



ORKUSTOFNUN
Jarðhitadeild

**Endurskoðuð vinnsluspá fyrir
holu 9 í Reykjadal í Miðdölum**

Grímur Björnsson
Guðni Axelsson

Unnið fyrir Dalabyggð

OS-96006/JHD-02 B

Febrúar 1996



ORKUSTOFNUN
Grensásvegi 9, 108 Reykjavík

Verknr. 610 382

**Endurskoðuð vinnsluspá fyrir
holu 9 í Reykjadal í Miðdölum**

Grímur Björnsson
Guðni Axelsson

Unnið fyrir Dalabyggð

OS-96006/JHD-02 B

Febrúar 1996

EFNISYFIRLIT

1. Inngangur	3
2. Spá um sjálfrennsli holu 9	4
3. Samræmi mælds rennslis og reiknaðs toppþrýstings holu 9	5
4. Endurstilling geymslíkana og spár um vatnsborð næstu árin	5
5. Spár um vatnsborð holu 9 í óreglulegri dælingu	8
6. Niðurstöður og umræða	10
Heimildir	10

TÖFLUSKRÁ

1. Rennslismælingar á holu 9.	3
-------------------------------	---

MYNDASKRÁ

1. Einn á móti rennsli holu 9 sem fall af lógariþma af tímanum.	4
2. Reiknaður holutoppsþrýstingur holu 9 samkvæmt geymslíkönum frá 1994	5
3. Reiknaður holutoppsþrýstingur holu 9 í endurstíltum geymslíkönum.	5
4. Þjöppuðu geymslíkönin sem herma vinnslusögu holu 9.	6
5. Spár um vatnsborð holu 9 ef miðað er við 10 bara upphafsþrýsting.	7
6. Spár um vatnsborð holu 9 ef miðað er við 15 bara upphafsþrýsting.	8
7. Spár um vatnsborð holu 9 ef miðað er við vinnslusögu Hitaveitu Rangæinga.	9

1. Inngangur

Skýrsla þessi er unnin að beiðni Dalabyggðar og fjallar um endurskoðun vinnsluspár sem gerð var fyrir holu 9 í Reykjadal í Miðdölum. Eldri vinnsluspáin, sem gerð var í desember 1994, benti til að óvarlegt væri að treysta á meira en 15 l/s jafnaðardælingu úr holunni (Grímur Björnsson og Guðni Axelsson, 1994). Það þótti hins vegar í knappara lagi fyrir hitaveitu til Búðardals, sem leiddi til þess að áformum um lagningu hennar var slegið á frest. Hóla 9 hefur runnið frjálst áfram í það rúma ár sem nú er liðið frá því að vinnsluspáin var gerð. Hefur þrívægis verið lesið af rennslismæli holunnar á því tímabili. Fyrsta skoðun mælinganna benti til að holurennslíð væri meira en spárnar frá 1994 gáfu til kynna. Var því afráðið að endurstilla líkönin sem liggja til grundvallar vinnsluspánum og kanna þannig hvort afköst jarðhitakerfisins hefðu verið vanmetin.

Í eftirfarandi texta er lýst endurstillingu þjöppuðu geymslíkananna sem spárnar um afköst holu 9 eru byggðar á og sýnt hvernig raunveruleikanum hefur borið saman við spárnar frá 1994. Geymslíkönin eru síðan endurstíllt og í lokin eru birtar í skýrslunni spár um framtíðarvatnsborð holunnar við mismikla vinnslu. Tafla 1 sýnir rennslisgögnin sem spárnar byggja á.

