

**Áætlun um rannsóknir og þjónustu
Orkustofnunar við Hita- og vatnsveitu
Akureyrar árið 2000 og yfirlit yfir árið 1999**

Ólafur G. Flóvenz

Greinargerð ÓGF-2000-01



14.03.2000

Áætlun um rannsóknir og þjónustu Orkustofnunar við Hita- og vatnsveitu Akureyrar árið 2000 og yfirlit yfir árið 1999

1 Inngangur

Í þessari greinargerð er greint frá rannsóknum og annarri þjónustu Rannsóknasviðs Orkustofnunar vegna Hita- og vatnsveitu Akureyrar á árinu 1999 og lögð fram áætlun vegna ársins 2000.

2 Yfirlit um árið 1999

Í upphafi árs 1999 var lögð fram hliðstæð áætlun fyrir árið 1999 (Ólafur G. Flóvenz, ofl. 1999). Eins og títt er um slíkar rannsóknir taka þær breytingum frá upphaflegri áætlun eftir því sem vinnunni vindur fram, bæði þarf að laga vinnu að niðurstöðum eftir því sem þær koma fram og eins koma upp ný viðhorf og atvik, sem bregðast þar við.

Tafla 1 sýnir samanburð á áætluðum kostnaði við hina ýmsu rannsóknarþætti ársins 1999 og þeim raunveruleika sem blasti við í árslok. Tafla 2 sýnir síðan samanburð á áætluðum kostnaði við boranir á árinu og samaburð við raunveruleikann.

| Kostnaður við rannsóknir og þjónustu ROS vegna HVA árið 1999 | Áætlun | Bókað á ROS |
|--|-------------------|---------------------------|
| Eftirlit með jarðhitasvæðum og vinnslu | 2.485.000 | 3.159.278 |
| Hitastigulsmælingar norðan Akureyrar | 360.000 | 310.879 |
| Jarðfræðikort af Eyjafirði | 2.380.000 | 2.310.294 |
| Niðurdæling í lághitakerfi | 1.995.000 | |
| Úrvinnsla TEM viðnámsmælinga | 975.000 | 261.597 |
| Rannsóknaboranir á Þelamörk | 2.520.000 | 1.660.942 |
| Rannsóknaboranir við Grýtu og Sigtún | 495.000 | 2.481.228 |
| Ýmis þjónusta og rannsóknir | 200.000 | 127.883 |
| SAMTALS | 11.410.000 | 9.769.000+niðurdæl |

Tafla 1. Yfirlit um áætlaðan og raunverulegan kostnað við rannsóknir ROS fyrir HVA á árinu 1999. Til viðbótar kemur um 500þkr kostnaður vegna vinnu Náttúrufræðistofnunar við jarðfræðikortlagninguna.

Tafla 2 sýnir síðan samanburð á áætluðum kostnaði við boranir rannsóknarhola á árinu borið saman við raunveruleikann.

| Áætlaður kostnaður við boranir rannsóknarhola | Áætlun ROS 1999 | Bókfærður kostnaður hjá HVA |
|---|------------------|-----------------------------|
| Hitastigulsboranir norðan Akureyrar | 2.380.000 | 1.971.085 |
| Laugaland á Þelamörk | 4.000.000 | 1.820.520 |
| Grýta - Sigtún | 2.333.000 | 8.637.641 |
| | | |
| SAMTALS | 8.713.000 | 12.429.246 |

Tafla 2. Yfirlit um kostnað við borun rannsóknarhola á árinu 1999. Þjónusta ROS við boranirnar og mælingar í holum eru ekki innifaldar hér heldur í töflu 1. Þá er kostnaður vegna vinnu starfsmanna HVA kringum boranirnar ekki meðtalin.

Hér á eftir er stuttlega gerð grein fyrir niðurstöðum einstakra rannsóknarþátta.

