

**Laugaland á Þelamörk. Niðurstöður
dæluþrófunar 1992-1993**

**Ólafur G. Flóvenz
Grímur Björnsson
Guðni Axelsson**

Greinargerð ÓGF-GrB-GAx-93-08

1993-09-27

LAUGALAND Á ÞELAMÖRK Niðurstöður dæluþrófunar 1992-1993

1. INNGANGUR

Sumarið 1992 var boruð 451 m djúp hola á jarðhitasvæðinu við Laugaland á Þelamörk að undangengnum mjög ítarlegum forrannsóknnum. Á 430 m dýpi skar holan góða vatnsæð og varð þá algjört skoltap. Önnur æð virtist bætast við á 445 m dýpi. Vegna hruns í holunni og skoltaps var afráðið að hætta borun þótt líkur væru taldar á að fleiri æðar myndust ef borað yrði dýpra.

Niðurstöður borunarinnar staðfestu þá mynd sem fyrri rannsóknir höfðu gefið af legu og halla meginuppstreymisrásar jarðhitakerfisins. Til að skera rásina á meira dýpi þarf þó að bora úti á eyrum Hörgár, norðan núverandi farvegjarinnar.

Að borun lokinni var holan virkjuð með hraðastýrðri dælu. Í nóvember 1992 hófst dæluþrófun á holunni, sem stóð fram í ágúst 1993. Í þrófuninni var fylgst nákvæmlega með dælingunni ásamt breytingum í vatnsborði og efnainnihaldi.

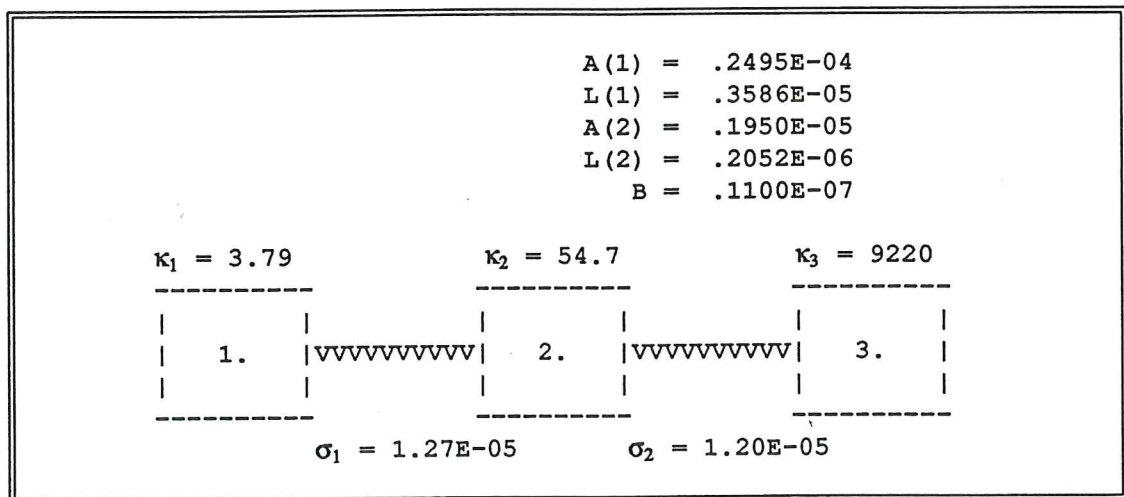
Á tímabilinu frá maí til ágúst 1993 var jafnframt gerð niðurdælingartilraun á jarðhitasvæðinu. Hluta þess vatns sem dælt var úr holu LPN-11 var veitt aftur niður í holur LPÝ-8 og LPÝ-6 og viðbrögð svæðisins við niðurdælingunni könnuð. Meðal annars voru sett ferilefni í vatnið, sem dælt var niður, til að kanna hversu greiðlega það bærst frá niðurdælingarholunum að vinnsluholunni.

Nú er unnið að gerð heildarskýrslu um borun holu LPN-11 og dæluþrófunina og liggja helstu niðurstöðurnar þegar fyrir. Hér á eftir er gerð grein fyrir þeim niðurstöðum er varða afkastagetu svæðisins. Birtar eru vatnsborðsspár byggðar á dæluþrófuninni. Einnig er metin sú kólnun vatns sem kann að verða í holu LPN-11 vegna tengingar hennar við grunnvatnskerfið ofan jarðhitakerfisins og vegna niðurdælingar þess bakrásarvatns sem fellur til á Laugalandi.

