

## Virkjun varma í þéttri borholu

**Sverrir Þórhallsson, Snorri Páll Kjaran**

**Greinargerð SP-SPK-80/02**

### Inngangur

Að Vallá á Kjalarnesi er borhola sem nær í berg sem er 128°C heitt, en ekki er hægt að dæla úr henni verulegu magni því holan er þétt. Áhugi er á að nýta holuna með því að setja varmaskipti eða rör í holuna og hringdæla vatni. Þar eð slíkt hefur ekki verið reynt áður hér á landi, voru gerðir útreikningar á væntanlegum varmaafköstum. Sýna þeir að holan gæti afkastað 20 kW, en það nægir til upphitunar á einu íbúðarhúsi. Bóndinn að Vallá Geir Gunnar Geirsson hefur gert tilraun til nýtingar á holunni. Sett voru rör í hana og hringdælt vatni. Með þessum hætti kólnaði holan að neðan, en hitnaði ofan til, en varminn var ekki nýttur. Upphitun holunnar að lokinni tveggja vikna nýtingartilraunar í júní 1980 sýnir að varmaafköst holunnar takmarkast af leiðni bergsins, eins og gert var ráð fyrir í reikningnum á varmaafköstum holunnar.

Á þessu stigi verður ekki fullyrt hvort nýting á holunni sé hagkvæm með þessum hætti. en leyfi Orkusjóðs hefur fengist til að nýta holuna til tilraunavinnslu í 5 ár, og hefur Geir Gunnar Geirsson sótt um lán til sjóðsins til að kosta tilraunina.

### Borun holu 1

Holan var boruð á tímabilinu 1979.01.12-1979.02.16 með bornum Ými. Dýpt holunnar er 637.4 m og var hún boruð í 173.6 m með 6 1/2" loftmeitli, en þaðan í botn með 5 7/8" hjólakrónu (mynd 1). Fóðring er 8" plaströr sem nær aðeins niður á 4.2 m dýpi, en borun í bergi er talin hefjast á 7.5-8.0 m dýpi. Ekki varð vart við skoltöp í borun. Í lok borunar var vatni dælt úr holunni með loftdælingu, og afköstin aðeins 0.4 l/s.

### Borholumælingar

og tveimur dögum

Á meðan á borun stóð var hitamælt/eftir að borun lauk. Nákvæmari mælingar voru gerðar snemma á þessu ári og var 29. janúar hitamælt, víddarmælt og viðnámsmælt. Viðnámsmælingin var endurtekin 13. febrúar og þá var einnig mælt nifteind- nifteind og náttúrulegt gamma. Ekki hefur verið unnið úr þessum gögnum né borið saman við svarfgreiningu úr holunni.

Að lokinni nýtingartilrauninni nú í sumar var hitastig mælt 26. júní og síðan með nokkurra daga millibili alls sex sinnum til að fylgjast með upphitun holunnar. Niðurstöðurmælinganna eru sýðar í töflu 1 og á mynd 2.

Útreikningar á varmaafköstum þéttrar borholu

Varmastreymi inn í borholuna er fundið með varmaleiðnilíkingunni Miðað er við að halda 70 °C stiga hita í borholunni. Varmaflötur borholunnar er 335 m langur kafli, (635m-300m) þar sem meðalberghitinn er um 100°C. Ef  $T_0$  táknar holuhitann og  $T_b$  berghitann, a holuradíus, eru byrjunnar og randgildi varmaleiðnilíkingarinnar gefin með

$$T(r,0) = T_b = 100^\circ\text{C}$$

$$T(\infty, t) = T_b = 100^\circ\text{C}$$

$$T(a, t) = T_0 = 70^\circ\text{C}$$

Þar sem r er radíus frá borholu og t er tími. Eftirfarandi tölugildi hafa verið notuð við útreikningana, en þau hafa einnig verið notuð á öðrum jarðhitasvæðum á Islandi; (Guðmundur Pálmason):

Varmaleiðni bergs,  $K=1,7 \text{ W/m}^\circ\text{C}$

Eðlismassi bergs,  $P_b = 2500 \text{ kg/m}^3$

Varmarýmd bergs,  $C_b = 879 \text{ joules/kg}^\circ\text{C}$

$\lambda$  er skilgreint sem:  $K/\rho_b C_b = 7,73 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$

Radíus borholunnar,  $a=0,075 \text{ m}$

Lausn varmaleiðnilíkingarinnar með ofantöldum byrjunar og randgildum er gefin í Carslaw og Jaeger (1959). Eftir"langan tíma" er varmastraumurinn inn í borholuna gefin með eftirfarandi nálgunarformúlu:

$$q = 4\pi K(T_b - T_0) l \left\{ \frac{1}{\ln \frac{4\lambda t}{a^2} - 1,154} - \frac{0,577}{(\ln \frac{4\lambda t}{a^2} - 1,154)^2} + \dots \right\}$$

