

Staða jarðhitarannsókna

**Valgarður Stefánsson
Kristján Sæmundsson**

Greinargerð VS-KS-98/01



26. janúar 1998

Staða jarðhitarannsókna

1. Inngangur

Eðli jarðhitans er þannig að nauðsynlegt er að gera bæði rannsóknir áður en kemur til virkjunar (nýtingar) og meðan á nýtingu (vinnslu) stendur. Mikilvægt að þekkja auðlindina til þess að nýting verði skynsamleg. Tilgangur rannsókna áður en kemur til nýtingar er fyrst og fremst sá að virkjunartilhögun verði sem hagkvæmust t.d. með því að staðsetja borholur þannig að þær gefi sem mest. Hins vegar má ekki gleyma því að hægt er að skaða jarðhitaauðlindina með ótæpilegri nýtingu. Þess vegna verður að fylgjast vel með viðbrögðum jarðhitakerfisins á meðan á nýtingu stendur til þess að koma í veg fyrir að nýtingin skaði auðlindina. Aðstæður eru því ekki eins fyrir jarðhita- og vatnsorkurannsóknir að því leyttinu að vatnsorkurannsóknir eru einungis gerðar áður en virkjað er, en jarðhitarannsóknir eru samfelldar bæði fyrir og eftir að virkjað er.

Sem betur fer er fátítt á Íslandi að jarðhitakerfi séu ofnýtt eða að vinnsla hafi valdið skaða á þeim. Þar sem slíkt hefur komið upp hafa nýtingaraðilarnir sjálfir leitað leiða til úrbóta. Nýting orkulindarinnar hefur þannig verið alfarið á ábyrgð eigenda hennar. Fyrir utan upplýsingasöfnun nær forræði ríkisins í orkumálum ekki inn á svið jarðhitans nema þar sem ríkið er beinn aðili að virkjun hans. Vinnslueftirliti með jarðhitanýtingu hefur víðast verið komið á þar sem hinar stærri hitaveitur og jarðhitavirkjanir eiga í hlut, en hjá hinum smærri er slíkt í lágmarki. Orkustofnun hefur beitt sér fyrir því að vinnslueftirliti verði komið á í þeim mæli sem við á á hverjum stað. Gildi slíks er ótvírætt fyrir nýtingaraðila og fyrir upplýsingasöfnun um jarðhitann sem orkulind.

2. Markmið og forgangsröðun orkurannsókna

Auk þess sem forræði ríkisins í orkumálum er illa skilgreint í lögum er ekki vel skilgreint hver stefna ríkisins er í orkumálum og þar með í orkurannsóknum. Almennt má ætla að megingilgangur þeirra sé að afla þekkingar um orkulindir þannig að nýting þeirra verði sem best og skynsamlegust í nútíð og framtíð.

Aukning í orkunýtingu á Íslandi fer fram á tvennan hátt. Annars vegar er það sú aukning sem er bein afleiðing fólksfjölgunar í landinu, og hins vegar sú aukning eða breyting sem verður vegna vegna markvissra aðgerða til þess að breyta orkumarkaði (eftirspurn orku). Aukning stóriðju flokkast sem markviss aðgerð til þess að breyta orkumarkaði (stækka raforkumarkað).

Forgangsröðun orkurannsókna hlýtur að taka mið af þessum aðstæðum. Efst á forgangslista OS um aðgerðir í orkurannsóknum ætti að vera að sinna þeirri aukningu markaðsins sem skapast vegna fólksfjölgunar og þeirra breytinga sem verða á neysluvenjum notenda. Þetta er tiltölulega hægfara þróun, þar sem búist er við að aukningin sé 2-5% á ári, bæði fyrir raforkumarkað og varmamarkað. Ef þessari rannsóknarþörf er fullnægt er hægt að stíga næsta skref, sem eru rannsóknir sem þarf að sinna vegna breytinga sem gerðar eru á markaðslegum aðstæðum.

Litlar jarðhitavirkjanir (20 MW) eru mjög heppilegur kostur til þess að sinna aukningu á almenna raforkumarkaðnum. Ef engin stóriðja kemur til á árabílinu 1999 - 2021 verða það einkum 20 MW jarðvarmavirkjanir sem munu sinna aukningunni á almenna raforkumarkaðnum. Á þessu tímabili reiknar LV með að teknar verði í notkun 9 jarðgufuvirkjanir (20 MW), en auk þess er gert ráð fyrir að Vatnsfell, Skaftárveita

og aflaukning í Sigöldu bætist við raforkukerfið. Þessi framtíðarsýn (sviðsmynd) er eina “örugga” framtíðin sem við vitum um. Mismunandi sviðsmyndir um mismunandi mikla stóriðju eru allar háðar mismikilli óvissu, en framtíð almenna markaðsins er örugg.

Ekki liggja fyrir kostnaðaráætlanir um aðrar jarðhitavirkjanir en Svartsengi og Bjarnarflag. Framtíð virkjunar í Bjarnarflagi er sem stendur í uppnámi vegna óvissu um mat stjórnvalda á umhverfisáhrifum. Af þeim 9 virkjunarkostum í jarðhita sem þörf er á til þess að sinna aukningu á almenna raforkumarkaðnum á næstu tveim áratugum eða svo, er aðeins einn kostur sem hægt er að grípa til með litlum fyrirvara.

Það er því forgangsverkefni á sviði orkurannsókna að koma fleiri virkjunarkostum í jarðhita á það rannsóknarstig að fyrir liggja kostnaðaráætlun um 20 MW virkjun á viðkomandi virkjunarstað. Heppilegustu virkjunarstaðir í þessu samhengi eru: Grændalur, Þeistareykir og Öxarfjörður.

Búist er við að framvinda varmamarkaðsins verði mjög svipuð og framvinda almenna raforkumarkaðsins. Árleg aukning er áætluð nokkur prósent á næstu áratugum. Á þessu sviði er hins vegar sú hefð fyrir hendi að orkufyrirtækin (hitaveitur) kosta allar rannsóknir sem beinast að því að sjá til þess að næg varmaorka sé ævinlega fyrir hendi til þess að sinna aukningunni á varmamarkaðnum. Það er mjög umhugsunarvert hvort það er “réttlátt” fyrirkomulag að nota almannafé til undirbúnings aukningu á almenna raforkumarkaðnum, en ekki til undirbúnings á aukningu á almenna varmamarkaðnum.

Þegar kemur að því að skilgreina stefnu stjórnvalda í markvissum aðgerðum til þess að breyta orkumarkaði er ekki auðvelt að benda á sundurliðaða stefnu stjórnvalda. Í framkvæmdaáætlun núverandi ríkisstjórnar kemur þó fram að stefna stjórnvalda er að auka nýtingu vatnsorku og jarðhita á kostnað influttra orkugjafa (eldsneyti). Slíkur tilflutningur milli orkugjafa hefur áður átt sér stað t.d. með svo kallaðri hitaveituvæðingu þegar markaðshlutdeild jarðhita til húshitunar jókst úr 45% í 85% á rúmum áratug. Íslensku olufélögin líta hins vegar á þennan tilflutning milli orkugjafa sem hrun húshitunarmarkaðsins.

Miðað við núverandi orkunotkun á Íslandi er ekki auðvelt fyrir vatnsorku eða jarðhita að yfirtaka markaðshlutdeild influtts eldsneytis. Þó eru enþá um 5-10% af húsnæði í landinu hituð með eldsneyti (köld svæði) og ætla má að raforka (unnin úr vatnsorku eða jarðhita) gæti að einhverju leyti komið í stað eldsneytis í samgöngum á landi.

Ef stefna Orkustofnunar í orkurannsóknum er að fylgja eftir stefnumörkun stjórnvalda í orkumálum eins og hún kemur fram í framkvæmdaáætlun ríkisstjórnarinnar, hlýtur forgangur orkurannsókna stofnunarinnar að beinast að því að auka markaðshlutdeild vatnsorku og jarðhita í húshitun á köldum svæðum og að því að nota raforku í samgöngum á landi.

Aðgerðir OS til þess að ná þessum markmiðum eru annars vegar jarðhitaleit á köldum svæðum og hins vegar nýtingartilraunir á rafknúnum farartækjum.

Eina raunhæfa leiðin til þess að innlendir orkugjafar geti yfirtekið markaðshlutdeild eldsneytis í húshitun er að hægt verði að finna jarðhita á þessum svæðum sem hægt er að nota til upphitunar. Upphitun með raforku er núna dýrari en upphitun með eldsneyti. Hins vegar er upphitunarkostnaður með jarðhita yfirleitt mun ódýrari en hitun með eldsneyti eða raforku. Það er því til mikils að vinna þegar tekst að finna nýtanlegan jarðhita á svo kölluðum köldum svæðum, og yfirleitt er það fjárhagslega hagkvæmt að skipta yfir í hitun með jarðhita þar sem einhvern jarðhita er að hafa.

