



ORKUSTOFNUN
Jarðhitadeild

SÝNIEINTAK
má ekki fjarlægja

**VINNSLUSPÁ FYRIR HOLU 9
Í REYKJADAL Í MIÐDÖLUM**

Grímur Björnsson

Guðni Axelsson

Unnið fyrir Dalabyggð

OS-94055/JHD-33 B

Desember 1994



ORKUSTOFNUN
Grensásvegi 9, 108 Reykjavík

Verknr. 610 382

**VINNSLUSPÁ FYRIR HOLU 9
Í REYKJADAL Í MIÐDÖLUM**

Grímur Björnsson
Guðni Axelsson

Unnið fyrir Dalabyggð

OS-94055/JHD-33 B

Desember 1994

EFNISYFIRLIT

1. Inngangur	4
2. Ákvörðun á iðustreymisstuðli	5
3. Ákvörðun á upphafsþrýstingi jarðhitakerfisins	6
4. Rennslissaga holu 9	6
5. Spá um sjálfrennsli holu 9	7
6. Úrvinnsla rennslissögu holu 9 með þjöppuðum geymislíkönum	8
7. Kólnun holu 9 í dælingu	14
8. Ávinningur af borun nýrrar holu	14
9. Niðurstöður og umræða	15

TÖFLUSKRÁ

1. Rennslismælingar á holu 9	4
2. Þrepaprófun holu 9 þann 3. mars 1993	5

MYNDASKRÁ

1. Líklegir affferlar holu 9 í mars 1993	5
2. Rennslissaga holu 9	7
3. Einn á móti rennsli holu 9 sem fall af lógariþma af tímanum	7
4. Mæld og meðhöndluð rennslissaga holu 9	8
5. Þjöppuðu geymislíkönin sem herma vinnslusögu holu 9	9
6. Reiknaður og mældur þrýstingur holu 9 ef miðað er við 10 bara upphafsþr	10
7. Reiknaður og mældur þrýstingur holu 9 ef miðað er við 15 bara upphafsþr	11
8. Spár um vatnsborð holu 9 ef miðað er við 15 bara upphafsþrýsting	11
9. Spár um vatnsborð holu 9 ef miðað er við 10 bara upphafsþrýsting	12
10. Spár um vatnsborð holu 9 ef vinna á 15 l/s fram til ársins 1998.	13
11. Spár um vatnsborð holu 9 ef vinna á 20 l/s fram til ársins 1998.	13

1. Inngangur

Í þessari skýrslu er lýst úrvinnslu rennslismælinga sem hafa verið gerðar í holu 9 í Reykjadal í Miðdölum. Borun holunnar lauk þann 16. nóvember 1992. Hún er 1280 m djúp og er fódruð með 10 3/4" fóðringu í 91,8 m dýpi. Holan gaf mest um 23 l/s í sjálfrennsli í borun en byrjaði snemma að dala í rennsli. Nokkrar mælingar voru gerðar í holunni við lok borunar og er þeim lýst í greinargerð Orkustofnunar: *Mælingar í holu 9 við Grafarlaug í Miðdölum (GrB/KS/JH-92/06)*.

Snemma þótti ljóst að jarðhitakerfið, sem hola 9 vinnur úr, væri mjög háprýst og að vara-samt væri að treysta á byrjunarrennsli holu 9 við hönnun á hugsanlegri hitaveitu. Var því ákveðið að bíða átekta í nokkurn tíma og sjá hvernig sjálfrennslinu reiddi af. Var rennslismælir tengdur við holuna og rennsli úr henni skráð af og til auk þess sem mælirinn skráði heildarvinnsluna í tonnum. Áður en rennslismælirinn kom var rennslið mælt í v-laga þversniði. Tafla 1 gefur yfirlit um þessar mælingar. Auk þessara mælinga var hola 9 þrepprófuð í mars 1993 til ákvörðunar á iðustreymisstuðli hennar. Tafla 2 sýnir gögnin sem söfnuðust þá.

Í eftirfarandi texta er úrvinnslu rennslismælinganna lýst, hvernig þær eru felldar að viðbrögðum þjappaðra geymslíkana og að lokum sýndar spár um framtíðarvatnsborð holunnar við mismikla vinnslu. Einnig eru reifaðar hugmyndir um það hvort þessi eina hola nægi fyrirhugaðri hitaveitu og hvernig borun nýrrar holu geti aukið rekstraröryggi veitunnar og lækkað dælingarkostnað á virkjunarsvæðinu.

TAFLA 1: Rennslismælingar á holu 9.

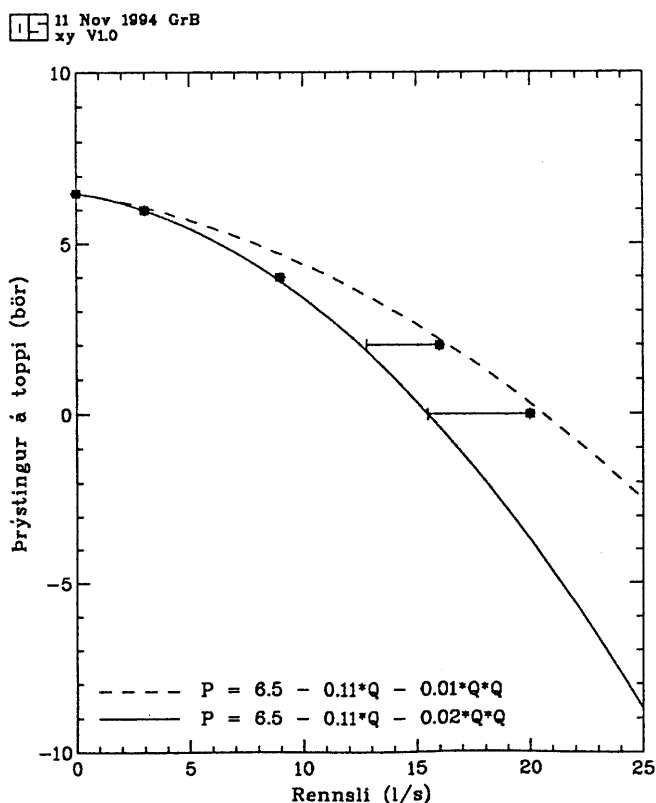
Dags	Tími	Mælistaða (m ³)	Hæð í V (cm)	Augnabliksrennsli (l/s)	Vatns-hiti (°C)
15.nóv.92				23	
16.nóv.92				21	80
23.des.92			17	16	79
30.des.92			17	16	79
6.jan.93			17	16	79
15.jan.93			16	14	79
21.jan.93			16	14	79
30.jan.93			16.5	15	79
07.feb.93			16	14	79
10.feb.93	18:00	30			
13.feb.93			16	14	79
21.feb.93			16	14	79
28.feb.93			16	14	79
03.mar.93	15:30	25900			
05.mar.93	09:15	28160	16	14.29	
13.maf.93	08:50	112082	15	12.50	81
21.jún.93	13:25	155170			80.5
22.jún.93	21:20	156733			
26.júl.93			15	12.95	
31.okt.93	12:50	304853		13.19	
10.des.93	13:30	344145		11.65	
07.maf.93	10:45	487184		11.20	
27.maf.93	09:20	506646		11.29	
03.nóv.93	13:00	667555		11.02	