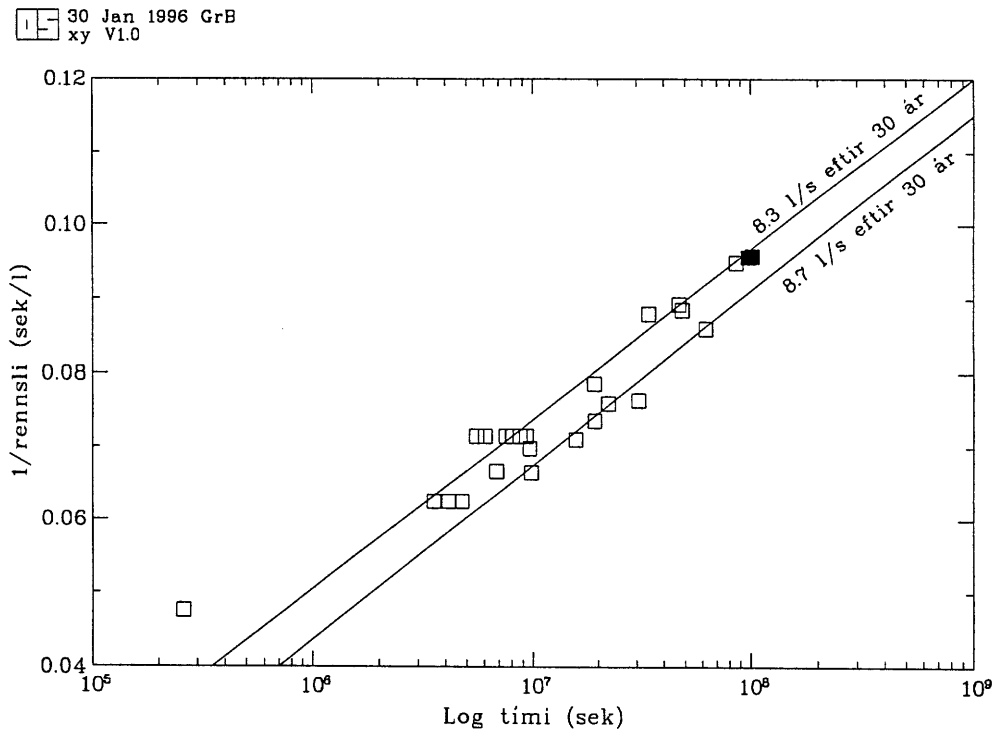
TAFLA 1: Rennslismælingar á holu 9.

Dags	Tími	Mælistaða (m ³)	Hæð í V (cm)	Augnabliksrennslí (l/s)	Meðalrennslí (l/s)	Vatshiti (°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			14.33	
05.mar.93	09:15	28160	16	14.29	15.04	
13.maí.93	08:50	112082	15	12.50	14.08	81
21.jún.93	13:25	155170			12.72	80.5
22.jún.93	21:20	156733			13.60	
26.júl.93			15	12.95	13.18	
31.okt.93	12:50	304853		13.19	13.10	
10.des.93	13:30	344145		11.65	11.36	
07.maí.94	10:45	487184		11.20	11.19	
27.maí.94	09:20	506646		11.29	11.30	
03.nóv.94	13:00	667555		11.02	11.63	
30.júl.95				10.53		
12.des.95		1018091		10.45	10.05	81
28.jan.96	13:55	1060520		9.90	10.43	

Rúmmetramæling í nóvember 1994 er talin rangt skráð.

2. Spá um sjálfrennsli holu 9

Auðvelt er að spá um áframhaldandi sjálfrennsli holu 9 ef gert er ráð fyrir að jarðhita-kerfið hegði sér samkvæmt líkani Theis, þ.e. sem óendanlegt lárétt kerfi sem er lokað að ofan og neðan. Ef einn á móti rennslinu er teiknað sem fall af lógariþma af tímanum, þá eiga gögnin að falla því sem næst á beina línu. Mynd 1 sýnir þetta.