Jarðhitaleit á köldum svæðum hefur víða borið góðan árangur á síðustu árum. Fjárfesting í slíkum rannsóknum hefur því skilað marktækum arði fyrir þjóðarbúið og ekki er ástæða að ætla að þær aðstæður breytist mikið í náninni framtíð. Að vísu verða verkefnið erfiðari og erfiðari eftir því sem gengur á köldu svæðin, en OS hefur sýnt það í verki að hægt er að ná góðum árangri á þessu sviði. Af þessum sökum ætti viss hluti af fjárveitingu OS að fara til jarðhitaleitar á köldum svæðum og þetta verkefni ætti að vera forgangsverkefni í verkefnaröðun OS.

Árlega verja stjórnvöld meira en tvisvar sinnum hærri upphæð til niðurgreiðslu á raforku til húshitunar en til allrar starfsemi Orkustofnunar. Með markvissri jarðhitaleit á köldum svæðum er hægt að lækka þennan niðurgreiðslukostnað verulega. Sem opinber ráðgjafi stjórnvalda í orkumálum ætti Orkustofnun sífellt að vera að minna stjórnvöld á að orkurannsóknir skila arði á þessu sviði og að heppilegt væri að nota einhvern hluta af niðurgreiðslum til jarðhitaleitar á köldum svæðum. Auk þess er það stór spurning hve lengi verður grundvöllur fyrir niðurgreiðslu á orku á Íslandi. Búast má við að niðurgreiðsla á orku verði tekin svipuðum tókum og niðurgreiðslur í landbúnaði og sjávarútvegi. Það er því mjög brýnt að fara í aðgerðir núna sem gætu minnkað “þörfina” á niðurgreiðslum í framtíðinni.

Nýtingartilraunir á rafknúnum farartækjum ættu að vera forgangsverkefni á verkefnalista Orkustofnunar. Þetta er óhefðbundið verkefni fyrir Orkustofnun, en til þess að flýta fyrir yfirtöku innlendra orkugjafa á markaðshlutdeild eldsneytisnotkunar er þetta eitt af mikilvægustu verkefnum Orkustofnunar. Eðli sínu samkvæmt verður þetta verkefni aðkeypt (þ.e. ekki unnið á OS) og stofnunin þyrfti að skilgreina umfang og innihald verkefnisins sem fyrst.

Iðnaðarráðuneyti og LV reka MIL, sem er söluskristofa fyrir raforku til stóriðju. Aukning stóriðju er þannig í reynd á stefnuskrá stjórnvalda. Spurning er hvernig á að samrýma forgangsröðun verkefna Orkustofnunar að þessari stefnumörkun stjórnvalda. Við teljum að forgangsröðun forgangsverkefna ætti að vera:

1. Aðgerðir sem beinast að því að sinna aukningu á almenna raforkumarkaðinum og aukningu á almenna varmamarkaðnum.
2. Aðgerðir sem beinast að því að innlendir orkugjafar yfirtaki markaðshlutdeild inlutra orkugjafa.
3. Aðgerðir sem beinast að því að stækka íslenska raforkumarkaðinn með aukinni stóriðju í landinu.

Eðlilegt væri að OS verji svo sem 30-40% af fjármagni til orkurannsókna í mikilvægustu verkefnum, þ.e. kostnaðaráætlanir jarðhitavirkjana, jarðhitaleit á köldum svæðum og nýtingartilraunum með rafknúin farartæki (liður 1 og 2 að ofan).

Þriðji liðurinn í upptalningunni er ný stóriðja. MIL telur að í heiminum séu nokkrir tugir aðila sem flokka má sem mögulega stórkaupendur að raforku. Þau orkukaup sem komið hafa til umræðu hjá MIL eru á bilinu 70 GWh/a og upp í 2600 GWh/a. MIL vill ekki gefa upp neina dreifingu innan þessarra marka. Síðustu stóriðjusamningar (stækkun Ísal og Norðurál) taka til sölu á 900 GWh/a til hvors aðila fyrir sig. Það má því ætla að seljanlegasti stóriðjupakkinn sé um 1000 GWh/a að stærð.

Auk orkumagns skiptir afhendingatími meginmáli fyrir sölu á stóriðjuraforðu. MIL telur að það séu ekki fyrir hendi stórkaupendur að raforku sem eru reiðubúnir að samþykkja lengri afhendingartíma en tvö ár.

Þetta þýðir að sú raforka sem MIL er að reyna að selja er ca. 1000 GWh/a sem hægt er að afhenda eftir ca. 2 ár. Það er stór spurning hvort MIL hefur einhverja vöru að selja núna. Framkvæmdatími vel rannsakaðra vatnsaflskosta er um 5 ár (t.d. Sultartangavirkjun) sem í besta falli er hægt að stytta í 4 ár. Hins vegar er hægt að komast af með ca. 2. ára framkvæmdatíma fyrir vel rannsakaða jarðhitakosti. Gallinn við þá tilhögun er þó sá að til þess að sinna 1000 GWh/a markaði þyrfti að reisa 6 jarðhitavirkjanir (20 MW), og þó hægt sé að reisa eina jarðhitavirkjun á 2 árum er ekki víst að það gangi að reisa 6 jarðhitavirkjanir á 2. árum.

Ef stefnan er að hafa fyrir hendi einhverja vöru fyrir MIL að selja verða að vera fyrir hendi einhverjir virkjunarkostir sem hægt er að grípa til með stuttum fyrirvara (2 ár). Til þess að vera með 1000 GWh/a vatnsaflsvirkjun á því stigi að aðeins þurfi 2 ár í gangsetningu þarf að vera búið að fjárfesta í 30-40% af virkjunarkostnaði eða um 5000 Mkr. Til þess að vera með 1000 GWh/a jarðhitavirkjanir á því stigi að aðeins þurfi 2 ár til gangsetningar þarf 2 holur á 6 virkjunarstöðum. Kostnaður við slíkt er ca. $200 \times 6 = 1200$ Mkr. Það lítur því út fyrir að “lagerkostnaður” sé mun minni fyrir jarðhitavirkjanir en fyrir vatnsaflsvirkjanir. Þessar aðstæður hafa áhrif á forgangsröðun orkurannsókna. Ljóst er að staða rannsókna á háhitasvæðum er ekki í samræmi við þörfina fyrir jarðhitavirkjanir hvorki fyrir almennan markað né stóriðjumarkað.

Stórar vatnsaflsvirkjanir (stærri en 1500 GWh/a) eru illseljanlegir virkjunarkostir. Sæstrengur virðist vera eina leiðin til þess að nýta svo stóra virkjunarkosti. Ríkisstjórnin er mjög tvístígandi í afstöðu sinni gagnvart

sæstreng. Meðan ekki liggur fyrir stefna í þessum málum er rétt að fresta rannsókn á stórum virkjunarkostum. Framkvæmdatími vegna lagningar sæstrengs er hvort sem er mun lengri en fyrir vanalega stóriðju, þannig að frestun rannsókna ætti ekki að takmarka neina möguleika á streng.

Lítið fjármagn hefur komið frá ríki til jarðhitarannsókna s.l. 20 ár. Engin rannsóknarhola á háhitasvæði hefur verið boruð á kostnað ríkisins síðan 1974. Almennar jarðhitarannsóknir hafa verið mjög takmarkaðar eftir að hitaveituvæðingu lauk um 1980, ef frá er skilið framtak vegna fiskeldis í lok níunda áratugarins.

3. Gagnagrunnur um orkurannsóknir

Gagnagrunnur um orkurannsóknir og orkunýtingu er mikilvægasta hjálpartæki þess aðila sem hefur forsjá með orkuauðlindum landsins. Gildi gagnagrunns er ómetanlegt frá fjárhagslegu og stjórnunarlegu sjónarmiði. Viðhald gagnagrunns verður að vera í höndum rannsóknarstofnunar sem stundar orkurannsóknir. Hreinræktuð stjórnsýslustofnun hefur ekki möguleika á að reka gagnagrunn þannig að grunnurinn nýtist sem stjórnartæki. Forgangsverkefni ríkis að sjá til þess að gagnagrunnur um orkumál og orkurannsóknir sé nægilega traustur til þess að standa undir ákvörðunartöku um orkumál. Ef ríkið ætlar að hafa forsjá orkumála á sinni könnu þarf ríkið líka að sjá til þess að áreiðanlegur gagnagrunnur um orkurannsóknir og orkunýtingu sé ávallt fyrir hendi.

EKKI liggur fyrir nákvæm útfærsla á hvernig fara skuli með gögn í gagnagrunni og hvernig upplýsingaskylda stjórnvalda tengist þessum málum. Ef virk samkeppni kemst á í orkuvinnslu fá gögn í gagnagrunni aukið fjárhagslegt gildi, þannig að ekki verður hægt að veita ótakmarkaðan aðgang að gagnagrunni. Ein aðferð í þessum málum gæti verið sú að rekstraraðili gagnagrunns "tilreiði" gögnin gegn vissu gjaldi. Þannig má e.t.v. koma málum fyrir að upplýsingaskylda sé fullnægt, en að rekstraraðilinn eða eigandi gagnagrunnsins ráði því hvernig gögnin eru sett fram.