2.1 Eftirlit með jarðhitasvæðum

Árlega er fylgst gaumgæfilega með framvindu mála á vinnslusvæðum hitaveitunnar. Stöðugt er fylgst með því hversu miklu er dælt af svæðunum, hita vatnsins, vatnsborði í jarðhitasvæðunum og efnainnihaldi þess sem upp er dælt. Jafnframt er fylgst með annarri orkuframleiðslu en úr jarðhita svo sem með rafskautakötlum, olíukötlum og varmadælum. Einnig er mælt hversu miklu bakrásarvatni er veitt aftur út á kerfið til blöndunar við jarðhitavatnið og hversu miklu er dælt niður aftur í jörðina. Umsjón þessarar gagnaöflunar er í höndum starfsmanna HVA í samvinnu við ROS. Öllum þessum gögnum er safnað saman og unnið úr þeim til fá sem besta mynd af orkubúskap veitunnar og hvernig orkunotkunin og álagið á jarðhitasvæðin þróast. Fer sú vinna fram á ROS. Breytingar í hita, vatnsborði og efnainnihaldi eru bornar saman við fyrirliggjandi spár um vinnslueiginleika svæðanna, sem byggja á tölvulíkönnum af þeim, og mat er lagt á framtíðarhorfur. Þetta mat er síðan grundvöllur áherslna í rannsóknum og borunum til frekari orkuöflunar.

Fimmta hvert ár eða svo er þetta árlega eftirlit útvíkkað verulega. Þá er farið sérlega vel ofan í alla þætti vinnslunnar, efnagreiningar gerðar á vatni úr laugum og volgrum, sem enn finnast á svæðinu og hitamælingar gerðar í borholum eftir því sem ástæða þykir til. Þá eru tölvulíkönin af svæðunum endurbætt m.t.t. þeirra upplýsinga um eiginleika svæðanna, sem bæst hafa við undanfarandi fimm ár. Útkoman er ný og endurnýjuð vinnsluspá.

Á árinu 1999 var unnin slík útvíkkuð vinnslueftirlitsskýrsla (Guðni Axelsson o.fl., 1999). Þar voru gerðar nýjar vinnslueftirlitsspár og eru helstu niðurstöður þeirra eftirfarandi:

- Vinnslugeta á Botni er áætluð 30,5 l/s
- Vinnslugeta á Laugalandi er 44 l/s
- Vinnslugeta á Ytri-Tjörnum er 31,5 l/s
- Vinnslugeta á Glerárdal er 17 l/s
- Vinnslugeta á Þelamörk er 17,5 l/s

Í öllum tilvikum miðast tölurnar við stöðuga jafna vinnslu. Ef vinnslan er sveiflukennd eða árstíðabundin er vinnslugetan nokkru minni að meðaltali.

Þá voru aðstæður við Grýtulaug og Gilslaug kannaðar sérstaklega (Ingunn María Þorbergsdóttir 1999a, 1999b). Grýtulaug hefur haldist svipuð í hita frá árinu 1993 en þá hafði hún kólnað um 5°C frá eldri mælingum, e.t.v. vegna borunar grunnrar holu rétt við laugina árið 1982. Stokkahláðalaug finnst hins vegar ekki lengur þrátt fyrir ítrekaða leit. Hún var í farvegi Gilsár sem hefur breytt sér. Vel er þó mögulegt að þarna sé um að kenna þrýstifalli frá vinnslunni í Eyjafirði. Efnainnihald Kristneslaugar var mælt og reyndust breytingar á efnastyrk vera innan skekkjumarka. Rennsli í

Kristneslaug var ekki mælt, en það væri þó æskilegt að gera fljótlega. Loks var tekið sýni úr holu RW-7 á Reykjum í Fnjóskadal og gefur það svipaða niðurstöðu og áður.