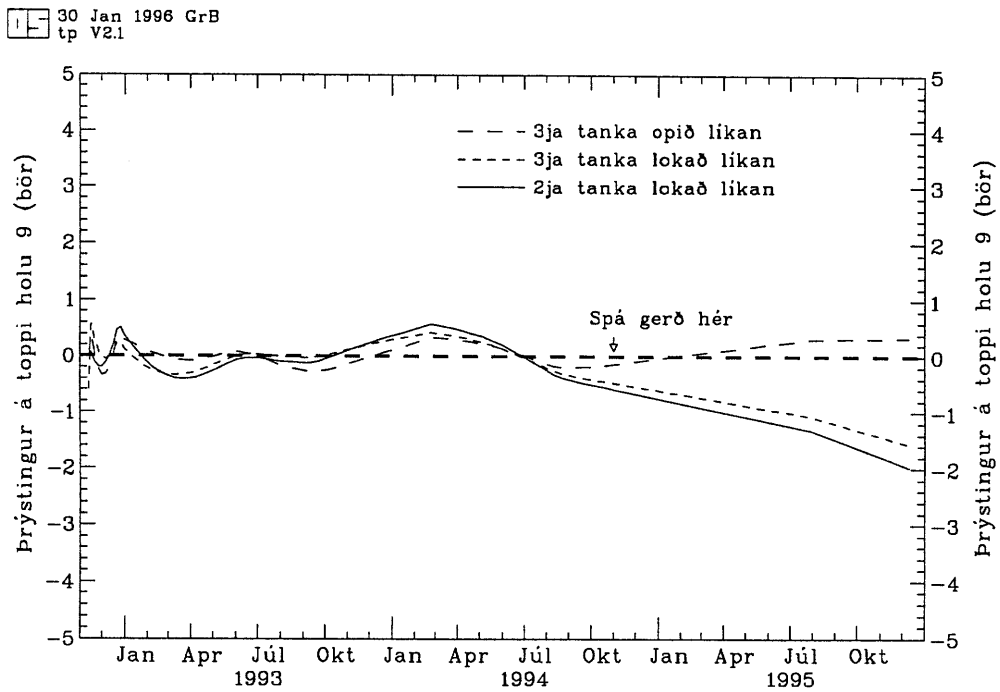
Mynd 1: Einn á móti rennsli holu 9 sem fall af lógariþma af tímanum.

Viðbótarrennslismælingar frá árunum 1995 og 1996 eru sýndar með svörtum ferningum.

Inn á mynd 3 eru færðar tvær beinar línur sem rennslið úr holunni á væntanlega eftir að lenda einhvers staðar á milli. 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 10 ½ l/s nú. Nýju mælingarnar frá árunum 1995 og 1996 eru auðgreindar á myndinni. Þær lenda innan spáferlanna tveggja og sýna að ekki er ástæða til að endurskoða sjálfrennslismatið þó svo að þessar þrjár mælingar hafi bæst við.

3. Samræmi mælds rennslis og reiknaðs toppþrýstings holu 9

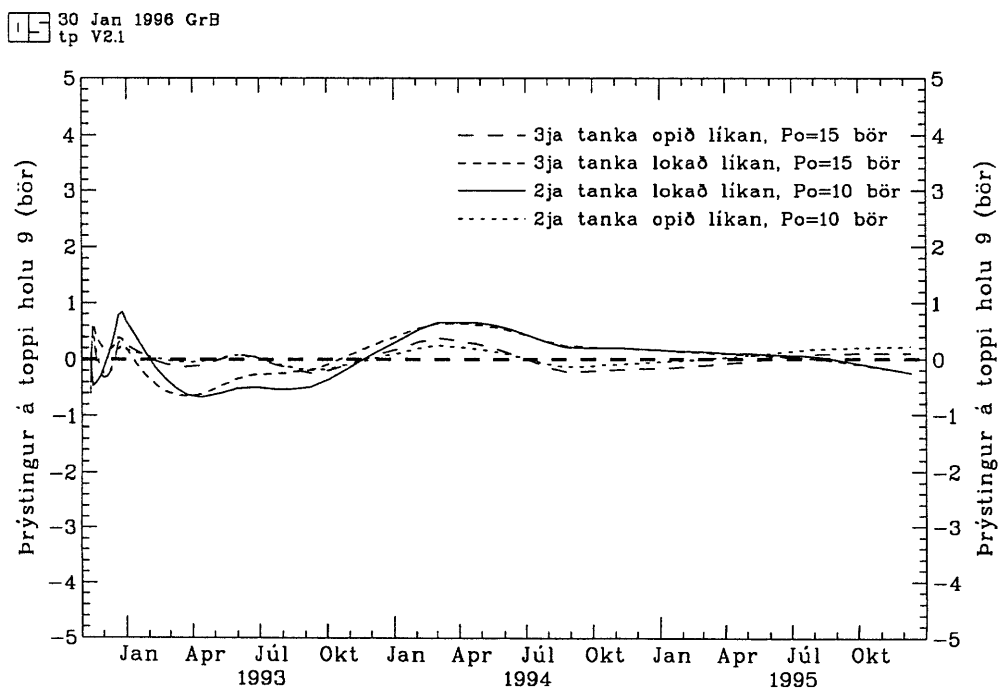
Næsta skref í úrvinnslu viðbótar mælinganna fólst í því að láta þjöppuðu geymislíkönunum frá árinu 1994 reikna vatnsborð út frá rennslinu sem mælt var árin 1995 og í janúar 1996. Mynd 2 sýnir hvernig þetta kom út fyrir þau fjögur geymislíkön sem stillt voru að rennslissögu holu 9 (Grímur Björnsson og Guðni Axelsson, 1994). Er skemmst frá því að segja að opnu líkönin reikna vatnsborð holunnar í holutoppi, sem er í samræmi við raunveruleikann. Lokuðu líkönin spá hins vegar mun örari hnignun rennslis úr holu 9 en mælist í raun. Hefði dæling þurft að koma til og vatnsborð holunnar að standa á u.þ.b. 20 m dýpi ef lokuðu líkönin ættu að skýra rennsli ársins 1995. Þetta þýðir með öðrum orðum að lokuðu líkönin frá árinu 1994 eru of svartsýn.