4. Rannsóknir jarðhita vegna raforkuvinnslu

4.1 Yfirlit

Nauðsynlegt er að hafa fyrir hendi þekkta kosti til virkjunar bæði á sviði jarðhita og vatnsorku til þess að hægt sé að velja hagkvæmstu virkjunarröð. Nú eru fyrir hendi mjög margir (30-40) virkjunarstaðir í vatnsorku þar sem einhver áætlun liggur fyrir um virkjunarkostnað. Á sviði jarðhita eru strangt tekið ekki fyrir hendi nema Bjarnarflag og Svartsengi þar sem sérstök kostnaðaráætlun liggur fyrir. Að vísu hefur verið reynt að meta kostnað við jarðhitavirkjanir þar sem byggt er á almennum forsendum um háhitasvæði landsins, en slíkar áætlanir byggja á svo veikum grunni að ekki nægir fyrir ákvörðunartöku um virkjanir. Vegna skorts á rannsóknum hafa jarðhitavirkjanir yfirleitt ekki komið til skoðunar við gerð virkjunarraða. Á síðustu árum hefur þetta viðhorf breyst nokkuð, enda kemur í ljós að framleiðslukostnaður raforku frá jarðhitavirkjunum á Nesjavöllum, í Kröflu, Bjarnarflagi og Svartsengi er mun lægri en í hagkvæmstu vatnsaflsvirkjunum svo sem Sultartangavirkjun.

Á síðustu árum (eða áratugum) hefur ekki verið verið gott vægi á milli vatnsorkurannsókna og jarðhitarannsókna vegna raforkuvinnslu. Árangur þess er m.a. sá, að þekkingarskortur á háhitasvæðum verður beinlínis til þess að útiloka jarðhitavirkjanir í umræðu um næstu virkjunarkosti. Þetta er auðvitað óásættanleg staða fyrir alla aðila.

Almenn samstaða er um að heppilegast sé að virkja háhitasvæðin í tiltölulega smáum einingum (20 MW) og nota viðbrögð jarðhitakerfisins við vinnslu til þess að ákvarða hversu mikil nýtingin verður á hverjum virkjunarstað. Með þessari virkjunartilhögun fæst mun hagstæðari dreifing á fjármagni til virkjunarframkvæmda heldur en að gera allar jarðhitarannsóknir áður en ákvörðun um virkjun er tekin (eins og gert er með vatnsaflsstöðvar). Ætla má að þessi aðferð við undirbúning jarðhitavirkjana lækki framleiðslukostnað raforku frá jarðvarmastöðvum um 10-30%, miðað við þá aðferð að byggja virkjanir í einum eða mjög fáum áföngum og að vinnslugeta jarðhitakerfisins sé ákvörðuð áður en ákvörðun um virkjun er tekin.

Með því að virkja háhitann í tiltölulega smáum áföngum minnkar þörfin fyrir umfangsmiklar rannsóknir áður en ákvörðun um fyrstu virkjun (20 MW) er tekin. Þó er það svo að lágmarksumfang rannsókna er að fyrir liggi árangur frá borun tveggja rannsóknarhola áður en hægt er að taka ákvörðun um að virkja á tilteknum virkjunarstað. Stundum er því haldið fram að kostnaður við borun rannsóknarhola á háhitasvæðum sé svo hár að það sé ekki á færi ríkisins að fjárfesta í slíkum rannsóknum. Því er til að svara að kostnaður við borun einnar rannsóknarholu á háhitasvæði er um það bil sá sami og árlegur kostnaður við rekstur vatnamælingakerfisins. Þó ríkið hafi ekki lagt fram fjármagn til háhitaborana á síðast liðnum 20 árum hefur á þeim tíma ávallt verið fyrir hendi fjármagn til reksturs vatnamælinga. Það er því ekki beinlínis fjármagnsskortur sem ræður þeirri stöðu sem nú er fyrir hendi, heldur miklu frekar sú forgangsroðun sem notuð hefur verið við ráðstöfun fjármagns til orkurannsókna.

Í náinni framtíð er mikil þörf á að kanna virkjunarstaði á háhitasvæðum með rannsóknarborunum og gera kostnaðaráætlanir um virkjunarkostnað þar sem árangur borana liggur fyrir.

4.2 Einstakir staðir

Reykjanes

Nýting hefur verið á Reykjanesi í um tvo áratugi og alls hafa verið boraðar þar 12 holur, þar af tvær djúpar vinnsluholur. Vinnslueiginleikar svæðisins eru mjög góðir, þó svo að jarðhitavökvinn sé saltur. Hiti í jarðhitakerfinu er um 300°C og holur á svæðinu eru yfirleitt aflmiklar. Nýtingarréttur er í höndum Hitaveitu Suðurnesja og eru ýmis nýtingarferli til athugunar hjá HS. Þekktast þeirra er uppsetning magnesíumverksmiðju á svæðinu, en fleiri áform eru á lofti. Auk saltverksmiðju (sem nú hefur hætt störfum) er rekin 0,5 MW rafstöð á svæðinu. Jarðhitasvæðið er vel fallið til margs konar nýtingar, þar með talin raforkuvinnsla. Rekstraraðilinn hefur fram að þessu einungis miðað nýtingaráform við samnýtingu, þ.e. að bæði raforka og einhver önnur afurð (magnesíum) verði unnin á svæðinu.

Þó svæðið hafi verið nýtt í tvo áratugi virðist svo sem vinnslan hafi haft mjög lítil áhrif á þrýstinginn í jarðhitakerfinu, og ekki er vitað til að vinnsla í Svartsengi hafi haft áhrif á Reykjanesi. Þessar athuganir benda til að orkugeta svæðisins sé veruleg. Nákvæm forðafræðileg úttekt á jarðhitakerfi hefur ekki verið gerð ennþá, en búist er við að hún verði gerð í náinni framtíð. Reykjanes er vel þekkt háhitasvæði þar sem nýting kemur til með að aukast á næstu árum.

Eldvörp

Hitaveita Suðurnesja rekur jarðhitavæðið í Eldvörpum. Þar er ein aflmikil borhola sem hefur ekki verið nýtt fram að þessu. Samband er á milli jarðhitakerfanna í Svartsengi og í Eldvörpum þannig að vinnsla í Svartsengi lækkar þrýsting í jarðhitakerfinu við Eldvörp. Þær aðstæður ráða því að ekki hefur verið ráðist í sérstaka nýtingu í Eldvörpum. Vegna samtengingar svæðanna eru líkur á að heildarvinnsla úr báðum kerfum aukist e.t.v. ekki þó sérstök vinnsla væri í Eldvörpum. Hins vegar er hiti í Eldvörpum hærri en í Svartsengi, þannig að visst sjálfstæði er fyrir hendi hjá jarðhitakerfunum. Nauðsynlegt er þó að samræma nýtingu í Eldvörpum og Svartsengi í framtíðinni.

Svartsengi

Hitaveita Suðurnesja vinnur bæði hitaveituvatn og raforku úr háhitakerfinu við Svartsengi. Uppsett afl á svæðinu er 125 MW til varmavinnslu og 16.4 MW til raforkuvinnslu. HS áformar að endurnýja elsta hluta orkuversins á þann hátt að uppsett afl til varmavinnslu verði 150 MW en afl til raforkuvinnslu verði 44.4 MW. Tuttugu ára rekstrarreynsla er fyrir hendi í Svartsengi og er þekking á jarðhitakerfinu góð. Með stækkun orkuvers í Svartsengi má ætla að komið sé nálægt orkuvinnslugetu jarðhitakerfisins.

Trölladyngja-Sandfell

Jarðhitasvæðið sem kennt er við Trölladyngju-Sandfell nær yfir Vesturhál og flatneskjuna vestan hans. Ein gömul hola er við Trölladyngju og hefur 260°C mælst þar á 500 m dýpi. Engin nýting er fyrir hendi þar. Fyrir liggja yfirborðsrannsóknir á svæðinu, en myndin af gerð jarðhitakerfisins er samt sem áður frekar óljós. Næstu

skref í rannsókn svæðisins er að ljúka yfirborðsrannsóknum þar og síðan borun fleiri rannsóknarhola. Þar sem yfirborðsrannsóknir gefa tiltölulega óskýra mynd af svæðinu, má ætla að haldbærar upplýsingar um innri gerð jarðhitakerfisins fái stundum eða eingöngu með borunum. Mældur hiti í Trölladyngju bendir til að vinnslueiginleikar séu hagstæðir, en upplýsingar um efnasamsetningu jarðhitavökva eru mjög takmarkaðar og ekkert er vitað um lekt bergsins og væntanlegt afl úr borholum. Trölladyngja og Sandfell liggja mjög vel við nýtingu, en hluti væntanlegra borsvæða er í einkaeign, auk þess sem deilur eru um landamerki á svæðinu. Deilur um landamerki hafa sannanlega tafið fyrir rannsóknum og væntanlegri nýtingu.