Meginniðurstöður nýju vinnsluspána og þróunar í orkumálum á Akureyri eru þær að heldur dragi af jarðhitasvæðunum eins og búast mátti við. Með viðvarandi niðurdælingu á Laugalandi má þó vinna þar talsvert meira heitt vatn þar og á Ytri-Tjörnum samanlagt en hægt hefði verið án hennar. Rýrnun vinnslusvæðanna, óvissa með framboð á tiltölulega ódýrri raforku á rafskautakatla og heldur hraðari vöxtur í orkunotkun en búist hafði verið við leiða nú til þess að hraða þarf rannsóknun og borunum til að afla meiri jarðvarma til að tryggja afhendingaröryggi veitunnar og stuðla að lækun orkuverðs í framtíðinni.

Lögð er áhersla á leit á og í næsta nágrenni við núverandi vinnslusvæði veitunnar enda ódýrt að tengja vatn sem þar fengist inn á aðveitukerfi veitunnar. Jafnframt er vakin athygli á fjarlægari jarðhitastöðum eins og við Hjalteyri, Árskógsströnd og í Fnjóskadal.

2.2 Hitastigulsmælingar norðan Akureyrar

Verkið felst í kortlagningu hitastiguls á svæðinu frá Kjarnaskógi norður á Hörgárósum. Það er gert með borun grunnra rannsóknahola með um 1-2 km millibili og hitamælingum í þeim. Tilgangur þessara rannsókna er að leita af sér allan grun um hugsanleg jarðhitasvæði í næsta nágrenni Akureyrar, en undanfarin ár hefur komið í ljós með slíkum mælingum að jarðhita er að finna víðar en menn héldu.

Boranirnar drógust hins vegar mjög og lauk þeim ekki fyrr en í ársbyrjun 2000. Því fellur úrvinnsla þessara gagna að verulegu leyti á árið 2000. Þó er ljóst að fundist hefur vísbending um jarðhita í grennd við Skipalón í Glæsibæjarhreppi og e.t.v. í Kjarnaskógi þótt sú vísbending sé veik. Að öðru leyti er allt rannsókarsvæðið mjög kalt og hitastigull með því lægsta sem mælist á landinu.

2.3 Laugaland á Þelamörk

Á árinu 1998 var hafist handa við boranir 3-4 rannsóknarhola við Laugaland á Þelamörk til undirbúnings borunar djúpra rannsókna og vinnsluholu þar. Núverandi vinnsluhola, hola Lþ-11 tekur vatn sitt úr æð á liðlega 400 m dýpi, sem er fullgrunnt til frambúðar. Reynsla hefur sýnt að bestu vatnsæðarnar í Eyjafirði hafa fundist á 1000 – 1500 m dýpi. Því er stefnt að því að bora djúpa holu á Þelamörk og freista þess að finna opnari og afkastameiri vatnsæðar en nú eru nýttar. Óvissa er hins vegar um hvort og hversu mikillar viðbótar í orkuvinnslu má vænta þess úr dýpri hluta kerfisins þar.

Verkið hófst rétt fyrir árslok 1998. Ýmsar ófyrirsjáanlegar tafir urðu á borverkinu, m.a. af völdum óhappa í borun. Tókst því ekki að ljúka verkinu á árinu. Síðasta holan var boruð í ársbyrjun 2000 og úrvinnsla fer fram á því ári.

2.4 Jarðfræðikortlagning í Eyjafirði

Haldið var áfram við gerð berggrunnskorta af nágrenni Akureyrar. Unnið að var við kortið, sem byrjað var á 1998 og nær yfir svæðið frá Hörgá suður að Finnastaðadal og vestur undir Vaðlaheiði. Bráðabirgðakort var gefið út 1998 (Árni Hjartarson, 1998) og kort í mælikvarða 1:50.000 með viðbótum ársins var gefið út í árslok 1999 (Árni Hjartarson og Hafdís Eygló Jónsdóttir 1999b). Það kort er að mestu tilbúið nema hvað svölítinn skika vantar í suðvestur horn þess og nánari skoðun þarf á fáeinum atriðum efst í fjallendinu vestan Hrafangils.