TAFLA 2: Prepaþrófun holu 9 þann 3. mars 1993.

Toppþr. (bör)	Rennsli (l/s)	Athugasemd	Toppþr. (bör)	Rennsli (l/s)	Athugasemd
6.5	0.	Holu lokað	2	16	Þriðja þrep
6	3.0	Fyrsta þrep	0	20	Fjórtða þrep
4	9.0	Annað þrep	0	14.29	Mælt 2 dögum síðar

2. Ákvörðun á iðustreymisstuðli

Fyrsta stig úrvinnslu mælinga úr holu 9 fólst í ákvörðun á iðustreymisstuðli holunnar. Þessi stærð ákvarðar þrýstifall sem verður í berginu allra næst holunni við það að vatnsflæðið hættir að vera lagstreymt og snýst yfir í iðustreymi. Þetta veldur hraðvaxandi þrýstifalli næst holunni eftir því sem rennslið eykst og hefur oft á tíðum afgerandi áhrif á vatnsborð holna í mikilli dælingu. Eins og sést í töflu 2 var þrepaþrófun holu 2 gerð þannig að fyrst var holunni lokað alveg og síðan opnað í þrepum. Alls stóðu mælingarnar í um 2 klst. Lokun holunnar varð til þess að þrýstingur byggðist upp næst henni sem aftur leiddi til þess að rennsli úr holunni fullopnaðri mældist um 20 l/s samanborið við 14-15 l/s fyrir og eftir prófið. Þetta veldur nokkurri skekkju í matinu á iðustreymisstuðlinum og þarf annað hvort að lækka rennslið í seinni tveimur þrepunum hlutfallslega eða lækka toppþrýstinginn. Þessi hlutfallslega lækkun er um 20 % ef mið er tekið af rennslinu í holunni fullopinri fyrir og eftir prófið. Mynd 1 sýnir því þrepaþrófun holunnar með ætlaðri óvissu ásamt líklegum afferlum holunnar þann 3. mars 1993.



Mynd 1: Líklegir afferlar holu 9 í mars 1993.

Eins og mynd 1 sýnir getur iðustreymisstuðull holu 9 legið einhvers staðar á milli 0,01 og 0,02 bör/(l/s)². Hér þykir langlíklegast að gildið 0,02 sé réttara og er þá stuðst eingöngu við fyrstu 3 punktana á mynd 1 auk tæplega 15 l/s sjálfrennslisins sem var úr holunni ótruflaðri fyrir og eftir prófið. Þessi tvö gildi á iðustreymi eru hins vegar bæði mjög há. Þannig sýna þau að ef vinna á 20 l/s úr holunni fer 40-80 m niðurdráttur eingöngu í að yfirvinna iðustreymistapið. Auðvelt er að endurtaka þrepaþrófið til að sem áreiðanlegast mat fái á þennan stuðul.

3. Ákvörðun á upphafsþrýstingi jarðhitakerfisins

Engar beinar mælingar voru gerðar á lokunarþrýstingi holu 9 strax við lok borunar. Því verður að beita óbeinum aðferðum við matið. Þar má styðjast við tvær athuganir:

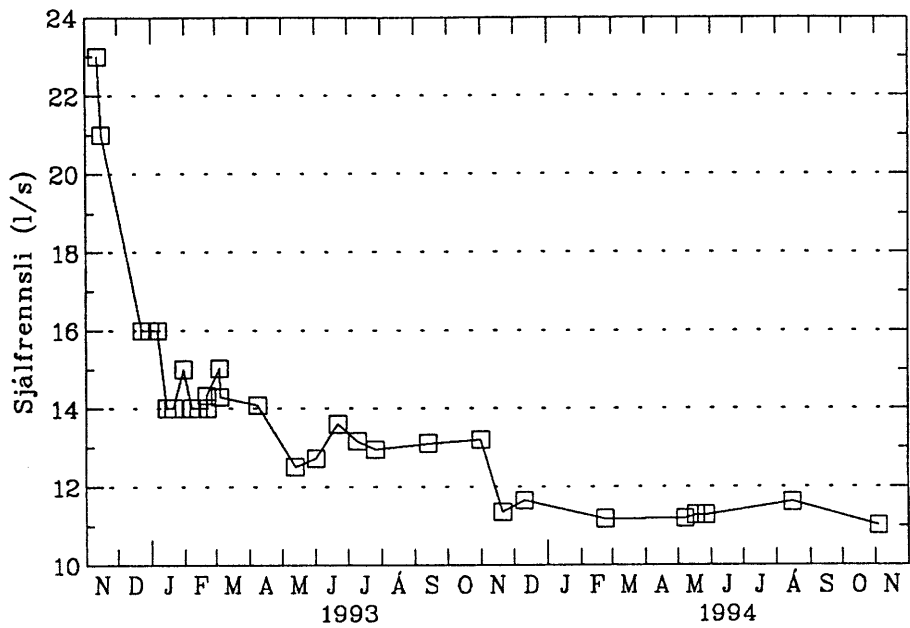
- Theis líkan sem hermir vatnsborðsbreytingar í holu 8 við dælingu úr holu 9 áætla að upphafsþrýstingur jarðhitakerfisins jafngildi vatnssúlu sem stendur 150 m yfir toppi holnanna (Orkustofnun, greinargerð GrB/KS/JH-92/06). Þetta samsvarar 15 bara upphafsþrýstingi.
- Mesta melda rennsli holu 9 í borun varð 23 l/s. Ef þetta rennsli er heimfært upp á iðustreymisstuðlana á mynd 1 fæst að upphafsþrýstingur jarðhitakerfisins hafi verið minnst 8-13 bör og er þá ekki tekið tillit til þess að stangir voru í holunni er þetta rennsli var mælt.