Sveifluháls-Krísuvík

Háhitastig svæðið sem kennt er við Krísuvík er stórt að flatarmáli. Það nær yfir Austurháls og austur að Kleifarvatni og Austurengjahver. Þó allmiklar rannsóknir hafi verið gerðar á svæðinu og 8 holur boraðar hefur reynst erfitt að skilgreina virkjunarstaði innan þess. Hér er fylgt þeirri hefð að telja að einn virkjunarstaður sé vestarlega á svæðinu sem tengist Trölladyngju á einn eða annan hátt og annar virkjunarstaður austarlega á svæðinu, sem er þá nálægt Sveifluhálsi. Hitastig í borholum á austurhluta svæðisins er hæst um 220°C og í öllum tilvikum er borað í gegnum hámarkshita (viðsnúinn hitaferill). Þetta þýðir að uppstreymissvæði jarðhitans hefur ekki fundist ennþá og er þetta ein ástæða þess að þekkingin á jarðhitakerfinu er ekki talin nægjanlega góð, þrátt fyrir að boraðar hafa verið nokkrar holur á svæðinu. Ef hitastig í jarðhitakerfi er ekki hærra en 220°C er svæðið ekki mjög vel fallið til raforkuvinnslu, og ekki verður hægt að vinna háþrýsta (15-20 bar) jarðhitagufu til iðnaðarnota á þessum virkjunarstað. Jarðhitinn er nýttur til hitaveitu í Krísuvík en önnur nýting hefur ekki komið til þó margar hugmyndir hafi komið til umræðu. Mikill hluti jarðhitans er talinn eign ríkisins og Hafnarfjarðarbæjar.

Brennisteinsfjöll

Aðeins eru fá ár síðan fyrstu yfirborðsrannsóknir voru gerðar í Brennisteinsfjöllum. Niðurstöður rannsóknanna eru hagstæðar og er jarðhitakerfið tiltölulega vel afmarkað með viðnámsmælingum. Svæðið er tilbúið til rannsóknarborana. Jarðhitastig liggur á sýslumörkum Gullbringu- og Árnassýslu. Svæðið liggur mjög vel við nýtingu hvort sem er fyrir Höfuðborgarsvæðið eða fyrir Ölfushrepp og Árborgarsvæðið.

Hengill

Háhitastig svæðið í Hengli er annað stæsta háhitastig landsins. Þar eru margir virkjunarstaðir og í upptalningunni hér að neðan eru skilgreindir fimm virkjunarstaðir. Frekari rannsóknir og boranir geta breytt þessari skiptingu eitthvað. Eignaréttarmál eru mjög flókin á Hengilsvæðinu og auk þess er fyrir hendi ágreiningur um landamerki. Þessar aðstæður hafa sannanlega tafið rannsóknir á jarðhitunum.

Vestur Hengill

Svæðið liggur vestan undir Henglafjöllum og nær frá Sleggjubeinsdal suður í Hveradali. Hitaveita Reykjavíkur hefur borað eina holu á þessum virkjunarstað. Hæsti hiti í holunni er 270°C en nýting er ekki hafin ennþá.

Nesjavellir

Hitaveita Reykjavíkur rekur orkuver á Nesjavöllum og jarðhitinn er eign HR (Reykjavíkurborgar). Uppsett varmafl er 150 MW og verið er að reisa 60 MW raforkuver. Jarðhitaorkan á Nesjavöllum er samnýtt til vinnslu raforku og hitaveituvatns. Áætlað er að varmavinnsla á Nesjavöllum geti orðið allt að 300 MW, en trúlega verður raforkuvinnslan ekki aukin frá þeim 60 MW sem nú eru í byggingu.

Hengladalir

Hengladalir eru hér taldir sérstakur virkjunarstaðir á Hengilsvæðinu. Vegna eignarréttamála hafa ekki verið gerðar nákvæmar rannsóknir á svæðinu og engar boranir. Áður en kemur til rannsóknarborana væri æskilegt að gera frekari viðnámsmælingar vegna staðsetningar rannsóknarhola.

Ölkelduháls

Hitaveita Reykjavíkur hefur borað eina holu við Ölkelduháls, en Hitaveitan á jarðhitarétt í landi Ölfusvatns í Grafningi. Deilur eru uppi um landamerki á milli Ölfusvatns annars vegar og Reykjatorfu í Ölfushreppi. Sá ágreiningur hefur tafið frekari rannsóknir og boranir við Ölkelduháls.

Grændalur

Grændalur liggur upp af Ölfusdal til norðurs. Nafngift á dalnum hefur verið á nokkru reiki og stundum er dalurinn kallaður Grensdalur. Átta borholur í Ölfusdal og efnahiti í gufuaugum hafa skilgreint uppstreymissvæði norður af Ölfusdal og liggja þær niðurstöður til grundvallar því að Grændalur sé heppilegur virkjunarstaður. Borholur í Ölfusdal eru svo nálægt virkjunarstað í Grændal að hægt er að segja að vinnslueiginleikar jarðhitans þar séu þekktir. Virkjunarstaðurinn er tilbúinn til virkjunar eftir að verkhönnun hefur verið gerð. Virkjunarstaðurinn í Grændal er í landi Reykjatorfu í Ölfusi, sem er eign ríkissjóðs. Vegna þess hve skammt er á milli virkjunarstaðanna við Ölkelduháls og í Grændal má búast við að nýting á öðrum staðnum geti haft áhrif á jarðhitakerfið á hinum staðnum. Það er því ekki nóg með að ágreiningur sé um landamerki á milli jarðanna Ölfusvatns og Reykjatorfu, heldur má búast við að rekstraraðilar virkjunarstaðanna verði að komast að samkomulagi í framtíðinni um nýtinguna á hvorum virkjunarstaðnum fyrir sig.

Torfajökull

Háhitasvæðið við Torfajökul er að flatarmáli stæsta háhitasvæði landsins. Búast má við að þar verði hægt að skilgreina a.m.k. fimm virkjunarstaði. Rannsóknnum á svæðinu er ekki lengra komið en svo að einungis hefur verið greint á milli virkjunarstaða í Reykjadölum og við Hrafninnusker. Í upptalningu hér er auk þess reiknað með virkjunarstað á austurhluta svæðisins og er sá virkjunarstaður hér kenndur við Jökulgil, þó svo að rannsóknir hafi ekki afmarkað virkjunarstað þar. Torfajökulsvæðið er friðland, þannig að þar fara ekki saman ítrustu verndunarsjónarmið og nýtingarsjónarmið. Yfirborðsrannsóknnum er ekki lokið á Torfajökulsvæði og þess vegna hafa virkjunarstaðir ekki verið skilgreindir ennþá.

Torfajökull-Reykjadalur

Reykjadalur liggja vestast á svæðinu og þar ættu verndarsjónarmið að vera minni en annars staðar á svæðinu. Torfajökulsvæðið er það stórt að þar ætti að vera nóg landrymi bæði til verndunar og nýtingar. Það er því talið heppilegt að miða við að fyrstu boranir á Torfajökulsvæði verði í Reykjadölum.

Torfajökull-Hrafninnusker

Trúlega verða verndarsjónarmið talin mikilvægari en nýtingarsjónarmið við Hrafninnusker. Rannsóknir benda þó til að þetta sé heppilegur virkjunarstaður og þess vegna er rétt að nefna þennan virkjunarstað hér, þó svo að litlar líkur séu á að nýting komi þar til álitu í náinni framtíð. Einnig má benda á að mikil og einstæð náttúrufegurð gæti kallað á takmarkaða orkunýtingu vegna ferðamannaíðnaðar á svæðinu.

Torfajökull-Jökulgil

Yfirborðsrannsóknir síðustu ára hafa leitt í ljós að mun meiri jarðhitavirkni er á austurhluta Torfajökulsvæðisins en áður var talið. Á þessum hluta svæðisins verða eflaust skilgreindir einn eða fleiri virkjunarstaðir. Hér eru þessir virkjunarstaðir taldir undir samheitinu Jökulgil, þar sem staðsetning þeirra liggur ekki fyrir nú. Allt þetta svæði er fremur óaðgengilegt bæði fyrir ferðamenn og til orkunýtingar. Svæðið kemur því varla til nýtingar í náinni framtíð, en mjög nauðsynlegt er að rannsaka allt Torfajökulsvæðið til þess að hægt sé að draga upp heilsteypta mynd af jarðhitnum á þessu stærsta háhitasvæði landsins.

Köldukvísarbotnar (Hágöngulón)

Á sínum tíma var tekin ákvörðun um að drekkja háhitasvæðinu í Köldukvísarbotnum undir Hágöngulón. Eiginleg umræða um mikilvægi landnýtingar til jarðhitavinnslu eða undir miðlunarlón fór ekki fram. Þó kom fram að orkuvinnslugeta jarðhitasvæðisins til raforkuvinnslu væri að öllum líkindum mörgum sinnum meiri en aukningin í þeirri orkuvinnslugetu sem miðlunin skapaði. Mjög lítil þekking var fyrir hendi á jarðhitnum í Köldukvísarbotnum þegar ákvörðun var tekin um Hágöngulón.

Með tilkomu miðlunarlónsins er aðgengi að háhitasvæðinu betra en áður var, þó svo að lónið auki á virkjunarkostnað háhitasvæðisins. Fyrir LV gæti verið mjög heppilegt að nýta jarðhitann í Köldukvísarbotnum bæði til raforkuvinnslu og sem varmagjafa við rekstur lónsins. Þess vegna væri mjög æskilegt að gera rannsóknir á svæðinu og stefna að borun þar við fyrsta tækifæri. Þar sem jarðhitasvæðið liggur inni í miðlunarlóni Landsvirkjunar liggur beinast við að LV verði rekstraraðili jarðhitasvæðisins í Köldukvísarbotnum.