Þar sem  $l=335\text{m}$ , hæð varmaflatar holunnar. Varmastreymið, q, er sýnt á meðfylgjandi línuriti og minnkun þess með tíma (mynd 3). Þar sést að nýtanlegur varmastraumur er um 20 kW. Ef reiknað er með, að það þurfi um það bil  $23 \text{ watt/m}^3$  til húshitunar myndi varmastraumurinn nægja til upphitunþa tæplega  $1000\text{m}^3$  húsnæðis. Til að byrja með væri varmastraumurinn 10-20 sinnum meiri en minnkar mjög hratt og er kominn niður í 23 kW eftir eitt ár eins og línuritið sýnir.

### Tilraun til varmavinnslu

Geir Gunnar Geirsson bóndi að Vallá setti rör í borholuna og gerði tilraun til að virkja holuna með þeim hætti (sjá mynd 1). Sett voru grónn þakrennurör ( $\phi$  50mm) niður í holuna og voru þau hnoðuð saman og bensluð við þrjá víra. Vatni var síðan dælt ( $15\text{m}^3/\text{h}$ ) niður í holuna og veitt upp um þakrennurörið til yfirborðs. Með þessum hætti var hringrás viðhaldið í tvær vikur. Bæta þurfti aðeins  $0.09\text{ m}^3/\text{h}$  af köldu vatni í holuna til að mæta "töpum". Hitastig vatnsins þegar það kom til yfirborðs var  $40^\circ\text{C}$ . Varminn var ekki virkjaður og var sama vatninu dælt niður aftur. Í reynd var því aðeins um uppblöndun í holunni að ræða og hituðu neðri jarðlög upp kaldari jarðlög í holunni. Til þess að nýta varmann þarf að setja einangruð rör niður á u.þ.b. 300 m dýpi til þess að varminn tapist ekki á leiðinni upp.

Reiknaður var berghiti fjarri borholunni út frá sex hitamælingum á 450m dýpi þegar holan var í upphitun, eftir að holan hafði verið kæld í  $80^\circ\text{C}$  í tvær vikur á sama dýpi. Notuð var reikniaðferð, sem gerir aðeins ráð fyrir varmaleiðni en ekki streymi af heitu vatni (Helgi Sigvaldason 1975)

Tafla 2. Reiknaður berghiti út frá mælingum í kældri holu að Vallá.

Tími frá því að upphitun hófst (klst.)	Hitastig mælt á 450m dýpi ( $^\circ\text{C}$ )	Reiknaður berghiti ( $^\circ\text{C}$ )
5	88.9	106
32	93.7	104
55	95.5	104
81	97.8	105
126	100.9	107
271	103.2	113

Mældur berghiti á þessu dýpi er  $110^\circ\text{C}$ . Þar eð reiknaður berghiti er innan óvissumarka, staðfesta reikningarnir að eingöngu sé um varmaflutning með varmaleiðni að ræða. Þessi niðurstaða treystir því nokkuð forsendum fyrri útreikninga á væntanlegum varmaafköstum holunnar.

### Niðurstöður

Útreikningar sýna að afköst holunnar gætu verið 18-20kW þegar litið er til nokkurra ára, en vegna óvissu í slíkum reikningum og þar eð

reynsla af slíkri vinnslu er ekki fyrir hendi getur tilraun ein gefið viðunandi svar. Tilraun af þessu tagi þyrfti að standa í 1-2 ár (sbr. mynd 3) til þess að unnt sé að meta afkastagetuna. Áður en það yrði gert þarf að hanna viðeigandi búnað, en æskilegt er að framkvæma slíka tilraun vegna almennra þekkingaröflunar, þar eð hliðstæðar aðstæður eru víðar fyrir hendi. Í þessu sambandi þarf að kanna hagkvæmni nýtingar í svo litlum mæli og þá þarf einnig að kann hvaða aðgerðir aðrar geti orðið til að unnt sé að nýta holuna. Er þá fyrst og fremst átt við dýpkun og/eða þrýstiprófun á holunni. Það er þó utan efnis þessarar greinagerðar.

Sverrir Þórhallsson

Snorri Páll Kjaran

Heimildir:

1. H.S. CARSLAN, J.C. JAEGER,  
CONDUCTION OF HEAT IN SOLIDS, UXFORD 1959.
  
2. HELGI SIGVALDSSON  
HITASTIG LOKAÐRAR BORHOLU EFTIR SKOLUNARTÍMA, OSJH 7524, MARS 1975.

TAFLA 1

Hitamælingar í holu 1 að Vallá í upphitun að lokinni tveggja vikna virkjunartilraunar.