Af ofansögðu má ljóst vera að upphafsþrýstingur jarðhitakerfisins við holu 9 hafi verið á bilinu 10-15 bör, miðað við holutoppinn.

4. Rennslissaga holu 9

Gögnin í töflu 1 voru notuð til að ákvarða rennslissögu holu 9. Hún byggist á tvennu. Annars vegar voru augnabliksmæligildi á rennslinu látin gilda fyrir þann mælidag. Hins vegar var þeim tonnafjölda sem fór um rennslismælinn milli hverra tveggja mælinga snúið yfir í meðalrennsli í l/s og það gildi notað sem augnabliksrennslið mitt á milli þessara tveggja mælidaga. Mynd 2 sýnir gögnin sem komu út úr þessu. Það vekur strax athygli að árstíðabundin sveifla virðist í rennslinu. Líklega sjást hér áhrif grunnu æðarinnar á 94 m dýpi í holu 9. Er æðin þá sterkari yfir sumartímann, en dalar á veturna.

11 Nov 1994 GrB
tp V2.1

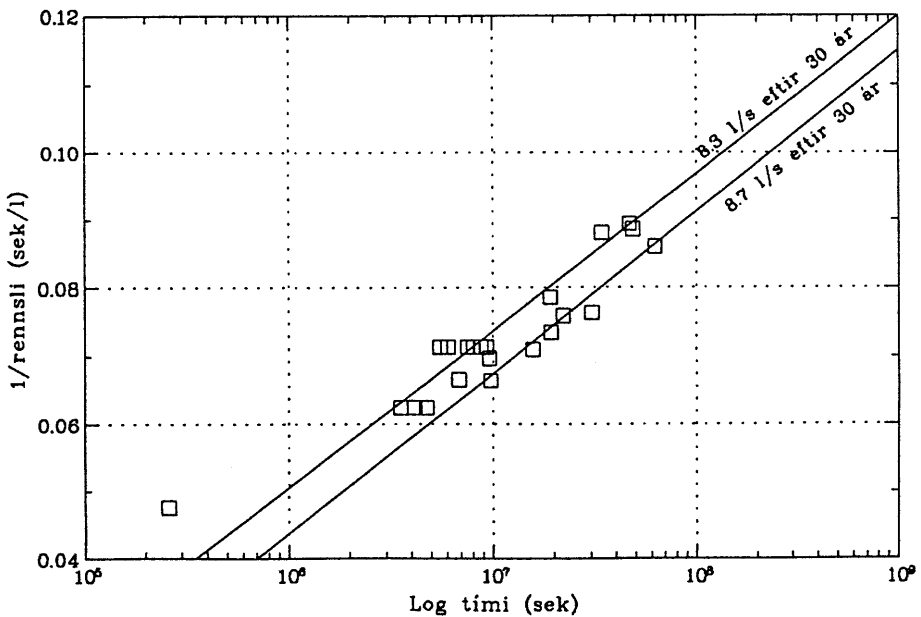


Mynd 2: Rennslissaga holu 9.

5. Spá um sjálfrænnisli holu 9

Gögnin á mynd 9 henta vel til að spá um áframhald sjálfrænnislisins úr holu 9. Er þá miðað við að jarðhitakerfið hegði sér samkvæmt líkani Theis, þ.e. óendanlegt lárétt kerfi sem er lokað að ofan og neðan. Ef 1 á móti rennslinu er teiknað sem fall af lógariþma af tímanum eiga gögnin að falla því sem næst á beina línu. Mynd 3 sýnir þetta.

11 Nov 1994 GrB
xy V1.0



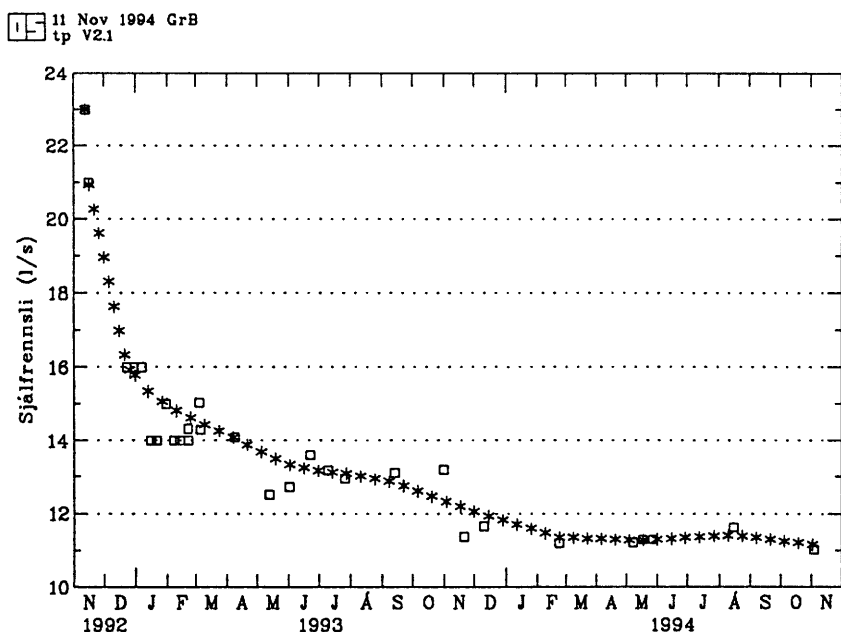
Mynd 3: Einn á móti rennsli holu 9 sem fall af lógariþma af tímanum.

Inn á mynd 3 eru færðar tvær beinar línur sem rennslíð úr holunni á væntanlega eftir að sveiflast millum. Ef þær eru framlengdar til 30 ára fæst að sjálfrennsli úr holunni að þeim tíma liðnum verður á bilinu 8-9 l/s, samanborið við rétt rúma 11 l/s nú. Þetta bendir eindregið til þess að hnignun sjálfrennslis í framtíðinni verði mjög hægfara, að því gefnu að ekki verði farið að vinna úr öðrum holum á svæðinu.