Vonarskarð

Lítið er vitað um háhitasvæðið í Vonarskarði. Svæðið er ekki vel aðgengilegt til vinnslu. Tími er kominn til að afla einhvern þekkingar um það. Í byrjun er stefnt að því að gera forathugun á svæðinu, sem felst í því að gera lauslega könnun á jarðfræði og jarðefnafræði svæðisins. Á grundvelli þeirra athugana yrði svo ákveðið hvenær rannsóknum verður fram haldið með ítarlegri yfirborðsrannsókn.

Fremri Námar

Háhitasvæðið við Fremri Náma er aðgengilegt til vinnslu, en liggur hátt. Svo til engar rannsóknir hafa farið þar fram. Ummerki jarðhita ná yfir frekar lítið á svæði (1-2 km²), en nútímahraun þekja mikinn hluta svæðisins og ekkert yfirborðsvatn er þar. Að öllum líkindum er svæðið þó stærra en sýnist því mikil ummyndun í Heilagsdal 8 km vestar, bendir til að það nái eða hafi einhvern tíma náð þangað vestur. Það er því ekki hægt að draga miklar ályktanir um stærð eða gerð svæðisins fyrir en búið er að er að rannsaka það með viðnámsmælingum. Skemmst er að minnast þess að viðnámsmælingar í Brennisteinsfjöllum gjörbreyttu hugmyndum manna um jarðhitann þar. Aðstæður í Fremri Námunum eru um margt svipaðar og í Brennisteinsfjöllum. Stefnt er að TEM viðnámsmælingum sem kortleggja eðlisviðnám á 500-700 m dýpi.

Námafjall

Samfelld nýting hefur verið í vesturhluta Námafjalls (Bjarnarflag) í þrjá áratugi. Hægt er að auka nýtingu verulega og fyrir liggur verkáætlun um jarðhitavirkjun í Bjarnarflagi. Framleiðslukostnaður raforku er áætlaður 1.05 kr/kWh. Vinnslueiginleikar jarðhitakerfisins eru mjög góðir, holur eru aflmiklar og efnasamsetning borholuvökva góð. Ekki liggur fyrir hvernig fer með umhverfismat virkjunar. Þar sem veruleg nýting er fyrir hendi í Bjarnarflagi og þar sem jarðhitakerfið stendur undir aukinni nýtingu er eðlilegt að ætla að lausn fáist á því hvernig staðið verður að aukinni vinnslu. Ríkið fer með jarðhitaréttindi á Námafjalls- og Kröflusvæði samkvæmt sérstökum samningi (frá 1971) milli ríkissjóðs Íslands annars vegar og eigenda Reykjahlíðar og Voga hins vegar.

Krafla

Fram að þessu hefur öll jarðhitanyting í Kröflu farið fram í austurhluta öskjunnar. Nýtingin hefur verið nokkuð erfið vegna efnafræðilegra áhrifa eldsumbrota á árunum 1976-1983. Virkjunin er þó nýlega komin í fullan rekstur og ætla má að hægt verði að auka vinnslu í Kröflu frá því sem nú er (60 MW raforkuvinnsla). Bæði er það að takmörkunin á jarðhitavinnslunni í Kröflu hefur stafað af efnamengun frá kvikuumbrotum en ekki af takmörkun jarðhitakerfisins og svo hins að engin könnun hefur farið fram á jarðhitamöguleikum í vesturhluta öskjunnar. Það er því full ástæða að gera ráð fyrir að hægt sé að auka nýtingu í Kröflu verulega frá því sem nú er. Ríkið fer með jarðhitaréttindi á Kröflusvæði samkvæmt samningi frá 1971. Sá samningur nær þó aðeins til austurhluta öskjunnar í Kröflu.

Þeistareykir

Yfirborðsrannsóknum er lokið á Þeistareykjum og svæðið er tilbúið til rannsóknaborana. Þeistareykir liggja vel við nýtingu, bæði til raforkuvinnslu og til iðnaðarnota. Þeistareykir eru á Þeistareykjafrétti sem talinn er tilheyrja Reykdæla- og Aðaldælahreppi. Ríkið álitur sig vera eiganda jarðhitaréttinda á þessu svæði. Ekki hefur reynt á eignarréttarmál jarðhitans fram að þessu.

Öxarfjörður

Háhitasvæði er undir söndunum í Öxarfirði. Fram að þessu hefur einungis verið borað grunnt þarna, en 150°C hefur mælst í einni holu á 400 m dýpi. Tilvist háhitasvæðisins er því staðfest. Svæðið liggur mjög vel við nýtingu, bæði til raforkuvinnslu og til iðnaðarnota. Land í Öxarfirði er í einkaeign, en Öxarfjarðar- og Kelduneshreppur hafa umboð eiganda jarðhitaréttar til að "láta kanna og nýta" jarðhitann. Reiknað er með að nýting háhitans í Öxarfirði hefjist í náinni framtíð.

Önnur háhitasvæði

Í þessari upptalningu er ekki fjallað um háhitasvæðin við Geysi, í Kerlingarfjöllum, á Hveravöllum, í Kverkfjöllum, Öskju, við Prestahnjúk, Tindfjallajökul, Hnúthálsa og Gjástykki. Ekki er heldur fjallað um háhitasvæði undir jökulum eða á sjávarbotni. Af þessum svæðum er Prestahnjúkur áhugaverðastur og gæti reynt vera gjöfult háhitasvæði. Nýting flestra hinna virðist svo fjarlæg í tíma að ekki sé mikil þörf rannsókna þar eins og sakir standa.

5. Rannsóknir jarðhita á lágghitasvæðum og "köldum svæðum"

5.1 Árangur jarðhitarannsókna

Hitaveituvæðingin í lok áttunda áratugsins er marktækasta dæmið um góðan árangur jarðhitarannsókna. Á þeim tíma tókst að auka hlut jarðhita til húshitunar frá 45% í 85% á áratug. Árlegur sparnaður notenda af þessari aðgerð er nú um 8 milljarðar. Uppsafnaður sparnaður notenda á tveimur áratugum (1975-1995) er áætlaður 120-150 milljarðar. Stefnumark núverandi stjórnar er að nota innlendar orkulindir í stað innfluttra. Eina leiðin til þess að nálgast þetta markmið er að finna jarðhita þar sem hann er ekki nýttur. Með því mætti minnka kostnað við niðurgreiðslu á raforku til húshitunar. Líkur eru á að með hagkvæmum hætti megi auka þátt jarðhitans í húshitun um 5-8%. Það mundi spara 100-200 Mkr. á ári í niðurgreiðslur á raforku til húshitunar.

Rannsóknaraðferðir sem tengjast jarðhitaleit eru í sífelltri þróun. Ný bortækniáferð varð t.d. til þess að kostnaður við borun grunnra hitastigulshola lækkaði verulega frá því sem áður var. Á síðustu árum hefur borun á hitastigulsholum því fengið aukið vægi í jarðhitaleit. Árangur hefur verið mjög góður. Dæmi um það eru t.d. Hvalfjarðarströnd, Stykkishólmur, Norðurárdalur, Fremri Háls, Árskógsströnd, Skorradalur, og Drangsnæs. Enginn yfirborðsjarðhiti var fyrir hendi á þessum stöðum áður en til borunar kom. Þetta eru því dæmi um það að nýtanlegur jarðhiti hefur fundist á svo kölluðum "köldum svæðum". Þessi nafngift er að mörgu leyti óheppileg, því berggrunnurinn er ekki kaldur heldur er bergið tiltölulega þétt, þ.e. lítið vatn getur streymt um bergið. Leitin miðast því frekar að því að finna staðbundin vatnskerfi tengd sprungum í annars þéttu umhverfi. Boranir í virkar sprungur hefur gefið bestan árangur á Suðurlandi. Þar eru nú starfandi 65 hitaveitur sem flestar byggja á þessu fyrirbæri. Staðirnir eru eftirfarandi: Hlíðardalsskóli, Bakki, Þóroddsstaðir, Hveragerði, Reykir, Gljúfurholt, Árbær, Laugarbakkar, Auðshólt, Ósgerði, Vellir, Núpar, Öxnalækur, Öndverðarnes, Hæðarendi, Kausturhólar, Sólheimar, Kringla, Ormsstaðir, Eyvík, Vatnsnes, Reykjanes, Brjónsstaðir í Grímsnesi, Efri Reykir, Syðri Reykir, Miklholt, Kjarnholt, Reykholt, Reykjavellir, Laugarás, Spóastaðir, Skálholt, Kotlaugar, Reykjadalur, Þórarinsstaðir, Reykjaból, Grafarbakki, Flúðir, Borgarás, Kópvatn, Auðsholt, Ásatún, Syðra Langholt, Birtingarholt, Sóleyjarbakki, Þjórsárholt, Reykir, Húsatóttir, Brautarholt, Blesastaðir, Hlemmiskeið, Brjónsstaðir á Skeiðum, Ósabakki, Oddgeirshólar, Selfoss (Þorleifskot), Sölvholt, Laugaland, Skammbeinsstaðir, Vindás, Klofi, Kaldárholt, Laugavatn, Útey, Austurey, Böðmósstaðir.