2. VATNSBORÐSSPÁR

Við gerð vatnsborðsspár fyrir Laugaland á Þelamörk var notað sams konar þjappað geymslíkan og notuð hafa verið undanfarinn áratug við vatnsborðsspár fyrir lághitasvæði víða á Íslandi með ágætum árangri, m.a. í Eyjafirði. Áreiðanleiki spánna fer talsvert eftir því hversu lengi hefur verið dælt úr viðkomandi svæði, því lengri sem vinnslusagan er, þeim mun áreiðanlegri verða þær. Bæði er hægt að nota opin og lokuð líkön. Í opnum líkönum næst jafnvægi milli innrennslis og vinnslu þannig að vatnsborð hættir að lækka við fasta vinnslu. Í lokuðum líkönum næst slíkt jafnvægi ekki og vatnsborð lækkar stöðugt við langtíma vinnslu. Segja má að opin líkön gefi bjartsýnisspár en lokuð svartsýnisspár. Hér var talið hyggilegra að nota lokað líkan.

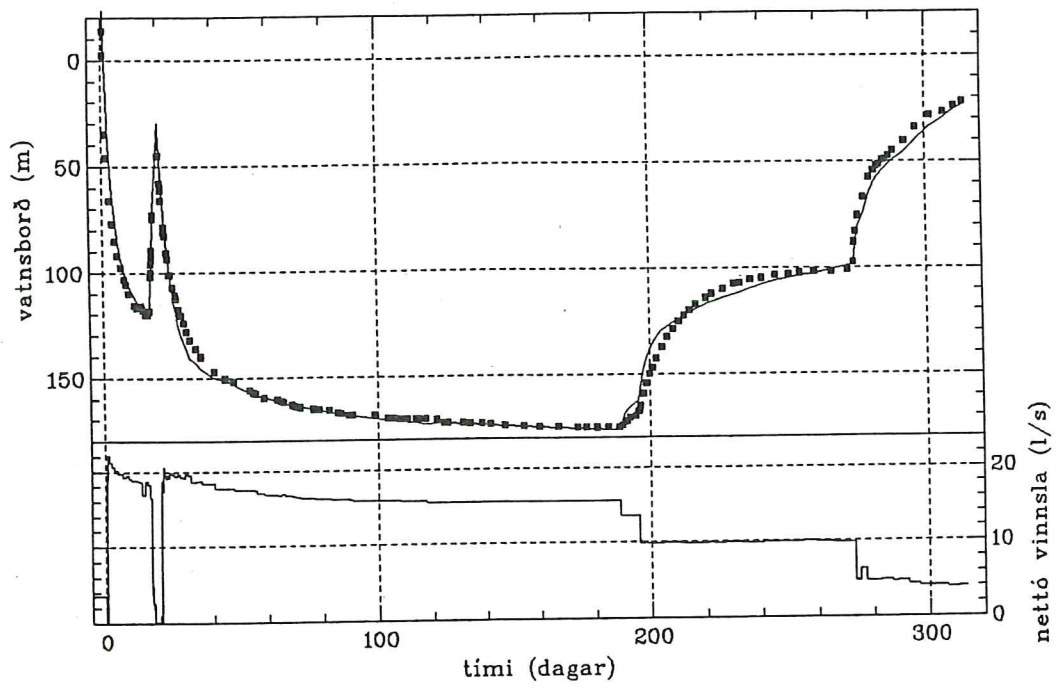
Mynd 1 sýnir það lokaða þjappað líkan sem við teljum að hermi best vatnsborðsgögnin úr dæluprófuninni og mynd 2 sýnir hvernig samræmi fékkst milli reiknaðra og mældra gagna. Líkanið er byggt úr þremur geymum og hermir geymir 1 næsta nágrenni holu 11. Hann tengist geymi 2 með rennslisviðnáminu σ_1 og má líta á þann geymi sem jarðlögin umhverfis fyrsta geyminn, en geymir 2 er auk þess mun stærri. Sá geymir er svo tengdur með viðnáminu σ_2 við þriðja og stærsta geyminn. Vatnskerfið eða kerfin sem þriðji geymirinn hermir ráða mestu um langtíma viðbrögð jarðhitasvæðisins. Bæði virðist þar um að ræða dýpri hluta jarðhitakerfisins og einnig kalda grunnvatnskerfið utan jarðhitakerfisins. Síðar í greinargerðinni er fjallað nánar um hvernig þessi heitu og köldu kerfi eru talin vinna saman. Stærðirnar κ_1 - κ_3 lýsa vatnsrýmd geymanna þriggja, sem aftur ræðst af stærð þeirra. Í reikningunum var gert ráð fyrir að þrýstingur á toppi holu LFN-11 hafi verið um 1,9 bör við upphaf vinnslu úr holunni og að rennsli af jarðhitasvæðinu fram að því hafi verið 3,6 l/s að jafnaði.



