



Vænlegir kostir í frekari þróun
jarðeðlisfræðilegra aðferða í
jarðhitarannsóknum

Knútur Árnason

Greinargerð KÁ-98-06

VÆNLEGIR KOSTIR Í FREKARI PRÓUN JARÐEÐLIS- FRÆÐILEGRA AÐFERÐA Í JARÐHITARANNSÓKNUM

1. INNGANGUR

Jarðeðlisfræðilegar aðferðir á yfirborði hafa leikið veigamikið hlutverk í jarðhitarannsóknum og jarðhitaleit hér á landi sem og erlendis. Ýmsum aðferðum hefur verið beitt í tímans rás með misjöfnum árangri. Í ljósi fenginnar reynslu hafa tiltölulega fáar aðferðir unnið sér sess sem hefðbundnar rannsóknaraðferðir. Þar ber fyrst að nefna viðnámsmælingar sem segja má að hafi unnið sér svipaðan sess í jarðhitarannsóknum og endurkastsmælingar í olíuleit.

Af öðrum aðferðum sem teljast til hefðbundinna mælinga má nefna segulmælingar, þyngdarmælingar og landhæðarmælingar. Tvær síðastnefnu aðferðirnar eru að jafnaði ekki notaðar í jarðhitaleit heldur til eftirlits með viðbrögðum við vinnslu. Auk ofantalina aðferða hafa ýmsar aðferðir verið reyndar, svo sem sjálfspennumælingar og hitamælingar í jarðvegi og hafa þær á stundum skilað nokkrum árangri, en ekki unnið sér sess sem hefðbundnar aðferðir hérlandis. Með tilkomu bættrar bortækni og verulega lægri kostnaðar við grunnar borholur hefur kortlagning á hitastigli í efstu 50-100m jarðarinnar rutt sér verulega til rúms í jarðhitaleit á lághitasvæðum.

Þegar rætt er um notkun jarðeðlisfræðilegra aðferða í jarðhitarannsóknum er rétt að gera greinarmun á jarðhitaleit og kortlagningu á útbreiðslu jarhitakerfa annars vegar og rannsóknum á viðbrögðum jarðhitageyma við vinnslu hins vegar því mismunandi aðferðum er beitt við þessi viðfangsefni. Landhæðar- og þyngdarmælingum er beitt til að fylgjast með viðbrögðum við vinnslu, en einungis í litlum mæli við jarðhitaleit og könnun innviða jarðhitakerfa. Ennfremur er eðlilegt að gera greinarmun á rannsóknum háhita innan gosbeltanna og lághita utan gosbeltanna því að við þær er gjarnan beitt mismunandi aðferðum. Kortlagning hitastiguls með grunnum borholum og segulmælingar á jörðu niðri eru hefbundnar aðferðir við lághitaleit, en þeim er að jafnaði ekki beitt við kortlagningu háhita.

Jarðeðlisfræðilegum aðferðum til jarðhitarannsókna má skipta í það sem kalla mætti beinar og óbeinar aðferðir eftir því hvort þær mæla frávik sem tengjast beint jarðhitavirkninni eða að þær gefa upplýsingar um jarðfræðilegar aðstæður sem hafa áhrif á jarðhitavirknina. Mælingar á hitastigi og hitastigli eru að sjálfsögðu beinar aðferðir. Jarðsveiflumælingar (endurkasts- og bylgjubrotsmælingar) eru skýr dæmi um óbeinar aðferðir, því að hærra hitastig grunnvatns hefur óveruleg áhrif á hljóðhraða í bergi. Þyngdar- og segulmælingar eru einnig oftast taldar óbeinar aðferðir því að hærra hitastig grunnvatns hefur í flestum tilfellum einungis óveruleg áhrif á þyngdar- og segulsviðið. Ummmyndun segulsteinda bergsins getur að vísu valdið frávikum í segulsviði og eru þess

skýr dæmi í flugsegulmælingum frá háhitasvæðum hérlandis og einnig er hugsanlegt að útfelling eða leysing steinda í porum bergs í jarðhitakerfum geti valdið mælanlegum breytingum í þyngdarsviði. Að öllum jafnaði eru slík frávik lítil og illgreinanleg vegna sterkra áhrifa kaldra jarðlaga nærrí yfirborði.