Helstu framfararmál varðandi almennar rannsóknir á lágghitasvæðunum og köldum svæðum, sem þyrfti að þróa og auka að slepptum hinum hefðbundnu leitaráferðum (jarðfræðirannsókn, viðnáms- og segulmælingar, hitastigulsboranir á takmörkuðum svæðum) eru:

- Úrvinnsla úr skjálftagögnum,
- Könnun á viðbrögðum jarðghitasvæða við stærri skjálftum,
- Stefnuholuboranir á lágghitasvæðunum,
- Djúprannsókn á jarðskjálftasprungunum á Suðurlandi þar sem vinnslan grunnt úr þeim stendur tæpt.
- Víðtækari hitastigulsboranir út um landið til að greina fínni drætti í varmastreyminu.
- Niðurdæling til viðhalds og betri nýtingar jarðhitakerfanna.

Með tilkomu þétts nets skjálftamæla á Suðurlandi og á Mið-Norðurlandi auk nýjunga í túlkunaraðferðum skjálftagagna eru nú komnar upp aðstæður sem leyfa það að ákvarða legu (bæði stefnu, halla og dýpt) á virkum jarðskjálftasprungum með svo mikilli nákvæmni að hægt er að nota þrívíða staðsetningu sprungunnar við staðsetningu á borholu sem ætlað er að skera sprunguna á fyrirfram ákveðnu dýpi. Notkun á skjálftagögnum við jarðghitaleit er um það bil að hefjast á Orkustofnun, og ætla má að þessi leitaráferð gefi góða raun í náinni framtíð. Heppilegast verður að nota þessa leitaráferð þar sem mest er um jarðskjálfta á landinu, þ.e. á Suðurlandi og á Mið-Norðurlandi frá Fljótum og austur á Húsavík og Ljósavatnsskarð.

Jarðhitavinnslan á Suðurlandi er nánast öll úr hinum virku jarðskjálftasprungum á þessu lánssvæði, en þar eru nú um 65 smáar og stórar hitaveitur. Vitað er að breytingar eiga sér stað á laugum og hverum og á grunnvatni almennt í Suðurlansskjálftum. Reynt hefur verið að afla fjár til að koma á fót lágmarkseftirliti með jarðhitunum og jarðhitavinnslunni svo að greina megi í hverju breytingarnar eru fólgnar, næst þegar stórir skjálftar verða.

Höggbylgjur frá skjálftum er ein meginforsenda þess að sprungurnar haldist opnar og lekar. Fram að þessu hefur ekki tekist að fjármagna þetta verkefni í þeim mæli sem þyrfti.

Á Suðurlandi hefur lítið reynt á hvort vinna megi heitt vatn úr hinum vatnsleiðandi sprungum neðan 1000 m dýpis ef markvisst verður borað í þær þangað niður. Fyrir liggur að jarðhitakerfin eru heitari á því dýpi og því mikill ávinningur að því að færa vinnsluna neðar í þau.

Vinnsluholur hafa fram að þessu ekki verið stefnuboraðar á lágheitsvæðum landsins. Aðstæður eru samt þannig að slíks er þörf á nokkrum stöðum, svo sem við sjó, vötn eða undir bröttum hlíðum. Hluti þess tækjabúnaðar, sem til þarf, er eða verður senn tiltækur í landinu, en hinn hlutinn fengist leigður erlendis frá. Með þessari aðferð mætti jafnframt gera nýtanlegar nokkrar misheppnaðar borholur, sem miklu hefur þegar verið kostað til. Kostnaður er mikill við þessa boraðferð, en færri misheppnaðar holur ættu að bæta hann upp.

Varmastreymi úr jarðskorpunni undir landinu er mjög breytilegt, en þó í stærstu dráttum háð aldri og gerð hennar. Ýms frávik eru frá þeirri meginreglu. Rannsókn á varmastreyminu er veigamikill þáttur í mati á jarðhitamöguleikum hinna ýmsu landsvæða. Heildarmyndin af varmastreyminu er enn gloppótt, og finni drættirnir þekktir aðeins í nokkrum héruðum. Árlega bætist þó í þessa mynd, og stundum koma niðurstöður á óvart. Með smáataki þyrfti að bæta grunnþekkingu á þessu veigamikla atriði.

Tilraunir til niðurdælingar á vatni í jaðra jarðhitakerfa hafa verið reyndar og lofa góðu um að auka megi vinnslu úr þeim á þennan hátt með hagkvæmu móti. Hér er um mikið hagsmunamál að ræða fyrir ýmsar meðalstórar hitaveitur víða um land. Þörf er á meiri tilraunum og rannsóknum til þess að þróa og reyna þessa aðferð.

5.2 Einstakir staðir

5.2.1 Reykjanesskagi

Við jaðra virka gosbeltisins er jarðskorpan tiltölulega heit og sprungin. Eina jarðhitanýtingin í þannig umhverfi er á Stað í Grindavíkurbæ og í vestanverðu Ölfusi. Jarðhitamöguleikar við jaðra gosbeltisins hafa að öðru leyti ekki verið kannaðir á Reykjanesskaga.

Rosmhvalanes

Rosmhvalanes er grágrýtissvæði þar sem jarðfræðileg skilyrði eru svipuð og á Höfuðborgarsvæðinu. Þó hitaveita sé á svæðinu (Hitaveita Suðurnesja) væri mikill kostur að finna þarna lághitavatn til hitaveitu. Lághitanyting á Suðurnesjum myndi gefa aukna möguleika á að nýta háhitann til iðnaðar og raforkuvinnslu. Leit færi fram með viðnámsmælingum og hitastigulsborunum. Vinnsluholur þurfa líklega að vera um eða yfir 1.000 m djúpar.

5.2.2 Vesturland

Á síðustu árum hafa fundist áður óþekkt jarðhitakerfi á nokkrum stöðum á Vesturlandi frá Hvalfirði og Kjós upp um Borgarfjörð og Norðurárdal og vestur á Snæfellsnes. Þau liggja vel við nýtingu og hafa þau öll verið virkjuð eða verða virkjuð innan skamms. Jarðhitamöguleikar á þessu svæði eru langt frá því að vera fullkannaðir.

Nágrenni Reykjavíkur, og Kjalarnes og Hvalfjörður

Á síðustu árum hefur verið unnið að yfirlitskönnun jarðhita á þessu svæði. Örfáir jarðhitastaðir eru þar enn lítið kannaðir (Álfsnes, Kollafjörður, Esjuberg). Þar til viðbótar hafa fundist vísbendingar um jarðhita á nýjum stöðum við yfirborðskönnunina. Áformað er að halda áfram rannsóknum á þessu svæði.

Þegar jarðgöngin voru grafin undir Hvalfjörð, var farið í gegnum jarðhitakerfi með rúmlega 60°C hita. Þetta jarðhitakerfi er tengt sprungum sem stefna á land nærri Saurbæ á Kjalarnesi og Grundartanga norðan fjarðar. Báðir þessir staðir liggja vel við nýtingu og væri æskilegt að fylgja þessu eftir með frekari rannsóknum.

Grundarfjörður

Hitastigulsboranir hafa reynst árangursríkar til þess að afmarka lekar sprungur í berggrunninum. Tvær slíkar hafa fundist nærri Stykkishólmi. Laug á Berserkseyri er 50°C heit en efnasamsetning vatnsins bendir til að um 80°C djúphiti sé í jarðhitakerfinu. Ef brú verður lögð yfir Kolgrafafjörð verður hagkvæmt að leiða heitt vatn frá Berserkseyri í Grundarfjörð. Góðar líkur eru á að finna megi nægjanlega mikið heitt vatn við Berserkseyri fyrir Grundarfjörð, en beita þarf skáborunartækni til að ná vatninu, þar sem sprungan liggur samsíða ströndinni, um 300 m undan landi.

Snæfellsbær - Hellisandur, Ólafsvík, Rif

Jarðhitaleit hefur staðið yfir í Ólafsvík, en er ekki lokið. Umhverfi Rifs og Hellisands hefur verið lauslega kannað, en leit var beint að Ólafsvík þar sem fljótlega kom í ljós að meiri líkur voru á að ná árangri þar.

2.2.3 Vestfirðir

Það er nokkuð ljóst að til þess að öðlast skilning á jarðhitakerfum á Vestfjörðum og til þess að vænta megi árangurs af jarðhitaleit þar þarf að bora um 1500 m djúpar holur. Jarðhitaleit á Vestfjörðum mun að mestu leyti byggja á þeirri aðferð að bora fyrst grunnar rannsóknarholur til könnunar á hitastigli en staðsetja síðan dýpri holur ef grunnu holurnar gefa tilefni til.

