



KRÍSUVÍKURÁÆTLUN 1970-1872.

Staðsetning rannsóknarborhola og  
áætlun um rannsóknir og boranir.

eftir

Guðmund Guðmundsson,  
Jón Jónsson,  
Stefán Artnórsson og  
Stefán G. Sigurmundsson.

Desember 1970.

ORKUSTOFNUN  
Jarðhitadeild

KRÍSUVÍKURÁÆTLUN 1970-1972.

Staðsetning rannsóknarborhola og  
áætlun um rannsóknir og boranir.

eftir

Guðmund Guðmundsson,  
Jón Jónsson,  
Stefán Arnórsson og  
Stefán G. Sigurmundsson.

Desember 1970.

## EFNISYFIRLIT

	bls.
0 Tilgangur rannsóknarborana	1
1 Staðsetning rannsóknarborhola	2
2 Jarðlög á borstöðum	5
3 Frumrannsókn	9
4 Djúprannsókn	14
5 Starfslið	18
6 Borframkvæmdir	19
7 Heildargreiðsluáætlun	30

## 0. Tilgangur rannsóknarborana.

Rannsóknarboranir auðvelda túlkun mælinga á yfirborði og gefa auk þess beina vitneskju um hita í bergi, efnasamsetningu vatns, vatnsæðar og gerð jarðlaga, en slík vitneskja er nauðsynleg til þess að meta vinnslumöguleika og vinnslueiginleika jarðhitasvæðisins. Rannsóknarboranir eru nauðsynlegur þáttur í mati á stærð jarðhitasvæðis.

## 1. Staðsetning rannsóknarborhola.

Viðnámsmælingar sýndu stórt svæði með óeðlilega lágt viðnám (mynd 1). Þessar mælingar eru ásamt jarðhitamerkjum á yfirborði helzta tæki okkar til að mæla víðáttu jarðhitasvæðis. En fleira hefur áhrif á viðnám en hiti, einkum gerð bergsins, vatnsinnihald og selta. Þarf því að bera viðnámsmælingarnar saman við berglög, beinar hitamælingar í borholum og seltu vatnsins í þeim.

Á svæðinu vestan Sveifluháls er lágt viðnám og kemur hvergi fram hátt viðnám á >200 m dýpi undir hraunum, sem ná þaðan og suður í sjó. Salt hefur svipuð áhrif á viðnám og hiti, og torveldar þetta túlkun viðnámsmælinganna.

Jafnvel þótt háhitasvæði sé fullnýtt er ólíklegt að vinnsluholur verði nema á litlum hluta þess. Þegar þrýstingur lækkar á vinnslusvæðinu streymir vatn að. Þannig nýtist varmi bergsins á stóru svæði. Samfelldar mælingar á hita, þrýstingi og efnasamsetningu í óvirkjuðum holum um allt svæðið eru meðal mikilvægustu upplýsinga, sem unnt er að afla um þróun háhitasvæðis. Vonumst við til, að allar rannsóknarholurnar, sem við mælum með, að verði boraðar til djúprannsóknar, komi einnig að góðum notum í þessu skyni, ef lagt verður í mikla orkuvinnslu á Krísuvíkursvæðinu.

Tillögur okkar um rannsóknarboranir eru eftirfarandi:

### 1.1 Suðurendi Kleifarvatns.

Viðnámsmælingar, efnasamsetning á gasi og hitastigull í grunnum borholum eru í samræmi við þá hugmynd, að þarna streymi heitt vatn upp af miklu dýpi og því ákjósanlegt virkjunarsvæði. Í Seltúni lækkar hiti í gufuborsholum neðan 500 m.

### 1.2 Trölladyngja.

Jarðhiti og viðnámsmælingar sýna, að talsvert uppstreymi kann að vera á svæði norðaustur af Trölladyngju. Samsetning gass bendir til nokkru lægri hita en við suðurenda Kleifarvatns. Lega Trölladyngjusvæðisins er hagkvæm fyrir hitaveitu á höfuðborgarsvæðinu.

### 1.3 Torfabæli.

Þessi staður er í vesturjaðri svæðis með viðnám  $<10 \Omega$ m. Þetta lága viðnám stafar a.m.k. að nokkru leyti af jarðhita, en við vitum ekki, hvort salt hefur einnig veruleg áhrif á vesturhluta svæðisins. Samkvæmt viðnámsmælingum færi vel á, að salt byrjaði á 60-100 m dýpi, en skilin, sem þar koma fram, gætu einnig stafað af ummyndun. Ef svo færi, að magn salts vatns í jarðlögum vestan Sveifluháls reyndist mikið, svo að um vinnslu gæti orðið að ræða, væri sennilega hentugast að hafa hana á þessum slóðum, vegna þess að þar yrði vatnið heitast.