Eins og áður segir hafa viðnámsmælingar reynst notadrýgstar jarðeðlisfræðilegra aðferða í jarðhitarannsóknum og einkum jarðhitaleit. Notagildi viðnámsmælinga í jarðhitarannsóknum byggist á því að jarðhitavirknin hefur veruleg áhrif á rafleiðni vatnsmettaðs bergs. Viðnámsmælingar geta því talist til beinna aðferða þó að vissulega séu oft verulegar viðnámsbreytingar af öðrum ástæðum en jarðhitavirkni. Í flestum tilvikum eru slíkar breytingar minni en af völdum jarðhita eða þá að ástæður þeirra eru nokkuð augljósar og auðgreinanlegar frá jarðhitavirkni. Ástæða þess að viðnámsmælingar eru árangursríkasta og mest notaða aðferðin við jarðhitaleit er sú að þær einar geta mælt frá yfirborði frávik neðanjarðar sem í flestum tilfellum er hægt að tengja beint jarðhitavirkni.

Rúmlega 50 ára notkun viðnámsmælinga í jarðhitarannsóknum hérlandis hefur byggt upp verulega reynslu. Miklar framfarir hafa orðið í mælitækni og túlkun mæliniðurstaða. Fram á seinni hluta níunda áratugarins voru einkum notaðar jafnstraumsaðferðir til að mæla eðlisviðnám í efsta kílometra jarðarinnar. Einnig var beitt MT-mælingum til að kanna viðnám djúpt í jörðu (2-10km dýpi). Árið 1988 var farið að beita svokölluðum TEM-mælingum (e. Transient-Electro-Magnetic) til að kortleggja viðnám í efsta kílómetranum. Með þeim fæst mun betri upplausn og fyrirhöfn og kostnaður við mælingar og úrvinnslu féll um faktor 3 til 4 borið saman við eldri aðferðir þannig að nú er vel gerlegt að kortleggja heilu háhitasvæðin niður á eins kílómetres dýpi með viðráðanlegri fyrirhöfn og kostnaði.

Einnig hafa orðið miklar framfarir í túlkun mæliniðurstaða, bæði við túlkun hrámaðligagna yfir í viðnámsskipan jarðar og ekki síst í túlkun eðlisviðnams jarðar yfir í hitaástand og jarðhitavirkni. Öll háhitakerfi hérlandis hafa í meginráttum samskonar viðnámsskipan. Í flestum tilfellum er eðlisviðnámið í grannberginu hátt, nema á utanverðum Reykjanesskaga. Háhitakerfin koma fram sem viðnámsfrávik þar sem eðlisviðnám er mjög lágt í utanverðum jarðhitageymínum en hækkar síðan verulega þegar kemur dýpra inn í jarðhitakerfið. Samanburður á viðnámsskipan í háhitakerfum annars vegar og ríkjandi ummyndunarsteindum hins vegar hefur leitt í ljós að lágviðnámskápan á ytri mörkum kerfanna stafar af leiðandi leirsteindum og að hækkandi viðnám inn að kjarna kerfanna fellur saman við breytingu í ríkjandi ummyndunarsteindum þar sem torleiðandi steindir taka við. Vel staðfest samband er milli hitastigs og ríkjandi ummyndunarsteinda. Leiðandi leirsteindir eru ráðandi á hitastigsbílinu um $100-240^{\circ}\text{C}$, en þegar hitastig er orðið hærra en 240°C verða torleiðandi steindir ríkjandi. Á grundvelli sambands viðnáms og ummyndunar annars vegar og ummyndunar og hitastigs hins vegar gefur viðnámsskipanin því beinart upplýsingar um ríkjandi hitastig, sem skipar viðnámsmælingum í flokk beinna mælinga í jarðhitarannsóknum.