Ísafjörður

Jarðhitaleit er þegar hafin við Ísafjörð, og þar hefur fundist álitlegur staður með borun grunnra hitastigulshola. Djúpkönnun með borun yrði næsta skref þegar niðurstöður liggja fyrir. Á Ísafirði er fjarvarmaveita og mundi rekstrargrundvöllur hennar batna ef hægt er að finna jarðhitavatn sem tengja mætti inn á veituna. Vegna fyrirliggjandi hitunarmöguleika getur veitan m.a.s. nýtt vatnið þó hitastig þess verði ekki mjög hátt. Annar möguleiki fyrir Ísafjörð er að nýta vatn frá Lásvík í Súgandafirði. Þar er reiknað með að hægt sé að ná í 60-65°C heitt vatn úr sama sprungukerfi og Hitaveita Suðureyrar vinnur nú úr. Vinnslueiginleikar á hitaveituvatni frá Lásvík gætu orðið svipaðir þeim sem nú eru fyrir hendi á Suðureyri (kalkvandamál). Bora þarf eina eða tvær holur við Lásvík, en vinnsluhola þar gæti trúlega gefið um 15 l/s með dælingu.

Bolungarvík

Jarðhitaleit hefur staðið yfir í Bolungarvík. Þar er fjarvarmaveita og gæti heitt vatn, ef fyndist, bætt hag hennar verulega. Helst eru bundnar vonir við að heitt vatn finnist í Syðridal. Hefðbundin jarðhitaleit þyrfti að koma til og síðan borun 1500 m holu ef jarðhitaleitin ber árangur.

Bíldudalur

Fyrir Bíldudal er talið hagkvæmast að ná í heitt vatn frá Dufansdal, en þar er jarðhiti. Lengd leiðslu þaðan er um 11 km. Reikna má með um 100°C hita í Dufansdal. Forkönnun vegna staðsetningar holu er tiltölulega ódýr og reiknað er með að borun 1000 m holu mundi gefa sjálfrennandi hitaveituvatn.

Súðavík

Helstu möguleikar fyrir Súðavík eru taldir vera í innsta hluta Álftafjarðar í um 8 km fjarlægð frá þorpinu. Þar þyrfti að fara fram hefðbundin jarðhitaleit með borun grunnra rannsóknarhola. Á grundvelli slíkra athugana yrði dýpri (1000 m) hola staðsett ef niðurstöður verða jákvæðar.

Tálknafjörður

Hagkvæmasti kostur fyrir Tálknafjörð er talinn vera að sækja heitt vatn út í Stóra-Laugardal, sem er 4-5 km utan við þéttbýlið. Reiknað er með að þar megi fá um 55°C sjálfrennandi vatn með borunum í ca. 1000 m dýpi. Áður en til borunar kemur þurfa að fara fram yfirborðsrannsóknir til þess að staðsetja vinnsluholu.

Patreksfjörður

Jarðhitaleit kringum Patreksfjörð hefur ekki borið árangur til þessa. Nokkuð vantar þó á fullnaðarkönnun. Ef hefðbundin jarðhitaleit ber árangur yrði næsta skref borun um 1000 m holu.

Geiradalur - Króksfjarðarnes - Saurbær

Vatnsmikil borhola með rúmlega 70°C heitu vatni er þegar til staðar á Kletti í Geiradal. Frá henni mætti leiða heitt vatn um sveitina, í Króksfjarðarnes og eftir brúnni yfir Gilsfjörð í Saurbæinn.

Drangsnæs

Borun á Drangsnési á árinu 1997 gaf góðan árangur og þar er nú fyrir hendi rúmlega 60°C heitt vatn sjálfrennandi inni í sjálfu þorpinu. Reiknað er með að borun 400-700 m holu á Drangsnési muni gefa nægjanlegt sjálfrennsli fyrir þorpið af a.m.k. 70°C heitu vatni.

Hólmavík og Kirkjubólshreppur

Þar hefur verið gerð gróf yfirlitskönnun á jarðhitalíkum. Vísbendingar sem vert er að fylgja eftir hafa fundist innan við Hólmavík og á Gálmaströnd. Jarðhitaleit þyrfti að ljúka og bora síðan ef leitin gefur tilefni til.

Bæjarhreppur-Borðeyri og Brú

Fyrir rúmum 30 árum fannst 50°C heitt vatn með grunnri borun í Laugamýri rétt norður af Borðeyri. Engin nýting varð á því vatni, en þessi árangur gefur sterka vísbendingu um að með nýrri tækni við jarðhitaleit og borunum sé hægt að finna heitt vatn á þessum slóðum til nýtingar á Borðeyri og við Brú í Hrutafirði. Hefðbundin jarðhitaleit og borun 400-1000 m holu.

5.2.4 *Norðurland*

Á Norðurlandi eru fjórir þéttbýlisstaðir án hitaveitu, Hofsós, Skagaströnd, Hjalteyri og Grenivík. Þar eru einnig byggðakjarnar og þéttbýlar sveitir þar sem möguleiki gæti verið á hagkvæmum hitaveitum. Þannig háttar til í Staðarhreppi (Staðarskáli og bæir í nágrenni við Reyki og Tannstaðabakka), Sveinsstaðahreppi, Þorkelshólshreppi (Víðihlíð og nágrenni), Akrahreppi (lögn frá Varmahlíð), í Fljótum (þar er víða lítið nýttur jarðhiti) og í Svarfaðardal svo hið helsta sé nefnt sem verið hefur á döfinni. Nyrst á Norðurlandi er komið inn á jarðskjálftabelti þar sem virkar sprungur í berggrunni eru góðir vatnsleiðarar og gefa af sér heitt vatn líkt og þekkt er á Suðurlandi. Norð-suðlæg sprungukerfi eru til staðar þar suður af sem einnig eru heitavatnsleiðarar. Það stærsta gengur norður úr Hofsjökli ofan í Skagafjörð.

Staðarhreppur-Staður, Staðarskáli

Mestur jarðhiti í Staðarhreppi er á Reykjum og við Síká, suður í heiðinni upp frá Hrutafirði. Nýttur er hann aðeins á Reykjum. Þar hefur verið unnið að rannsóknum og borunum til að afla meira vatns til dreifingar á næstu bæi. Jarðhiti er einnig á Tannstaðabakka norður frá Reykjum, en hann er ekki nýttur. Litlar rannsóknir hafa verið gerðar þar. Við Stað hefur lítillaga verið hugað að jarðhitaleit, en framhald ekki orðið á þótt tilefni sé til út frá fyrstu vísbendingum.

Hofsós

Jarðhitaleit kringum Hofsós með viðnámsmælingum og hitastigulsborunum hefur ekki borið árangur. Fjarlægð í öflugt jarðhitasvæði er um 20 km, en það er á Reykjarhóli í Vesturfljótum. Þar er borhola með 90° C heitu vatni. Í athugun er að leggja hitaveitu frá Reykjarhóli um Sléttuhrepp inn að Lónkoti, hálfa leið inn í Hofsós. Jarðhiti er þarna á milli, á Bræðrá, en óverulegur og hefur lítið sem ekkert verið rannsakaður. Full ástæða væri þó til því ljóst er að volgrunnar tengjast sprungu sem þversker Hrolleifsdal.

Skagaströnd

Jarðhitaleit kringum Skagaströnd er skammt á veg komin. Volgrur hafa nýlega fundist þar, en rannsókn á þeim leiddi ekki til árangurs. Til að ljúka rannsóknum á jarðhitamöguleikum á þessu svæði þarf að koma til könnum á vissum þáttum í vatnafari og síðan grunn- eða hitastigulsboranir. Sem þrautalending er í athugun framlenging á Hitaveitu Blönduóss með nýlögnum frá Reykjum við Reykjabraut út á Skagaströnd.

Víðihlíð

Í Þorkelshólshreppi beinist áhugi á jarðhitaleit að nágrenni Víðihlíðar þar sem byggð er þéttust og þjónustukjarni að byggjast upp. Rannsóknir þar eru á frumstigi. Jarðfræðikortlagning liggur fyrir, og framhaldið verður hitastigulsboranir.

Sveinsstaðahreppur

Jarðhiti er óverulegur í Sveinsstaðahreppi, en á norðurmörkum hreppsins er töluverður jarðhiti á Reykjum við Reykjabraut og við Laxárvatn. Í athugun er að rannsaka jarðhitalíkur í sveitinni út frá fyrirbyggjandi vísbendingum.

Akrahreppur

Mikill jarðhiti er í Skagafirði, en inn af firðinum er hann mest allur vestan Vatna. Jarðhiti er þó víða í Akrahreppi, en hiti lágur eftir því sem rannsóknir hafa sýnt (mestur rúmlega 40° C). Menn hafa því horft til að nýta vatn úr heitari jarðhitakerfum vestan Vatna (frá Varmahlíð eða Vallholtslaug). Þess er skemmst að minnst að á árinu 1997 fannst mjög mikið viðbótarvatn (yfir 90° C heitt) með borun við Varmahlíð. Sameiginleg hitaveita í sameinuðu sveitarfélagi í Skagafirði mun trúlega sjá mestum hluta þess sveitarfélags fyrir heitu vatni. Í athugun er að leggja hitaveitu frá Varmahlíð austur fyrir Héraðsvötn í Akrahrepp. Kostir eru á jarðhitanýtingu víðar í Skagafirði, einkum í Lýtingsstaðahreppi. Þar er víða jarðhiti og nýting í góðu horfi, en miklir möguleikar á að bæta og auka nýtingu hans.