#### 1.4 Suðurendi Djúpavatns.

Viðnám er herra en í Torfabæli, en þó svo lágt, að jarðhiti eða salt hlýtur að valda. Holan er einkum ætluð til saltleitara og að kanna réttmæti þess að álíta, að jarðhitinn við Krísuvík og Trölladyngju sé á samfelldu jarðhitasvæði.

Rétt er, að endurskoða ákvörðun um staðsetningu þessarar holu, þegar búið er að bora við Kleifarvatn, Trölladyngju og Torfabæli. Ef horfur eru á, að stórfelld orkuvinnsla verði bæði við Kleifarvatn og Trölladyngju, er hola vel staðsett við Djúpavatn. Reynist hins vegar saltlaust en mikill hiti við Torfabæli og horfur á, að orkuvinnsla verði eingöngu við Kleifarvatn mætti e.t.v. styðjast við viðnámsmælingarnar eingöngu til að meta hita á þessum slóðum. Önnur staðsetning kynni að henta betur til að kanna stærð og síðar þróun svæðis, sem nýttist til gufuvinnslu við Kleifarvatn.

#### 1.5 Austurengjahver.

Þessi staðsetning er óákveðin og háð árangri af fyrri borunum og mælingum, sem eftir er að framkvæma. Möguleiki er þó á, að sjálfsagt verði að bora þarna. Er hann sá, að útkoman við suðurenda Kleifarvatns verði miklu lélegri en við eignum von á. Jarðhitinn í Krísuvík hlýtur einhvers staðar að koma upp, og að suðurenda Kleifarvatns frágengnum er þarna líklegasta svæðið. Reynist hinsvegar fyrsta holan í samræmi við þá hugmynd okkar, að uppstreymissvæði sé við suðurenda Kleifarvatns, ætti annað sjónarmið að ráða við næstu rannsóknarboranir.

Þegar búið er að finna álitlegt vinnslusvæði, er hentugt að bora rannsóknarholur til að kanna það þess. Árangurinn af slíkri borun verður þá annaðhvort stækkun á áætluðu vinnslusvæði eða hola, sem gefur gagnlegar upplýsingar um vatnskerfi svæðisins fljótlega eftir að vinnsluholur byrja að blása.

Æskilegt verður að fá holu við Austurengjahver, ef stórfelld orkuvinnsla hæfist við Kleifarvatn.

Að loknum þessum borunum og þeirri frumrannsókn, sem eftir er að framkvæma, vonumst við til að geta bent á eitt eða tvö álitleg vinnslusvæði og þekkja samilega stærð jarðhitasvæðisins og möguleika á saltvinnslu. Þetta ætti að verða á miðju ári 1972. Ef borun gengur vel og sérstök ástæða verður til að hraða þessu verki, gæti það orðið nokkru fyrr með því að veita því forgangsrétt um tíma sérfræðinga.

#### 1.6 Gufuborshola.

Hvorki viðnámsmælingar né áður nefndar rannsóknarboranir veita neina beina vitneskju um ástand bergs og vatns fyrir neðan 1000 m. Líklegt er, að hagkvæmt verði að nýta vatnsæðar á meira dýpi. Hér er gert ráð fyrir að bora eina 1800 m djúpa gufuborsholu. Ef staðsetning hennar og borun tekst samilega er hægt að gera fyrstu áætlun um afköst fáeinna hola og bor-kostnað þótt ályktanir frá einni holu verði ekki sem áreiðanlegastar. Lítið verður vitað um mestu afköst sem hagkvæmt geti verið að vinna á svæðinu né endingu þess við stórfellda orkuvinnslu í langan tíma. Það tekur u.þ.b. 40 daga að bora gufuborsholu, og til rannsókna á henni getur þurft 6 mánuði.

## 2. Jarðlög á borstöðum.

### 2.1 Inngangur.

Bergtegundum þeim, sem koma fram á yfirborði jarðar á Reykjaneskaga, má skipta í þrjár megin deildir:

- 1) Grágrýtismyndunina (interglacial)
- 2) Móbergsmyndunina (glacial)
- 3) Hraun runnin eftir lok ísaldar

Afstaða grágrýtis og móbergs er ekki greinileg nema á stöku stað og aldur grágrýtis mismunandi. Því til sönnunar má geta þess, að sum hraunanna, sem runnin eru eftir ísöld, eru það, sem við í daglegu tali nefnum grágrýti, þ.e. dóleritískt ólivinbasalt. Slík hraun hafa runnið allt frá því á Tertier og mynda aðeins lagskipunardeildir á afmörkuðum svæðum.

