

Valgarður Stefáns
81/02



ORKUSTOFNUN
Jarðhitadeild

GREINARGERÐASAFN

ÞEISTAREYKIR

Áætlun um rannsókn jarðhitasvæðisins

Greinargerð VS/HeTo/HK-81/02 Maí 1981



ORKUSTOFNUN
GRENSÁSVEGI 9, 108 REYKJAVÍK

Greinargerð

ÞEISTAREYKIR

Áætlun um rannsókn jarðhitasvæðisins

Greinargerð VS/HeTo/HK-81/02 Maí 1981

EFNISYFIRLIT

bls.

1. Inngangur	4
2. Fyrri rannsóknir og niðurstöður	5
3. Áætlun um forathugun	9
3.1 Áfangaskipting í virkjunarannsókn háhitasvæða	9
3.2 Áætlun um yfirborðsrannsóknir	14
3.2.1 Kortagerð	14
3.2.2 Jarðfræðikortlagning	16
3.2.3 Kortlagning brotalína og dreifingu jarðhita og afrennslis	16
3.2.4 Bergfræði og ummyndun	17
3.2.5 Efnagreining vatns og gufu	18
3.2.6 Varmastraumur og hitastig í jarðvegi	19
3.2.7 Rafleiðnimælingar	19
3.2.8 Segulmælingar	20
3.2.9 Þyngdarmælingar	21
3.2.10 Smáskjálfta- og jarðsveiflumælingar	21
3.2.11 Eiginspennumælingar	22
3.3 Rannsóknarboranir	22
3.3.1 Undirbúningur	22
3.3.2 Borun tveggja rannsóknarhola	24
3.3.3 Rannsóknir og mælingar við borun	24
3.3.4 Rannsóknir á blásturseiginleikum	24
3.4 Yfirlit um forathugun	25
4. Tillaga um rannsóknir 1981	26
5. Lokaorð	27
Heimildir	28

<u>MYNDIR</u>	bls.
Mynd 1 Þeistareykir. Jarðhiti á yfirborði og stærð jarðhitasvæðisins	7
-"- 2 Áfangaskipting í rannsókn háhitasvæða	10
-"- 3 Skipulag orthokorta á Þeistareykjasvæði	15

TÖFLUR

Tafla 1 Yfirlit um kostnað og mannaflapörf við forathugun á Þeistareykjum	25
---------------------------------------------------------------------------	----

Þ E I S T A R E Y K I R

1. INNGANGUR

Í þessari greinargerð er fjallað um stöðu rannsókna á Þeistareykja-
svæðinu í ársbyrjun 1981 (kaflí 2) og lögð fram drög að heildaráætlun
um forathugun svæðisins og kostnað (kaflí 3). Síðasti hlutinn (kaflí 4)
er tillaga um rannsóknir á árinu 1981 innan ramma fjárveitingar al-
þingis til þessa verkefnis að upphæð 500.000 kr.

Jarðhitasvæðið að Þeistareykjum liggur í 300-500 m hæð, en megin-
hluti svæðisins er í 320-340 m hæð. Vegir að svæðinu eru lélegir og
aðeins færir jeppum að sumarlagi. Frá Þeistareykjum eru 11 km að
gamla Reykjaheiðarveginum sem liggur milli Húsavíkur og Kelduhverfis,
og 18 km að Kísilveginum sem liggur um Hólasand milli Húsavíkur og
Mývatns.

Svæðið er mjög aðgengilegt til vinnslu, en meginhluti þess eru
tíltölulega slétt hraun, þó þarf vegagerð til að koma stórum borum
að.

2. FYRRI RANNSÓKNIR OG NIÐURSTÖÐUR

Rannsóknir Orkustofnunar á Þeistareykjasvæðinu hófust 1972 en fram að þeim tíma var það nær alveg ókannað. Jarðfræðirannsókn svæðisins er nú langt komin, jarðeðlisfræði þarf töluverðrar viðbótar við og jarðefnafræðilegar athuganir eru skammt á veg komnar.

Helstu þættir rannsókna á árunum 1972-1974 eru:

1. Yfirborðsjarðfræði könnuð og gert jarðfræðikort (Fnr. 12000).
2. Gerðar 30 Schlumberger viðnámsmælingar og ein dípól mæling, teiknað gróft viðnámskort er sýnir viðnám á 300 m dýpi.
3. Flugsegulmælingar og teiknað flugsegulkort (Fnr. 12749).
4. Sex efnagreiningar á hveragasi.
5. Óverulegar jarðsveiflumælingar.
6. Þrjár segulprófílar mældir á jörðu niðri.
7. Yfirborðsummyndun könnuð.

Frá árinu 1974 og þar til nú hafa engar viðbótarrannsóknir verið gerðar.

Bestu hæðarlínukort af svæðinu eru amerísk herkort í mælikvarðanum 1:50.000 (AMS Series C.762) gerð 1948-49 eftir loftmyndum teknum 1945 og 1946 og þarf því að gera ný kort af svæðinu.

Rannsóknir á Þeistareykjasvæðinu voru í höndum Rögnu Karlsdóttur og Karls Grönvold og eru til tvær skýrslur um þær: Ragna Karlsdóttir (1974) og Karl Grönvold og Ragna Karlsdóttir (1975).

Helstu niðurstöður eru þær að Þeistareykjasvæðið telst virk megineldstöð án öskjumyndunar og er fremur lítið súrt berg á yfirborði. Gosvirkni hefur verið fremur lítil á svæðinu á síðustu árpúsundum og ekki heimildir um nein eldgos á svæðinu á sögulegum tíma þótt mestallt svæðið sé hulið nútímahraunum. Yngsta hraunið (Stórahvershraun) er yngra en H_3 öskulagið frá Heklu og því yngra en 2900 ára (Karl Grönvold og Ragna Karlsdóttir 1975). Elstu jarðmyndanir á svæðinu eru móbergsfjöllin fyrir austan og vestan jarðhitasvæðið, orðin til við gos undir jöklum síðustu ísalda (þ.e.a.s. yngri en 0,7 millj. ára).