6. Úrvinnsla rennslissögu holu 9 með þjöppuðum geymslíkönum

Síðasta skref úrvinnslu mælinganna í holu 9 fólst í gerð þjappaðra geymslíkana sem herma rennslissögu holunnar. Að því búnu voru líkönin notuð til að spá fyrir um vatnsborð holunnar í framtíðinni við mismikla vinnslu. Þjöppuð líkangerð er einföld og örugg aðferð til að meta vinnslugetu jarðhitakerfa, að því gefnu að þökkalega löng vinnslusaga sé til staðar. Í þjöppuðum líkönum er breytilegum eiginleikum jarðhitakerfis þjappað í fáeinar stærðir jafnframt því sem jarðhitakerfinu er skipt upp í 1-3 undireiningar (geyma).

Rennslisgögnin á mynd 2 voru síuð og jafndreifð til að hægt væri að nota þau við þjöppuðu líkangerðina. Með því er dregið úr áhrifum árstíða á rennslíð auk þess sem áhrif smávægilegra skekkna í aflestrum dvína. Mynd 4 sýnir rennslisferilinn, sem þjöppuðu líkönin byggja á, ásamt mældu gögnunum.



Mynd 4: Mæld (□) og meðhöndluð (*) rennslissaga holu 9.

Mynd 5 sýnir þjöppuðu líkönin sem byggja á vinnslusögunni á mynd 4. Við þau er miðað þegar meta skal afköst holu 9 í framtíðinni. Innsti hluti líkananna (geymir 1) er í raun næsta nágrenni holu 9, annar geymirinn hermjar jarðhitakerfið þar utan við en þriðji og ysti geymirinn getur samanstáðið af hvoru tveggja, ystu hlutum jarðhitakerfisins svo og grunnvatnskerfinu í yfirborði. Þessir geymar einkennast af rýmdinni κ.

3 geymar lokaðir, upphafsþrýstingur = 15 bõr		
A(1) :	3.43260	A(2) : .927152E-02 B : .533121E-03
L(1) :	13.1180	L(2) : .197992E-01
κ:	.243708	85.5671 1487.84

	1. VVVVVVVVVV 2. VVVVVVVVVV 3.	

σ:	3.68966E-05	1.85920E-05
3 geymar opnir, upphafsþrýstingur = 15 bõr		
A(1) :	3.91632	A(2) : .115840E-01 A(3) : .141144E-02
L(1) :	16.6268	L(2) : .327413E-01 L(3) : .228096E-02
B :	.000000E+00	
κ:	.213509	64.5724 622.552

	1. VVVVVVVVVV 2. VVVVVVVVVV 3. VVVVVVVVVV	
	-----	-----
		V
		V
σ:	4.09521E-05	2.20619E-05 1.82769E-05
2 geymar lokaðir, upphafsþrýstingur = 10 bõr		
A(1) :	.908369E-02	B : .402484E-03
L(1) :	.238489E-01	
κ:	88.4386	1995.98

	1. VVVVVVVVVV 2.	

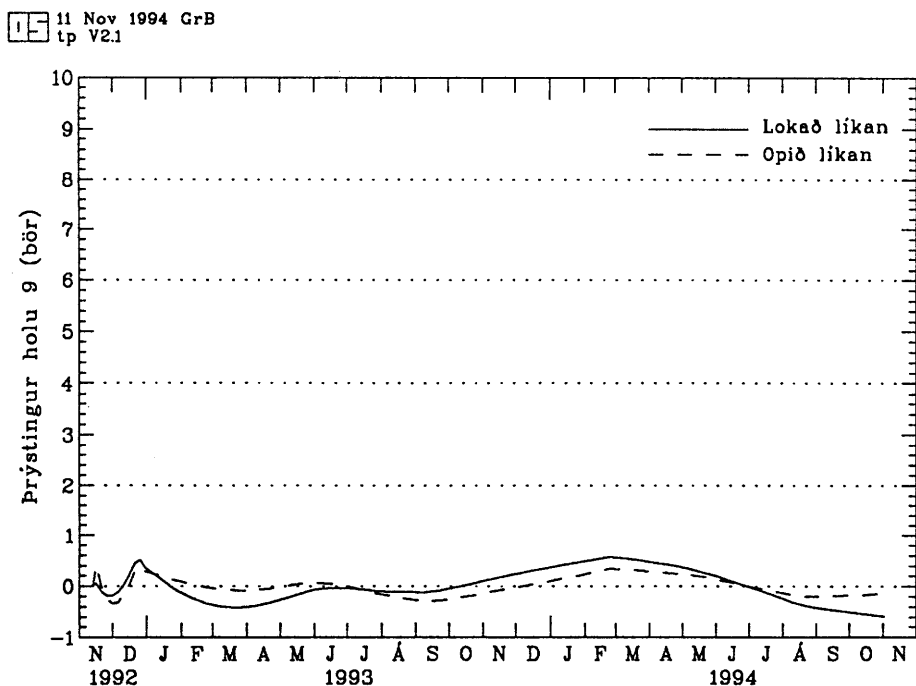
σ:	2.33759E-05	
2 geymar opnir, upphafsþrýstingur = 10 bõr		
A(1) :	.990769E-02	A(2) : .106289E-02 B : .000000E+00
L(1) :	.351357E-01	L(2) : .237060E-02
κ:	76.4722	831.622

	1. VVVVVVVVVV 2. VVVVVVVVVV	
	-----	-----
		V
		V
σ:	2.82888E-05	2.50839E-05

Mynd 4: Þjöppuðu geymislíkönin sem herma vinnslusögu holu 9.