Móbergsmyndunin á þessum slóðum er heldur ekki öll frá sama tíma, og þessar tvær myndanir geta gripið hver inn í aðra þannig að aldurshlutföll verði óljós. Hér verður grágrýtis nafnið aðeins notað um þau jarðlög, sem sannanlega eru til orðin áður en síðasta ísöld gekk yfir þetta svæði. Allur vesturhluti Reykjaneskaga var orðin íslaus löngu áður en ís hvarf af hálendinu.

Nokkrar staðreyndir, sem hér verða ekki raktar, benda til þess að móbergshryggirnir Sveifluháls og sennilega einnig Vesturháls séu gosmyndanir frá næst síðustu ísöld, á nokkuð mismunandi tímum. Má víða sjá þess merki að þarna voru margar samsíða gosstöðvar. Gerð þessara móbergshryggja er ákaflega óregluleg. Þar skiptist á túff, þursaberg, bólstra-berg og þétt basalt. Auk þess finnast laus aska og sandur innanum.



Jarðsveiflumælingar sýna 1 km. dýpi á lag með hraða 4.35 km/sek með vegi sunnan Grænavatns. Þetta er líklega Tertier myndun, sem kemur fram á yfirborði skammt austan við Reykjavík og við Selfoss. Sveinbjörn og Ward endurtúlkuðu þessa mælingu í sambandi við smáskjálftamælingarnar og fengu lagskipti á 100, 600, 2800 og 6300 m dýpi. Í gufuborsholum í Seltúni koma fram skil í móberginu á 200 m dýpi, og viðnámsmælingar sýna lagskipti á 60-150 m dýpi. Gufuborsholurnar lenda í basalti á 500-600 m dýpi. Engin örugg vitneskja um lagskipti basalts og móbergs kemur fram í viðnámsmælingum, enda eru aðstæður örðugar til þess að sýna lagskipti á miklu dýpi. Á einstöku mælingum vestan Sveifluháls koma fram lagskipti á 200-400 m dýpi, þar sem komið er í þéttara og betur leiðandi berg. Gæti hér verið um að ræða mörk basalts- og móbergsmýndunar eða misgamals móbergs.

Við teljum líklegt, að basaltmyndun hefjist á 300-600 m dýpi á Krísuvíkursvæði, en samkvæmt áður nefndum rannsóknum sést, að mikil óvissa er um efri mörk þessarar myndunar. Samanburður við basaltmyndun neðan 800 m á Reykjanesi bendir til þess, að þykk millilög geti verið í basaltmynduninni undir Krísuvíkursvæði.

## 2.2 Suðurendi Kleifarvatns.

Borholan var staðsett nálægt fyrstu holunni, sem boruð var í Krísuvík, árið 1941. Á yfirborði er bólstraberg og mikil ummyndun og réði hið síðara nákvæmri staðsetningu holunnar. Í Gufuborsholum í Seltúni koma fram lagskipti í móbergsmýndun á um 200 m sýpi. Myndunin ofan lagskiptanna tilheyrir líklega Sveifluhálsi, en neðan þeirra er eldri móbergsmýndun, sem er þéttari og meira ummynduð.

Við álitum, að við suðurenda Kleifarvatns séu þessi lagskipti á 100 m dýpi. Hrunhætta ætti að vera minni í eldra móberginu, og ef vel tekst til er ummyndun í yngra móberginu, sem dregur úr hrunhættu þar. Neðarlega í báðum móbergsmyndunum má gera ráð fyrir bólstrabergi. Tektoniskar sprungur eru til beggja hliða við borstað.

### 2.3 Trölladyngja.

Móberg er alls staðar á yfirborði umhverfis borstað, mest ber á mismunandi gerð af breksíu. Bólstraberg er þó ekki fjærri, því Oddafell allt er úr því. Ummyndun er lítil á borstaðnum, en mjög mikil ummyndun er í Sogum og eins í Oddafelli. Grágrýti kemur hvergi fram á þessu svæði.

Viðnámsmælingar veita engar upplýsingar um lagskipti í móberginu þar sem mælt var á þykku, þurru hrauni. Tektoniskar sprungur eru til beggja hliða rétt við borstað.

### 2.4 Torfabæli.

Borholustæðið er í vesturjaðri móbergsmyndunar Sveifluháls eins og hún sést á yfirborði. Ekki er hægt að sjá gerð móbergsins þar. Viðnámsmæling 2 km. suðvestan borsvæðisins sýnir, að á 360 m er komið í þéttara berg, en ekki er ljóst hvort um móbergs- eða basaltmyndun er að ræða. Engin jarðhiti er á yfirborði við borholustæðið og ekki nær en um 300 m þar fyrir vestanvið læk ígili. Engin ummyndun er sjáanleg á yfirborði, en líklegt er að ummyndun komi fyrir þegar nokkuð kemur niður í berglögin, enda ekki langt í ummyndað berg, hvorki til austurs eða vesturs. Misgengi mun vera nálægt þessum borstað, en óvísst hvort það er svo nærri að það komi að sök.