2. VÆNLEGIR KOSTIR OG FREKARI ÞRÓUN

Hér á eftir verður fjallað litillega um vænlega kosti á frekari notkun jarðeðlisfræðilegra aðferða á yfirborði í jarðhitarannsóknum og frekari þróun aðferða. Athyglinni verður einkum beint að jarðhitaleit, kortlagninu jarðhitakerfa og upplýsingum um innviði þeirra því að nú eru þær aðstæður á orkumarkaði að mikill áhugi er á nýtingu jarðhita. Orkustofnun ber að svara því með því að hafa á takteinum og beita bestu fánlegu færni til að leita að álitlegum kostum í jarðhitavinnslu og hugsanlegum nýjum möguleikum á því sviði.

Þeir meginþættir sem ákvarða möguleika á hagkvæmri nýtingu jarðhita eru staðsetning jarðhitkerfanna, stærð jarðhithitageymisins, hitastig og lekt. Meginmarkmið með notkun jarðeðlisfræðilegra aðferða í jarðhitarannsóknum er að afla sem áreiðanlegastra upplýsinga um þessa þætti með sem minnstum tilkostnaði. Hafa ber í huga að kostnaður við rannsóknir virkjunarkosta hækkar um stærðargráðu þegar kemur til rannsóknarborana. Því er geysileg hagkvæmni í því að beita aðferðum á yfirborði til að gera rannsóknar- og vinnsluboranir eins markvissar og kostur er og koma í veg fyrir mistök.

2.1 Viðnámsmælingar

Eins og fram hefur komið í inngangi hafa viðnámsmælingar yfirburði yfir aðrar aðferðir við að finna jarðhitakerfi og kortleggja stærð þeirra í efsta kílómetra jarðskorunnar. Viðnámsmælingar gefa einnig upplýsingar um hitadreifinu í háhitakerfum eins djúpt og þær skynja. Æskilegt væri að hægt væri að fá nánari upplýsingar um líklegt hitastig í jarðhitakerfunum á dýptarbilinu frá 1 til 2km, þar sem vinnslan í háhitaholum fer einkum fram. Ekki er að fullu ljóst hvort vænta má slíkra upplýsinga úr viðnámsmælingum því vera má að viðnámsbreytingar innan jarðhitageymisins séu litlar eftir að torleidandi ummyndunarsteindir eru orðnar ráðandi. Á þetta hefur ekki reynt ennþá því að Orkustofnun hefur ekki haft yfir að ráða aðferðum og tækjum sem gefa áreiðanlegar upplýsingar um eðlisviðnám neðan 1km dýpis.

Poruhluti og lekt hafa áhrif á eðlisviðnám bergs. Áhrif ummyndunarsteinda virðast þó oft vera yfirgnæfandi þannig að ekki er fyrirfram við því að búast að viðnámsmælingar gefi haldgóðar upplýsingar um lekt í jarðhitakerfum að öðru leyti en því að rúmfraðileg dreifing viðnámsfrávikanna gefur oft miklar vísbendingar um meiriháttar brot og sprungur sem leiða jarðhitavökvan og stýra streymi hanns.

Eins og fram kemur í inngangi þá hafa öll háhitasvæði, sem könnuð hafa verið hérlendis, samskonar viðnámskipan, þ.e. kápu með mjög lágu viðnámi á ákveðnu hitastigsibili og hærra viðnám fyrir neðan. Þessi viðnámskipan er mjög auðþekkjanleg og stingur mjög í stúf í hinu almenna háviðnámsumhverfi í efstu kílómetrum skorunnar. Á þeim háhitasvæðum þar sem viðnámsmælingum hefur verið beitt hérlendis sést lágvíðnámskápan hverfa niður fyrir dýptarskynjun mælinganna á jöðrum háhitakerfanna. Undantekning frá þessu eru jarðhitasvæðin þrjú á utanverðum Reykjanesskaga; Svartsengi, Eldvörp og Reykjanes. Þar sést lágvíðnámskápan tengjast milli svæðanna sem sýnir að þar er í raun um að ræða eitt stórt jarðhitakerfi með þremur strömpum enda er alkunna að þrystingur í borholum sýnir bein tengsl milli Eldvarpa og Svartsengis. Sú

augljósa spurning hlýtur því að vakna hvernig þessu sé varið annars staðar innan gosbeltanna. Er þar að finna háhitakerfi sem engin merki sjást um á yfirborði? Eru þau háhitakerfi sem við þekkjum í dag aðeins strompar á mun stærri og ef til vill meira eða minna samfeldum djúpstæðum háhitakerfum innan gosbeltanna? Sé svo kann jarðhitaorka hérlandis að vera mun meiri en talið hefur verið.

