



ORKUSTOFNUN
Jarðhitadeild

**Varmaland/Laugaland í Stafholtstungum
Borun og mælingar á holu 7**

Lúðvík S. Georgsson
Guðmundur Ingi Haraldsson
Magnús Ólafsson
Ómar Sigurðsson

OS-84025/JHD-07 B

Mars 1984



ORKUSTOFNUN
GRENSÁSVEGI 9, 108 REYKJAVÍK

**Varmaland/Laugaland í Stafholtstungum
Borun og mælingar á holu 7**

Lúðvík S. Georgsson
Guðmundur Ingi Haraldsson
Magnús Ólafsson
Ómar Sigurðsson

OS-84025/JHD-07 B

Mars 1984

EFNISYFIRLIT

	bls.
1 INNGANGUR	3
2 JARÐHITI OG JARÐHITARANNSÓKNIR	3
3 HOLA 7	6
3.1 Borun	6
3.2 Hitamælingar	6
3.3 Efnainnihald vatnsins.	8
3.4 Aflmælingar	9
4 HELSTU NIÐURSTÖÐUR	12
HEIMILDIR	12

MYNDASKRÁ

Mynd 1 Hverasvæðið og afstaða holu 7 til hvera og brota.	5
Mynd 2 Hitamælingar í holu 7	7
Mynd 3 Aflmælingar á holu 7	10
Mynd 4 Áætlaður aflferill holu 7 við 10 l/s vatnsvinnslu	11
Mynd 5 Áætlaður aflferill holu 7 við 5 l/s vatnsvinnslu	11

1 INNGANGUR

Síðastliðið haust var boruð hola á hverasvæðinu á Varmalandi/Laugalandi í Stafholtstungum, Borgarfirði. Að boruninni stóðu annars vegar hrepparnir sem reka grunnskólann á Varmalandi og hins vegar gróðarstöðin Laugaland. Þriðji eigandi jarðhitaréttindanna, Húsmæðraskólinn á Varmalandi, var ekki aðili að boruninni.

Auk skólanna og gróðrarstöðvarinnar eru allmörg íbúðarhús og sundlaug á Varmalandi/Laugalandi. Verið er að ljúka byggingu stórs félagsheimilis fyrir nærliggjandi sveitafélög og stækka grunnskólann. Þörfin fyrir heitt vatn var orðin meiri en virkjað hafði verið, m.a. var ekki unnt að hafa sundlaugarina opna í kuldatíð. Til sanns vegar má þó færa að nýting heita vatnsins hafi ekki verið alveg eins og best má verða.

2 JARÐHITI OG JARÐHITARANNSÓKNIR

Á Varmalandi er öflugt hverasvæði. Stærstu hverirnir eru Veggjalaug, Minnihverinn og Kvennaskólahver. Hverirnir eru allir nálægt suðu en sá fyrstnefndi er þeirra mestur og heitastur. Árið 1978 fór fram á vegum Jarðhitadeildar Orkustofnunar ýtarleg könnun á hverasvæðinu vegna fyrirhugaðrar borunar og voru niðurstöður hennar birtar í skýrslu sem kom út snemma árs 1979 (Haukur Jóhannesson o.fl. 1979). Til borunar kom þó ekki að sinni. Í skýrslunni kemur fram að rennsli úr hverum virðist hafa verið nokkuð breytilegt áður en borað var á svæðinu, eða á bilinu 5-10 l/s. Á árunum 1957 og 1959 voru boraðar 6 grunnar holur, sú dýpsta 105 m djúp. Allir hverir og holur voru rennslismældir 1978 og reyndist sjálfrennsli um 9 l/s. Þar af voru nýttir eða nýtanlegir rúm-ir 8 l/s með 84-100°C hita.

Þegar ákveðið var að bora á árinu 1983 voru eldri niðurstöður endurskoðaðar í ljósi nýrra gagna um hverasvæðið og jarðhitann í Borgarfjarðardölum almennt. Helstu niðurstöður voru að þótt jarðhitinn komi víða og dreift upp, þá raða aðalhverirnir sér á um 60 m langa línu sem stefnir nærri NNA og er væntanlega tengd misgengi eða sprungu. Hveralínan er skorin af norðvestlægri sprungu nærri stærsta hvernnum, Veggjalaug. Engin lóðrétt hreyfing hefur orðið á þessari sprungu, og væntanlega hefur hún myndast við skerhreyfingu. Viðnámsmælingar benda til að vatnið komi inn á svæðið úr norðnorðaustri.