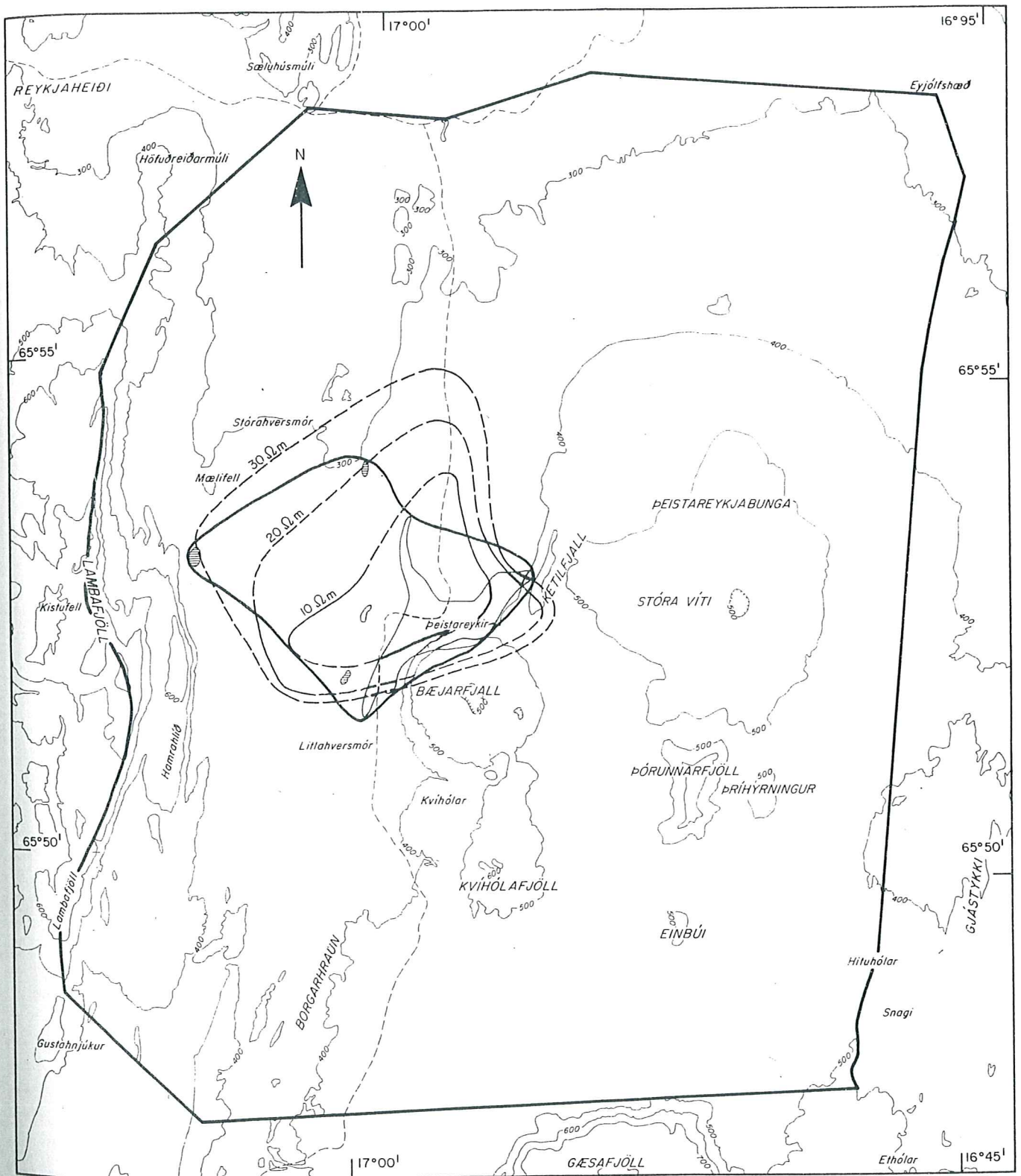
Sprungur og misgengi eru mjög áberandi og mynda sprungusveim er liggur um Hólasand og norður í Axarfjörð eða a.m.k. 60 km og hefur stefnu rétt austan við norður (010°) og er stefna einstakra brota svipuð eða aðeins austlægari (Kristján Sæmundsson 1974). Breidd sprungusveimsins er um. 7 km á móts við Þeistareyki og fækkar misgengjum til suðurs. Misgengin eru stór og fall allt að 200-250 m á jöðrum sprungusveimsins. Þau eru einna stærst í austurhluta Lambafjalla 300-400 m, en í yngsta hrauninu eru engin misgengi sjáanleg (Karl Grönvold og Ragna Karlsdóttir 1975). Sumarið 1968 fóru fram athuganir á jarðskjálftum, smáskjálftum, á háhitasvæðum landsins og var þá Þeistareykjasvæðið alveg óvirkt með tilliti til smáskjálfta (Ward og Björnsson 1971). Rússar gerðu þarna skjálftaathuganir á árunum 1972-73 (Zvrev et al. 1978).






Jarðhiti á yfirborði er sýndur á mynd 1 og kemur fram sem gufu- og leirhverir og er hiti á yfirborði á svæði sem er um $5,3 \text{ km}^2$ að flatarmáli (Karl Grönvold og Ragna Karlsdóttir 1975). Ef merki eftir kulnaðan jarðhita, ummyndun, er tekin með er flatarmál svæðisins um 19 km^2 . Jarðhitinn er misdreifður um svæðið, mestur um það austanvert og trúlega tengdur misgengjum. Ekki virðist landslag ráða mikið um dreifingu jarðhitans því gufuaugu ná upp í 520 m hæð í Bæjarfelli (553 m) og hverir eru í 500 m hæð í vesturhlíðum Ketilfjalls (Karl Grönvold og Ragna Karlsdóttir 1975).

Sex efnagreiningar hafa verið gerðar á gassýnum úr gufuhverum á Þeistareykjum en ekkert vatn fæst á yfirborði. Niðurstaða þeirra greininga benda til að mestur hiti og suða sé í norðurhlíðum Bæjarfells (Karl Grönvold og Ragna Karlsdóttir 1975). Þörf er á auknum rannsóknum á efnafræði gassins.

Athuganir á leirsteindum í yfirborðsummyndun bentu til að þar væri mest um kaolin og smávegis af montmorilloníti eins og algengt er á öðrum háhitasvæðum (Halldór Kjartanesson 1972; Karl Grönvold og Ragna Karlsdóttir 1975).

Viðnámsmælingar voru gerðar á Þeistareykjasvæðinu 1972-1973 og ná yfir töluvert stærra svæði en þann hluta svæðisins sem jarðhiti sést á yfirborði. Ekki ná allar mælingarnar mjög djúpt og einnig þyrfti að kanna betur takmörk svæðisins til austurs, vesturs og norðurs en



- | | | | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  Jarðhiti | --30 Ωm-- Jarðviðnámslína á 300 m dýpi (ohm m) |  Landamerki |  Hæðarlínur |
|  Ummyndun | — Ytri mörk háhitasvæðisins |  Vegaslóðar, akfærir að sumarlagi | 0 1 2 Km |

JHD-JK-6609-He.Td.
81.05.0622-GSJ

Mynd 1. Peistareykir. Jarðhiti á yfirborði og stærð jarðhitasvæðisins. Byggt á upplýsingum frá Karli Grönvold og Rögnu Karlsdóttur (1975) o.fl.

suðurmörk þess eru nokkuð glögg. Helstu niðurstöður viðnámsmælinganna eru þær að á 300 m dýpi er lágviðnámssvæðið innan 10 ohm jafnviðnámslínu $7,5 \text{ km}^2$ en virk hverasvæði ná talsvert útfyrir þá línu. Á 25-30 m dýpi er háviðnámslag, líklega kalt og þurrt berg, þá er lag með lægra viðnámi sem nær frá um 30 m niður á 100-150 m dýpi og er talið vera kalt grunnvatn. Þar fyrir neðan lækkar viðnám mjög þegar komið er í vatnsfyllt, heitt og ummyndað berg. Við Þeistareyki sjálfa vantar kalda grunnvatnslagið í og er svo reyndar á nokkrum fleiri stöðum. Líklegasta uppstreymissvæði heita vatnsins er rétt vestan við gamla bæjarstæðið að Þeistareykjum sem er á austurhluta svæðisins (Karl Grönvold og Ragna Karlsdóttir 1975). Þegar kemur að rannsóknarborunum á svæðinu þarf fyrst að afla kalds vatns sem er hvergi á yfirborði og má því átla að bora þurfi a.m.k. 30 m niður til að fá kalt vatn.

Segulmælingar á jörðu voru gerðar 1972 en þær gáfu fremur litlar viðbótarupplýsingar þar sem segulfrávik féllu saman við ummyndun og hita á yfirborði.

Flugsegulmælingar voru gerðar 1974 af Þorbirni Sigurgeirssyni (Raunvísindastofnun) og eru niðurstöður settar fram á korti (óbirt heimild, Fnr. 12749 á OS). Flogið var í 900 m hæð y.s. Endanleg túlkun og umsögn um kortið er ekki fyrir hendi.

