



**Afl og ástand holu ER-23 á Efri-Reykjum í
júlí 1996**

**Grímur Björnsson,
Benedikt Steingrímsson**

Greinargerð GrB-BS-96-06

22. júlí, 1996

AFL OG ÁSTAND HOLU ER-23 Á EFRI-REYKJUM Í JÚLÍ 1996

Inngangur

Greinargerð þessi lýsir stuttlega niðurstöðum hita- og þrýstimælinga sem gerðar voru í holu ER-23 á Efri-Reykjum í Biskupstungum þann 15. júlí, 1996. Tilgangur mælinganna var annars vegar að kanna ástand hennar samanborið við mælingar frá árinu 1988, en hins vegar að meta hvaða magn gufu megi ná úr holunni við misháan toppþrýsting. Til að þetta mætti verða var holan hita- og þrýstimæld til botns jafnframt því sem holurennslinu var breytt og magnbreytingar mældar í rétthyrndu V-laga þversniði sem komið var fyrir í frárennslisskurði holunnar.

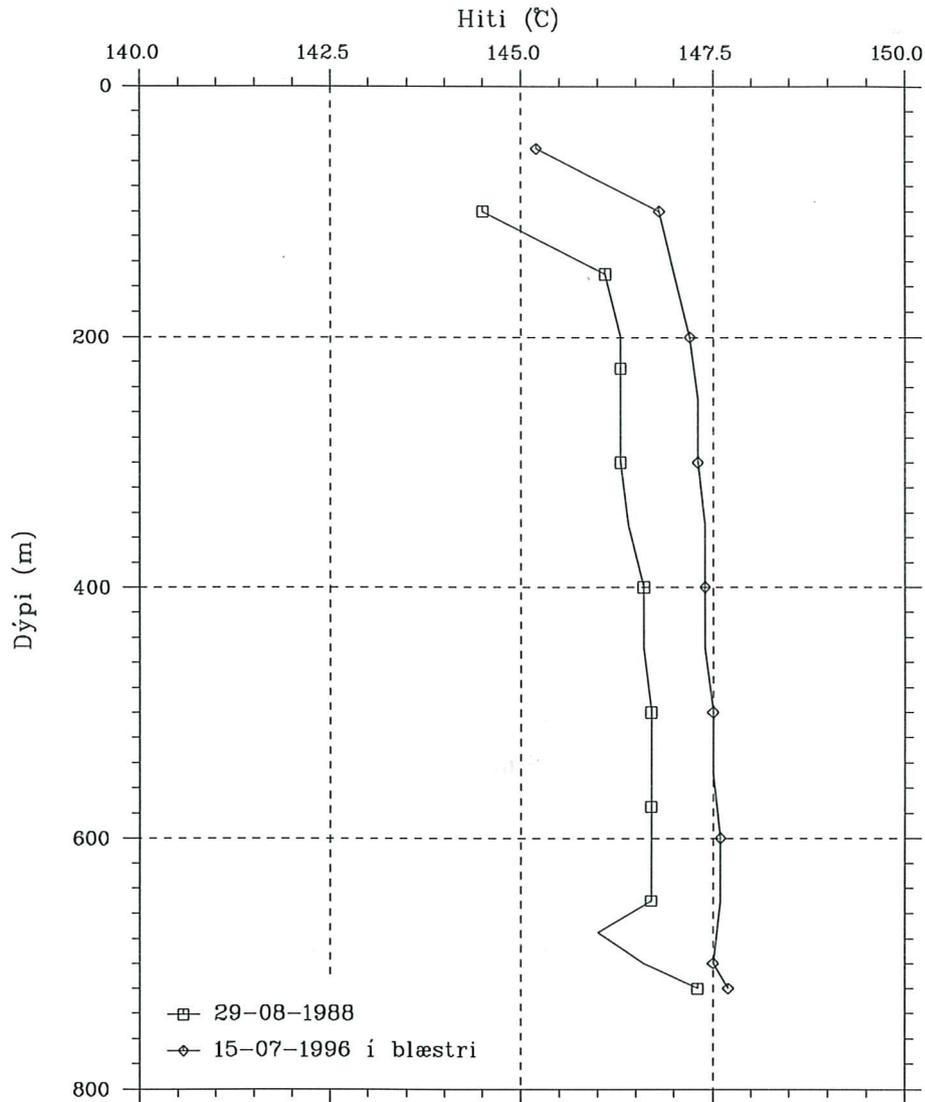
Hita- og þrýstimælingar

Mælingarnar hófust með því að hola ER-23 var hita- og þrýstimæld í ótrufluðum blæstri, þ.e. mælt var niður holuna án þess að hreyfa við leggventli. Aðalventill var hins vegar fullopnaður frá því að vera hálfopinn, en það virtist ekki hafa áhrif á rennslíð. Var fullopnunin reyndar þarfaverk því þar með hætti að leka með spindli aðallokans. Hita- og þrýstimælingarnar eru sýndar á myndum 1 og 2 ásamt eldri hitamælingu. Eins eru hita- og þrýstigögnin sýnd í töflu 1.