Af framansögðu er ljóst að mikilvægt er að koma upp á Orkustofnun færni og tækjabúnaði til að kanna viðnám á dýptarbilinu 1-5 km með eins mikilli upplausn og kostur er. Þá viðnámsskipan sem er samfara háhitavirkni í íslensku basaltskorpunni ætti að vera til þess að gera auðvelt að finna með viðnámsmælingum, en öllu flóknari spurning er hvers konar mæliaðferð gefur mesta upplausn.

Viðnámsmæliaðferðir skiptast í jafnstraumsaðferðir og rafsegulaðferðir. Rafsegulaðferðir skiptast síðan aftur í aðferðir sem nota náttúrulegar uppsprettu (MT-mælingar) eða manngerða uppsrettu rafsegulsviðs. Eins og áður segir hafa MT-mælingar verið gerðar hér á landi til að kanna viðnám djúpt í jörðu en þau tæki sem þá voru notuð eru löngu úrelt. MT-mælingar hafa enn fremur að vissu leyti innbyggðan galla að því leiti að viðnámsóreglur í, eða nærri, yfirborði geta truflað mælingarnar þ.a. upplausn þeirra minnkar verulega. Þessu má að nokkru leyti sjá við með því að gera TEM-mælingu á sama stað.

Á tímabili voru gerðar jafnstraumsmælingar hérlandis til að kanna viðnám á 1-3km dýpi. Þessar mælingar reyndust ekki nágu vel því að viðnámsóreglur við móttakara ollu miklum óreglum í mæligögnum. Vandamálið með áhrif yfirborðsóreglna er sameiginlegt með MT- og jafnstraumsmælingum og má rekja til þess að í báðum aðferðum er mælt rafsvið í yfirborði. Þetta vandamál er mun minna í aðferðum sem mæla breytingar í segulsviðspætti rafsegulsviðsins í yfirborði líkt og gert er í TEM-mælingum. Nauðsynlegt er að kanna kosti og galla hinna ýmsu afbrigða rafsegulaðferða með manngerðri uppsrettu sem skyggnst geta djúpt í jörðu og bera saman við MT- og jafnstraumsaðferðir. Einnig þarf að kanna gaumgæfilega þann kost, sem ef til vill er vænlegastur, að beita aðferðum sem sameina sem flestar viðnámsmæliaðferðir þ.a. hægt sé samtímis að nýta sér kosti hverrar fyrir sig.

Með þetta í huga hefur verið skilgreint fjölpjóðlegt samstarfsverkefni í samvinnu Orkustofnunar, Alþjóðajarðhitastofnunarinnar í Piza á Ítalíu og háskólanna í Uppsöldum, Frankfurt og Edinborg. Skilgreint markmið verkefnisins var að finna þá, eða þær, viðnámsmæliaðferðir sem kannað geta viðnám á 1 til 5km dýpi með sem mestri nákvæmni og sem minnstum tilkostnaði. Hér er um nokkuð umfangsmikið og kostnaðarsamt verkefni að ræða því ætlunin er að ganga skipulega til verks og beita bæði líkanreikningum og fræðilegum athugunum til að finna vænlegar aðferðir og gera síðan tilraunamælingar og úrvinnslu við raunverulegar aðstæður.