Auk jarðsveiflumælinga frá 1961-1963 (G.Pálmason 1971) voru gerðar jarðsveiflumælingar á Kröflu- og Námafjallssvæðinu 1972 og 1973 og nær hluti þeirra yfir á Þeistareykjasvæðið. Ekki hefur verið unnið endanlega úr þessum mælingum en bráðabirgðaniðurstöður benda til að efst sé lag 0 ($V_p = 2,0-3,3 \text{ km/sek}$), þá sé lag 1 ($V_p = \approx 4,1 \text{ km/sek}$), lag 2 ($V_p = \approx 5,2 \text{ km/sek}$) virðist vanta í og neðst er lag 3 ($V_p = \approx 6,5 \text{ km/sek}$). Virðist sem dýpki á lag 3 austan við Reykjaheiði og er talið að lag 2 komi þar inn í staflann, þau skil eru á slóðum syðsta Húsavíkurmisgengisins (Karl Grönvold og Ragna Karlsdóttir 1975). Þessar mælingar eru í endurvinnslu á Orkustofnun um þessar mundir (vor 1981) og vænst niðurstaða á þessu ári.

3. ÁÆTLUN UM FORATHUGUN

Í þessum kafla er fjallað um uppbyggingu og áfangaskiptingu í rannsókn háhitasvæða, og tengsl þeirra við áfangaskiptingu í áætlanagerð vegna virkjana háhitasvæða. Lausleg áætlun er gerð um kostnað og mannaflapörf við að ljúka forathugun á Þeistareykjum.

3.1 Áfangaskipting í rannsókn háhitasvæða

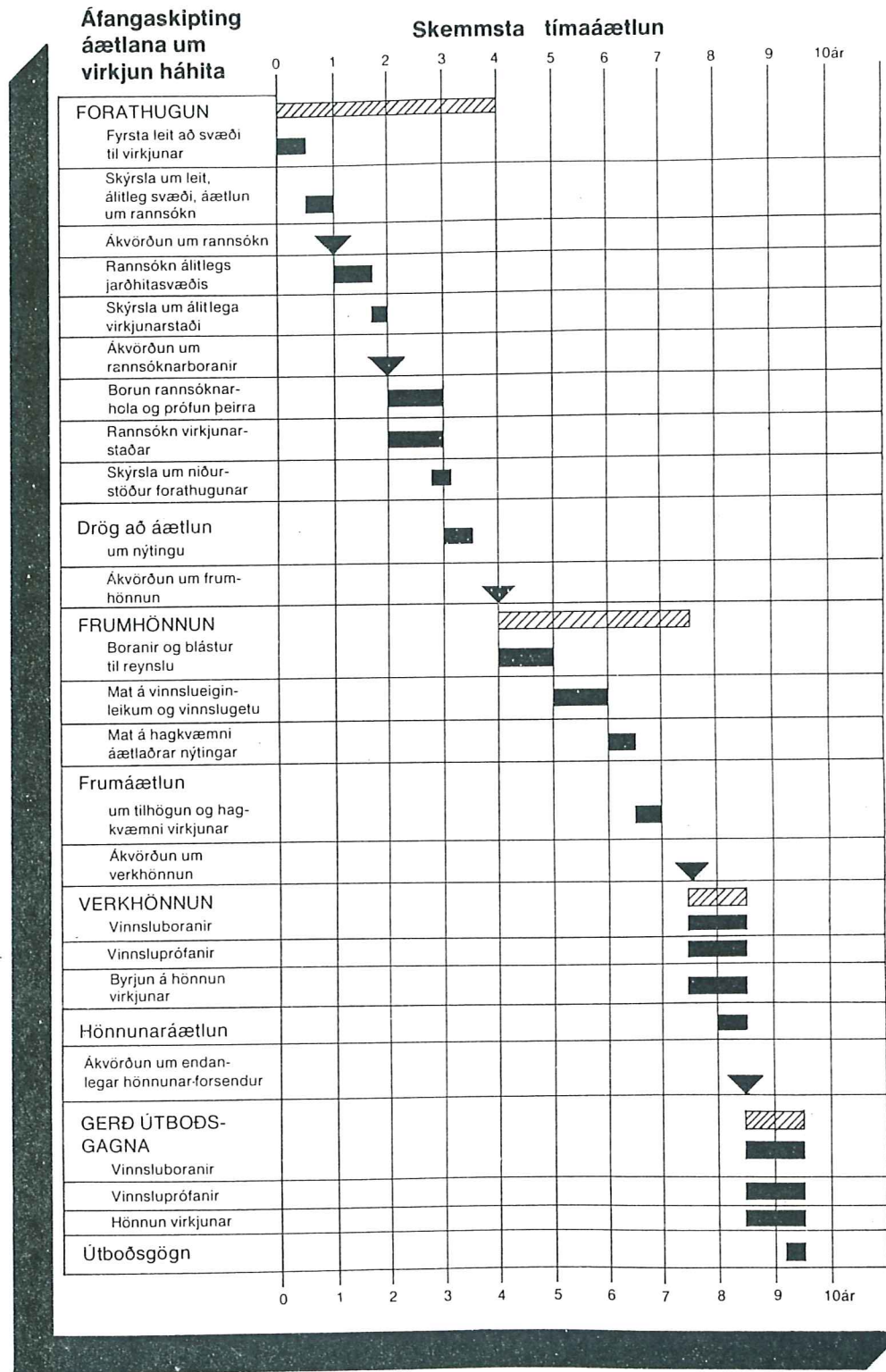
Rannsóknir vegna nýtingar háhitasvæða eru margþætt verk og er þeim skipt í afmarkaða áfanga. Innan hvers áfanga má einnig greina vissa kaflaskiptingu. Uppbygging rannsókna á háhitasvæðum hefur tekið mið af þeirri hefð sem myndast hefur í vatnsorkurannsóknum hér á landi. Sveinbjörn Björnsson hefur skilgreint áfangaskiptingu í rannsókn háhitasvæða (Sveinbjörn Björnsson, 1969, 1979). Á mynd 2 er tillaga Sveinbjörns frá 1979 um áfangaskiptingu áætlana um virkjun háhitasvæða. Henni er skipt í fjóra megin áfanga:

1. Forathugun, sem lýkur með skýrslu um "Drög að áætlun um nýtingu". Þar skal koma fram hvort viðkomandi virkjunarstaður er tæknilega virkjanlegur.
2. Frumkönnun, sem lýkur með "Frumáætlun um tilhögun og hagkvæmni virkjunar". Þar skal koma fram hvort fýsilegt sé að virkja svæðið.
3. Verkhönnun, sem lýkur með "Hönnunaráætlun", þar sem fram kemur hvernig standa skal að virkjun svæðisins.
4. Gerð útboðsgagna þar sem einstakir hlutar mannvirkja eru fullkannaðir og endanlegt mat á virkjunarkostnaði og hagkvæmni er lagt fram.

Í þessari greinargerð er gert ráð fyrir að rannsóknir á Þeistareykjavæðinu fylgi svipaðri áætlun og hér er rakin að ofan. Hér verður þó aðeins fjallað um fyrsta áfangann, Forathugun, enda er gert ráð fyrir að gagnger endurskoðun rannsóknáætlana sé gerð í lok hvers rannsóknar-áfangs.

Forathugunarstigi má greina í þrjá meginkafla:

1. Undirbúningsrannsóknir
2. Yfirborðsrannsóknir
3. Rannsóknarboranir



Mynd 2. Áfangaskipting í rannsókn háhitasvæða. Tillaga Sveinbjörns Björnssonar (1979).

