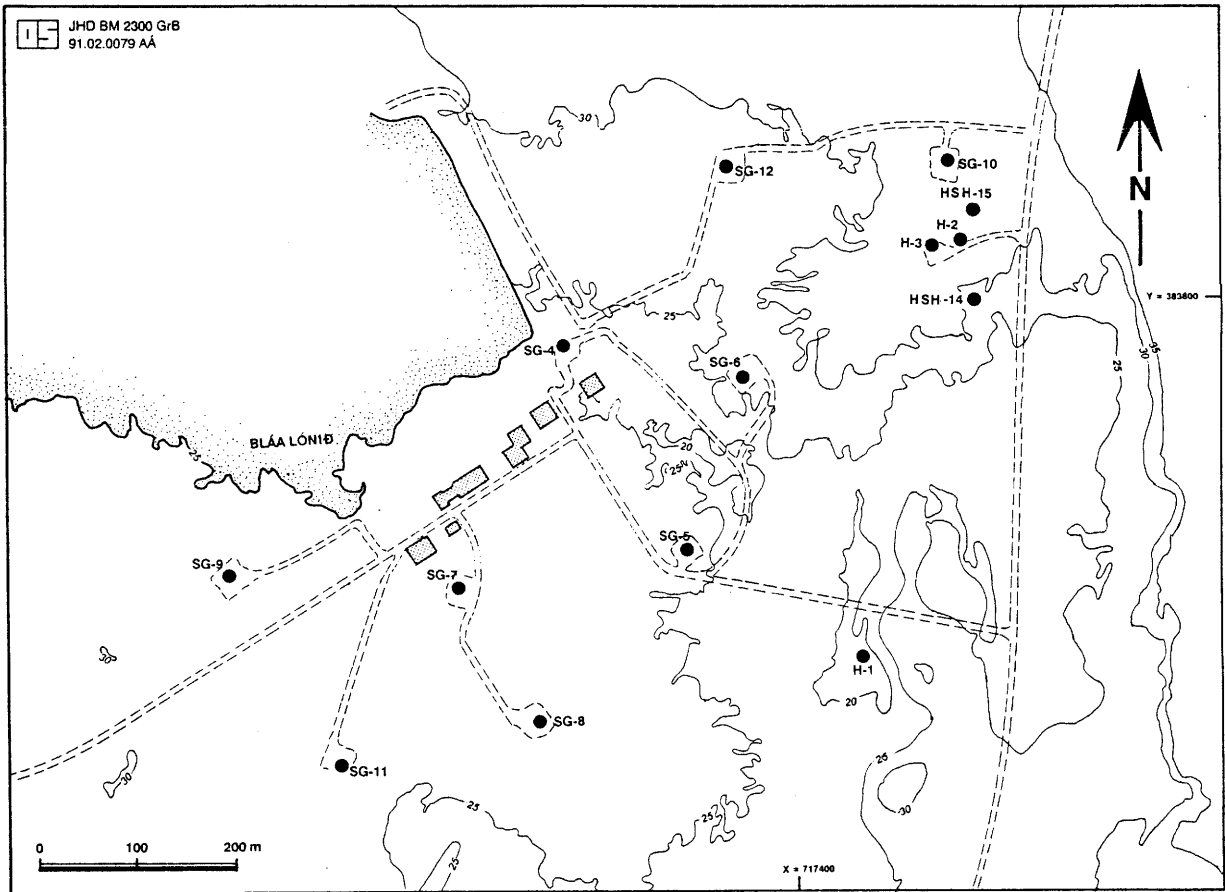
Í heild sýna því borholumælingarnar í Svartsengi og á Reykjanesi árin 1993 og 1994 góða heilsu sjálfra jarðhitakerfanna þó svo að ellimerki séu komin í sumar holur. Auk þess eru farnar að koma fram fjölmargar óbeinar vísbendingar um vaxandi útbreiðslu suðusvæðis í Svartsengi á u.þ.b. 700 m dýpi. Þar virðist nú eiga sér stað víxlverkun suðu og þéttingar. Gæti það skýrt skruðninga í holu SG-7 í desember og eitt og eitt undarlegt efnasýni frá fyrri árum. Eðli þessara breytinga í holuástandi er að þær ganga yfir á skömmum tíma. Því eru litlar líkur á að starfsmenn Orkustofnunar nái að hitta á þær í sínum örfáu ferðum á hverju ári. Því vaknar sú spurning hvort ekki megi skrá þéttar holutoppsþrýsting og hita en nú er gert, og þá helst með sjálfvirkum hætti. Eins má hugleiða hvort einfaldar mælingar á leiðni skiljuvatns geti ekki bætt í það hugmyndalíkan sem nú er að fæðast um ástandsþreyingu jarðhitakerfisins í Svartsengi á 700 m dýpi.

Í lokin er rétt að taka fram að engar körfumælingar voru gerðar í Svartsengi árið 1994, heldur var látið nægja að finna það á þunga mæla í blæstri hvort nokkur grunur væri um útfellingu. Er þá höfð hliðsjón af reynslu undangenginna ára í holu SG-8. Í henni stöðvudust mælar eða hægðu verulega á sér á því dýptarbili sem útfelling hafði myndast, löngu áður en körfumælingar voru gerðar til að staðfesta grun um útfellingar. Að sama skapi flugu mælarnir niður holur þar sem óverulegar útfellingar reyndust vera samkvæmt körfumælingum. Út frá þessari forsendu einni má ætla að allar vinnsluholurnar í Svartsengi hafi verið hreinar um áramótin 1994-1995, nema helst hola SG-12. Komi til styrkingar á tengingu 2" ventla við holulok á næstunni er eindregið lagt til að körfumælt verði í leiðinni. Með því fæst mat á gildi ofangreindrar aðferðar við að skoða útfellingar í Svartsengisholum.