Sótt var um styrk til Evrópusambandsins til verkefnisins. Það hlaut ekki náð fyrir augum manna í Brussel. Meiginástæðan var sögð sú að verkefnið hefði ekki nágu almenna hagræna skírskotun í Evrópu, heldur væri of einskorðað við íslenska hagsmuni. Þrátt fyrir þetta er enn áhugi hjá erlendu samstarfsaðilunum á að reyna að koma verkefninu á laggirnar og er þá meinингin að hver aðili reyni að fjármagna sinn þátt. Á síðasta ári var sótt til Rannís um styrk til fjármögnum framlags Íslendinga til verkefnisins, en

Landsvirkjun, Hitaveita Suðurnesja og Hitaveita Reykjavíkur leggja einnig fé til verkefnisins.

Verkefnið er skilgreint til þriggja ára og er hlutur Íslands áætlaður um 25.1Mkr (1.ár 5.7Mkr, 2.ár 12.8Mkr, 3.ár 6.6Mkr). Þar af er framlag orkuþyrirtækjanna um 8.4Mkr (1.ár 1.5Mkr, 2.ár 4.5Mkr, 3.ár 2.4Mkr), og framlög Orkustofnunar og Norrænu eldfjallastöðvarinnar um 6.9Mkr (1.ár 1.4Mr, 2.ár 4.0Mkr, 3.ár 1.5Mkr). Um afganginn. 9.8Mkr, var sótt til Rannís (1.ár 2.8Mkr, 2.ár 4.3Mkr, 3.ár 2.7Mkr).

Vegna stærðar verkefnisins var, að höfðu ítarlegu samráði við fulltrúa hjá Rannís, sótt til Tæknisjóðs. Tæknisjóður vísaði umsókninni, eftir jakvæða faglega umsögn, til Vísindasjóðs. Þar fékk umsóknin einnig hæstu einkunn en Vísindasjóður hafði þá þegar ráðstafað fé sínu til annarra verkefna. Kvartað var yfir þessari málsmeðferð og í kjölfar þess fékkst 300 þkr forverkefnistyrkur og loforð fyrir því að ný umsókn yrði afgreidd af Tæknisjóði. Til stendur að senda aðra umsókn til Tæknisjóðs með svipuðum fjárhagstölum og raktar eru hér að ofan.

Þó að hér sé um nokkuð kostnaðarsamt verkefni að ræða er lítill vafi á að um arðbæra fjárfestingu sé að ræða. Aukin færni í að kortleggja og rannsaka háhitakerfi frá yfirborði getur skapað ný söknarfæri í vinnslu háhitans og einnig gert boranir markvissari og komið í veg fyrir kostnaðarsöm mistök. Því má ekki gleyma að áætlaður hlutur Íslands í verkefninu nemur einungis um einum sjötta af verði einnar 2000m háhitaholu.

2.2 Skjálftamælingar

Eins og fram hefur komið er hátt hitastig og lekt nauðsynlegar forsendur þess að nýta megi jarðhita. Upplýsingar um útbreiðslu jarðhita og líklegt hitastig má fá með viðnámsmælingum á yfirborði. Mun óvissara er hvort viðnámsmælingar geti gefið haldgóðar upplýsingar um poruhluta og lekt. Trúlega verður poruhluti og lekt ekki metinn beint með jarðeðlisfræðilegum aðferðum á yfirborði með viðunandi vissu og því verður að reiða sig á óbeinar aðferðir. Ein slík aðferð er að fylgjast með brotahreyfingum sem viðhalda og skapa lekt. Með því að nema og staðsetja með mikilli nákvæmni skjálftavirkni á háhitavæðum, og reyndar almennt í jarðskorpunni fást upplýsingar um hvar brotavirkni á sér stað en brotfletirnir skapa undantekningarlítið staðbundna lekt.