Undirbúningsrannsóknir beinast að mögulegu virkjunarsvæði og athugun á möguleikum til hagkvæmrar nýtingar. Rannsóknir á Þeistareykjasvæðinu hafa náð þessu stigi og næsti kafli, yfirborðsrannsóknir, er rétt hafinn.

Yfirborðsrannsóknir.

Fyrirliggjandi gögn um Þeistareyki benda til þess að áframhaldandi rannsóknir séu æskilegar. Þar sem hlé hefur verið á rannsóknnum tímabilið 1974 - 1981 þarf þó að endurbæta og endurtúlka hluta af þeim rannsóknnum sem þegar hafa verið gerðar. Yfirborðsrannsóknir beinast að því að velja álitlega borstaði innan háhitasvæðis og kanna svæðið í heild. Eftirfarandi aðferðum er einkum beitt í þessu augnamiði:

Jarðfræðikortlagning

Athugun á bergfræði

Kortlagning og athugun á ummyndun

Kortlagning á brotalínum og innskotum

Kortlagning á dreifingu jarðhita og afrennsli

Athugun á varmastraum og hitastigi í jarðvegi

Efnagreiningar á vatni og gufu

Mælingar á samsætum í vatni og gufu

Rafleiðnimælingar

Segulmælingar

Þyngdarmælingar

Jarðsveiflumælingar

Athugun á smáskjálftum

Eiginspennumælingar

Niðurstöður ofangreindra verkþátta eru dregnar saman í:

Jarðfræðikort

Brotalínukort

Líkleg uppbygging berggrunns

Efnasamsetning djúpvökva

Líklegur hiti djúpvökva

Líklegt rennsli djúpvökva

Líklegt rúmmál óeðlilega heits bergs

Líklegur varmastraumur á jarðhitasvæði

Þessi atriði eru grundvöllur að frumlíkani af jarðhitasvæðinu. Á grundvelli þessara gagna er síðan tekin ákvörðun um hvort fýsilegt er að hefja rannsóknarboranir.

Háhitasvæðin á Íslandi eru það breytileg að ekki er hægt að draga ályktanir af reynslu eins svæðis fyrir önnur svæði nema að mjög litlu leyti. Þannig þarf sérstaka rannsókn fyrir hvert svæði og eru yfirborðsrannsóknir þar af leiðandi misítarlegar hvað varðar einstaka rannsóknarþætti. Einnig er misjafnt á hvaða stigi er ráðist í rannsóknarboranir.

Miðað við rannsóknarkostnað í heild er fyrrgreind yfirborðsrannsókn tiltölulega "ódýr". Latur nærri að kostnaður við yfirborðsrannsókn á Þeistareykjasvæðinu sé um 25% af heildarkostnaði við forathugun, sem svo aftur er stærðargráðu ódýrari en frumkönnun.

Vel skipulögð og ítarleg yfirborðsrannsókn getur skipt sköpum hvernig til tekst með fyrstu borholur (rannsóknarholur) á svæðinu og er því fjárhagslega hagkvæm a.m.k. meðan kostnaður við yfirborðsrannsókn er minni en borkostnaður.

Ef niðurstöður yfirborðsrannsókna teljast álitlegar getur það leitt til ákvörðunar um rannsóknarboranir og jafnframt hvar séu álitlegustu borstaðir á svæðinu.

Rannsóknarboranir eru mjög mikilvægur þáttur í rannsókn jarðhitasvæða, því þær koma okkur í beint samband við það jarðhitakerfi sem verið er að rannsaka. Boranir gefa því beinar athuganir á hitastigi og þrýstingi í kerfinu. Rannsóknarboranir eru einnig prófun á hversu vel hefur tekist með yfirborðsrannsóknnum að lýsa gerð jarðhitakerfis. Niðurstöður rannsóknarborana eru auk þess lagðar til grundvallar ákvörðunar um hvort farið skuli út í rannsóknir á vinnslueiginleikum og vinnslugetu jarðhitasvæðisins (frumhönnun).

Borholurannsóknir eru í reynd álíka fjölbreyttar og yfirborðsrannsóknir, og er eftirfarandi aðferðum beitt þar:

Kortlagning á borhraða og skoltöpun
Bergfræðileg athugun á svarfi og kjarna
Efnagreiningar á bergi
Athugun á ummyndun bergs
Mælingar á geislavirkni í jarðlagastafla
Mælingar á poruhluta í jarðlagastafla
Mælingar á eðlisþyngd berglaga
Mælingar á hljóðhraða í borholuveggjum
Mælingar á holuvídd
Mælingar á eðlisviðnámi í borholuveggjum
Mælingar á eiginspennu í borholum
Mælingar á hitastigi í borholum
Mælingar á mismunahita í borholum
Mælingar á þrýstingi í borholum
Kortlagning vatnsæða
Rennslismælingar í borholum
Efnagreining borholuvökva
Mælingar á varmainnihaldi borholuvökva
Aflmælingar borhola
Mælingar á vatnsleiðni

Niðurstöður þessara rannsóknabátta eru dregnar saman í atriði eins og:

Vinnslueiginléikar bergs
Æskileg hönnun vinnsluhola
Vatnsleiðni og vatnsæðar
Jaðar jarðhitakerfis
Rúmmál jarðhitakerfis
Rennsli djúpvökva
Dreifing hita og þrýstings í jarðhitakerfi
Efnasamsetning djúpvökva
Hætta á tæringu og útfellingum
Líklegt afl vinnsluhola
Líkleg vinnslugeta

Á grundvelli þessara niðurstaðna er gert endurbætt líkan að jarðhitakerfi. Það líkan er síðan lagt til grundvallar hvort ástæða sé að hefja rannsóknir á vinnslueiginleikum og vinnslugetu jarðhitasvæðisins (frumkönnun).

Í þessari greinargerð er einungis fjallað um þann áfanga sem hér er kallaður forathugun og lýkur með drögum að áætlun um nýtingu (Pre-feasability study). Hins vegar er rétt að benda á að þetta er einungis fyrsti áfangi í áætlun um nýtingu háhita svo sem fram kemur á mynd 2.