Hola 7 er staðsett 15 m vestan við hveralínuna (norðlæga brotið) mitt á milli Kvennaskólahvers og Minnihversins um 25 m norðan við vestlæga brotið. Ætlunin var að reyna að skera norðnorðaustlæga brotið á

300-500 m dýpi nærri skurðpunkti brotanna. Gert var ráð fyrir að því hallaði lítillega (a.m.k. 2-3°) til norðvesturs. Mynd 1 sýnir hverasvæðið og afstöðu holu 7 til hveranna og helstu brota.

Eftir að borun holu 7 lauk var ákveðið að rennslismæla hverina og grunnu holurnar að nýju til að afla eins nákvæmra upplýsinga um rennsli þeirra og unnt væri áður en byrjað væri að nýta holuna. Jafnframt fengjust betri gögn til að meta áhrifin sem ætla má að langtíma-vinnsla úr holu 7 hafi á yfirborðsjarðhitann og jarðhitakerfið.

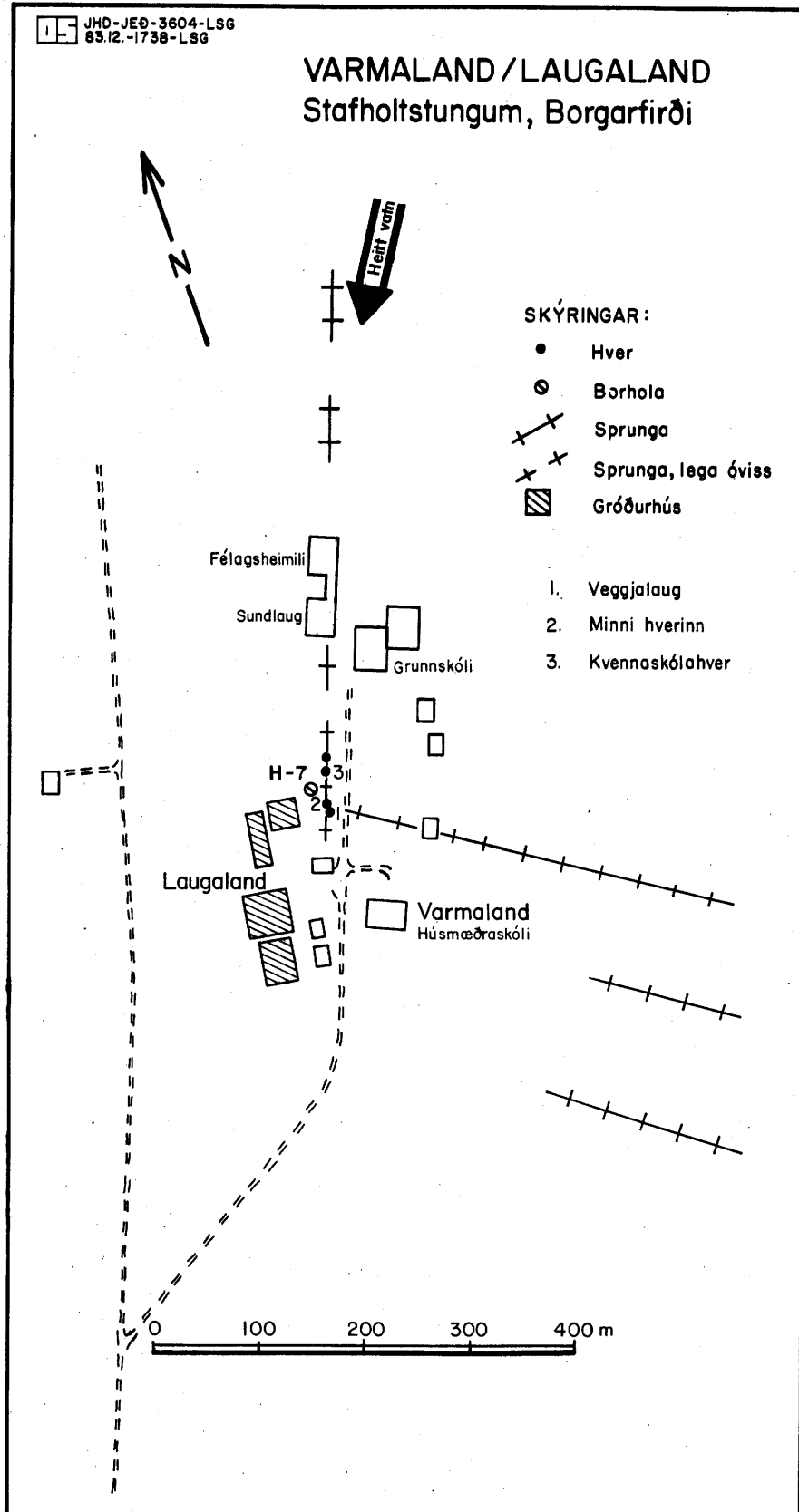
Þegar hverasvæðið var rennslismælt árið 1978 var hleypt úr öllum þróm og þvingun tekin af borholum, þannig að alls staðar var algjörlega frjálst rennsli meðan mælt var á hverjum stað. Þetta var gert vegna þeirra nánu tengsla sem eru milli holanna og hveranna. Nú var farið nokkuð öðru vísi að. Aðeins var létt á þeirri þró eða holu sem verið var að mæla hverju sinni. Mælt var í Veggjalaug, Minnihvernum, Kvennaskólahver og holum 1, 3 og 6, en litlu augunum sleppt.