2.5 Jarðhitaleit við Grýtu og Sigtún

Síðla á árinu var hafist handa við borun hitastigulshola á svæðinu frá Grýtu og að Sigtúni, Klauf og Uppsölum. Markmiðið var að fylgja eftir áður fengnum vísbendingum um aðfærsluæð Grýtulaugar. Í ljós kom að streymi jarðhitavatns um jarðlög á þessu svæði var flóknara en upphaflega var talið. Verkið varð því mun umfangsmeira en upphaflega var gert ráð fyrir, borholur fleiri og dýpri og að auki var bætt við segulmælingum til að kortleggja ganga og brot yfir því hitastigulsfráviki sem

fannst milli Grýtu og Sigtúna. Gerð var grein fyrir segulmælingunum og hluta hitastigulsmælinganna í skýrslu á árinu (Hjálmar Eysteinnsson, 1999) en lokaúrvinnsla gagna og staðsetning djúprar rannsóknarholu fara fram á fyrstu mánuðum ársins 2000.

2.6 Skýrsla um viðnámsmælingar og tengingu við borholur

Lokið var við úrvinnslu þeirra gagna sem fengust með TEM mælingunum 1995 og skrifuð grein um niðurstöðurnar til birtingar á alþjóðajarðhitaráðstefnunni í Japan vorið 2000 (Ólafur G. Flóvenz og Ragna Karlsdóttir, 2000).

2.7 Niðurdælingartilraunin á Laugalandi

Í byrjun september hafði niðurdælingin á Laugalandi í Eyjafirði staðið í 2 ár. Þar með lauk tilrauninni sjálfri formlega og við tók lokaúrvinnsla þeirra gagna sem aflað var með mælingum meðan á niðurdælingunni stóð. Lokaskýrslu um verkefnið er að vænta fyrir vorið 2000. Hins vegar er þegar ljóst að niðurstöðurnar eru mjög jákvæðar og að mestu í samræmi við væntingar. Því er haldið áfram að dæla vatni niður á Laugalandi og mun svo væntanlega verða næstu ár og jafnvel áratugi, enda leiðir það til aukinna afkasta á Laugalandi.

2.8 Ýmsar rannsóknir og þjónusta

Undir þennan lið falla ýmis tilfallandi verk ROS fyrir HVA, fundahöld af ýmsu tagi og smáverk sem ekki verða beint tengd öðrum liðum verkáætlunarinnar.

3 Áætlun fyrir árið 2000

Við gerð áætlunar fyrir árið 2000 er verkefnum skipt í fimm flokka eftir eðli þeirra:

1. **Eftirlit með jarðhitasvæðunum** og vinnslu þeirra, ásamt ýmis konar tilfallandi verkefnum.
2. **Staðbundinni jarðhitaleit.** Hún felur í sér alla rannsóknavinnu í tengslum við rannsóknir tiltekinnar jarðhitasvæða, þ.m.t. vinnu tengda borun grunnra rannsóknarhola.
3. **Almenn jarðhitaleit.** Þetta eru verkefni sem fela í sér leit að jarðhita á stóru svæði og er yfirlitt forsenda staðbundnu leitarinnar.
4. **Langtímaverk,** sem hafa það að markmiði að bæta og efla þekkingu á jarðhitasvæðum og eðli þeirra með langtímasjónarmið í huga. Undir þetta falla einnig verk sem lúta að skráningu, meðhöndlun, vörslu og birtingu rannsóknargagna.
5. **Djúpboranir.** Þarna er um að ræða vinnu tengda borun djúpra (>500m) rannsóknar eða vinnsluhola. Að sumu leyti væri eðlilegt að flokka þetta með staðbundinni leit en vegna sérstaks eðlils þeirra og verulega meiri kostnaðar en við aðra verkþætti er hér valið að taka þennan þátt sérstaklega.