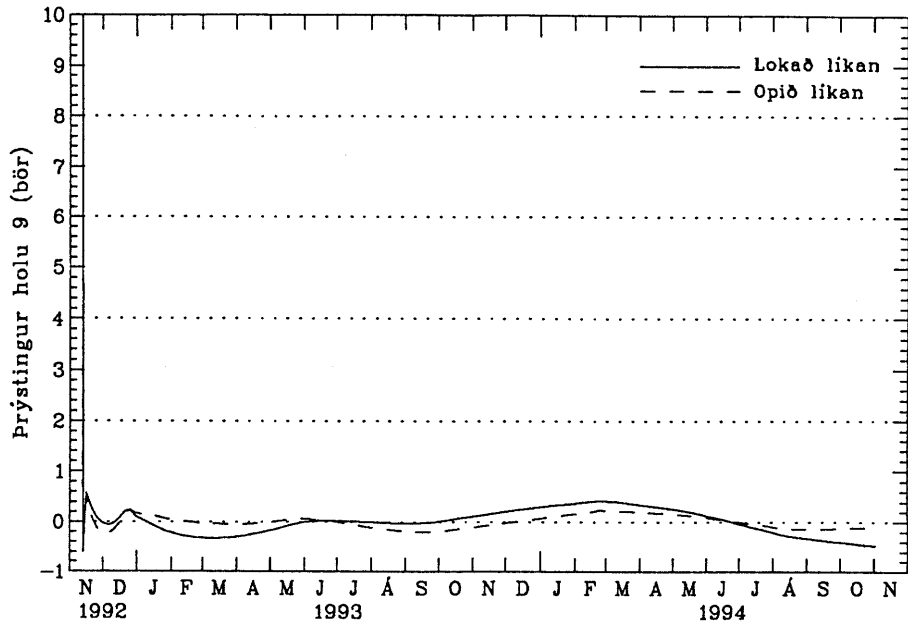
Geymarnir á mynd 5 tengjast innbyrðis með rennslisviðnámunum σ . Þau lýsa þrýstifallinu sem vatnið verður fyrir við að ferðast frá einum geymi til annars. Þjöppuðu líkönin eru ýmist höfð opin eða lokuð. Opnu líkönin eru tengd óendanlega stóru vatnskerfi yst sem leiðir til þess að vatnsborð í langtímaþvinnslu nær ætíð jafnvægi. Lokuðu líkönin eru hins vegar höfð án þeirrar tengingar sem leiðir til þess að vatnsborð í þeim lækkar jafnt og þétt við vinnslu. Má því líta svo á að opið líkan gefi bjartsýnisspár um vatnsborð en lokað svartsýnisspár. Raunverulegt vatnsborð holu 9 í framtíðinni mun þá lenda einhvers staðar þarna á milli.

Eins og áður hefur verið vikið að er óvíst hver var upphafsþrýstingur holu 9, áður en rennslisúr henni tók að raska þrýstiástandi jarðhitakerfisins. Því var afráðið að herma vinnslugögnin á mynd 5 með fjórum þjöppuðum líkönum. Í þeim fyrri tveimur var gert ráð fyrir að upphafsþrýstingurinn væri 15 bör en í þeim síðari 10 bör (kaffi 3). Í báðum tilvikum voru skoðuð opin og lokuð líkön. Þess ber að geta að ekki var hægt að túlka vinnslusöguna með 10 bara upphafsþrýstingi nema með tveggja geyma líkani. Væri farið upp í þrjá geyma fékkst einungis samleitni milli mældra og reiknaðra ferla að því tilskyldu að líkönin hlytu negatíva eiginleika sem stenst ekki. Myndir 6 og 7 sýna samræmið milli mældra og reiknaðra gagna fyrir líkönin fjögur, en myndir 8 og 9 sýna framtíðarrennslisspár er byggja á þessum sömu líkönum.



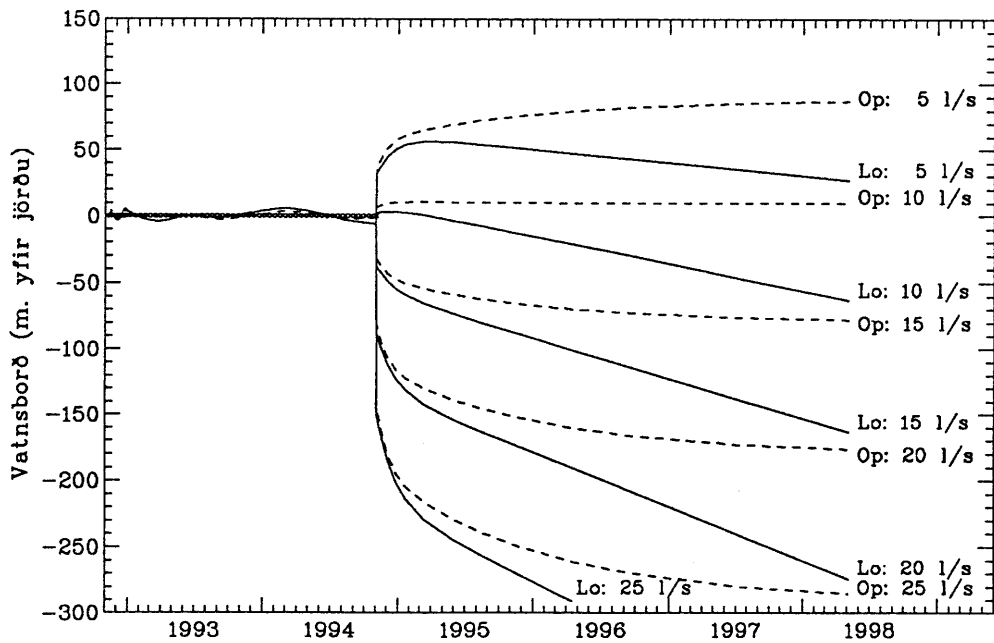
Mynd 6: Reiknaður þrýstingur holu 9 ef upphafsþrýstingur jarðhitakerfisins er 15 bör. Mældur þrýstingur er 0 bör (hola fullopin)