TAFLA 1. Rennsli og hiti í hverum og borholum á Varmalandi/Laugalandi í Stafholtstungum í Borgarfirði.

	1983		1978*	
	l/s	°C	l/s	°C
Veggjalaug	2,14	96,5	1,21	93,5
Minnihverinn	0,08	83,5	0,20	97,0
Kvennaskólahver	0,46	96,0	0,58	97,0
Hola 1	2,34	100,0	2,81	
Hola 3	0,59	97,0	0,70	
Hola 6	2,45	101,0	2,36	
Samtals	7,86		8,06	

* Haukur Jóhannesson og fl. (1979).

Niðurstöður rennslismælinga eru sýndar í töflu 1. Þar er einnig gefinn mældur hiti (tölur um hita fyrir 1983 eru frá 3. ágúst). Til samanburðar eru sýndar niðurstöður frá 1978 úr sömu hverum og laugum. Heildarrennslið reyndist vera mjög svipað, eða 7,9 l/s, en var 8,1 l/s 1978. Mismunurinn er innan eðlilegra skekkjumarka. Hins vegar hefur jafnvægið milli einstakra hvera og hola breyst verulega. Aðalbreytingarnar eru á Veggjalaug, sem gefur nú mun minna, og holu 1, sem gefur nokkru meira. Aðrar breytingar á rennsli eru minni. Þessar sveiflur stafa líklega af því að ekki var staðið eins að mælingum.



Mynd 1. Varmaland/Laugaland, hverasvæðið og afstaða holu 7 til helstu hvera og brota.

3 HOLA 7

3.1 Borun

Hola 7 var boruð með bornum Ými. Borun hófst þann 6. september 1983 og lauk þann 14. október sama ár, þegar holan var orðin 671 m djúp. Er þetta dýpsta hola sem Ýmir hefur borað.

Holan var boruð með 12 1/4" krónu í 10,7 m og fóðruð með 10 3/4" röri. Þá var borað með 5 7/8" krónu í 98,5 m, síðan rýmað með 9 7/8" rýmara og loks fóðrað með 8 5/8" rörum í 98 m. Þegar hér var komið sögu höfðu farið í verkið 14 verk dagar. Eftir þetta var borað með 5 7/8" krónu. Vart varð við smáleka í um 120 m og var steypt í hann. Eftir það urðu bormenn ekki varir við umtalsverðar vatnsæðar og voru ýmsir farnir að ókyrrast þegar ekkert vatn var komið og borinn kominn vel niður fyrir 600 m dýpi. Það var ekki fyrr en á 660,5 m dýpi sem vart varð við vatnsæð. Ýmir missti þá allt skolvatn og vatnsborð datt úr 2 m niður á 17 m dýpi. Áfram var borað í 671 m, en svo opin var holan að síðustu 4 m kom borinn hvergi við. Vatnið kom upp við loftdælingu daginn eftir. Þó að frágangur holunnar hindraði mælingar var strax ljóst að um var að ræða umtalsvert vatnsmagn. Alls tók verkið 31 verk dag (Jarðboranir ríkisins 1983).