Mynd 1. Lokað þjappað geymislíkan af jarðhitakerfinu á Laugalandi á Þelamörk.

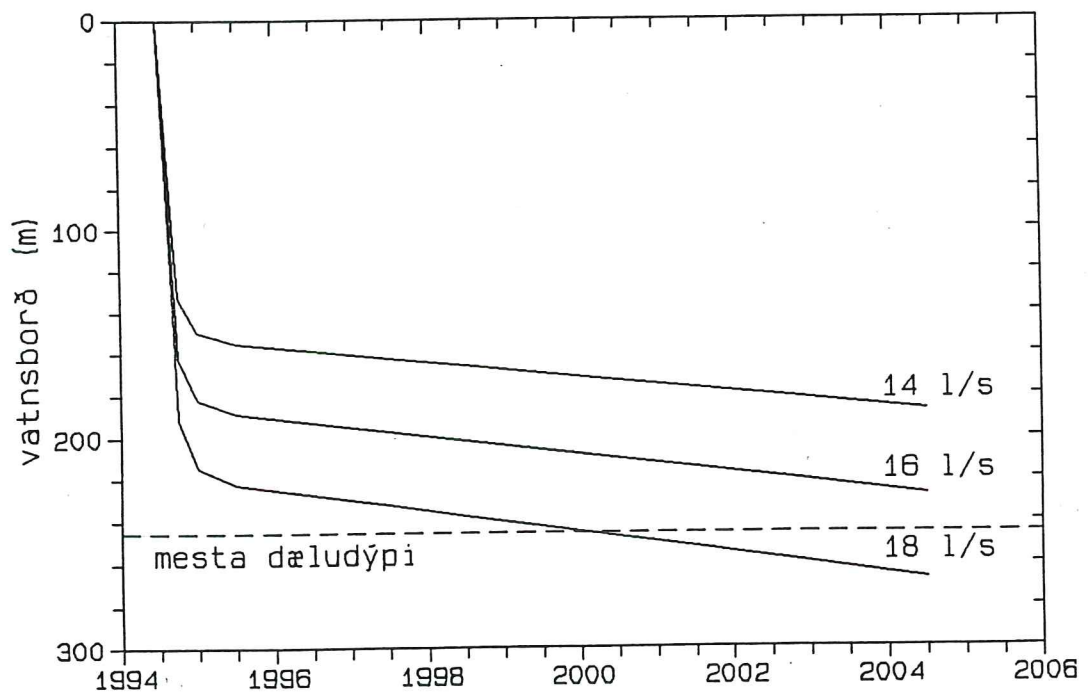
Líkaninu á mynd 1 svipar til þjappaðs líkans sem byggði á gögnum fram til febrúar 1993 og lýst er í nýlegri skýrslu (Ólafur G. Flóvenz o.fl., 1993). Sú breyting er þó á orðin að nú hefur þriðji geymirinn bæst við yst í líkaninu og er líkanið jafnframt lokað. Erfiðlega gekk að herma vatnsborðsbreytingarnar með lokuðu líkani og því sjálfvirka reikniforriti sem jafnan er notað við hermun með þjöppuðum líkönum. Var því brugðið á það ráð að stilla stærð þriðja geymisins handvirkt þ.a. þrýstifall í honum yrði u.þ.b. 5 m/ári við 15 l/s vinnslu. Það er jafnt langtímaþrýstifallinu sem mældist í holu LFN-11 eftir að vinnsla hafði haldist stöðug í u.þ.b tvo mánuði um miðbik dæluprófunarinnar. Varla er við því að búast að þrýstifall verði svo mikið við langtíma vinnslu í framtíðinni. Eru því vatnsborðspár reiknaðar með líkaninu í reynd í svartsýnna lagi.