3.2 Áætlun um yfirborðsrannsóknir

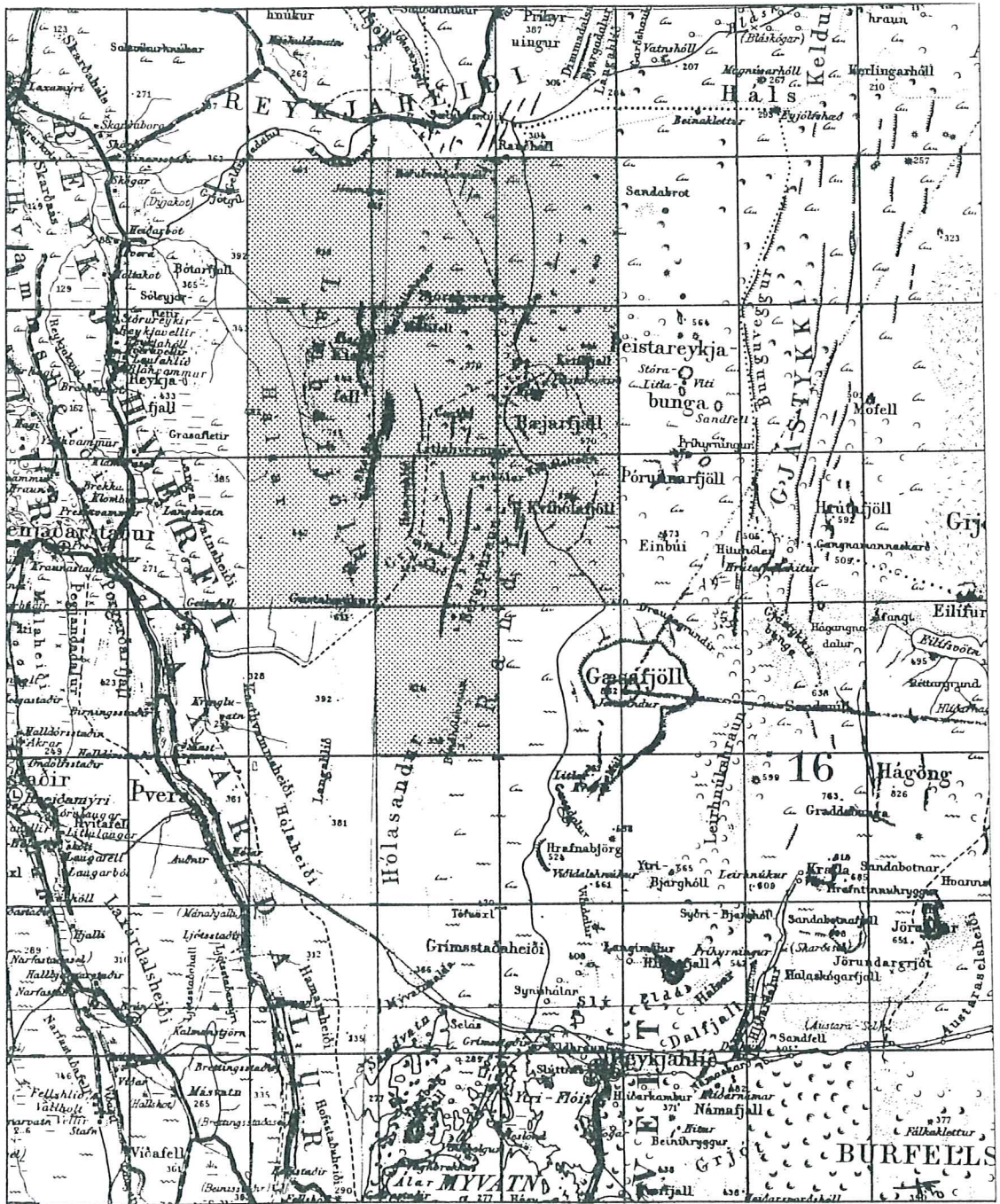
Í þessum kafla eru raktir einstakir þættir yfirborðsrannsókna og gerð tilraun að meta kostnað og mannaflapörf við forathugun á svæðinu.

3.2.1 Kortagerð

Þau kort sem til eru af Þeistareykjasvæðinu eru dönsku herforingaráðskortin 1:100.000, mæld 1938 og endurskoðuð af Landmælingum Íslands 1974, og amerísk herkort í mælikvarða 1:50.000 gerð eftir loftmyndum teknum 1945 og 1946, dönsku kortunum og vegakönnun ameríska hersins 1943, kortin eru unnin 1948-49 og heita AMS SERIES C762. Önnur kort eru ekki til.

Samkvæmt upplýsingum Landmælinga Íslands eru til loftmyndir af Þeistareykjasvæðinu frá 1976 teknar gagngert til gerðar svonefndra ORTHOKORTA, en þau eru raunar stækkaðar og uppréttar loftmyndir (skekka loftmyndanna löguð) og settar inn hæðarlínur. Kortin eru yfirleitt gerð í mælikvarðanum 1:10.000, svart/hvít og seld á tvennu formi: málföst kópía á ljósmyndapappír og röstuð kópía á filmu sem hægt er að fjölfalda á ódýran hátt.

Af ofansögðu er greinilegt að þörf er á nýjum kortum af Þeistareykjasvæðinu ef vinna á þar nákvæma kortlagningu og skipulag. Mælt er með því að reynd verði sú leið til að byrja með að fá orthokort af svæðinu en ef vinna heldur áfram á svæðinu, t.d. fyrirhuguð mannvirkjagerð verði bætt við línukortum, eins og á Kröflusvæðinu. Því er þessi leið valin að hún er ódýrari og margfalt fljótvirkari. Kostnaður er skv. upplýsingum Landmælinga Íslands 27.mars, 1981: orthokort 1:10.000 1600 kr/stk + sölusk. = um 2000 kr/stk. Gert er ráð fyrir að alls þurfi 10 kort = 20.000 kr, sjá mynd 3.



Mynd 3. Skipulag orthokorta á Þeistareykjasvæðinu. Skyggða svæðið eru þau kort sem mælt er með að verði gerð fyrir rannsóknir 1981.

3.2.2 Jarðfræðikortlagning

Jarðfræðikort af Þeistareykjasvæðinu var unnið af Orkustofnun 1972-1974 (Karl Grönvold og Ragna Karlsdóttir 1975) og hvað varðar yfirborðsjarðfræði er ekki miklu sem við það þarf að bæta öðru en gera þarf brotalínunum betri skil og gera sérstakt brotalínukort, einnig mætti athuga betur móbergið á svæðinu og skipta því í einingar. Útbreiðslu jarðhitans þarf að kortleggja nákvæmlega og helst í samvinnu við þá sem taka gassýni. Einnig þyrfti að gera sérstakt hraunakort og kanna betur gossögu svæðisins.

Gert er ráð fyrir að þurfi a.m.k. 4 vikna vinnu við útirannsóknir fyrir tvo menn til að ljúka þessum rannsóknum.

Kostnaður er áætlaður:

2 sérfræðingar í kortlagningu	kr.	90.000
Uppihald, ferðir, bílakostnaður	"	48.000
Úrvinnsla (2 mannmánuðir)	"	45.000
alls	"	183.000

3.2.3. Kortlagning brotalína, dreifing jarðhita og afrennslis

Eins og getið var hér að framan vantar nákvæmt brotalínukort af Þeistareykjasvæðinu, auk þess sem ekki hefur verið kortlögð útbreiðsla jarðhita á yfirborði. Tilgangur með rannsókn á brotalínunum er sá að kanna líklegustu rennslisleiðir vatns neðanjarðar og er þá átt við úrkomu og hið upphitaða úrkomuvatn. Líklegast er að sprungustefna hafi afgerandi áhrif á streymi hita til yfirborðs og virðist raunar sem jarðhitasvæðið kringum gamla Þeistareykjabæinn sé að einhverju leyti tengt misgengjum. Brotalínur hafa einnig afgerandi áhrif hvar ráðist verður í að setja niður mannvirki. Strúktúr svæðisins er mikilvægt að þekkja við túlkanir á ýmsum niðurstöðum jarðeðlisfræðilegra mælinga og ekki síst er farið verður að skyggjast inni vatnabúskap (hydrology) svæðisins. Einnig er æskilegt að fá sem gleggsta sögu brotalína á svæðinu, þá er átt við aldur hinna ýmsu brota, en það er erfitt verkefni. Mætti ef til vill styðjast við öskulög að einhverju leyti.

Dreifing jarðhita á yfirborði gefur beinar upplýsingar um streymi hitans til yfirborðs, hvaða leiðir hann fer og hverjar hafa breyst, þ.e.a.s. hvar hiti hefur horfið af yfirborði vegna umbrota á svæðinu. Afrennsli er erfitt að kortleggja á yfirborði þar sem grunnvatn stendur lágt. Þó er möguleiki að finna megi eitthvað af afrennsli í opnum gjám eða sem gufur um sprungur. Trúlega þarf hér að nýta jarðeðlisfræðilegar mælingar, viðnámsmælingar, en þær hafa gefið góða raun í Kröflu og í Hengli (Freyr Þórarinsson pers. uppl. 1981; Freyr Þórarinsson 1980). Kostnaður við þetta verk er innifalinn í kostn. í 3.2.2.