13. Heimildir

- Benedikt Steingrímsson og Grímur Björnsson, 1992: *Hola RnG-9 á Reykjanesi. Mælingar í mars 1992*. Orkustofnun, greinargerð, BS/GrB-92/01, 5 s.
- Benedikt Steingrímsson og Grímur Björnsson, 1993a: *Hola RnG-9 á Reykjanesi. Mælingar í september 1993*. Orkustofnun, greinargerð, BS/GrB-93/01, 10 s.
- Benedikt Steingrímsson og Grímur Björnsson, 1993b: *Hola RnG-8 á Reykjanesi. Kæfing og mælingar í nóvember 1993*. Orkustofnun, greinargerð, BS/GrB-93/02, 5 s.
- Benedikt Steingrímsson og Grímur Björnsson, 1994: *Hreinsun holu RnG-9 á Reykjanesi haustið 1993*. Orkustofnun, greinargerð, BS/GrB-94/01, 8 s.
- Bryndís Brandsdóttir, Páll Einarsson, Knútur Árnason og Hrefna Kristmannsdóttir 1994. *Smáskjálfta- og bylgjubrotsmælingar í tengslum við niðurdælingu affallsvatns í jarðhitasvæðið við Svartsengi sumarið 1993*. OS-94016/JHD-05, RH-03-94, Orkustofnun og Raunvísindastofnun Háskólans, 28 s.
- Grímur Björnsson, 1988: *Blástursmælingar í Svartsengi í október 1988*. Orkustofnun, greinargerð, GrB-88/07, 9 s.
- Grímur Björnsson og Hilmar Sigvaldason, 1991: *Niðurstöður borholumælinga í Svartsengi þann 8. ágúst 1991*. Orkustofnun, greinargerð, GrB/HS-91-05 5 s.
- Grímur Björnsson og Guðlaugur Hermannsson, 1992: *Borholumælingar í Svartsengi í ágúst-september 1992 og niðursetning þrýstiskynjara í holu SG-6*. Orkustofnun, greinargerð, GrB/GuH-92/05, 10 s.
- Grímur Björnsson og Guðlaugur Hermannsson, 1993a: *Hitamælingar í holu SG-7, Svartsengi í mars 1993*. Orkustofnun, greinargerð, GrB/GuH-93/02, 4 s.
- Grímur Björnsson og Guðlaugur Hermannsson, 1993b: *Hitamælingar í holu SG-7, Svartsengi í október 1993*. Orkustofnun, greinargerð, GrB/GuH-93/06, 4 s.
- Hilmar Sigvaldason og Þórður Arason, 1992: *Athugun á fódðingarskemmd í holu SG-05, Svartsengi*. Orkustofnun, greinargerð, HS/PA-92/01, 1 s.
- Sigurður Benediktsson, Ásgrímur Guðmundsson og Grímur Björnsson, 1993: *Svartsengi. Borun vinnsluholu HSH-14 í gufupúðann. Lokaskýrsla*. OS-93012/JHD-07 B, 77 s.
- Verkfræðistofan Vatnaskil hf., 1985: *Svartsengi. Vinnslueftirlit 1976-1985*. OS-85097/JHD-12, 99 s.
- Verkfræðistofan Vatnaskil hf, 1991: *Svartsengi. Vinnslueftirlit júl 1990-júl 1991*. OS-91031/JHD-17 B, 27 s.
- Verkfræðistofan Vatnaskil, 1993: *Reykjanes. Vinnslueftirlit 1970-1992*. OS-93011/JHD-06 B, 24 s.
- Verkfræðistofan Vatnaskil hf, 1994: *Reykjanes. Vinnslueftirlit júl 1993 - júl 1994*. Orkustofnun, OS-94035/JHD-20 B, 15 s.

VIÐAUKI 1: Afstöðumynd og yfirlit um borholur í Svartsengi.



HOLA	BOR- LOK	BOR- DÝPI (m)	VINNSLUFÓÐRING		LEIÐARI		NÝTING HOLU V = vinnsluhola N = niðurdælingah. R = rannsóknarhola
			Þvermál (")	Lengd (m)	Þvermál (")	Lengd (m)	
1	des '71	262	10				Skolvatnshola
2	jan '72	239	8	103	6	234	R, nú uppsteipt
3	feb '72	402	8	145			R, nú uppsteipt
SG-4	maí '74	1713	9 5/8	394	7 5/8	363-1665	V/R
SG-5	júní '74	1519	9 5/8	395	7 5/8	363-1465	V/N/V
SG-6	apr '78	1737	9 5/8	612	7	560-1730	V
SG-6	apr '82	1998	9 5/8	612	*)		Dýpkuð, V
SG-7	sep '79	1438	13 3/8	600	*)		V
SG-8	jan '80	1603	13 3/8	622	9 5/8	585-1595	V
SG-9	júní '80	994	13 3/8	588	9 5/8	557-976	V
SG-10	feb '80	425	13 3/8	220	9 5/8	192-408	V
SG-11	júlí '80	1141	13 3/8	582	9 5/8	547-1130	V
SG-12	mars '82	1488	13 3/8	606	*)		V/N/V
SG-13	maí '81	60					Höggborshola
HSH-14	feb '94	612	9 5/8	195	7	185-612	V
HSH-15	des '93	141	8 5/8	100	*)		R

*) Enginn leiðari er í holu