Mynd 2: Reiknaður holutoppsprýstingur holu 9 samkvæmt geymislíkönum frá 1994 og mældu rennsli árið 1995. Mældur prýstingur er 0 bör (hola fullopin)

4. Endurstilling geymislíkana og spár um vatnsborð næstu árin

Eins og sýnt var á mynd 2 kom fram ósamræmi milli mælds og reiknaðs toppprýstings holu 9 árið 1995. Þjöppuðu geymislíkönin fjögur voru því endurstíllt að mælda rennslinu. Sýnir mynd 3 hvernig samræmi fékkst milli mælda og reiknaða toppprýstingsins en mynd 4 sýnir eiginleika endurkvörðuðu geymislíkananna.



Mynd 3: Reiknaður holutoppsprýstingur holu 9 í endurstílltum geymislíkönum. Mældur prýstingur á holutoppi er 0 bör (hola fullopin).

3 lokaðir geymar, upphafsþrýstingur = 15 bör

A(1) : 3.08528 L(2) : .128177E-01
L(1) : 10.4442 B : .321326E-03
A(2) : .687958E-02

κ: .279387 119.987 2568.59

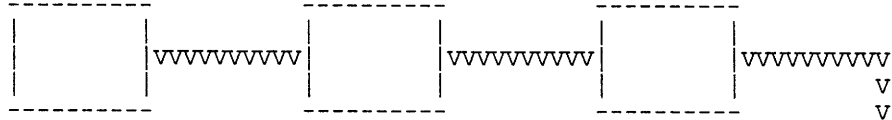


σ: .336942E-04 .170440E-04

3 opnir geymar, upphafsþrýstingur = 15 bör

A(1) : 3.85457 L(2) : .305455E-01
L(1) : 16.1902 A(3) : .127313E-02
A(2) : .112995E-01 L(3) : .201522E-02

κ: .223421 68.7324 709.518

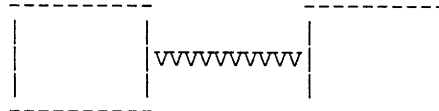


σ: .417302E-04 .220654E-04 .182735E-04

2 lokaðir geymar, upphafsþrýstingur = 10 bör

A(1) : .816364E-02 B : .254383E-03
L(1) : .184808E-01

κ: 102.637 3293.82

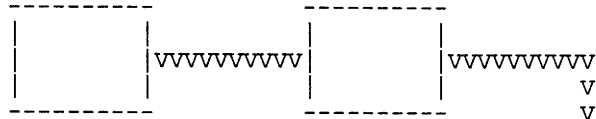


σ: .212904E-04

2 opnir geymar, upphafsþrýstingur = 10 bör

A(1) : .990769E-02 A(2) : .106289E-02
L(1) : .351357E-01 L(2) : .237060E-02

κ: 78.7561 856.459



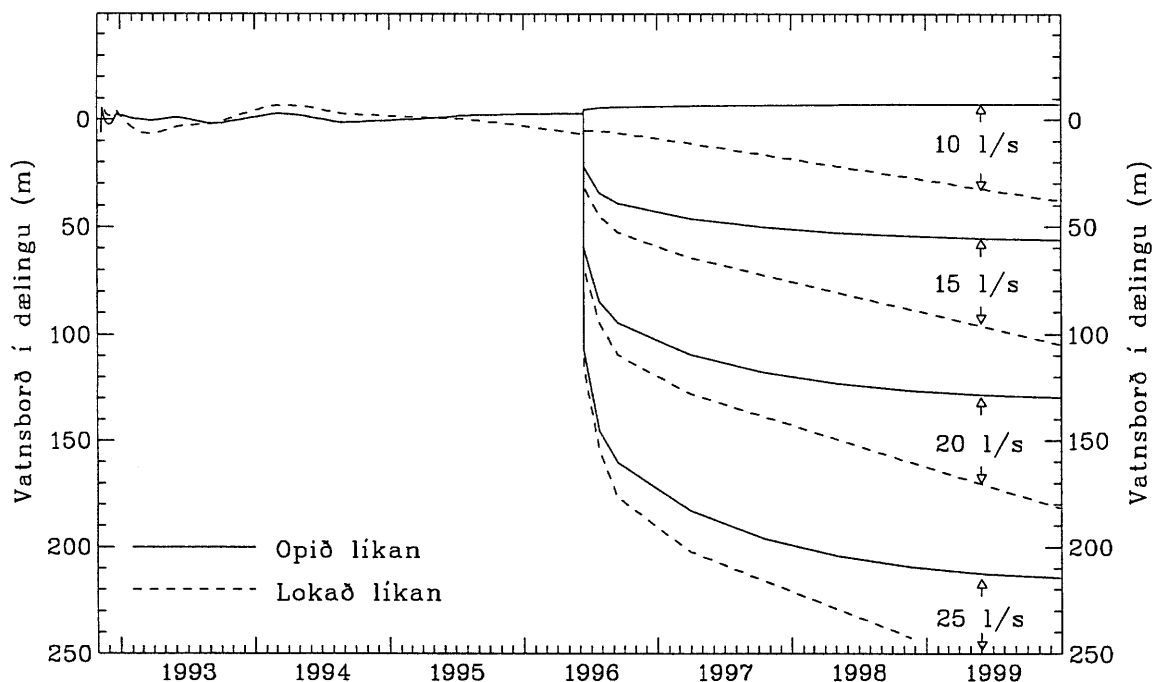
σ: .291336E-04 .258331E-04

Mynd 4: Þjöppuðu geymislíkönin sem herma vinnslusögu holu 9.

Samanburður á eiginleikum endurstilltu geymislíkananna við líkönin frá 1994 sýnir annars vegar að opnu líkönin standa nánast óbreytt. Til dæmis er rýmd tankanna, κ , einungis um 5-10 % hærri nú en í eldri líkönunum. Hins vegar stækka lokuðu líkönin verulega, eða um 70-80 % ef einungis er litið til rýmdar tankanna. Þetta þýðir á venjulegu mannamáli að jarðhitakerfið reiknast nú allt að helmingi stærra en áætlað var í árslok 1994, að því gefnu að forsendan um lokuðu líkönin standist.