3.2.4. Bergfræði og ummyndun

Bergfræðirannsóknir eru æskilegur liður í jarðfræðikortlagningu jarðhitasvæða og nauðsynlegur grundvöllur er kemur að úrvinnslu tilrauna- og vinnsluborana.

Talsverðar rannsóknir hafa farið fram á bergfræði hrauna og annara bergmyndana á Þeistareykjasvæðinu, en niðurstöður þeirra eru óbirtar. Mun verða unnið úr þeim rannsóknnum á árinu 1981 í samvinnu við Karl Grönvold, sem vann að rannsóknunum 1973-1974. Líklega þarf að bæta við nokkrum greiningum, en ekki er búist við að þessi þáttur verði umfangsmikill.

Allumfangsmikil rannsókn fór fram á yfirborðsummyndun á Þeistareykjasvæðinu um 1970 og birtust niðurstöður hennar í skýrslu á Orkustofnun 1972 (Halldór Kjartansson 1972). Ekki þykir ástæða til að gera frekari rannsóknir á þessum þætti, þar sem frekari rannsóknir mundu vart gefa verulegar upplýsingar um jarðhitakerfið.

Kostnaður við úrvinnslu bergfræðigagna er áætlaður: kr. 11.000

Kostnaður við viðbótargreiningar og úrvinnslu:

Greining	"	10.000
Úrvinnsla	"	10.000
	"	<hr/> 31.000

3.2.5. Efnagreiningar á vatni og gufu

Engir vatnshverir eru á Þeistareykjasvæðinu, einungis gufuúttreymi. Volgt vatn á svæðinu er yfirborðsvatn, hitað af gufu, en tengist ekki jarðhitakerfinu á annan hátt.

Með rannsókn á gufuúttreymi í gufuaugum fást upplýsingar um rennslisleiðir heita vatnsins í berggrunninum og mat á hitastigi djúpt í jarðhitakerfinu. Mjög margir þættir hafa áhrif á þá samsetningu sem gufan hefur við yfirborð og er því æskilegt að mæla og tengja saman niðurstöður mælinga á sem flestum efnum og efnahlutföllum í sýnum. Einnig er æskilegt að mæla í þeim hlutföll stöðugra samsæta (ísotópa).

Eins og fram kom í inngangi þessarar greinargerðar hafa fram til þessa einungis verið athuguð sýni úr sex gufuaugum og á þeim fóru fram mjög takmarkaðar mælingar (mæling á rúmmálshlutfalli lofttegunda). Því er lagt til að gerð verði ítarleg efnafræðirannsókn á gufu og gasi og rannsókn á stöðugum samsætum.

Kostnaður við rannsókn á gufu og gasúttreymi

Vinna við söfnun sýna	kr.	65.000
Uppihald, ferðir og bílakostnaður	-	35.000
Greining sýna:		
gasgreining	-	8.000
greining annarra aðalefna	-	9.000
samsætugreiningar	-	10.000
greining á radon	-	6.000
greining á kvikasílfri	-	6.000
Úrvinnsla (3 mannmánuðir, 220 tímar pr. mán.)	-	90.000
	kr.	228.000

3.2.6. Athuganir á varmastraumi og hitastigi í jarðvegi

Tilgangur þessarar athugana er að fá fram gróft mat á eðlilegum varmastraumi til yfirborðs á Þeistareykjasvæðinu. Við mat á stærð jarðhitasvæðis og við líkangerð skiptir varmastraumur miklu máli. Á Þeistareykjasvæði er einungis gufustreymi til yfirborðs, og má því reikna með að mikill hluti varmataps svæðisins sé neðanjarðar afrennsli. Það er vissum vandkvæðum bundið að meta þann hluta afrennslisins fyrr en sámlíkt líkan liggur fyrir um gerð jarðhitakerfisins. Grófa mynd af varmastraumi til yfirborðs má fá fram með eftirfarandi aðgerðum.

- a) Meta gufustreymi í einstökum gufuaugum með því að mæla gufuumyndun í völdum gufuaugum og nota þær mælingar sem viðmiðun á gufuaugu sem erfitt er að mæla.
- b) Meta varmastraum í hitaskellum með því að mæla hitastigul niður á 1-2 m dýpi í tiltölulega þéttu neti (1-2 m möskva) yfir þær.
- c) Meta varmastrauminn með því að taka myndir af snjóbráðnun með tíma, og jafnvel mæla snjóþykkt samtímis. Hliðsjón verði höfð af mælingum í b) við kvörðun á myndunum. Þessi aðferð er mjög mikið háð veðurfræðilegum skilyrðum. Helst verður að notast við lognfallna snjókomu á auða jörð. Síðan þarf að birta vel upp til myndatöku, og myndatakan þarf að hefjast þá. Hér er reiknað með útivinnu tveggja manna í 2 vikur við undirbúning að myndatöku, mælingar á gufustreymi og hitastigli, en einni mannviku í myndatökum. Kostnaður verður þá:

Undirbúningur	kr. 46.000
Myndataka	- 30.000
Úrvinnsla	- <u>30.000</u>
	- 106.000

3.2.7. Rafleiðni mælingar

Til eru 30 Schlumbergermælingar og ein tvípólmæling frá 1972 og 1973. Mælingarnar eru misjafnar að gæðum. Afmörkun svæðisins til suðurs er talin glögg en óljós til annarra átta. Ekki hefur verið reynt að mæla þar sem land er erfitt yfirferðar. Til að ákvarða mörk svæðis betur og kanna jafnframt betur hvernig viðnám vex með dýpi inni á sjálfu lágviðnámssvæðinu er lagt til að beitt verði bæði Schlumberger- og fjórþólmælingum. Til greina kæmi einnig að nota rafsegul-

mælingar svo sem AMT, MT og TDEM. Þar sem tækjakostur er ekki fyrir hendi í landinu eins og er þykir ekki rétt að gera áætlun um þessar mælingar að svo stöddu.

Schlumberger mælingar. Hér er reiknað með að 20-30 mælingar verði gerðar til viðbótar þeim sem þegar liggja fyrir. Reiknað er með að fjögurra manna mælingaflokkur mæli 5 mælingar á viku og heildarkostnaður mælingaflokks sé 49.000 kr. á viku. Úrvinnsla 5 mælinga er talin kosta 54.000 kr. Heildarkostnaður er því:

Mælingar	kr. 294.000
Úrvinnsla	- <u>324.000</u>
	- 618.000 kr.

Æskilegt er að gera mælingarnar í tveim áföngum (tvö sumur) þannig að tími vinnist til úrvinnslu á milli.

Fjórþólmælingar. Þessi mæliaðferð hefur verið reynd á Kröflusvæði og styrkti þar þá mjög þá viðnámsmynd sem Schlumbergermælingar gáfu. Hér er gert ráð fyrir að sex manna mælingaflokkur vinni í 3 vikur á Þeistareykjasvæði. Er þá reiknað með að allgott mælinet fái af öllu svæðinu. Reiknað er með að vikukostnaður við slíkan flokk og leiga á rafstöð sé 80.000 kr. á viku. Kostnaður er því

Undirbúningur	kr. 50.000
Mælingar	- 240.000
Úrvinnsla	- <u>180.000</u>
	- 470.000 kr

Heppilegt er að þessar mælingar verði gerðar í einni lotu.