3.1 Eftirlit með jarðhitasvæðum

Gert er ráð fyrir að þessi liður verði umtalsvert minni að umfangi en í fyrra. Tekin verði efnasýni með hefðbundnum hætti og unnin vinnslueftirlitsskýrsla með yfirliti um stöðu og þróun mála. Hér er þó lagt til að þeirri skýrslu verði breytt verulega. Í stað þess að birta þá tugi mynda og línurita, sem fram að þessu hafa verið birt árlega, og sýna framvindu og þróun mála á öllum vinnslusvæðum veitunnar og hjá veitunni í heild, verði einungis fáeinir valdar myndir og línurit til birtingar í skýrslunni. Hinar verði gerðar aðgengilegar á vefrænu formi gegnum internetið. Sjá nánar kaflann um vefræna framsetrtninu gagna hér að aftan.

3.2 Staðbundin jarðhitaleit

3.2.1 Jarðhitaleit við Sigtún og Grýtu

Gert er ráð fyrir að lokið verði úrvinnslu gagna sem aflað var með borunum 1999 og þær niðurstöður birtar í skýrslu. Í framhaldinu verði boruð 800 – 1200 m hola við Sigtún til að fá endanlega úr því skorið hvort þarna sé að fá einhverja nýtanlega viðbót í heitu vatni. Að borun lokinni verði unnin lokaskýrsla rannsóknnar við Grýtu og Sigtún.

3.2.2 Jarðhitaleit við Þelamörk

Að aflokinni borun og frágangi grunnu rannsóknarholnanna á Þelamörk verði tekin saman stutt greinargerð sem lýsir meginniðurstöðum rannsókna. Þar verði einnig lýst staðsetningu 1200 – 1800 m djúprar rannsóknar- og vinnsluholu sem hafi það að markmiði að hitta í aðfærsluæðar jarðhitakerfisins neðan 1000 m dýpis. Skoðaðir verði möguleikar á því að dýpka holu LP-11. Að lokinni borun djúpu holunnar verði unnin heildarskýrsla um rannsóknirnar og boranirnar.

3.3 Almenn jarðhitaleit

3.3.1 Hitastigulsboranir norðan Akureyrar

Borunum lauk um áramótin 1999/2000. Mæla þarf holurnar aftur, gera hitastigulskort og vinna úr niðurstöðunum og birta í skýrslu.

3.3.2 Frágangur TEM viðnámsmælinga

Hér er um að ræða lokafrágang við grein með niðurstöðum TEM mælinganna til birtingar á alþjóðlegu jarðhitaráðstefnunni í Japan.

3.4 Langtímaverkefni

3.4.1 Jarðfræðikortlagning

Lagt er til að haldið verði áfram gerð berggrunnskorta af nágrenni Akureyrar. Á árinu verði hafist handa við gerð berggrunnskorts af svæðinu næst austan þess sem kortið frá 1999 nær yfir. Þarna er fyrst og fremst um að ræða dalina austur úr Eyjafirði, Vaðlaheiðina og Fnjóskadal umhverfis Reyki. Líta má á þessa kortlagningu sem undirbúning nánari rannsókna jarðhitasvæðisins við Reyki. Ætla má að þetta verk taki 2-3 ár með þeim hraða sem hér er lagður til. Verkið verði unnið í samvinnu ROS og Akureyrarseturs Náttúrufræðistofnunar.

3.4.2 Borholujarðfræði

Á 25 ára ferli rannsókna og borana fyrir Hitaveitu Akureyrar hefur þess yfirleitt verið gætt að greina vel jarðlög í borholum, bæði með greiningu borsvarfs og jarðlagamælingum og ganga síðan frá niðurstöðunum skriflega í skýrslum. Hins vegar hefur framsetning því miður ekki verið stöðluð og því oft erfitt að bera saman jarðlög milli hola og frá einu svæði til annars. Þetta gildir ekki síður þegar bera þarf saman jarðlög í borholum og á yfirborði þar sem gjörólíkar lýsingar á jarðlögum hafa verið notaðar. Ástæður þessa misræmis má rekja til mismunandi þekkingarstigs á mismunandi tímum og þróunar í aðferðafræði við greiningu jarðlaga. Ennfremur eru flest jarðlagasniðin úr borholum HVA frá því fyrir daga nútíma tölvutækni og því handteiknuð. Ósamræmið í framsetningu gagna veldur erfileikum í úrvinnslu þeirra og kom berlega í ljós þegar verið var að vinna úr niðurstöðum TEM-viðnámsmælinganna og bera þær saman við jarðlög í borholum og á yfirborði.