Tafla 1: Hiti og þrýstingur holu ER-23 í blæstri þann 15. júlí, 1996.

Dýpi (m)	Hiti (°C)	Dýpi (m)	Þrýst. (bör-y)
50	145.2	.0	3.45
100	146.8	50.0	8.12
150	147.0	100.0	12.83
200	147.2	200.0	22.25
250	147.3	300.0	31.82
300	147.3	400.0	41.08
350	147.4	500.0	50.49
400	147.4	600.0	59.75
450	147.4	700.0	68.69
500	147.5		
550	147.5		
600	147.6		
650	147.6		
700	147.5		
720	147.7		

18 Jul 1996 grb
L= 91643 Oracle

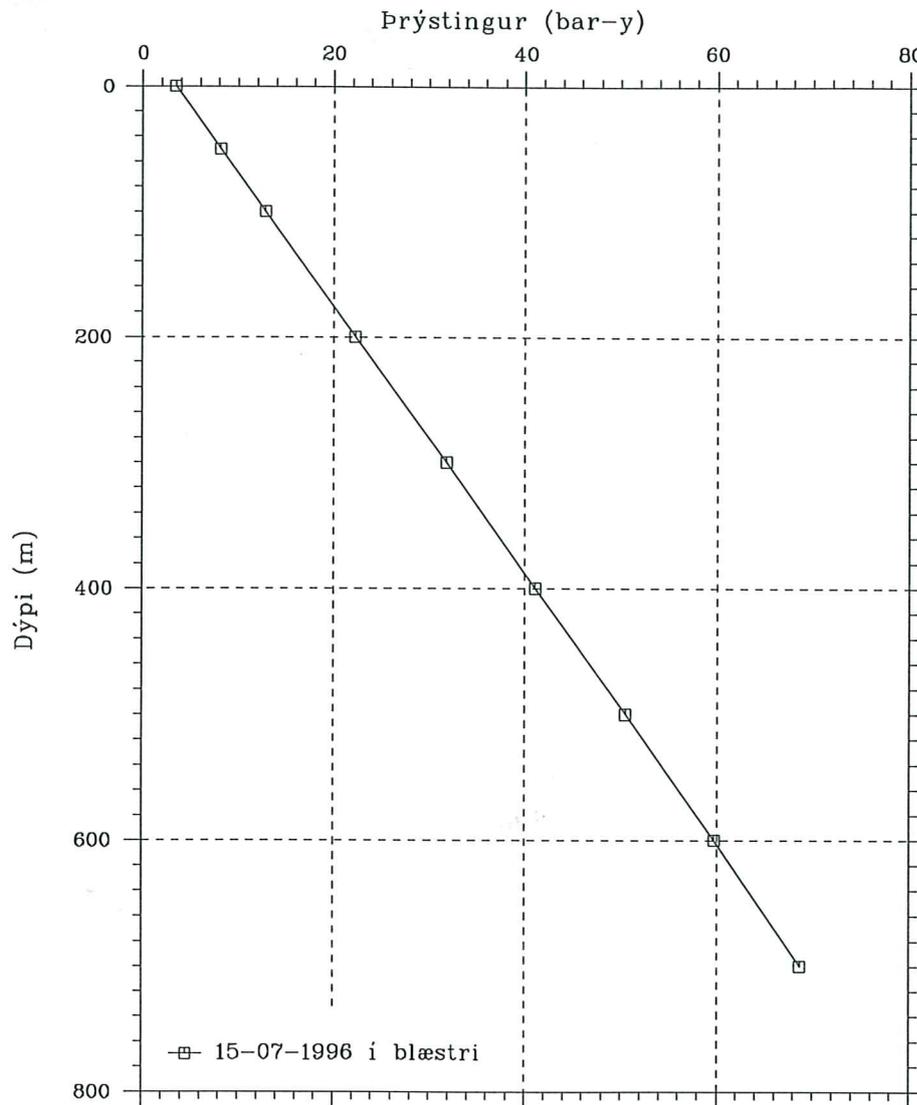


Mynd 1: Hitamælingar í holu ER-23.