11 Nov 1994 GrB
tp V2.1

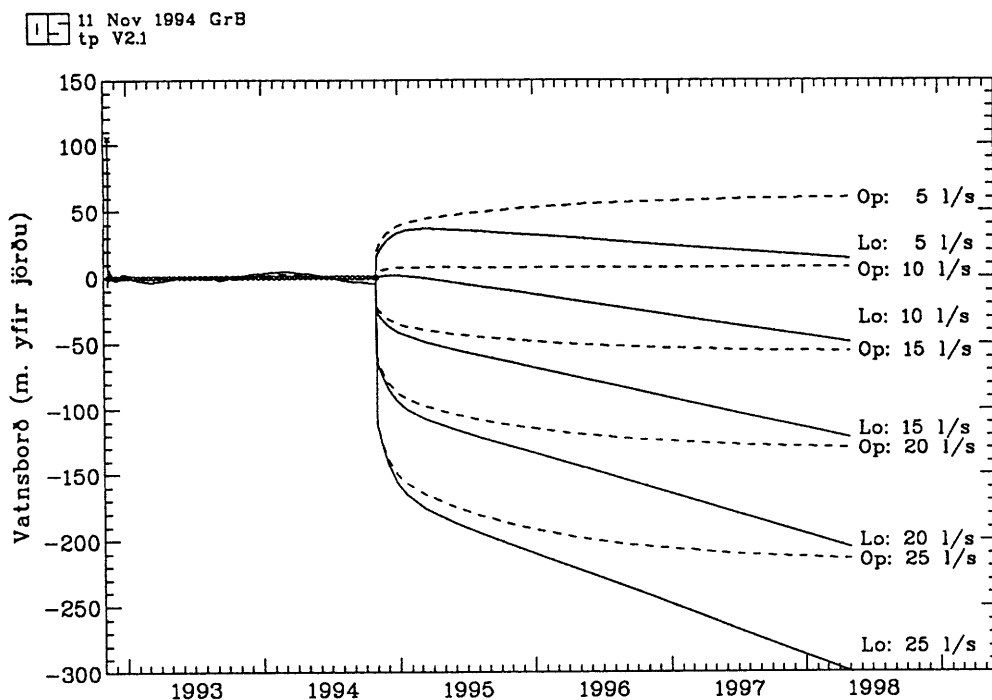


Mynd 7: Reiknaður prýstingur holu 9 ef upphafsprýstingur jarðhitakerfisins er 10 bör. Mældur prýstingur er 0 bör (hola fullopin)

11 Nov 1994 GrB
tp V2.1



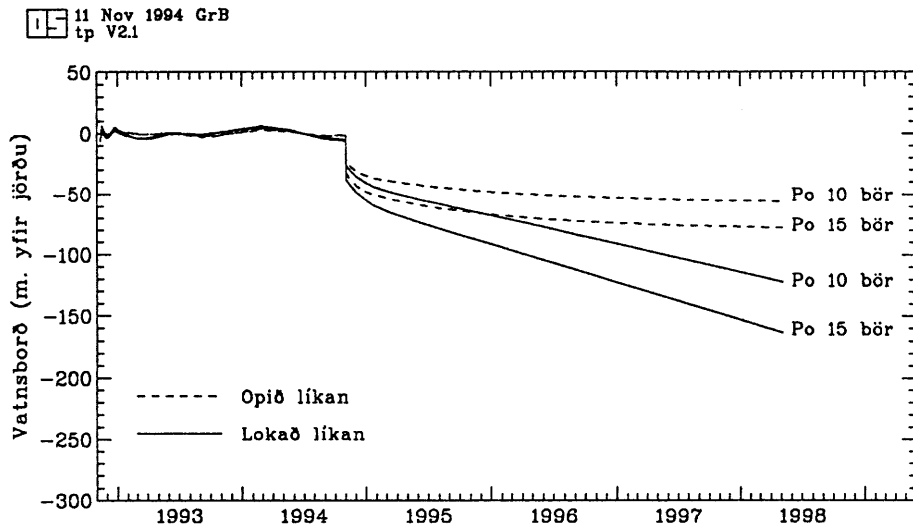
Mynd 8: Spár um vatnsborð holu 9 ef miðað er við 15 bara upphafsprýsting. Gert er ráð fyrir að vinnsla hefjist í nóvember 1994.



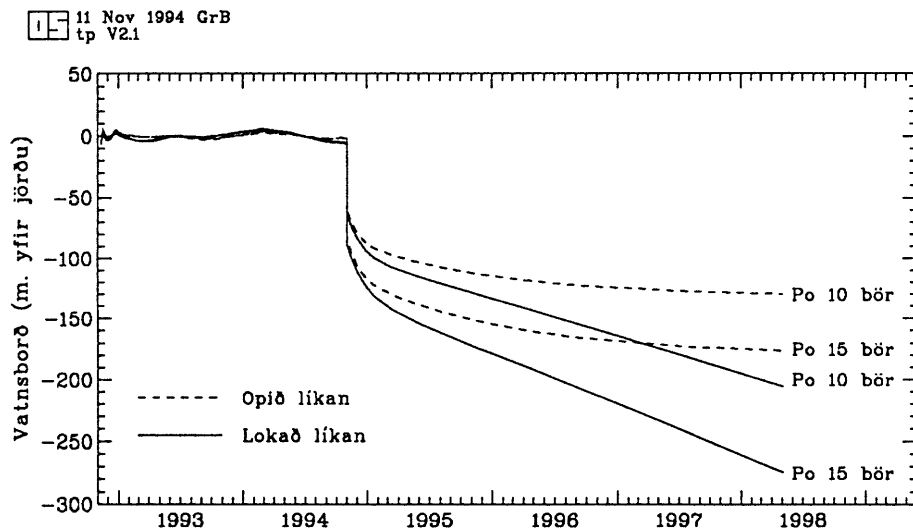
Mynd 9: Spár um vatnsborð holu 9 ef miðað er við 10 bara upphafsþrýsting. Gert er ráð fyrir að vinnsla hefjist í nóvember 1994.

Myndir 6 og 7 sýna að ágætt samræmi fékkst milli mælds og reiknaðs holutoppþrýstings og reyndist það 98-99,5 %. Ef spámar á myndum 8 og 9 eru svo skoðaðar má fyrst nefna að líkönin sem byggja á 10 bara upphafsþrýstingi holu 9 spá 30-50 m hærra vatnsborði en líkönin sem nota 15 bara upphafsgildið. Einnig sést að lokuðu líkönin spá mun meira dýpi á vatnsborð en opnu líkönin. Í þriðja lagi sýna myndimar að vinnsla yfir 10 l/s krefst dælingar úr holunni. Gæti slík dæling útheimt allt að 280 m niðurdrátt eftir fjögurra ára samfellda 20 l/s vinnslu, ef miðað er við 15 bara upphafsþrýsting og lokað geymslíkan.