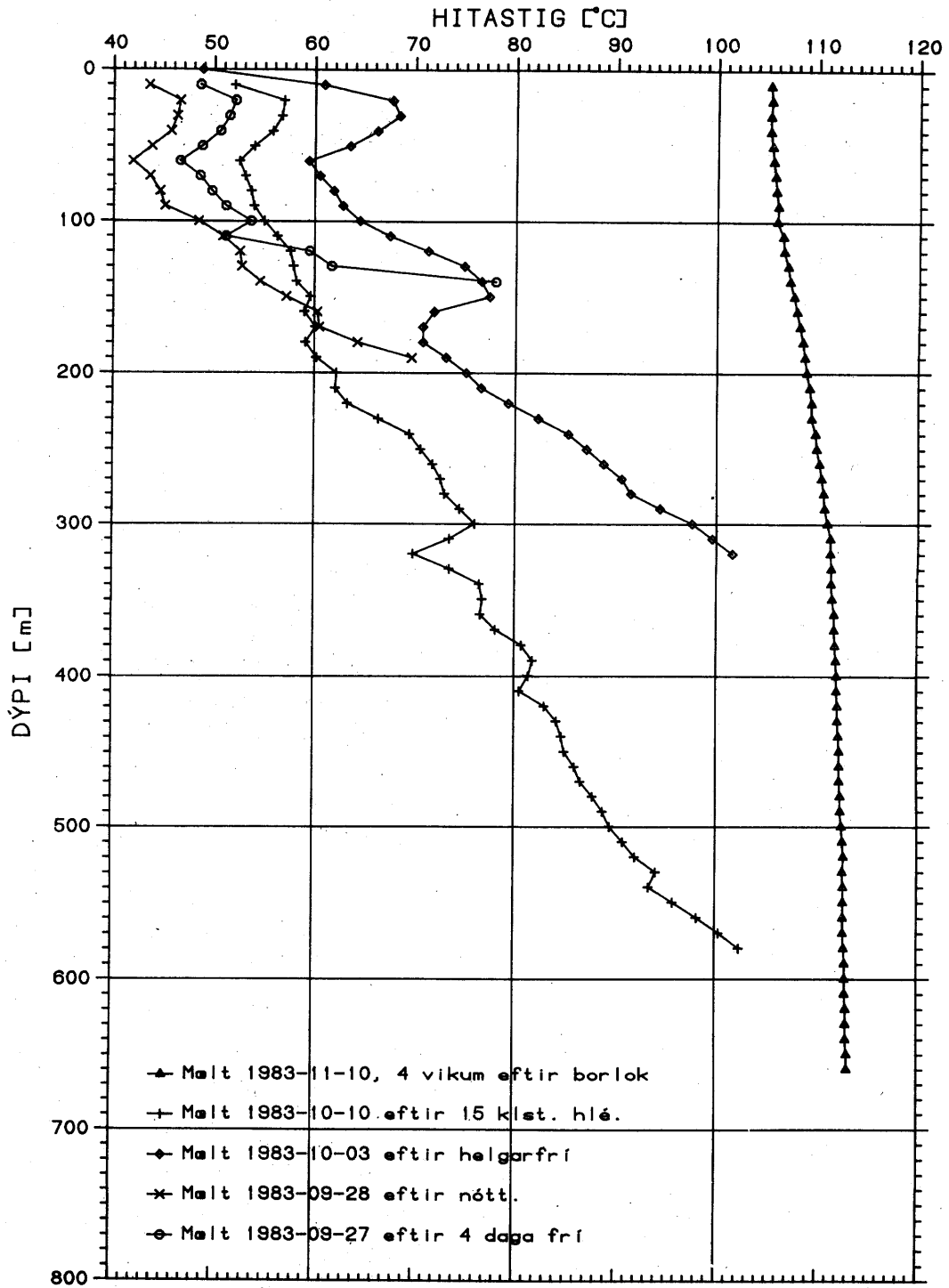
Fullvíst má telja að holan hefur skorið galopna sprungu á 660-671 m dýpi. Ekki er hægt að fullyrða að það sé brotið, sem ætlunin var að skera. Annar möguleiki væri vestlæga sprungan. Ef holan sker norðlæga brotið, sem telja verður nokkuð líklegt, þá hallar því minna en 1,5° til vesturs miðað við lóðrétta holu. Hins vegar er rétt að benda á að borholur víkja gjarnan lítillæga frá lóðréttu svo að það getur allt eins verið að brotið sé lóðrétt, en holan skökk.

3.2 Hitamælingar

Hitamælingar gerðar í borhléum sýna nokkrar smáæðar í efstu 300 m holunnar en ekkert þar fyrir neðan. Holan var hitamæld í botn þann 10. nóvember og reyndist hiti í djúpkerfinu 113°C en vatnið kólnaði um 8°C á leiðinni upp. Hitamælingarnar eru sýndar á mynd 2.

JHDJED-3604-LSG
84-03-0441

VARMALAND/LAUGALAND HOLA 7



Mynd 2. Hitamælingar í holu 7.