Hitamælingin þann 15. júlí 1996 er sýnd á mynd 1 ásamt eldri mælingu. Þar sést að hiti í holunni er nú nánast sá sami og haustið 1988, eða 146,5-147,5 °C (athugið að hitakvarðinn er mjög nákvæmur á myndinni). Svo vill til að holan er mæld með sama hitanemanum í bæði þessi skipti. Telst holan því jafnheit eða örlitlu heitari nú en árið 1988. Út frá hitamælingunni má áætla að hiti í holutoppi sé um 145°C. Samkvæmt gufutöflum er vermi vökvans sem upp kemur alveg um 610 kJ/kg, og sýður vatnið við 3,15 bör-y.

Þrýstingur í holu ER-23 hefur ekki verið mældur áður. Um hann er það að segja að engin suða átti sér stað niðri í holunni daginn sem mælt var enda holutoppsþrýstingur 3,4-3,5 bör-y eða hærri en suðuþrýstingur vatnsins. Þrýstiferillinn niður holuna vex því með dýpi í samræmi við eðlisþyngd 147 °C heits vatns.

18 Jul 1996 grb
L= 91643 Oracle



Mynd 2: Prýstimæling í holu ER-23.

Afköst holu ER-23

Að lokinni hita- og þrýstimælingunni var næst gengið í að mæla rennslið úr holu ER-23. Þannig er gengið frá holutengingum að vökvinn úr holunni rennur inn á lóðrétta gufuskilju með yfirfalli. Skiljan er svo tengd við dælu hitaveitunnar frá Reykjum annars vegar, en hins vegar í stromp þar sem út streymir gufa við andrúmsloftsþrýsting. Síðan er leggventill holunnar stilltur uns smávegis rennsli er komið á yfirfallið og hefur þá hitaveitan nægt 100 °C heitt vatn til að sinna sínu starfi.

Toppþrýstingur holu ER-23 var 3,4-3,5 bör, mælt með nákvæmum, stafrænum þrýstinema. Rennsli um yfirfallið var mælt í V-laga þversniði og reyndist á bilinu 4,5-5,5 kg/s. Að fengnum þessum upplýsingum var drepið á dælu hitaveitunnar og fór þá allt holurennslíð út um yfirfallið. Reyndist það að meðaltali 17,4 kg/s. Út frá því má ætla

að notkun hitaveitunnar af 100 °C vatni síðdegið 15. júlí hafi verið u.þ.b. 12 kg/s. Heildarrennslið úr holunni þarf svo að leiðrétta fyrir gufunni sem slapp upp um strompinn. Gufuhlutinn, x , fæst út frá sambandinu:

$$x = \frac{h_t - h_w}{h_s - h_w} = \frac{610 - 419}{2672 - 419} = 0.085$$

þar sem h_t er holuvermið en h_w og h_s eru vermi vatns og gufu við eina loftþyngd. Samkvæmt útreikningnum fer 8,5% af vökvanum sem uppkemur út í andrúmsloftið sem gufa. Sé gufunni bætt við mælt vatnsmagn fæst að heildarrennslið við 3,4-3,5 bör-y þrýsting hafi verið um 19 kg/s þann 15. júlí 1996.

Dælan var svo ræst á ný eftir um 10 mínútna hlé og því næst var aukið við rennslið frá holunni. Var það áætlað tæplega 27 kg/s við 3,17 bara toppþrýsting og rúmlega 30 kg/s við 2,98 bara toppþrýsting. Þess ber að geta að þá var orðið illmögulegt að halda stíflunni með V-þversniðinu þéttri þ.a. síðari talan gæti verið vanmat. Rennslisprófununum lauk svo með því að hert var að leggventlinum þar til nær hætti að renna um yfirfallið frá skiljunni. Var toppþrýstingurinn þá kominn í um 3,7 bör. Tafla 2 sýnir gögnin sem söfnuðust. Þeirri forsendu er fylgt við afkastamatið að notkun hitaveitunnar hafi ætíð verið 12 kg/s meðan að á prófununum stóð.