Myndir 10 og 11 voru gerðar til að glöggva sig betur á hver niðurdráttur verður ef miða á við 15 eða 20 l/s jafnaðarvinnslu úr holu 9. Þar sést að spáin er mjög líkanháð og gefur einungis útmörk á framtíðarniðurdráttinn. Samkvæmt þessu verður vatnsborð holunnar árið 1998 í besta lagi á um 130 m og í versta lagi á 280 m dýpi ef vinna á 20 l/s, en í besta lagi á 50 m og í versta lagi á 160 m dýpi ef vinna á 15 l/s.



Mynd 10: Spár um vatnsborð holu 9 ef vinna á 15 l/s fram til ársins 1998.



Mynd 11: Spár um vatnsborð holu 9 ef vinna á 20 l/s fram til ársins 1998.

Að lokum voru rýmdargildin κ í mynd 5 notuð til að áætla það rúmmál bergs sem vinnslan úr holu 9 nær til. Gert er ráð fyrir að jarðhitakerfið svari vinnslunni eingöngu með samþjöppun bergsins og þenslu vatnsins í porum við þrýstilækkunina. Þá gildir að $\kappa = V \rho c_t$ þar sem V er rúmmál geymisins, ρ er eðlisþungi vatnsins (hér 971 kg/m^3) og c_t er heildarþjappanleiki kerfisins (hér $5 \times 10^{-11} \text{ Pa}^{-1}$). Fæst þá að minnstu geymarnir ($\kappa < 1$) eru um 4 milljónir rúmmetra að stærð, miðlungsgeymarnir $1,3\text{-}1,8 \text{ km}^3$ en þeir stærstu og ystu $13\text{-}40 \text{ km}^3$. Ef gert er ráð fyrir að jarðhitakerfið við holu 9 sé 1 km að þykkt og að einungis litlu og miðlungsstóru geymarnir svari vinnslunni með þjöppun bergs og þenslu vatns, fæst að flatarmál jarðhitakerfisins sé af stærðargráðunni $1\text{-}2 \text{ km}^2$.

Þess má geta að nýlega var unnið svipað þjappað líkan fyrir borholu á Laugalandi á Þelamörk (Ólafur G. Flóvenz o.fl., 1994: *Laugaland á Þelamörk. Boranir og vinnsluprófun*

1992-1993. Orkustofnun, OS-94032/JHD-07, 121 s). Þar fékkst ámóta stórt svæðisrúmmál og varð niðurstaða reikninganna sú að jarðhitakerfið á Laugalandi annaði vart meir en 16-17 l/s vinnslu miðað við 240 m niðurdrátt. Hins vegar er lekt þess líkans aðeins helmingur lektarinnar í Reykjadal. Meiri jafnaðarvinnsla en ofangreindir 16-17 l/s ætti því að vera möguleg úr jarðhitakerfinu við Grafarlaug en til þess gæti þó þurft fleiri vinnsluholur.

7. Kólnun holu 9 í dælingu

Í greinargerð Orkustofnunar um mælingar í holu 9 haustið 1992 (GrB/KS-92/06) kom fram að grynsta æð holu 9 er á 94 m dýpi, sem er rétt undir fódringu. Þessi æð var um 55 °C heit og kældi hún sjálfrennslið úr holu 9 um 1 °C. Einnig var áætlað að hlutur hennar í heildarrennslinu þá hafi verið um 5 %. Þá eru vísbendingar um að æðin sé tengd grunnvatnskerfinu í yfirborði vegna árstíðasveiflna í rennsli holu 9 (mynd 2). Hætta er á að þessi æð geti kólnað ef byrjað verður að draga niður vatnsborð í jarðhitakerfinu við Grafarlaug. Það getur leitt til meiri kælingar en þeirrar 1 °C sem mæld var 1992, auk þess sem slík innrás kaldara vatns í holuna getur leitt til útfellinga. Komi til þess að hola 9 verði virkjuð með djúpdælu verður að gera ráð fyrir reglulegu efnaeftirliti í holunni til að fylgjast með útfellingahættu. Jafnvel gæti þurft bor til þetta æðina á 94 m.

8. Ávinningur af borun nýrrar holu

Úrvinnsla rennslismælinganna á holu 9 sýnir að holan er treglega tengd jarðhitakerfinu við Grafarlaug. Verður hin trega tenging til þess að verulega dregur úr sjálfrennsli hollunnar fyrstu mánuðina eftir borun en síðan kemst á tiltölulega stöðugt ástand. Einnig sýnir úrvinnslan að viðbótarvinnsla úr holunni í formi dælingar útheimtir verulegan niðurdrátt. Má búast við um og yfir 100 m dýpi á vatnsborð ef vinna á 15-20 l/s til langframa. Líklega hleypur stofnkostnaður slíkrar djúpdælu með nauðsynlegum útbúnaði og tengingum á milljónum og reksturskostnaður hennar gæti orðið 1-2 milljónir á ári. Í ljósi þessa vaknar sú spurning hvort borun nýrrar holu minnki ekki dælingarþörfina verulega eða skili jafnvel nægjanlegu sjálfrennsli í nokkur ár áður en til dælingar kæmi.

Til að fá svar við þessari spurningu má gefa sér að boruð verði önnur hola sem hefði nákvæmlega sömu eiginleika og hola 9. Sjálfrennslið sem hæfist úr henni myndi draga úr afköstum holu 9 en samanlagt myndu þó holurnar tvær gefa meira vatn en hola 9 gerir ein nú. Ef gert er ráð fyrir að vinna eigi 7,5 l/s úr hvorri holu jafngildir iðustreymistapið í hvorri þeirra um 10 m niðurdrætti. Út frá mynd 10 má jafnframt reikna að vatnsborð jarðhitakerfisins sjálfs (engin iðustreymistöp og 15 l/s heildarvinnsla) verði á 0-20 m dýpi ef opna líkanið stenst en á 70-100 m ef miðað er við svartsýnu spána. Því blasir við að ef tvær holur framleiða samtals 15 l/s verður niðurdráttur í hvorri 10-110 m borið saman við 50-170 m í holu 9 einni. Eins blasir við, ef miðað er við að ný hola hitti beint í góða

vatnsæð, að iðustreymistap verði verulega lægri. eru þá góðar líkur til að sjálfrennsli úr holunum tveimur nægi til reksturs hitaveitunnar í nokkur ár.