3.3 Efnainnihald vatnsins.

Þann 17. nóvember 1983 var tekið sýni af vatni úr holu 7. Niðurstöður efnagreiningar eru birtar í töflu 2. Til samanburðar eru sýndar eldri efnagreiningar úr holum 1 og 6. Helstu niðurstöður eru, að magn kísils, klórs og uppleystra efna er nokkru lægra í holu 7, en eldri efnagreiningar á jarðhitavatni frá Varmalandi/Laugalandi gefa til kynna, þó ekki sé sá munur svo mikill að máli skipti fyrir nýtingu vatnsins.

Styrkur efna í vatninu hefur verið notaður til að meta hita í vatnskerfinu (kísilhita) og reiknast hann vera 100-110°C. Eldri efnagreiningarnar hafa þá verið endurreiknaðar með bættri kvörðun kísilhita-mælis. Þetta er heldur lægri hiti, en hitamælingar í holu 7 sýna.

Efnagreining vatnsins leiðir í ljós, að það er neysluhæft, en þó er styrkur flúors (F) í efri mörkum þess, sem upp er gefið fyrir neysluvatn og magn brennisteinsvetnis (H₂S) er meira en leyfilegt er í drykkjarvatni samkvæmt staðli Alþjóða Heilbrigðismálastofnunarinnar.

TAFLA 2. Efnagreining á jarðhitavatni úr holum 1, 6 og 7, Varmalandi/Laugalandi, Borgarfirði.

Dags.	Hola 7 17. nóv. '83	Hola 1* 3. ág. '78	Hola 6* 3. ág. '78
Hiti	100,0	100,0	101,0
pH/°C	9,36/21,3	9,32/18	9,32/21
SiO ₂	108,24	123,0	123,0
Na	89,02	88,8	88,7
K	2,80	2,76	2,74
Ca	7,50	8,3	8,4
Mg	0,005	0,004	0,002
CO ₂	15,6	11,7	11,6
SO ₄	59,40	62,9	65,6
H ₂ S	0,17	0,17	0,24
Cl	79,19	87,1	89,0
F	1,78	1,87	1,95
Uppl. efni	374,30	435,0	421,0

* Haukur Jóhannesson og fl. (1979).

Vatnið úr holu 7 er mettað af kalsíti (kalsíum karbónati), eins og títt er um jarðhitavatn hér á landi, en vatnið úr holum 1 og 6 er lítillega undirmettað (Haukur Jóhannesson og fl. 1979). Þetta þýðir, að þegar vatnið úr holum 1 og 6 kólnar í lokuðu kerfi, þá er engin hætta

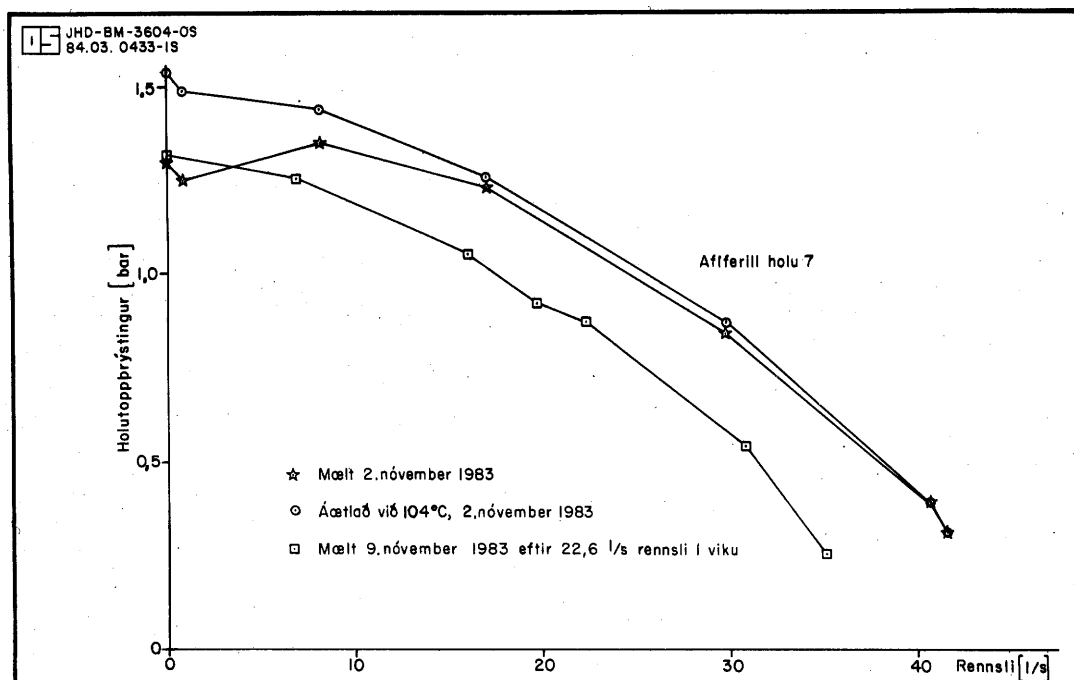
talin vera á kalkútfellingum. Hins vegar fellur vatnið úr holu 7 nánast á jafnvægisferilinn fyrir uppleysanleika kalsíts og því er meiri hætta á kalkútfellingum úr því vatni. Styrkur klórs í vatninu er nokkuð hár sem eykur enn hættuna á útfellingum. Ef vatnið kólnar í opnu kerfi, verður að telja verulega hættu á kalkútfellingum. Karbónat vatnsins gufar þá upp en við það lækkar sýrustig (pH) þess sem leiðir til útfellinganna.