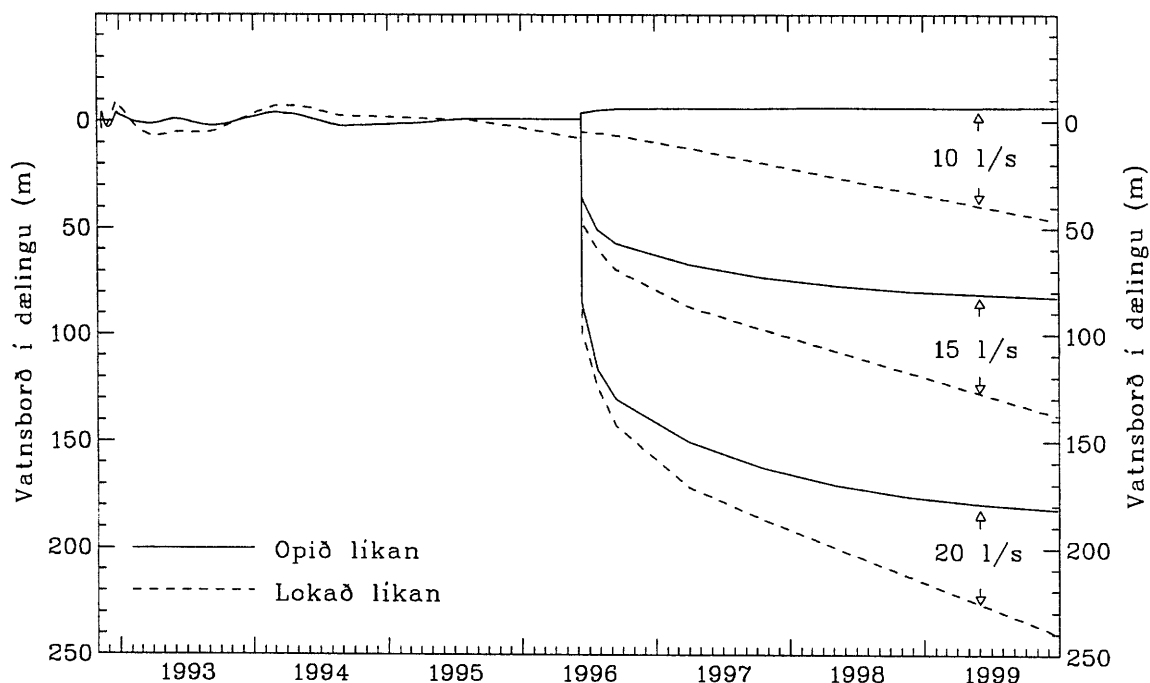
Myndir 5 og 6 sýna að lokum spár um vatnsborð holu 9 í dælingu. Eins og áður eru skoðuð tvö tilvik um upphafsþrýsting jarðhitakerfisins, 10 og 15 bör. Eins er spáð vatnsborði fyrir hvoru tveggja, opin og lokuð líkөн. Nú er eðli þeirra geymislíkana sem hér eru til umfjöllunar að opnu líkönin teljast bjartsýnisspár um vatnsborðið meðan þau lokuðu gefa svartsýnisspár. Því ber að túlka spáferlana þannig að raunverulegt vatnsborð í langtíma-dælingu muni liggja einhvers staðar á milli spáferla lokaðra og opinna geymislíkana.

26 Jan 1996 GrB
tp V2.1



Mynd 5: Spár um vatnsborð holu 9 ef miðað er við 10 bara upphafsþrýsting. Gert er ráð fyrir að vinnsla hefjist í júní 1996. Spáin nær til aldamóta.

26 Jan 1996 GrB
tp V2.1



Mynd 6: Spár um vatnsborð holu 9 ef miðað er við 15 bara upphafsþrýsting. Gert er ráð fyrir að vinnsla hefjist í júní 1996. Spáin nær til aldamóta