Hér er lagt til að hafist verði handa um stöðlun þessara gagna. Verkið felst í því að endurteikna upp í til þess gerðum forritum (LOGPLOT) jarðlagasnið og leiðréttar borholumælingar úr öllum dýpri holum veitunnar og staðla framsetningu þannig samanburður milli hola og til yfirborðs verði auðveldur. Í einhverjum tilvikum kynni að þurfa að líta á borsvarf í smásjá til að skera úr um vafaatriði. Ekki er lagt til að þetta verði forgangsmál en þó að hafist verði handa og þessu verki mjakað áfram eftir því sem aðstæður leyfa.

3.4.3 Gögn, gagnavarsla og vefræn framsetning þeirra

Á liðum árum og áratugum hefur hlaðist upp hjá Orkustofnun mikið magn af all kyns rannsóknargögnum frá HVA eins og frá öðrum veitum. Sífelld bættist í þennan gagnabanka og kröfur til samtímaupplýsinga verða stöðugt meiri. Á Orkustofnun hefur undanfarin ár verið rekið gagnagrunnskerfi frá Oracle sem hentar vel í að halda utan um rannsóknargögn. Því fer hins vegar fjarri að allar upplýsingar séu komnar inn í þennan grunn. Þó eru þar nær allar borholumælingar og efnagreiningar. Hins vegar eru vinnslueftirlitsgögn og jarðeðlisfræðilegar mælingar enn utan

grunnins, en þó að mestu geymdar í tölvuskram í vörslu og á ábyrgð einstakra sérfræðinga. Sama gildir um jarðlagagreiningar í borholum og ýmis önnur gögn.

Orkustofnun hyggst á næstu árum nota verulega fjármuni til að endurbæta tölvugagnagrunninn og tryggja að gögnum í vörslu stofnunarinnar verði þannig komið til frambúðar í öruggari geymslu en nú. Jafnframt hyggst ROS þróa og koma upp kerfi, sem býður veitunum upp á aðgang að upplýsingum gegnum internetið. Hugmyndin er að hver veita hafi sína sérstöku síðu á heimasvæði Orkustofnunar, sem tengt væri eftir því sem við á heimsíðum hvernar veitu. Þannig gætu starfsmenn veitnanna (eða almenningur ef menn vilja hafa gögnin alveg opin) nálgast allar mæliniðurstöður, gögn og upplýsingar gegnum internetið og þá hvaðan sem er úr heiminum. Þetta gæti jafnt átt við um eldri rannsóknargögn sem samtímaupplýsingar um ástand á jarðhitakerfanna. Í fyllingu tíman mætti þannig nálgast allar helstu rannsóknarniðurstöður, myndir, töflur, skýrslur og gögn með því einu að fara inn á netið. Reiknað er með að þetta vefaðgangskerfi verði tiltækt til notkunar síðla árs 2000.

Nú er svo komið að víða eru vinnslugögn, svo sem vatnsborð, dæling og niðurdráttur mæld og skráð samtímis á tölvutæku formi. Þessi gögn koma til Orkustofnunar nú á misjöfnu formi og því fylgir oft töluverð vinna að koma þessu á það form sem þarf til frekari úrvinnslu. Með því að senda þessar mælingar gegnum síma beint inn á tölvur Orkustofnunar yrðu þær samstundis sýnilegar á netinu. Jafnframt yrðu gögnin, sem þannig berast, yfirfarin reglulega með tilliti til óeðlilegra eða óvæntra breytinga og síðan vistuð varanlega í Oracle gagnagrunni OS og þar með aðgengileg til úrvinnslu án verulegs umstangs.