Mynd 3 sýnir hvernig vatnsborð kemur til með að breytast í holu LFN-11 skv. þjappaða líkaninu á mynd 1 fram til ársins 2004 við 14, 16 og 18 l/s meðalvinnslu. Er þá átt við nettó vinnslu, þ.e. dælingu úr LFN-11 að fráreginni niðurdælingu bakrásarvatns. Gert er ráð fyrir að dæling hefjist 1. júlí 1994. Sést þar að svæðið mun anna um 14 l/s nettó vinnslu með núverandi dælu næstu 10 árin, en með því að síkka dælu í 250 m í LFN-11 virðist mega dæla um 17 l/s nettó úr jarðhitakerfinu til ársins 2004.



Mynd 2. Mælt og reiknað vatnsborð holu LPN-11 samkvæmt þjappaða líkaninu á mynd 1.

Vatnsborðsspár fyrir LPN-11

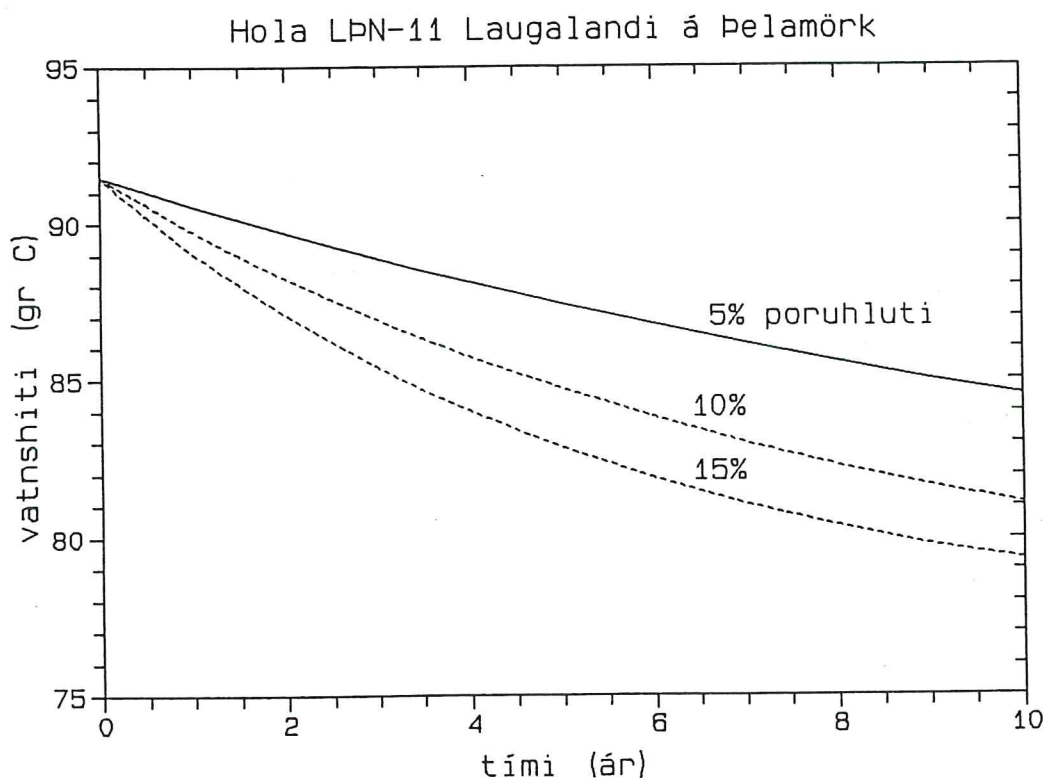


Mynd 3. Spár um vatnsborð holu LPN-11 samkvæmt þjappaða líkaninu á mynd 1.

3. SPÁR UM KÓLNUN VATNS ÚR HOLU LPN-11

Efnagreining vatnssýna sem safnað var úr holu LPN-11 frá nóvember 1992 til maí 1993 sýndi að lækkun varð í kísilstyrk á þessu tímabili. Þessa lækkun liggur beinast við að skýra með innrennsli kaldara vatns að ofan án þess þó að vatn úr holunni kólnaði. Með mjög einföldu líkani má herma kísilbreytingarnar og áætla kólnun vatns úr holu LPN-11 við langtímaavinnslu (sjá Guðna Axelsson, 1991). Líkanið hermir þann hluta jarðhitakerfisins umhverfis holuna þar sem blöndun jarðhitavats og kaldara vatns á sér stað. Úr líkaninu er dælt því magni sem dælt var úr holu LPN-11 í prófuninni. Inn í það streymir síðan fast magn jarðhitavats að neðan auk kaldara vatns að ofan. Óvst er hve heitt kaldara vatnið er og hver kísilstyrkur þess er, en í reikningunum var gert ráð fyrir því að 30% vatnsins kæmi að ofan, kísilstyrkur þess væri 50 mg/kg og hiti 25 °C.