3.4 Aflmælingar

Fyrstu mælingar voru gerðar 2. nóvember 1983. Örlítið vætlaði úr holunni, þegar að var komið og hafði hún staðið þannig í 2 vikur eða frá því að borun lauk. Holunni var lokað meðan settur var á hana holutoppur. Við holutoppinn var settur leggur og hann tengdur gufuskilju og rennsliskari. Meðan þetta var gert voru hverir og grunnar holur rennslismældir. Síðan var rennsli holu 7 mælt við mismunandi mótþrýsting, sem fékkst með breytilegri opnun á loka á legg. Fyrst var opnað fyrir holuna með 0,9 l/s rennsli til að fylla gufuskilju og rennsliskar upp að viðmiðunarmörkum. Holan var því ekki fullheit (fyrir rennsli <10 l/s) og er það aðalskýringin á óreglum í upphafi mælingar. Niðurstöður eru sýndar á mynd 3. Þar hefur einnig verið áætlaður ferill miðað við fullheita holu. Á myndinni kemur fram að fullopin gaf holan 41,5 l/s, en þrýstingur á holutopp var þá um 0,3 bar. Fyrir lokaða holu er þrýstingur á holutopp áætlaður um 1,5 bar. Við lok þessara mælinga var rennslið frá holunni stillt á 22,6 l/s. Næstu viku fylgdist Þórhallur Bjarnason með rennsli holunnar. Á þeim tíma urðu ekki merkjanlegar breytingar í rennsli.

Holan var svo aflmæld að nýju 9. nóvember 1983. Þrýstingur á holutopp hafði þá minnkað miðað við sama rennsli og áður. Í þetta sinn gaf holan fullopin 35 l/s með 0,25 bar þrýstingi á holutopp en fyrir lokaða holu reyndist hann 1,32 bar. Þessi mæling er einnig sýnd á mynd 3.

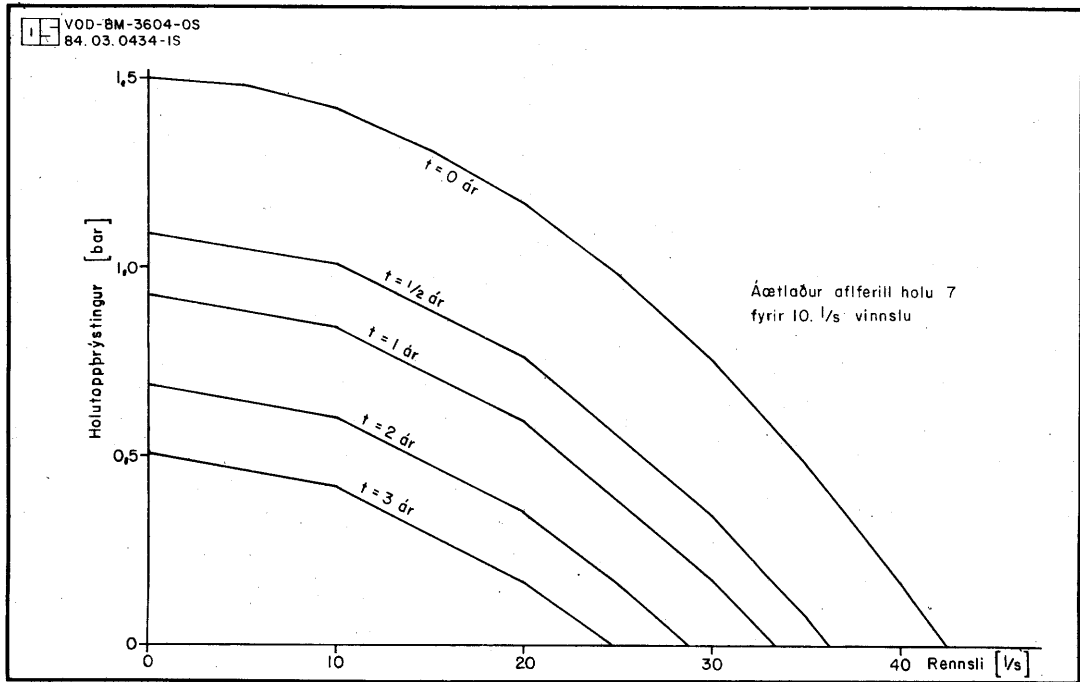
Til að áætla viðbrögð holunnar við vinnslu út frá þessum tveim mælingum má hugsa sér tvö mismunandi jarðhitakerfi. Annað og það sem mest er notað, en er ólíklegra í þessu tilfalli, gerir ráð fyrir hringlaga, óendanlega stórum jarðhitageymi. Í þannig kerfi mundi þrýstingurinn minnka um 0,1-0,3 bar fyrstu dagana eftir að vinnsla hæfist, en síðan mjög óverulega. Með engu innrennsli í kerfið liðu samt tugir ára áður en sjálfrennsli hætti. Hitt kerfið, sem líkir betur eftir aðstæðum á Varmalandi, gerir ráð fyrir óendanlegri línulegri rás. Þetta gæti til dæmis verið sprunga og mulið berg við hana. Myndir 4 og 5 sýna áætlaðan aflferill holu 7 fyrir annars vegar 10 l/s vatnsvinnslu og hins