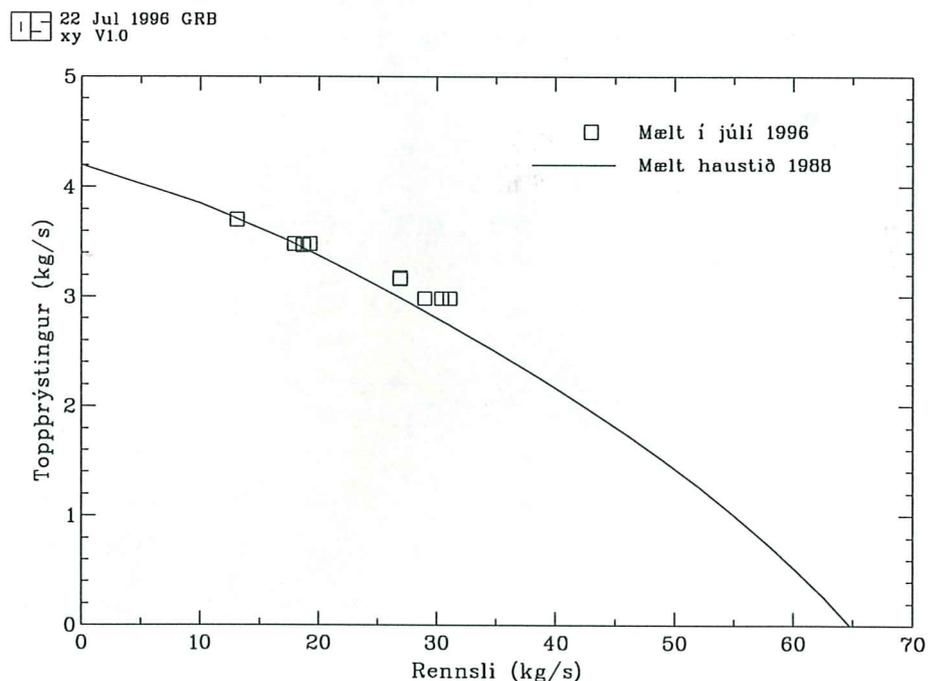
Tafla 2: *Upplýsingar um rennslisprófun holu ER-23 í júlí 1996.*

Tími dags	Toppþr. (bör-y)	Hæð í V (cm)	Hæð í V (cm)	Rennsli í V (kg/s)	Rennsli til hitav. (kg/s)	Rennsli samt. (kg/s)	Athugasemdir
13:43	3.58	10.2		4.5			
14:26	3.52	10.7		5.1			
15:23	3.43	11.1		5.5			Meðalvatn 5.4 kg/s
15:59	3.55						Slökkt á holudælu
16:03	3.48	17.5	17.0	16.5	0	18.0	Vatnsborð enn að jafna sig
16:05	3.48	18.0	17.5	17.7	0	19.3	
16:08	3.47	18.0	17.0	17.1	0	18.7	Meðalvatn 17.4 kg/s
16:10	3.45				12.0		Dæla ræst á ný
16:17	3.16				12.0		Opnað á leggventil
16:20		16.0	15.0	12.6	12.0	26.9	
16:28	3.17	16.0	15.0	12.6	12.0	26.9	
16:30	2.98	17.0	15.8	14.5	12.0	29.0	Leggventli opnaður betur
16:35	2.98	18.0	16.5	16.5	12.0	31.1	
16:38		17.6	16.3	15.8	12.0	30.4	
16:42	3.71				12.0	13.1	Hert á leggventli uns nær hætti að renna um yfirfall frá skilju.
16:45	3.62						Rennsli a.m.k. 13.1 kg/s
16:47	3.65						
16:48	3.67						
16:50	3.68						
16:52	3.45						HÆTT og híft

Þrýstimælirinn sem fór niður holu ER-23 var hafður kyrr í botni meðan á rennslisbreytingunum stóð. Sýndi hann óverulegar þrýstibreytingar af þeirra völdum. Þó má ætla að þrýstingur við 25 kg/s rennslid hafi verið um 0,3 börum lægri en við 16 kg/s rennslid. Sýnir það að meginæð holunnar á 660-670 m dýpi er geysiöflug. Virðist því sem vídd holunnar hafi miklu meiri áhrif á holuafköstin en (skammtíma) gæfni jarðhitakerfisins. Sýnir það jafnframt að komi til frekar borana í jarðhitakerfið, þá má væntanlega fá þar enn öflugri holu en ER-23 er með því að bora og fódra vítt.