Jarðskjálftafræði er mjög þróuð grein innan jarðeðlisfræðinnar og reyndar standa Íslendingar, með Veðurstofu Íslands og Raunvísindastofnun Háskólanns, framarlega á því sviði. SIL-kerfi Veðurstofunnar er eitt fullkomnasta jarðskjálftarannsóknakerfi í heiminum. Af sögulegum ástæðum hefur jarðskjálftarannsóknum lítið verið sinnt á Orkustofnun á síðustu áratugum. Miklar framfarir hafa orðið í jarðskjálftarannsóknum, bæði hvað varðar mælitækni og úrvinnslu. Með nútíma mælitækni er hægt að skrá mun smærri skjálfta en áður og í meiri smáatriðum, en eins og kunnugt er vex meðalfjöldi skjálfta á tímaeingu, og þar með upplýsingarnar, veldislega með smæð skjálftanna. Einnig hafa orðið miklar framfarir í aðferðum við að staðsetja skjálfta og ákvarða brotlausn þeirra. Með því að beita afstæðum staðsetningum á staðbundnar hrinur er oft hægt að staðsetja smáskjálfta innbyrðis með nokkra metra til fárra tuga metra nákvæmni og þegar slíkt er gert koma gjarnan fram vel skilgreindir brotfletir.

Skjálftamælingar eru því vel þróuð rannsóknaraðferð sem lítið hefur verið beitt í jarðhitarannsóknum hérlandis. Hún hefur augljóslega alla burði til að gefa mikilvægar upplýsingar um líklegar rennslisleiðir jarðhitavökva og vænlega staði til borunar. Mörg dæmi eru um árangursríka notkun skjálftarannsókna í jarðhitarannsóknum erlendis og það litla sem gert hefur verið hérlandis á því sviði lofar góðu.

Vafalítið má telja skjálftarannsóknir einn vænlegasta vaxtarbroddinn í jarðeðlisfræðilegum aðferðum í jarðhitarannsóknum hérlandis. Á ROS er eindregið stefnt að því að taka þessa aðferð í aukna notkun og hefur verið ráðinn jarðskjálftafræðingur í þeim tilgangi og hefur hann starfað í tæpt ár.

Mikla undirbúnings- og þróunarvinnu þarf fyrirsjánlega að vinna til að gera skjálftamælingar að sjálfsögðu og daglegu verkfæri í jarðhitarannsóknum. Bæði þarf að vinnað að því að koma upp búnaði til söfnunar gagna og þróun og aðlögun hugbúnaðar til úrvinnslu og túlkunar. Við uppbyggingu mælaneta og reyndar alla þróun og vinnu í skjálftamælingum á Orkustofnun hefur verið höfð mikil og góð samvinna við Veðurstofuna og Raunvísindastofnun og er eindregið að því stefnt að svo verði áfram til að fyrirliggjandi búnaður og færni nýtist sem best. Fyrirliggjandi rammasamningur milli Háskólans og Orkustofnunar skapar ramma fyrir slíkt samstarf og í undirbúningi er að gera svipaðan samning um samstarf milli Veðurstofunnar og Orkustofnunar. Samvinna af þessu tagi er í anda nýgerðs árangursstjórnunarsamnings Orkustofnunar og Iðnaðarráðuneytisins.

Talið er eðlilegast að á virkjuðum háhitasvæðum séu föst skjálftamælanet, tengd SIL-kerfinu, sem vakta stöðugt skjálftavirknina. Þegar hafa verið sett upp föst mælanet sem skrá skjálftavirkni á utanverðum Reykjanesskaga og á Hengilssvæðinu og eru þau rekin sem hluti af SIL-kerfi Veðurstofunnar. Hitaveita Suðurnesja hafði reyndar merkilegt frumkvæði í því að koma slíku neti upp kringum vinnslusvæði sín. Þar hefur skjálftavirkni reyndar verið mjög lítil að undanförnu þannig að upplýsingarnar eru minni en búist var við, en aukin skjálftavirkni vestur af Kleifarvatni bendir til þess að það kunni að breytast í náinni framtíð. Á Hengilssvæðinu og á Krísuvíkur-Trölladyngjusvæðunum hefur verið mikil virkni og fyrir liggur mikið gagnasafn með miklum upplýsingum. Ekki hefur verið sett upp fast skjálftamælanet á Kröflusvæðinu, en tilraun með skráningu með færnanlegum skjálftamælum haustið 1997 bendir eindregið til þess að þar sé miklar upplýsingar að fá úr smáskjálftum.