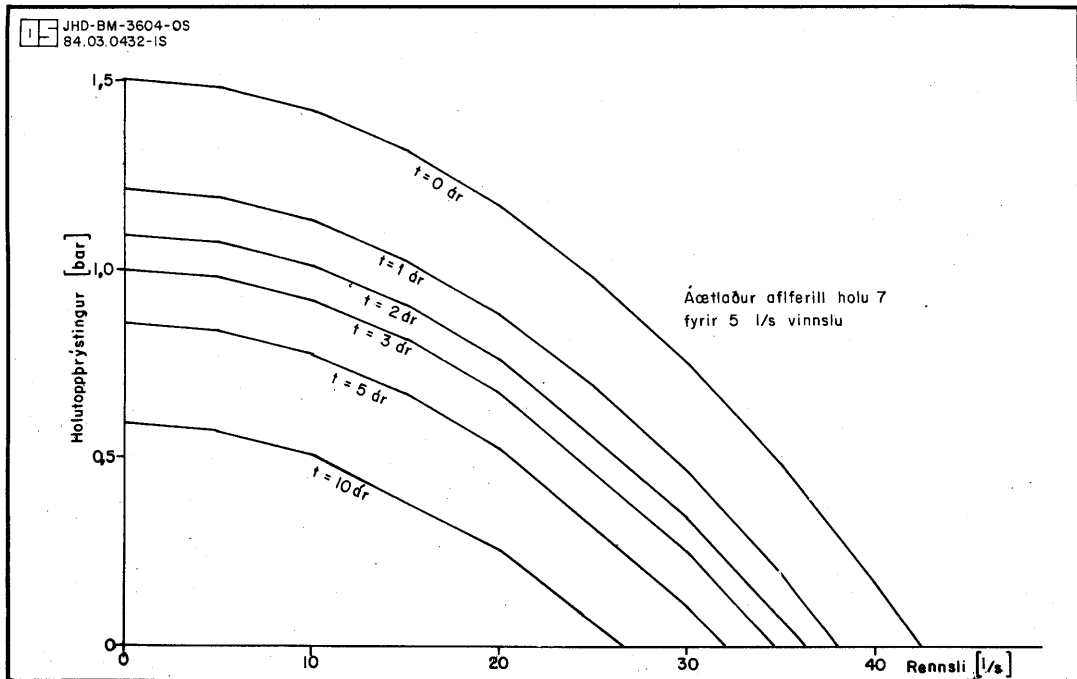
Mynd 3. Aflmælingar á holu 7.

vegar 5 l/s úr slíku jarðhitakerfi, og er þá ekki gert ráð fyrir neinni endurnýjun í kerfið. Samkvæmt því mundu líða 5 til 15 ár þangað til sjálfrennsli hætti og setja yrði dælu í holuna. Ef einnig væri tekið tillit til að vinnslan er yfirleitt minni yfir sumartímann en á vetrum þá mundi þetta taka nokkru lengri tíma.