3.2.8. Segulmælingar.

Allgott flugsegulkort með marktækum segulfrávikum er til af Þeistareykjasvæði. Æskilegt væri að segulkortið næði yfir nokkuð stærra svæði en nú er. Hins vegar er hér ekki lagt til að í það verk verði ráðist á þessu stigi. Það mál þyrfti að taka upp í víðar samhengi þar sem stefnt væri að nákvæmari kortlagningu sem tengdi saman svæðin við Kröflu, Þeistareyki og Gjástykki.

Seinni tíma rannsóknarniðurstöður gætu kallað á kortlagningu fínni segulfrávika með mælingum á yfirborði. Í þessarri áætlun er því ekki gert ráð fyrir frekari segulmælingum að sinni.

3.2.9. Þyngdarmælingar og nákvæmar hæðarmælingar

Háhitasvæðin í nyrðra gosbeltinu eru tengd megineldstöðvum og sprungusveimum sem ganga gegn um eldstöðvarnar. Þyngdarkort af slíkum megineldstöðvum endurspeglar innri gerð eldstöðvarinnar svo sem nýlega hefur verið sýnt fram á t.d. á Kröflusvæðinu. Hér er lagt til að stefnt verði að því að gera þyngdarkort af Þeistareykjasvæðinu. Samhliða þyngdarmælingunum sjálfum þarf að gera nákvæmar hæðarmælingar á þeim stöðum sem þyngdarmælingar eru gerðar á.

Auk þess sem þyngdarkort gefur upplýsingar um innri gerð Þeistareykjaeldstöðvarinnar eru bæði þyngdarmælingar og nákvæmar hæðarmælingar nauðsynlegur viðmiðunargrundvöllur ef til vinnslu kemur á svæðinu og ómetanlegar upplýsingar ef umbrot hefjast á þessum sprungusveim. Hér er reiknað með að þyngdarkort verði byggt á mælineti með 1-2 km mörskvastærð, og er kostnaður við þær mælingar lauslega áætlaður 225.000 kr. en úrvinnsla um 100.000 kr. Heildarkostnaður er því áætlaður 325.000 kr. Eðlilegt væri að vinna þetta verk í tveim áföngum, þannig að fyrri sumarið verði mælt í grófu neti, en síðan fyllt upp í kortið eftir að fyrsta úrvinnsla liggur fyrir.

3.2.10. Smáskjálftar og jarðsveiflumælingar

Kortlagning á smáskjálftum gefur upplýsingar um brotalamir í innri gerð háhitasvæða. Til þess að þessi strúktúr komi fram þarf að skrásetja nægilegan fjölda skjálfta. Söfnunartími er því langur þar sem skjálftavirkni er lítil, en góðar upplýsingar fást á skömmum tíma þar sem skjálftavirkni er mikil. Á síðustu árum hefur skjálftavirkni verið mjög lítil á Þeistareykjasprungusveimnum og er það talin vera afleiðing þess að sprungusveimurinn um Kröflu leysir úr læðingi meginhluta spennunnar í jarðskorpunni í þessum landshluta. Það er því rétt að gera ráð fyrir að það þurfi langan tíma til þess að safna nægilega mörgum skjálftum á Þeistareykjasprungusveimnum til þess að marktæk mynd fái st. Hér er reiknað með að það þurfi 6-12 mánaða samfellda skrásetningu til þessarar nota. Kostnaður er því talinn vera:

Skrásetning skjálfta	kr. 750.000
Úrvinnsla	- <u>200.000</u>
	- 950.000

Nokkrar jarðsveiflumælingar voru gerðar á Þeistareykja- og Kröflu-
svæði á árunum 1972 og 1973. Úvinnslu þessara mælinga er ekki lokið,
og er því ekki ástæða að gera ráð fyrir frekari jarðsveiflumælingum nú.

3.2.11. Eiginspennumælingar

Tilgangur þessarra mælinga er að kortleggja sprungur með vatnsrennsli.
Frávik koma fram hvort sem sprungurnar sjást á yfirborði eða ekki.
Reynsla af þessarri mæliaðferð hér á landi er tiltölulega takmörkuð,
en mælingar á öðrum háhitasvæðum hafa sýnt athyglisverð frávik, sem
hægt hefur verið að tengja strúktúr svæðanna. Hér er reiknað með
mælingarvinnu tveggja manna í tvær vikur við þetta verk. Kostnaður
við mælingavinnu er talinn vera 25.000 kr. á viku en úrvinnslukostnaður
alls 100.000 kr. Heildarkostnaður er því

Mælingar	kr. 50.000
Úrvinnsla	- <u>100.000</u>
	- 150.000

3.3 Rannsóknarboranir

Boranir eru nauðsynlegur þáttur jarðhitarannsókna, því þær gefa beinar
og óbeinar upplýsingar um gerð þess jarðhitakerfis sem verið er að
rannsaka.

3.3.1 Undirbúningur

Aður en boranir geta hafist á Þeistareykjum þarf að athuga eftirfarandi:

Öflun kalds vatns. Kalt vatn til rannsóknarborana er ekki á Þeistareykja-
svæði nú og þarf því að afla þess með borunum. Til greina koma tvær
aðferðir, að bora með lofti eða höggbora. JBR telur að kostnaður við
þessar tvær boraðferðir sé svipaður eða um 200.000 kr. á holu. Höggbors-
holur eru víðari en holur boraðar með lofti, og eru því hagkvæmari til

vinnslu kalds vatns en holur boraðar með lofti. Hins vegar er mun fljótlegra að bora holur með lofti, og er sú aðferð heppilegri í leit að góðum stað til vinnslu kalds vatns. Fyrir rannsókn jarðhitasvæðisins skiptir staða grunnvatns miklu máli, og er því talið æskilegt að loftbora þrjár kaldavatnsholur til þess að kanna og fylgjast með grunnvatnsstöðu. Ein höggborshola verði boruð sem vinnsluhola. Heildarkostnaður við þetta verk er áætlaður 800.000 kr.

Vegagerð. Þeistareykir eru í 18 km fjarlægð frá Kísilveginum, og er núverandi vegarslóði ekki gerður fyrir þá umferð sem er samfara borframkvæmdum. Nauðsynlegt er því að endurbæta veg, og hér er lauslega áætlað að um 1 Mkr. þurfi til þess.

Eignarréttur. Eigendur Þeistareykjalands frá fardögum 1915 eru Reykdæla- og Aðaldælahreppar í Þingeyjarsýslu samkvæmt afsali sem Ráðherra Íslands gerði 14. sept. 1915. Undanskildir afsali eru brennisteinsnámur með landsréttindum til að nýta þá.

Áður en til borana kemur á Þeistareykjasvæði þarf ríkið að gera samkomulag við ofangreinda hreppa sem taki til jarðhitánýtingar á Þeistareykjum. Í samkomulagi þessu þarf að koma skírt fram hvort landeigendur (hrepparnir) eða eigendur námanna (ríkið) eigi rétt til jarðvarmanýtingar á svæðinu. Æskilegt væri að þessar viðræður hefust strax á árinu 1981.

Umhverfisvernd. Þeistareykir eru háðir almennum lögum um náttúruvernd og eru utan þess svæðis sem sérstök lög um Mývatn og Laxá ná til. Náttúruverndarráð gerir ráð fyrir því að svæðið verði nytjað (Fjölrít Náttúruverndarráðs nr.3).

Rannsóknaráætlun svæðisins þarf að leggja fyrir samstarfsnefnd Náttúruverndarráðs og Iðnaðarráðuneytis. Náttúruverndarráð gefur umsögn að lokinni náttúruverndarkönnun og leggur fram óskir um meðhöndlun lands og hvort og þá hvaða hlutar þess skuli vera sérstaklega verndaðir.