Samanburður við eldri prófanir

Hola ER-23 var prófuð rækilega haustið 1988 (Sæþór L. Jónsson, Guðjón Guðmundsson, Guðni Axelsson og Guðlaugur Hermannsson: *Efri-Reykir í Biskupstungum. Afkasta-prófun holu 23*. Orkustofnun, OS-88048/JHD-24 B). Mynd 3 sýnir affferil holunnar eins og hann var áætlaður út frá þeirri prófun. Inn á myndina eru einnig færðir þær aflmælingar sem öfluðust við prófun holunnar nú í júlí 1996.



Mynd 3: Samanburður á afköstum holu ER-23 árin 1988 og 1996.

Mynd 3 sýnir að afköst holu ER-23 eru nærfellt þau sömu eða ívíd meiri nú en haustið 1988. Bendir það til þess að jarðhitakerfið á Efri-Reykjum þoli vel þá vinnslu sem nú er, bæði hvað varðar hita vatnsins úr holunni og afköst með tímanum.

Tafla 1 sýnir að holuþrýstingurinn á 700 m dýpi er 68,8 bör-y í blæstri. Eins sýndi mælingin á 700 m dýpi með tímanum að þrýstingur fellur um 0,3 bör við 10 kg/s aukningu í vinnslu. Það samsvarar því að þrýstifall milli æðar og holu hafi verið um 0,6 bör í mælingunni, miðað við 19 kg/s heildarvinnsluna sem þá var. Þar með má giska á að lokun-

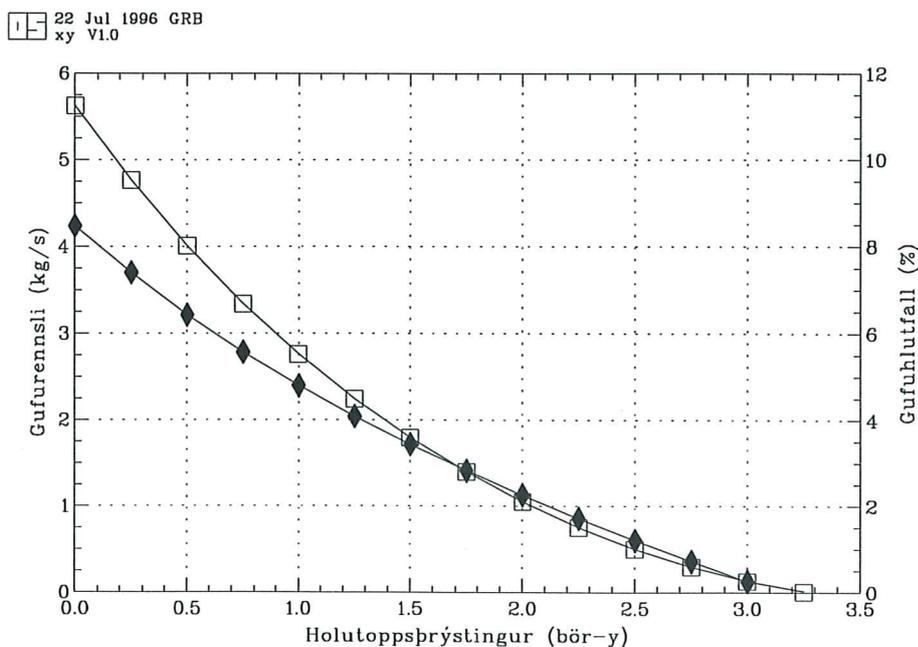
arþrýstingur holunnar nú (á 700 m dýpi) sé um 69,4(bör-y. Ekki er til nein þrýstimæling frá 1988 til samanburðar við þetta gildi. Hins vegar má giska á að þrýstingur á 700 m hafi ekki verið hærri en 70 bör við lok borunar. Er þá miðað við að hægt var að tína stangir upp úr holunni með öryggisventil opinn, en þó aðeins nokkrar í einu. Síðan var kælt á milli. Af framansögðu má því áætla að þrýstiniðurdráttur í jarðhitakerfinu á Efri-Reykjum sé vel innan við 1 bar þau 8 ár sem holan hefur verið í vinnslu. Ef meðalvinnslan á þessu árabili er áætluð 19 kg/s fæst jafnframt að heildarvinnslan úr holunni sé um 600 þúsund tonn á ári, eða tæpar fimm milljónir tonna frá árinu 1988.