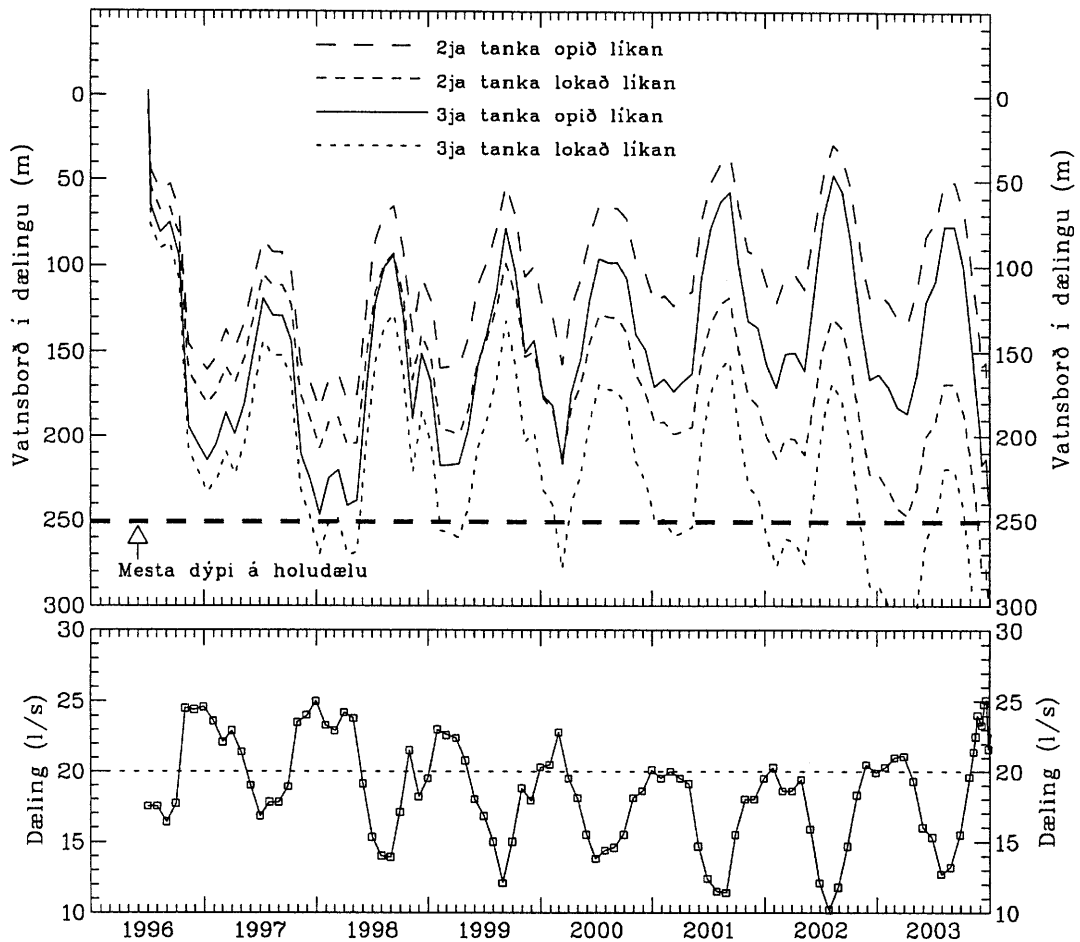
Myndir 5 og 6 sýna vatnsborð niður í 250 m dýpi, en það er almennt talið hámark niðurdráttar með þeim öxuldælum sem flestar íslenskar hitaveitur nota nú á tímum. Því má túlka myndirnar þannig að:

- Hámarksvinnslugeta holunnar er 23-25 l/s fram til ársins 2000 ef upphafsþrýstingur jarðhitakerfisins var 10 bör.
- Hámarksvinnslugeta holunnar er um 20 l/s fram til ársins 2000 ef upphafsþrýstingur jarðhitakerfisins var 15 bör. Hins vegar gæti orðið þörf á frekari borunum um það leyti ef halda á áfram þessari jafnaðarvinnslu.

5. Spár um vatnsborð holu 9 í óreglulegri dælingu

Spárnar á myndum 5 og 6 hafa þann annmarka að ekki er gert ráð fyrir þeirri óreglu sem óneitanlega er í dælingu úr jarðhitaholum héraendis. Þannig minnkar vinnslan á sumrin en eykst yfir veturinn. Hægt er að fá tilfinningu fyrir áhrifum slíks mynsturs með því að láta geymislíkönin á mynd 4 reikna vatnsborð holu 9 fyrir einhverja raunverulega vinnslu-sögu. Fyrir valinu varð vinnslusaga Laugalands í Holtum sem Hitaveitu Rangæinga nýtir. Vinnslan þar er að meðaltali 19 l/s, sem er nokkru yfir áætlun um vatnsþörf nýrrar hitaveitu frá holu 9 (Marteinn Valdimarsson, Búðardal, persónulegar upplýsingar). Mynd 7 sýnir því niðurstöðuna, þ.e. vatnsborð holu 9 ef vinnslusagan frá Laugalandi er höfð til viðmiðunar.

26 Jan 1996 GrB
tp V2.1



Mynd 7: Spár um vatnsborð holu 9 ef miðað er við vinnslusögu Hitaveitu Rangæinga. Gert er ráð fyrir að dæling hefjist í júní 1996.

Mynd 7 sýnir að þrátt fyrir forsendur um nokkru meiri vinnslu en í raun kann að þurfa, spá þrjú reiknilíkön af fjórum vatnsborði sem er ætíð ofan þess dýpis sem talið er tæknilega hámarksdæludýpi. Með öðrum orðum að góðar líkur eru á að hola 9 anni þörfum nýrrar hitaveitu þegar búið er að taka tillit til þeirra sveifna sem ætíð verða í rekstri holudælu. Einungis þriggja tanka, lokaða geymslíkanið spáir tímabundið lægra vatnsborði í dælingu, en tæknilega má ná. Þetta er jafnframt svartsýnasta geymslíkanið af þeim sem hér eru skoðuð.