Fljótahreppur-Haganesvík

Í Fljótum er allmikill jarðhiti og töluverð nýting, bæði til húshitunar og í fiskeldi. Heitustu jarðhitakerfin eru 90-100 C. Í Fljótum mætti nýta jarðhita víðar en gert er, einkum í Austurfljótum, með hitaveitulögnum frá nærliggjandi jarðhitastöðum. Töluverðar rannsóknir hafa verið gerðar á jarðhita í Fljótum og borað með góðum árangri á nokkrum stöðum. Í Fljótum er komið inn á jarðskjálftabeltið á Norðurlandi þar sem virkar sprungur í berggrunni eru góðir vatnsleiðarar og gefa af sér heitt vatn á svipaðan hátt og þekkt er á Suðurlandi. Jarðhitaleit mundi beinast að því að kortleggja virkar sprungur á svæðinu sem síðan yrði borað í.

Svarfaðardalur

Í Svarfaðardal er óverulegur jarðhiti, en líkur á að finna megi heitari jarðhitakerfi með skipulegri rannsókn eins og víðar í jarðskjálftabeltinu á Norðurlandi.

Hjalteyri og Arnarneshreppur

Rannsóknir hafa ekki verið gerðar kringum Hjalteyri né í Arnarneshreppi. Jarðhitalíkur á því svæði eru svipaðar og í Árskógshreppi utar við Eyjafjörð, en þar fundust jarðhitakerfi eftir vandaða jarðhitaleit. Vísbendingar eru um jarðhita í sjó skammt utan við Arnarnes. Einkum verður beitt hitastigulsborunum til þess að staðsetja djúpa holu á þessum stað.

Grenivík

Jarðhiti er á nokkrum stöðum kringum Grenivík, en hitastig er lágt og nýting því lítil (sundlaugar). Líkur á heitara vatni eru þar engu lakari en vestan við Eyjafjörð, þar sem sama brotakerfið er virkt á öllu því svæði. Áformað er að hefja á næstunni skipulega jarðhitaleit kringum Grenivík.

Fosshóll og nágrenni.

Jarðhiti er á nokkrum stöðum í Ljósavatnshreppi og raunar einnig í Bárðardal, en hitastig lágt nema á Stórutjörnum. Svæðið austan Ljósavatnsskarðs hefur lítið verið rannsakað með tilliti til jarðhita, en hraun er yfir miklum hluta þess. Áform hafa verið uppi um jarðhitaleit.

5.2.5 Norðausturland

Á Norðausturlandi hefur verið unnið að jarðhitaleit kringum þéttbýlisstaðina, þ.e. Kópasker, Raufarhöfn, Þórshöfn, Bakkafjörð og Vopnafjörð. Á Kópaskeri er þegar hitaveita (innan frá Jökulsársöndum). Á Raufarhöfn og Bakkafirði eru fremur litlar líkur á að frekari leit beri árangur. Á Þórshöfn er möguleikar ekki fullkannaðir. Eftir rannsóknir á jarðhitanum við Selá í Vopnafirði s.l. sumar hafa líkur aukist á að þar megi finna heitt vatn, en þar þurfa að koma til hitastigulsboranir norðan Selár. Í dreifbýlinu mætti nýta jarðhita í Kollavík og vísbending hefur fundist um jarðhita innan til í Vopnafirði.

5.2.6 Austfirðir

Á Austfjörðum er jarðhitaleit á frumstigi. Vitað er um stórt hitafrávik sem liggur um inndalina upp af fjörðunum frá Berufjarðarbotni og Skriðdal þar andspænis a.m.k. norður í Eskifjörð. Hitastigulsholur eru fáar og strjalar á þessu svæði, en slíkum borunum yrði beitt til kortleggja hitasvæðið ef ráðist yrði í skipulega jarðhitaleit. Djúp rannsóknarhola í Áreyjum í Reyðarfirði (1800 m) er ekki á besta stað í hitafrávikinu, enda var megintilgangurinn með borun hennar ekki jarðhitaleit. Hitaferill holunnar sýnir samt nálægð við jarðhitakerfi, og heitavatsæðar (tæplega 50° C) eru í henni kringum 600 m dýpi og smáæðar neðar, sú neðsta á um það bil 1100 m. Æskilegt er að leita að jarðhita við flesta þéttbýliskjarna í fjórðungnum: Seyðisfjörður, Eskifjörður, Reyðarfjörður, Neskaupstaður, Búðir í Fáskrúðsfirði, Kirkjubólsporp í Stöðvarfirði, Breiðdalsvík og Djúpvogur.

5.2.7 Suðausturland

Á Suðausturlandi er jarðhiti á fáeinum stöðum inn við Vatnajökul, svo sem í Viðborðsdal, Kálfafellsdal og Morsárdal. Hitastigulsboranir hafa sýnt að jarðhiti er nær byggð á nokkrum stöðum í héraðinu. Álitlegur staður er við Hoffell. Þar er leit lokið og næsta skref djúp hola (500-1000). Önnur svæði eru við Hala í Suðursveit og Skaftafell í Örafum.

5.2.8 Suðurland

Mestallur jarðhiti á Suðurlandi vestan Rangár tengist ungum og í mörgum tilfellum virkum jarðskjálftasprungum. Borholur á þessu svæði vinna vatn grunnt úr jarðskjálftasprungunum (ofan 1000 m) þar sem laugar eða jarðhitaleit gaf til kynna uppstreymi heits vatns úr þeim. Nauðsynlegt er að kanna með dýpri borunum hvort ekki megi vinna heitara vatn neðan 1000 m úr þessum kerfum. Áhugaverðust í þessu sambandi eru jarðhitasvæðin á Laugalandi í Holtum og í Þorleifskoti (austan við Selfoss). Ofan til í Hrunamannahreppi er yfir 150° C heitt vatnskerfi, lítið rannsakað nema vegna staðbundinnar nýtingar. Nýlega hefur komið í ljós að þetta svæði er mun stærra en fyrr var talið. Helstu möguleikar til aukinnar jarðhitanýtingar eru í Flóa, Laugardal, Grímsnesi og í Hrunamannahreppi. Til þess þarf rannsóknir og nýboranir. Sumpart yrði þar um stækkun eldri hitaveitna að ræða.

Allar holur á Suðurlandi taka vatn grunnt úr jarðskjálftasprungum, þ.e. ofan við 1000 m dýpi. Nauðsynlegt er að kanna hvort ekki megi vinna heitara vatn á þessu svæði með dýpri (> 1000 m) borholum. Slík jarðhitaleit (leita dýpra) hefur mest gildi fyrir hitaveiturnar á Selfossi, Laugalandi í Holtum og í Hrunamannahreppi, þar sem vitað er um vatnskerfi um og yfir 150°C á þessu dýpi. Fyrirsjáanleg er aukin vatnsþörf í náinni framtíð bæði á Selfossi og á Laugalandi í Holtum.

Vestmannaeyjar og Suðurströndin

Lágsveitirnar á Suðurlandi sem liggja fram undan eystra gosbeltinu hafa nokkra sérstöðu meðal jarðhitakerfa hér á landi. Þar er um að ræða víðáttumikil en tregleiðandi vatnskerfi, að hluta til í þykkum setmyndunum. Þar sem tekist hefur að greina djúpstæðar sprungur í þeim hefur náðst bærilegur árangur af borunum. Sú niðurstaða er hvetjandi til framhalds á jarðhitaleit á þessu svæði. Áform eru uppi um slíkt í Vestmannaeyjum og í Þykkvabæ þar sem ítarlegar forðarfræðilegar rannsóknir eru í gangi.

Nauðsynlegt er að gera sérstaka könnun á hvernig vinna megi þennan jarðhita á hagkvæman hátt. Vestmannaeyjar eru annar tveggja fjölmennustu staða landsins sem hefur ekki jarðhitanýtingu. Rannsóknir á vatnsgæfni djúprar borholu þar benda til að vinn megi ½ - 1 MW pr. holu ef fleiri yrðu settar. Hitaþörf í bænum nú er um 7MW.

6. Jarðhitarannsóknir vegna iðnaðarnota

Í flestum tilvikum skiptir nýtingarferli jarðhitans ekki máli við jarðhitarannsóknir. Á hinn bóginn er tilgangur rannsókna háður því hvernig áform eru uppi um nýtingu. Rannsóknir háhitasvæða vegna iðnaðarnota eru sams konar rannsóknir og háhitarannsóknir vegna raforkuvinnslu. Þau háhitasvæði sem einkum koma til álita til iðnaðarnota eru: Reykjanes, Trölladyngja, Brennisteinsfjöll, Þeistareykir og Óxarfjörður. Staða rannsókna á öllum þessum svæðum er rakin í kafla 4 í þessari greinargerð.

Nálægð háhitasvæðanna við hafnir skiptir yfirleitt mestu máli fyrir nýtingu jarðgufu til iðnaðarnota. Ekki er hagkvæmt að leiða gufu um langan veg og einnig er heppilegt að halda flurningskostnaði hráefnis og iðnaðarvöru sem lægstum.