Hér er lagt til að hafist verði handa við að vefvæða upplýsingar HVA. Lagt er til að að í þessum áfanga verði komið upp sér svæði HVA á heimasíðu ROS þar sem að þessu sinni verði settar inn þær myndir og töflur sem fylgja árlegum skýrslum um eftirlit með vinnslusvæðum veitunnar. Á næsta ári verði síðan hugað að frekari þróun þessara mála.

3.5 Djúpboranir

Lagt er til að boraðar verði tvær djúpar rannsóknaholur, önnur við Sigtún en hin við Þelamörk.

3.6 Niðurdæling á Laugalandi

Verkinu lýkur á fyrstu mánuðum ársins með lokaskýrslu um niðurstöðurnar.

4 Kostnaður á árinu 2000

Í meðfylgjandi töflu er yfirlit yfir áætlaðan kostnað við ofangreindar rannsóknir á árinu 2000

| | | | |
|------------------------------------|------------------|------------------------------|------------------|
| Eftirlit með jarðhitasvæðum | | Langtímaverkefni | |
| Vinnslueftirlit | 2.580.375 | Jarðfræðikortlagning | 1.000.000 |
| Ýmis tilfallandi þjónusta | 200.000 | Stöðlun jarðlagagreininga | 200.000 |
| SAMTALS | 2.780.375 | Gagnabirting á interneti | 200.000 |
| Staðbundin jarðhitaleit | | SAMTALS | 1.400.000 |
| Sigtún - Grýta | 972.121 | | |
| Þelamörk | 1.422.634 | Djúpboranir | |
| SAMTALS | 2.394.755 | Djúpborun á Þelamörk | 3.195.906 |
| | | Djúpborun við Sigtún | 2.229.042 |
| Almenn jarðhitaleit | | SAMTALS | 5.424.948 |
| TEM - viðnámsmælingar | 250.000 | | |
| Hitastigull norðan Akureyrar | 698.721 | SAMTALS ÁN DJÚPBORANA | 7.523.851 |

5 Tilvitnanir

Árni Hjartarson, 1998: *Jarðfræðikort, Akureyri og nágr. 1:50.000*. Orkustofnun, greinargerð, ÁH-98/02

Árni Hjartarson og Hafís Eygló Jónsdóttir, 1999: *Akureyri - jarðfræðikort 1:50.000*. Orkustofnun, OS-99/118 18bls + kort.

Guðni Axelsson, Steinunn Hauksdóttir, Ólafur G. Flóvenz og Guðrún Sverrisdóttir, 1999: *Hitaveita Akureyrar. Eftirlit með jarðhitasvæðum 1998 og horfur í orkubúskap veitunnar*. Orkustofnun, OS-99087, 89s.

Hjálmar Eysteinnsson, 1999. *Segulmælingar við Sigtún og Grýtu í Eyjafirði*. Orkustofnun, OS-99081, 4s + kort.

Ingunn María Þorbergsdóttir 1999: *Athuganir við Gilslaug og hitamælingar í Grýtulaug í Eyjafirði*. Orkustofnun, greinargerð, IPM-99/01 3s.

Ólafur G. Flóvenz, Guðni Axelsson, Steinunn Hauksdóttir og Árni Hjartarson, 1999: *Áætlun um rannsóknir og þjónustu Orkustofnunar við Hita- og vatnsveitu Akureyrar árið 1999 og yfirlit yfir árið 1998*. Orkustofnun, greinargerð, ÓGF-GAx-SSStH-ÁH-99/01, 6s.

Ólafur G. Flóvenz og Ragna Karlsdóttir, 2000: *TEM-resistivity image of a geothermal field in N-Iceland and the relation of the resistivity with lithology and temperature*. Proceedings World Geothermal Congress 2000 (R-574).