Þann fyrirvara verður að gera við „tæknilega“ dæludýpið að hola 9 er einungis fódruð í 90 m dýpi, en hér er gert ráð fyrir að dælu verði slakað niður í allt að 250 m dýpi. Til að það sé mögulegt þarf holan að standa vel svo að ekki hrynji úr ófóðruðu bergi við dæluna sem síðan myndi festa hana í holunni. Eins verður holan að standast nákvæmt lóðmál til að ekki komi titringur í allt að 250 m langan dæluöxulinn.

6. Niðurstöður og umræða

Helstu niðurstöður endurskoðunar á geymslískönum jarðhitasvæðisins við Grafarlaug, sem hola 9 vinnur úr, eru eftirfarandi:

1. Viðbótarmælingar á rennsli árið 1995 sýna að spár opinna líkana frá desember 1994 standa, en að lokuðu líkönin sem þá voru gerð vanmeti vinnslugetu svæðisins.
2. Endurstilling líkananna leiðir til þess að lokuðu geymslískönin meta nú jarðhita-geyminn, sem hola 9 tengist, 70-80 % stærra en eldri líkanreikningar gáfu til kynna.
3. Endurstilltu geymslískönin spá vatnsborði í dælingu ofan 250 m dýpis árið 2000 við um og yfir 20 l/s jafnaðarvinnslu. Er þá miðað við að vinnsla hefjist í júní 1996.
4. Hugsanlega verður þörf á viðbótarborunum í Reykjadal upp úr aldamótunum ef í ljós kemur að lokuðu geymslískönin eigi við um viðbrögð jarðhitakerfisins við dælingu. Eins virðist þörf á frekari borunum ef vinnsla verður meiri en þeir 20 l/s sem hér er notað sem hámarkspörf.
5. Einnig sýna spár, sem byggja á vinnslusögu Hitaveitu Rangæinga á Laugalandi í Holtum, að hola 9 þoli dælingu sem er nokkru meiri en talið er að hitaveita til Búðardals þurfi.

Í heild virðist því sem jarðhitakerfið við holu 9 þoli þá vatnstöku sem nauðsynleg er fyrirhugaðri hitaveitu, en að niðurdráttur í holunni verði tíðast einhvers staðar á 100-200 m dýpi. Spáin tekur ekki tillit til óvissuatriða sem enn eru óneitanlega uppi um ástand holu 9. Þar er brýnast að vita hvort hægt sé að reka djúpdælu í holunni án viðbótarfóðrunar. Þá er rík ástæða til að enduráætla iðustreymisstuðul holunnar en hann virðist mjög hár og er því afgerandi stærð í líkanreikningunum. Eins er ekki tekið tillit til þess að efsta æð holu 9 er einungis á 94 m dýpi. Hún er nú um 50 °C heit en líklegt er að hún kólni og geti í versta tilviki valdið útfellingum í rörum við langtímadælingu. Þessa æð má hins vegar loka úti með síðari fóðringu ef þurfa þykir.

Reyndar virðist á þessari stundu full ástæða til að gera ráð fyrir einhverjum kostnaði við boranir í Reykjadal í næstu framtíð komi til lagningar hitaveitu. Er þá bæði horft til hugsanlegar lengingar á fóðringu holu 9 í allt að 250 m dýpi, en einnig eru miklar líkur á að auka megi vatnstöku þarna með nýrri holu. Ávinningurinn er einkum tvíþættur. Annars vegar mun ný hola auka rekstaröryggi veitunnar, því óvíst er að hola 8 tryggji nægt varaafli komi til bilunar á djúpdælu holu 9. Hins vegar er ekki lokað fyrir það skotið að árangur af borun nýrrar holu verði það góður að sjálfrennsli aukist enn í Reykjadal og að það geri dælingu óþarfa a.m.k. hluta ársins. Eins gæti ný hola skilað eitthvað heitara vatni, sem ætti þá að minnka vatnspörfina í sekúndulítrum talið.

7. Heimildir

Grímur Björnsson og Guðni Axelsson, 1994: *Vinnsluspá fyrir holu 9 í Reykjadal í Miðdölum*. Orkustofnun, OS-94055/JHD-32 B, 16 s.