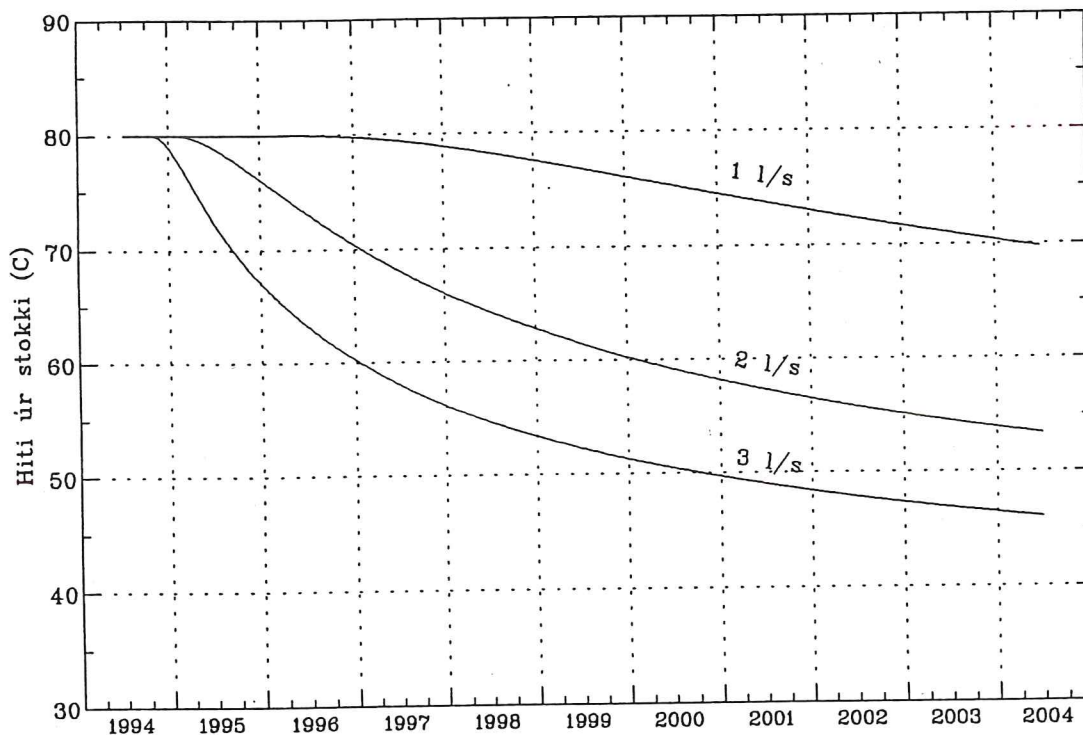
Líkanið var síðan notað til þess að áætla þessa náttúrulegu kólnun vatns úr holu LPN-11 við langtímaavinnslu vegna innrennslis kaldara vatns að ofan. Niðurstöðurnar eru birtar á mynd 4. Þar eru sýndir þrjár mismunandi spáferlar, fyrir 5%, 10% og 15% poruhluta bergsins í því rúmmáli þar sem blöndunin verður. Talið er líklegast að raunveruleg kólnun muni fylgja efsta ferlinum (5% poruhluti), eða verða minni, m.a. vegna þess að engin kólnun hefur enn mælst.



Mynd 4. Spár um náttúrulega kólnun vatns úr LPN-11 við 15 l/s langtímaavinnslu.

Einn liður í prófun Laugalandssvæðisins fólst í niðurdælingu og niðursetningu ferilefna í jarðhitakerfið. Með þannig rannsóknum má áætla rúmmál þeirra "stokka" sem leiða vatn frá niðurdælingarholu að vinnsluholu. Þar sem slíkir stokkar eru að öllum líkindum

sprungur, sprungubelti eða millilög er auðvelt að reikna fræðilega hve vatn hitnar mikið á leið þess um stokkinn. Ekki er búið að vinna úr niðurstöðum ferilprófsins, en þó er búið að meta gróflega tengsl holna LPÝ-6 og LPN-11. Mynd 5 sýnir niðurstöðurnar. Er þá miðað við að poruhluti stokksins sé 50 %, hæð hans 100 m, breidd 0,6 m og upphafshiti bergsins sem vatnið leikur um 80 °C.