Nokkurs undirbúnings er þörf ef ákveðið verður að bora nýja holu í Reykjadal. Fyrst og fremst þarf að hitamæla holur 8 og 9 með mælingabíl og sjá þannig ótruflað hitaástand þeirra. Að því búnu yrði unnið einfalt berghitalíkan og það lagt til grundvallar við holustaðsetningu. Þetta allt mætti vinna á u.þ.b. viku.

9. Niðurstöður og umræða

Helstu niðurstöður þessarar skýrslu eru eftirtaldar:

1. Hóla 9 vinnur úr háþrýstu en ekki sérlega stóru jarðhitakerfi. Það hefur leitt til þess að sjálfrennsli úr holunni hefur fallið úr 23 l/s í borun niður í rúma 11 l/s tveimur árum síðar.
2. Iðustreymisstuðull holunnar ákvarðast um $0,02 \text{ bör}/(l/s)^2$ sem er óvenju hátt. Þetta þýðir að veruleg þrýstiföll verða í berginu næst holunni við vaxandi vinnslu úr henni. Lagt er til að þreppprófun holunnar verði endurtekin til að staðfesta þetta.
3. Upphafsprýstingur jarðhitakerfisins, ef miðað er við topp holu 9, er áætlaður 10-15 bör. Er þá bæði byggt á Theis líkani sem hermir samgang holna 8 og 9 en einnig á mesta mælda sjálfrennsli úr holunni og áætluðum iðustreymisstuðli.
4. Einfalt Theis líkan spáir því að sjálfrennsli holu 9 að 30 árum liðnum verði á bilinu 8-9 l/s miðað við rúma 11 l/s nú. Er þá gert ráð fyrir að holan renni ótrufluð allan þann tíma og að ekki sé unnið úr nýjum holum í Reykjadal.
5. Vegna óvissunnar um upphafsprýsting jarðhitakerfisins voru gerð fjögur þjöppuð geymslískön og þau kvörðuð með rennslissögu holu 9.
6. Ef miðað er við opin geymslískön (bjartsýnisspár) og að 15 l/s vinnsla hefjist úr holu 9 strax í nóvember 1994, þarf að gera ráð fyrir að vatnsborð holunnar verði á 50-80 m dýpi eftir fjögur ár. Ef hins vegar er miðað við lokuðu líkönin (svartsýnis-spár) gæti þurft að draga vatnsborð niður á 120-170 m dýpi.
7. Ef hins vegar þarf að vinna að jafnaði 20 l/s úr holunni má gera ráð fyrir 120-170 m niðurdrætti ef svæðið hegðar sér eins og opnu líkönin, en 200-280 m niðurdrætti ef svæðið er lokað.
8. Samanburður við nýlegt afkastamat borholu á Laugalandi á Þelamörk sýnir að jarðhitakerfið í Reykjadal er ámóta stórt og þar en með hærri lekt. Því eru góðar líkur á að jarðhitakerfið við Grafarlaug skili til langframa meir en þeim 16-17 l/s sem eru talin hámarksafköst Þelamerkurholunnar við 240 m niðurdrátt.
9. Gera þarf ráð fyrir að æð á 94 m dýpi í holu 9 geti kólnað ef farið verður að dæla úr holunni og jafnframt er hætta á efnamengun af hennar völdum. Slíkt gæti í

versta falli krafist þéttingar æðarinnar með jarðbor.

10. Borun nýrrar holu virðist álitlegur kostur ef takmarkið er að lækka rekstrarkostnað borholusvæðisins í Reykjadal. Slík aðgerð gæti í besta falli skilað nægu sjálfrennsli handa fyrirhugaðri hitaveitu.

Af ofansögðu má ljóst vera að hola 9 annar vart meir en 15 l/s jafnaðarvinnslu ef gert er ráð fyrir að djúpdæla sé ekki mikið síðari en núverandi vinnslufóðring. Virðist því á þessari stundu sem holan anni rétt með herkjum þeirri vinnslu sem fyrirhuguð hitaveita styðst við. Því er hér lagt til að undirbúningsaðilar hitaveitunnar ihugi þrjár leiðir við ákvarðanir um öflun nægrar hitaorku í framtíðinni:

1. Að ráðist verði í borun nýrrar 1000 m djúprar holu. Henni verði haldið í svipaðri eða minni hæð en hola 9 er í. Hár þrýstingur jarðhitakerfisins í Reykjadal eykur mjög vonina um að þessi hola muni skila sjálfrennandi vatni og að það vatn verði að hluta hrein viðbót við það sem hola 9 gefur nú. Eins gæti holan hitt beint í aðaluppstreymisrás jarðhitakerfisins með tilheyrandi árangri. Gæti þá jafnframt fengist heitara vatn en úr holu 9 auk þess sem fóðra má þessa nýju holu dýpra og minnka þannig líkurnar á kólnun frá grunnum æðum. Síðast en ekki síst mun viðbótarhola auka mjög rekstaröryggi hinnar fyrirhuguðu hitaveitu.
2. Ef ekki kemur til viðbótarborana er lagt til að hola 9 verði prófuð mun rækilegar en nú hefur verið gert. Þannig má eyða þeim óvissum sem óneitanlega eru í afkastamati holunnar. Holan verði virkjuð með um 100 m síðri djúpdælu og þannig prófað hver afköst hennar verða í nokkra mánuði. Samhliða dælingunni verði fylgst með hita og efnainnihaldi vatnsins úr holunni og vatnsborð í nálægum holum skráð. Að því búnu verði afkastamatið endurnýjað.
3. Að byggð verði kyndistöð í Búðardal og hún notuð til að skerpa vatnshitann í kuldatoppum eða þegar raforka fæst á hagstæðu verði. Jafnframt verði safnað einhverju af bakrásarvatni svo auka megi heildarennisli í dreifikerfinu. Með þessu móti má minnka heildarvinnsluna úr holu 9.

Ljóst er að allir ofangreindir kostir fela í sér milljóna kostnað og þarf því að kanna rækilega hagkvæmni þeirra með það að markmiði að orkuverði frá fyrirhugaðri hitaveitu verði haldið í lágmarki.