Til að yfirfæra þessar niðurstöður á raunveruleikann, er rétt að gera ráð fyrir að hola 7 sé í beinu sambandi við uppstreymisrás hveranna. Hverasvæðið var í jafnvægi og hefur gefið nálægt 10 l/s í sjálfrennsli á undanförunum árum. Við getum því litið á þetta rennsli sem eðlilegt innstreymi á svæðið við þann mótþrýsting sem uppstreymisrásir hveranna og grunnu holanna veita. Til frambúðar getur svæðið ekki gefið af sér meira vatn í sjálfrennsli en sem nemur innrennsli og því eru 10 l/s í sjálfrennsli lágmarksafköst holu 7. Holan reyndist þó feiknalega opin í botninn þar sem vatnið kom inn. Mikið sjálfrennsli í byrjun þrátt fyrir lítinn þrýsting á vatninu sýnir að heita vatnið á nú greiðari leið til yfirborðs, þ.e. mótþrýstingur er minni. Það er því ekki ólíklegt að innstreymi á svæðið aukist eitthvað. Í ljósi þess og með hliðsjón af mynd 5 er líklegt að til frambúðar megi vinna úr holunni um 15 l/s í sjálfrennsli en vart mikið meir. Fyrstu árin mun hún þó gefa meira. Á móti verður að gera ráð fyrir að hverirnir og grunnu holurnar muni þorna smám saman. Þetta síðastnefnda er þó, eins og við er að búast, mjög háð því hve sambandið er náði við holu 7 og því hve mikið er tekið úr henni. Þannig er líklegt að minnkunar í hverum og grunnum holum muni ekki gæta verulega fyrr en vatnstakan úr holu 7 fer að nálgast 10 l/s. Þegar þörf krefur má auka heitavatnsvinnsluna verulega með dælingu.



Mynd 4. Áætlaður aflferill fyrir holu 7 við 10 l/s vatnsvinnslu og enga endurnýjun í kerfið.



Mynd 5. Áætlaður aflferill fyrir holu 7 við 5 l/s vatnsvinnslu og enga endurnýjun í kerfið.

4 HELSTU NIÐURSTÖÐUR

Hverirnir á Varmalandi/Laugalandi koma upp á 60 m langri norðnorðaustlægrri línu, sem er líklega tengd broti með sömu stefnu. Stærsti hverinn, Veggjalaug, kemur upp þar sem vestlægt brot sker hveralínuna. Rennsli úr stærstu hverum og grunnum borholum mældist 7,9 l/s, sem eru svipað og fékkst 1978.

Hola 7 var staðsett 15 m vestan við miðja hveralínuna og stefnt að því að skera norðnorðaustlæga brotið á 300-500 m dýpi. Holan var boruð í 671 m og skar opna sprungu á 660-671 m dýpi. Sjálfrennsli mældist í upphafi 41,5 l/s og hiti vatnsins um 105°C við stút en niðri í æðinni 113°C. Efnainnihald vatnsins bendir til að hitinn í jarðhitakerfinu sé a.m.k. 100-110°C. Vatnið er neysluhæft og svipað til nýtingar og vatnið úr hverunum. Þó er viss hættu á kalkútfellingum.

Lágmarksafköst svæðisins og þar með hola 7 eru um 10 l/s í sjálfrennsli. Aflmælingar á holunni gefa til kynna að líklegt sé að hún muni gefa til frambúðar um 15 l/s í sjálfrennsli en vart mikið meir. Hins vegar gæti hún gefið nokkru meira fyrstu árin. Búast má við að hverir muni þorna smám saman og sjálfrennsli úr grunnum holum hættu.

Hola 7 er óvenju vel heppnuð. Hún mun gefa það sem ætla má að hverasvæðið geti gefið í sjálfrennsli. Hún safnar öllu vatninu í einn stút og skilar því rúmlega 105°C heitu, eða að meðaltali rúmlega 10°C heitara en það hefur fengist úr hverum og grunnum holum. Þegar að því kemur að sjálfrennslið dugar ekki til að fullnægja þörfum staðarins má auka heitavatnsvinnsluna verulega með dælingu.

HEIMILDIR

Haukur Jóhannesson, Guðmundur Ingi Haraldsson, Lúðvík S. Georgsson og Einar Gunnlaugsson 1979: Jarðhitakönnun við Varmaland/Laugaland í Stafholtstungum, Myrasýslu. Orkustofnun, OS79011/JHD05, 71 s.

Jarðboranir ríkisins 1983: Borskýrslur Ýmis.