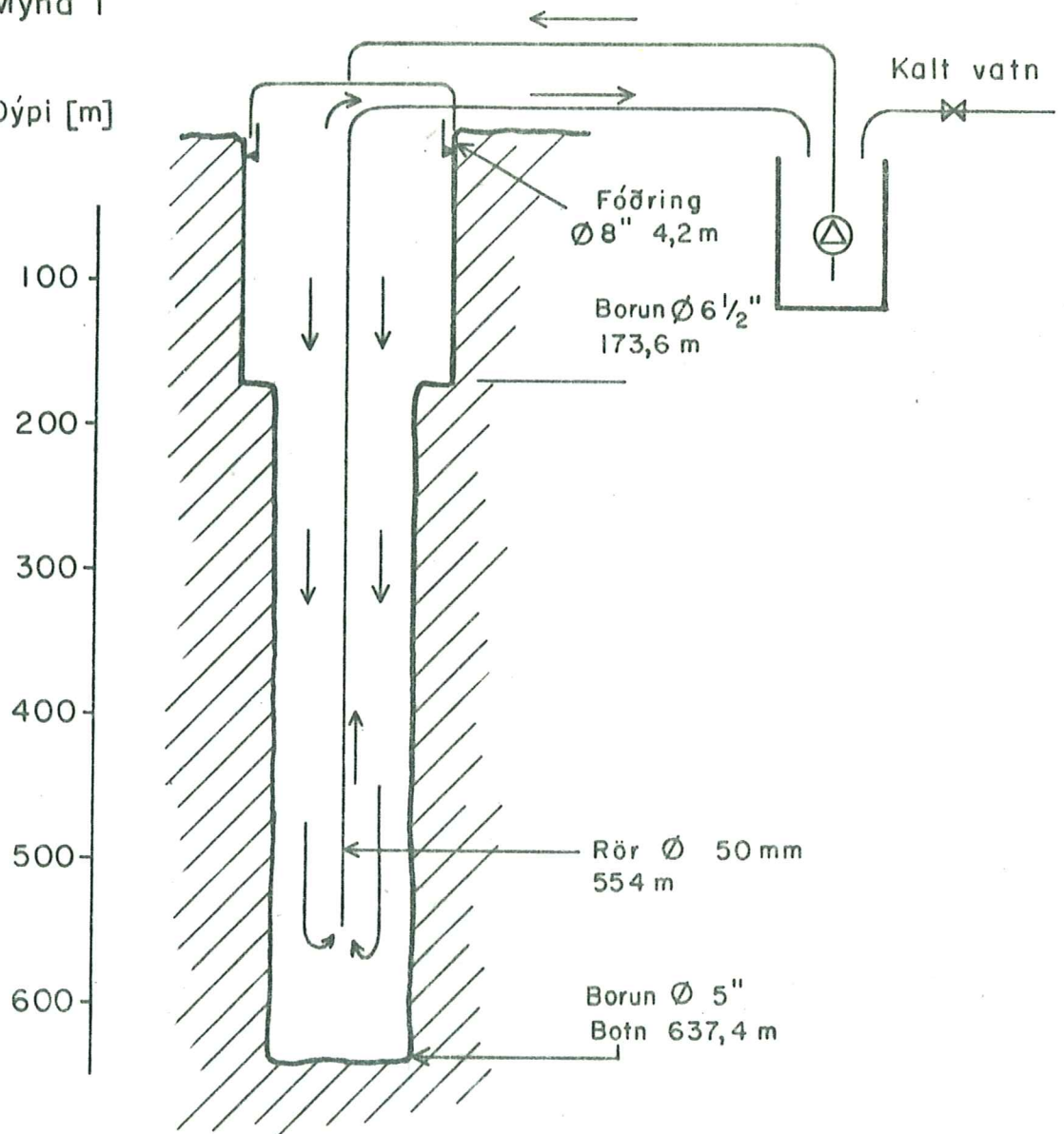
MÆLING NR.