Tiltæk gufa í rennsli holu ER-23

Hola ER-23 skilar um 145°C vatni sem sýður við þrýstinginn 3,15 bör-y. Gufuskilja, sem tengd er við holuna, mun því ekki skila neinni gufu nema ef skiljuþrýstingur er lægri en 3,1 bar-y. Mynd 4 sýnir í lokin þá gufu og það gufuhlutfall sem ætla má að hola ER-23 skili við misháan holutoppsþrýsting. Gert er ráð að skiljuþrýstingur sé jafn toppþrýstingi þ.e. að þrýstifall milli topps og skilju sé hverfandi. Þá er einnig gert ráð fyrir að rennsli aukist með lækkandi toppþrýstingi í samræmi við afkastaferill holunnar frá árinu 1988 og sýndur er á mynd 3. Afkastaferillinn frá 1988 má nálga með eftirfarandi margliðu sem sýnir holurennslið, m (kg/s), sem fall af toppþrýstingi, P_0 (bör-y).

$$m = 64.7 - 8.2 \times P_0 - 1.5 \times P_0^2$$

Gufumagnið er síðan reiknað út frá suðumarksvermi vatns og gufu við nokkur gildi toppþrýstingsins, P_0 .



Mynd 4: Gufurennslí (kassar) og gufuhlutfall (tíglar) ER-23 við misháan skiljuþrýsting.

Matið á mynd 4 sýnir að hola ER-23 gefur hverfandi gufumagn við 3 bör-y toppþrýsting, um 1 kg/s við 2 bör-y toppþrýsting, en 5-6 kg/s ef hægt væri að keyra toppþrýstinginn niður að andrúmsloftsþrýstingi. Benda má á að ef holan yrði rekin við 2 bör í tengslum við hugsanlega rafmagnsframleiðslu í framtíðinni, þá mun hún skila 30-35 kg/s af 100 °C vatni. Það er tvö- til þrefalt meira rennsli en hitaveitan frá Efri-Reykjum notaði í júlí 1996.

Niðurstöður og umræða

Helstu niðurstöður mælingar á holu ER-23 í júlí 1996 eru:

1. Hola ER-23 gefur um 145°C heitt vatn, með vermið 610 kJ/kg, en suðuprýsting við 3,15 bör-y. Holutoppþrýstingur var 3,4-3,5 bör eða nokkru hærri en suðuprýstingur vatnsins. Engin suða var því í holunni og hófst suðan væntanlega í leggventli holunnar.
2. Jarðhitakerfið á Efri-Reykjum virðist vart finna fyrir vinnslu undanfarinna ára. Ef giskað er á að rennslið hafi numið um 19 kg/s, þau átta ár sem holan hefur verið í vinnslu, samsvarar það því að tæpar fimm milljónir tonna af heitu vatni hafi verið tekin úr jarðhitakerfinu frá árinu 1988. Þrátt fyrir þessa vinnslu er ekki merkjanlegur þrýstiniðurdráttur í jarðhitakerfinu, þá er vatnshiti holunnar, rennsli og aflferill sömuleiðis óbreyttur.
3. Tiltækt gufumagn frá holu ER-23 ræðst af því við hvaða þrýsting gufuskilja er rekin og sömuleiðis hver toppþrýstingur er, en rennsli frá holunni vex verulega við lækandi toppþrýsting. Ef skiljuþrýstingurinn er yfir suðuprýstingnum fæst að sjálfsögðu engin gufa, en æ meiri gufa fæst svo eftir því sem skiljuþrýstingur lækkar undir suðuprýsting. Þannig eru um 2,2% af heildarvatnsmagninu soðið yfir í gufu ef skiljan er rekin við 2 bör-y, 4,8% við 1 bar-y og við andrúmsloftsþrýsting eru um 8,5% af rennslinu soðin yfir í gufu.
4. Umtalsverð lækkun holutoppþrýstings frá því sem nú er, þýðir tvö- til þreföldun á rennsli upp úr holunni. Gufan sem til félli yrði þá nýtt til raforkuframleiðslu, en þar að auki mundi falla til mikið umframmagn af 100°C heitu vatni sem ekki nýtist núverandi hitaveitu.
5. Botnæð holu ER-23 virðist mjög öflug og lækkaði þrýstingur við hana einungis um 0,3 bör við að rennsli var aukið úr 19 í 30 kg/s. Virðist því sem vídd holunnar hamli frekar mögulegri heildarvinnslu úr henni en gæfni æðarinnar.

Í heild sinni virðist því sem ástand holu ER-23 og jarðhitakerfisins við Efri-Reyki sé gott og að ekki sé að vænta neinna kollsteypna í rekstri svæðisins svo fremi að Suðurlands-skjálftar hafi hægt um sig.

Orkustofnun, 22. júlí, 1996

Grímur Björnsson og Benedikt Steingrímsson.