Til að kanna brotasvæði og líklegar rennslisleiðir jarðhitavatns í óvirkjuðum háhitakerfum þarf að setja tímabundið upp net af færnanlegum skjálftamælum, Raunvísindastofnun Háskólans hefur yfir að ráða nokkrum slíkum mælum, en þeir eru komnir til ára sinna og nú eru á markaði mun fullkomnari mælar sem geta skráð meiri gögn í innra minni. Æskilegt er að komið verði upp safni af færnanlegum skjálftamælum í samvinnu og sameiginlegri eigu Orkustofnunar, Veðurstofunnar, Raunvísindastofnunar og Norrænu eldfjallastöðvarinnar og gæti hver stofnun haft aðgang að hluta eða öllum mælunum til tímabundinnar skráningar. Vafalítið væri hægt að fá aðstoð Bygginga og tækjasjóðs Rannís við þá fjárfestingu.

Vegna manneklu hefur úrvinnslu skjálftamæligagna með tilliti til jarðhitarannsókna ekki verið sinnt eins og æskilegt hefði verið þó að starfsmenn Veðurstofunnar hafi reynt að

sinna því verkefni eftir því sem tími hefur gefist til. Með tilkomu jarðskjálftasérfræðings á Orkustofnun hefur orðið nokkur breyting þar á. Á þessu ári hefur verið unnið ítarlega úr skjálftagögnum sem safnað var með færانlegum mælum á Kröflusvæðinu síðastliðið haust. Þar var um tilraun að ræða, en niðurstöðurnar sýna að í jarðhitageyminum er smáskjálftavirkni á brotum sem þekkt eru sem meiginrennslisleiðir og jarðhitavökvi er unnninn úr. Samfara þeirri vinnu hefur verið unnin mikil þróunarvinna við gerð og aðlögun hugbúnaðar að sérhæfðum þörfum og hefur ROS varið um 3.8Mkr til þeirrar þróunar. Einnig er nú unnið að úrvinnslu gagna af Hengilssvæðinu í samvinnu Orkustofnunar og Veðurstofunnar, en þar bíður mikið gagnasafn úrvinnslu og það sama á við um Krísvíkur-Trölladyngjusvæðið.

Þess er vænst að í framtíðinni verði jafnt og stöðugt unnið að skjálftamælingum og úrvinnslu gagna á háhitavæðum. Fylgjast þarf stöðugt með virkni og nýjum upplýsingum á virkjuðum svæðum og tengja við aðrar upplýsingar um vinnslu og ástand í jarðhitageyminum. Eðlilegt er að sú vinna sé kostuð af virkjunaraðila því þar er um að ræða upplýsingar sem auka skilning á eðli kerfisins sem unnið er úr og nýta má til vinnslustýringar og við val á stöðum til frekari borunar. Einnig er eðlilegt að nota skjálftarannsóknir sem lið í forrannsóknum til að kanna innviði óvirkjaðra hahitakerfa og finna hvar helst er að vænta góðrar lektar innan þeirra. Slíkar upplýsingar eru miklvægar við staðsetningu rannsóknarhola. Eðlilegt er að Orkustofnun hafi frumkvæði og kosti þessar rannsóknir a.m.k. að hluta til.

Þrátt fyrir að veruleg hreyfing sé komin á nýtingu skjálftamælinga í jarðhitarannsóknum er enn mikið starf óunnið bæði í uppbyggingu á gagnasöfnun og eins í þróun á verkalagi og hugbúnaði við úrvinnslu og túlkun gagna. Orkustofnun er, og verður að líkindum í fyrirsjánlegri framtíð, meiginaðili í jarðhitarannsóknum hérlandis. Það er því eðlilegast að hún hafi forgöngu um frekari notkun sjálftarannsókna sem lið í jarðhitarannsóknum, en nauðsynlegt er og skynsamlegt að hafa mjög nána samvinnu við aðra aðila sem að skjálftarannsóknum koma til að nýta mannafla og þekkingu sem best og til að koma í veg fyrir tvíverknað.