DAGS.	26/6	27/6	28/6	29/6	1/7	7/7
TÍMI FRÁ LOKUN HRINGDÆLINGAR	5	32	55	81	126	271
50 m	34.1	26.7	24.8	23.1	21.7	19.4
100 m	38.9	33.7	32.5	31.1	29.9	28.7
150 m	43.8	41.4	40.6	39.8	39.4	38.8
200 m	49.9	49.4	47.7	49.0	49.1	
250 m	56.7	59.2	59.6	59.8	61.0	64.1
300 m	64.7	69.2	70.0	71.1	73.3	74.2
350 m	72.3	78.1	79.6	80.9	83.6	84.4
400 m	79.3	86.5	88.3	90.9	92.9	95.4
450 m	88.9	93.7	95.5	97.8	100.9	103.2
500 m	91.2	99.9	101.5	104.5	105.7	108.5
550 m	93.8	102.1	106.4	108.4	111.5	114.0
BOTN 554 m	96.2	105.0	107.7	107.0	108.5	114.0



Mynd I

Dýpi [m]



Virkjunartilraun júní '80:

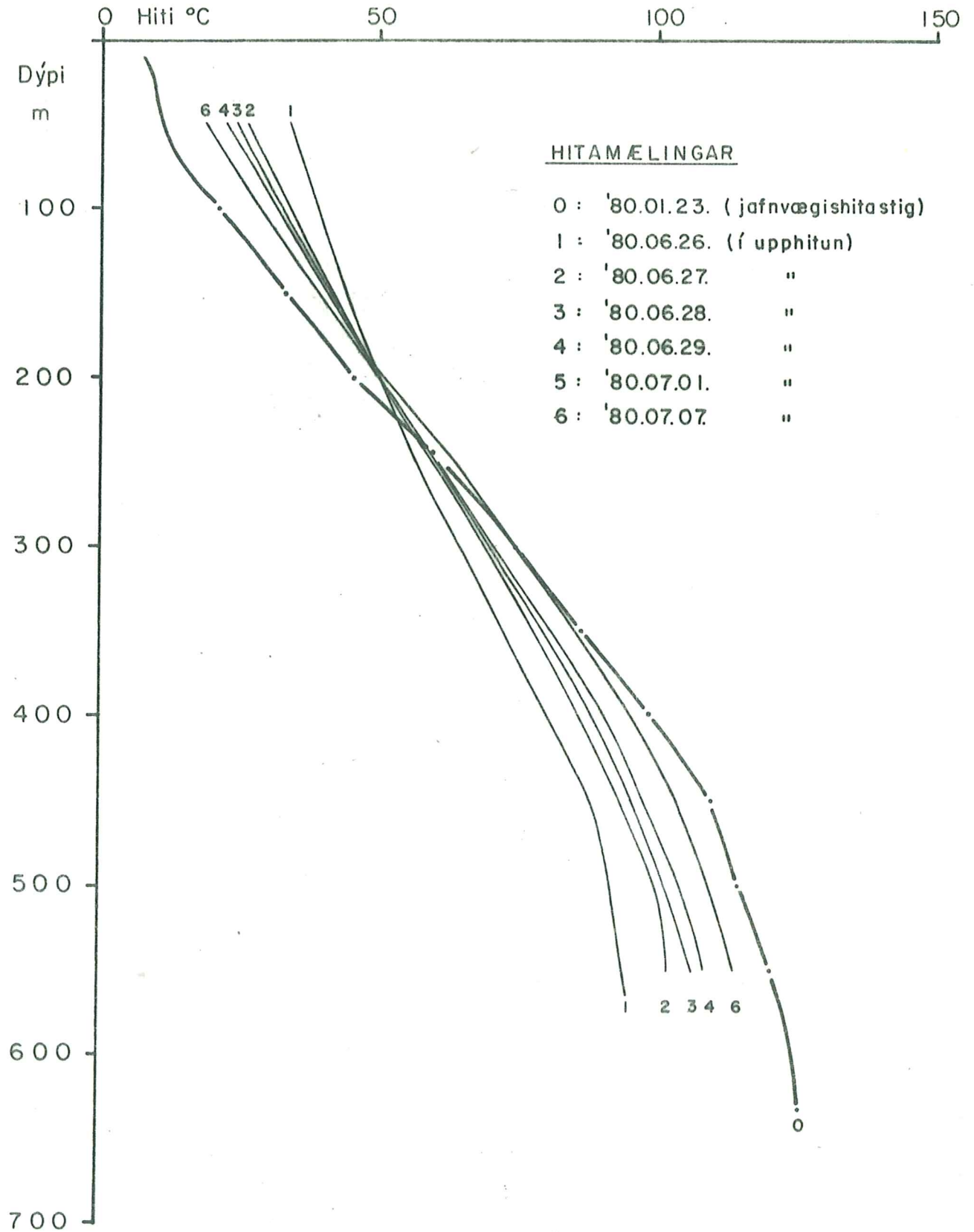
Dælt var á holuna 40 °C vatni 15 m<sup>3</sup>/h og veitt  
upp um rör (óeinangrað).

Hitastig vatnsins sem kom upp var 40 °C





Mynd 2





Mynd 3