3.3.2 Borun tveggja rannsóknarhola

Hér er reiknað með að boraðar verði tvær rannsóknarholur, önnur um 1 km á dýpt hin um 1,5 km að dýpt. Gert er ráð fyrir að 9 5/8" vinnslufóðring verði á bilinu 300 - 500 m en 7 5/8" raufaður leiðari þar fyrir neðan. JBR áætla að kostnaður við 1000 m holu sé um 3,5 Mkr en 5,5 Mkr við 1500 m holu.

Gert er ráð fyrir að settur verði blástursbúnaður með hljóðdeyfum á báðar holur þannig að hægt sé að mæla rennsli og varmainnihald borholuvökvans. Áætlaður kostnaður er 1,1 Mkr.

3.3.3. Rannsóknir og mælingar við boranir.

Í kafla 3.1 er upptalning á aðferðum sem notaðar eru í borholurannsóknnum. Gert er ráð fyrir að 2 - 3 sérfræðingar séu að staðaldri á svæðinu á meðan á borun stendur. Einnig að borholumælingar séu gerðar meðan á borun stendur. Kostnaður verður þá:

Rannsóknir og eftirlit	kr. 250.000
Borholumælingar	- 280.000
Úrvinnsla	- <u>220.000</u>
	- 750.000

3.3.4. Rannsóknir á blásturseiginleikum

Gert er ráð fyrir að holurnar verði blástursreyndar hvor um sig í um 3 mánaða skeið, en þó þannig að áhrif blásturs annarrar holunnar sé ákvarðað í hinni holunni. Afl holanna, efnasamsetning borholuvökva, varmainnihald borholuvökva, hiti og þrýstingur verði athugað gaumgæfilega. Kostnaður er áætlaður:

Mælingar og sýnatoka	kr. 180.000
Borholumælingar	- 150.000
Efnagreiningar	- 30.000
Úrvinnsla	- <u>130.000</u>
	- 490.000

3.4. Yfirlit um forathugun

Í töflu 1 er sýnt yfirlit um áætlaðan kostnað og mannaflapörf við að ljúka forathugun á Þeistareykjasvæðinu.

TAFLA 1

Yfirlit um kostnað og mannaflapörf við forathugun á Þeistareykjasvæði

VERKEFNI	Kostnaður	Mann
	kkkr	vikur
Umsjón og samræming	1200	120
Kortagerð	20	-
Jarðfræði kortlagning	180	16
Bergfræði og ummyndun	20	4
Efnagreiningar á vatni og gufu	230	22
Varmastraumur	110	8
Rafleiðni - Schlumberger	620	48
Rafleiðni - Fjórþóll	470	42
Þyngdar og hæðarmælingar	330	30
Smáskjálftar og jarðsveiflumælingar	950	80
Eiginspennumælingar	150	14
Öflun kalds vatns	800	4
Borun tveggja rannsóknahola	9000	-
Holutoppar og blástursbúnaður	1100	4
Rannsóknir og mælingar við borverk	750	80
Rannsóknir á blásturs eiginléikum	490	50
Summa	16.420	522

522 mannvikur = 13 mannr

4. TILLAGA UM RANNSÓKNIR 1981

Athugaðar hafa verið tvær leiðir innan þess fjárveitingaramma (500 kkr) sem er til verkefnisins.

- A. Framkvæma fyrstu aðgerðir í kaldavatnsöflun t.d. með borun einnar kaldavatnsholu og sinna jafnframt nauðsynlegustu aðgerðum í yfirborðsrannsóknnum.
- B. Nota fjármagn eingöngu til yfirborðsrannsókna.

Með tilliti til að núverandi fjárveiting er aðeins 16% af kostnaði við yfirborðsrannsókn eina (3080 kkr), þótti ekki ástæða að leggja mikla áherslu á kaldavatnsöflun á þessu stigi málsins. Hér er því lagt til að seinni leiðin (B) verði valin. Nánar tiltekið er lagt til að fjárveiting ársins 1981 skiptist þannig:

Orthokort	20.000 kr.
Jarðfræðikortlagning	70.000 -
Efnafræði gass og gufu	210.000 -
Rafleiðnimælingar	<u>200.000 -</u>
Summa	500.000 kr.

Með þessarri tilhögun er gert ráð fyrir að nægjanlega góð kort séu til fyrir rannsóknir næstu ára og að meginhluta jarðfræðikortlagningar verði lokið. Efnafræðirannsóknir ættu í stórum dráttum að vera nægilegar þar til að borun kemur, og rafleiðnimælingarnar gætu náð til helmings þeirra Schlumbergermælinga sem áætlaðar eru í 3.2.7.

5. LOKAORÐ

Hér hefur verið tekið saman áætluð þörf á fjármagni og starfsliði til að ljúka fyrsta áfanga, forathugun, í rannsókn háhitasvæðisins á Þeistareykjum. Heildarkostnaður við þennan áfanga er lauslega áætlaður um 16 Mkr. Meginhluti þess kostnaðar tengjast borunum, en yfirborðsrannsóknir eru áætlaðar að kosta um 3 Mkr. Mannaflapörf er allveruleg svo sem fram kemur í Töflu 1. Þörf sérfræðinga til yfirborðsrannsókna er áætluð 7,5 mannár en 5,5 mannár við rannsóknarboranir, eða alls 13 mannár. Fjárveiting 1981 til rannsókna á Þeistareykjum er um 3% af áætluðum kostnaði við forathugun á svæðinu. Í kafla 4 er gerð tillaga um að þessu fé verði varið í kortagerð, jarðfræðiathuganir, efnagreiningar á hveragasi og til rafleiðnimælinga.

HEIMILDIR

Guðmundur Pálmason 1971, sjá Pálmason, G. 1971.

Halldór Kjartansson 1972: Leirmyndanir í Dalasýslu og Þingeyjarsýslum.
Orkustofnun-JKD. 53s, 39m.

Karl Grönvold & Ragna Karlsdóttir 1975: ÞEISTAREYKIR - Áfangaskýrsla
um yfirborðsrannsóknir jarðhitasvæðisins. Orkustofnun-JHD.
7501. 26s, 11m.

Kristján Sæmundsson 1974, sjá Sæmundsson, K. 1974.

Ragna Karlsdóttir 1974: Forundersögelse af Þeistareykir-området.
Eksamensprojekt í teknisk geologi, B710905. Danmarks Tekniske
Højskole. 38s, 30 próf, 14m.

Pálmason, G. 1971: Crustal structure of Iceland from explosion seismo-
logy, Rit 40, Soc.Sci. Islandica, 187s.

Sveinbjörn Björnsson 1969: Áætlun um rannsókn háhitasvæða. Orkustofnun
Ágúst 1969, 18s, 7 töflur, 19 myndir.

Sveinbjörn Björnsson 1979: Áfangaskipting áætlana um virkjun háhita.
Fréttabréf VFI, 4 árg. 11 tbl. 14 sept 1979.

Sæmundsson, K. 1974: Evolution of the axial rifting zone in northern
Iceland and the Tjörnes Fracture Zone. Geol. Soc. Am. Bull.,
85, 495-504.

Ward P.L. & Björnsson, S. 1971: Microearthquakes, swarms and the geo-
thermal areas of Iceland. J.Geophys. Res., 76, 3953-3982.

Zverev, S.M., S.A.Boldyrev, V.Yu.Bourmin & V.I.Mironova 1978: Weak
earth-quakes in the northern part of the rift zone of Iceland,
J.Geophys. 44, 283-296.