Mynd 5. Útstreymishiti vatns í sprungustokki er tengir holur LPÝ-6 og LPN-11. Gert er ráð fyrir að vatnið leggi 30 °C heitt af stað frá LPÝ-6 og safnist allt í LPN-11.

Ávinningur af niðurdælingu felst í hækkun vatnsborðs og tímabundnu varmanámi úr berginu sem liggur að stokknum er tengir holurnar tvær. Mynd 5 sýnir að í lok spátímans skilar 1 l/s niðurdæling 70 °C heitu vatni að holu LPN-11, 2 l/s skila 55 °C vatni og 3 l/s skila 45 °C vatni. Varmaafli þessara þriggja kosta verður 168, 210 og 189 kW árið 2004 (miðað við kælingu í 30 °C). Virðist því lítil ávinningur í að dæla meiru en 1-2 l/s niður í LPÝ-6 til svo langs tíma. Samkvæmt þessu er skynsamlegt að deila niðurdælingu bakrásarvatns frá Laugalandsskóla á 2-3 holur. Heildarkólnun vatns úr LPN-11 við þá niðurdælingu og 17 l/s nettó vinnslu gæti þá orðið á bilinu 3-5 °C á 10 árum.

4. NIÐURSTÖÐUR

Búið er að gera ítarlegri og vandaðri rannsóknir á jarðhitasvæðinu á Laugalandi á Þelamörk en gerðar hafa verið á nokkru öðru lághitasvæði héraendis áður en ákvörðun um virkjun hefur verið tekin. Áreiðanleiki niðurstöðu okkar um afkastagetu svæðisins er í samræmi við það.

Helstu niðurstöður dæluþrófunar holu LPN-11 eru:

1. Miðað við stöðuga 16-17 l/s nettó dælingu af svæðinu ætti vatnsborð í holu LPN-11 að haldast ofan 240 m miðað við holutopp næstu 10 árin. Með nettó dælingu er átt við það magn sem dælt er úr holu LPN-11 að frádregnu því bakrásarvatni sem dælt yrði niður aftur.
2. Ætla má að á 10 árum gæti vatnið úr holu LPN-11 kólnað um allt að 7 °C vegna tengingar æðarinnar í LPN-11 við kalda grunnvatnskerfið ofan jarðhitakerfisins og um 3-5° C til viðbótar við stöðuga niðurdælingu 3 l/s af 30°C heitu bakrásarvatni í 2-3 holur. Þessar áætlanir eru eðlilega nokkuð ónákvæmar og væntanlega í svart-sýnna lagi, samanber það að engrar kælingar varð vart í 9 mánaða dæluprófun.
3. Kólnun vatns úr holu LPN-11 verður þó ekki vandamál því fyrirliggjandi vitneskja um svæðið bendir til að auðvelt sé að hitta í uppstreymisæðar svæðisins á meira dýpi en í holu LPN-11. Auðvelt er talið að ná þannig fullum vatnshita að nýju og ef til vill má fá meira vatn með borun holu sem skæri vatnsæðarnar á meira dýpi. Því er rétt að gera ráð fyrir að bora þurfi djúpa vinnsluholu innan 10 ára frá því að vinnsla hefst.
4. Rétt er að benda á það að kísilstyrkur heits vatns á Laugalandi á Þelamörk er það hár að líklegt er að djúphiti í jarðhitakerfinu sé a.m.k. 8 °C hærri en vatnshiti holu LPN-11.

Að lokum skal tekið fram að við teljum fyrirliggjandi upplýsingar eins öruggan grundvöll til að byggja ákvörðun um virkjun á og kostur er að skapa með skynsamlegum kostnaði.

Ólafur G. Flóvenz
Grímur Björnsson
Guðni Axelsson

HEIMILDIR

Ólafur G. Flóvenz, Grímur Björnsson og Guðni Axelsson, 1993: *Vatnsöflu Hitaveitu Akureyrar. Staða og horfur í febrúar 1993*. Orkustofnun, OS-93006/JHD-02 B, 18 s

Guðni Axelsson, 1991: *Jarðhitasvæðið Urriðavatni. Einfaldir hermireikningar og spár um kólnun vatns úr holu 8*. Orkustofnun, OS-91037/JHD-21 B, 15 s