## 2.5 Djúpavatn.

Allt bendir til að svipuð berglög séu við Djúpavatn og Torfabæli. Viðnámsmæling með miðju 0.7 km sunnan borsvæðis við Djúpavatn sýnir lagskipti á 230 m dýpi. Sennilega er um sömu lagskipti að ræða og komu fram á 360 m suðvestur af Torfabæli. Á yfirborði er móberg, ólgaskipt í nágrenni borstæðis og óummyndað, en talsvert víðáttumikil ummyndun er 0.5-1 km sunnan Djúpavatns. Gossprungur og misgengi eru til beggja hliða við borstað, og ekki langt frá. Næsta misgengi liggur um Traðarfjöll og myndar lítinn sigdal að þeim endilöngum. Gosið hefur í báðum sprungunum. Um vestanvert Djúpavatn liggur misgengislína, önnur í miðri hlið þar vestur af og sú þriðja um há-hálsinn.

## 2.6 Austurengjahver.

Þessi borhola var staðsett um 200 m fyrir norðan Austurengjahver. Í fárra tuga metra fjarlægð frá borstæðinu er 100°C á yfirborði og allmikil ummyndun. Berglög á yfirborði eru bólstraberg og móbergspursi og má ætla að sú myndun nái álíka langt niður og við suðurenda Kleifarvatns. Ein aðal misgengislínan austan Krísuvíkur liggur nálægt Austurengjahver, að því er virðist nokkuð austan við hann, svo suður um Litla-Auga og Stóra-Auga og suður yfir austanvert Bæjarfell.

Eins og fram hefur komið hér að framan er vitneskja okkar um jarðlög undir yfirborði á borstöðum ærið takmörkuð og kostnaðaráætlun um borframkvæmdir að því skapi ónákvæm.

Brotalínur eru við eða í næsta nágrenni allra þeirra borstaða, sem hér hafa verið nefndir. Það sýnist því ráðlegt að gera ráð fyrir að þær geti valdið nokkrum óþægindum við framkvæmdir borana.

### 3. Frumrannsókn.

#### 3.1 Inngangur.

Í töflu 1 er yfirlit um kostnaðaráætlun frumrannsóknar frá 30.01.1970. Þar er einnig skýrt frá stöðu liðanna 01.12.1970 ásamt áætlun um fjárþörf til að ljúka frumrannsókn.

Ókleift verður að ljúka öllum liðum frumrannsóknar á þessu ári. Ýmsar ástæður urðu til þess. Verður hér á eftir gerð grein fyrir hvers vegna áætlun um frumrannsókn hinna ýmsu rannsóknaraðferða hefur ekki staðizt, og fylgir endurnýjuð áætlun um kostnað við að ljúka frumrannsókn. Einnig er hér ný kostnaðar- og vinnuáætlun fyrir djúprannsókn og borframkvæmdir.

#### 3.2 Jarðfræðikort.

Í upphaflegri kostnaðaráætlun um frumrannsókn var gert ráð fyrir, að Jón Jónsson sæi um allar jarðfræðirannsóknir og innrauðar mælingar á Krísuvíkursvæði og hefði með sér til þess einn jarðfræðistúdent. Áttu þessar rannsóknir, sem raunar eru lúkning á jarðfræðivinnu Jóns í þessum landshluta, að hefjast 1. júní, en Jón var væntanlegur frá störfum í El Salvador 15. maí. Síðar framlengdist dvöl Jóns í El Salvador til 15. ágúst og vegna veikinda hefur Jón síðan verið frá störfum fram til 15. nóv., og kemur varla til fullra starfa fyrr en eftir áramót. Úrvinnsla jarðfræðirannsóknna er hafin og er ráðgert að ljúka henni fyrri hluta árs 1971. Ætti það að vera hægt, þar sem hverfandi útivinna er eftir.

Tafla 1

Frumrannsókn - staða og kostnaðargát

Rannsóknaraðferð	Áætlun	Staða	Fjárförf eftir
	30.01.70	01.12.70	01.12 1970
	þ.kr.	þ.kr.	þ.kr.
Jarðfræðikort	322.8	0	320
Innrauð varmageislun og náttúrulegt varmatap	88.0	0	60
Efnagreiningar	449.9	130	160
Segulmælingar	580.9	135	0
Viðnámsmælingar	1702.7	735	150
Jarðsveiflumælingar	0.0	0	220
Smáskjálftar	240.7	208	300
Umsjón með rannsóknnum og skýrslugerð	106.0	120	140
Endurskoðun á niðurstöðum eftir djúprannsókn og mælingar 1971			150
	3491.0	1328	1500

### 3.3 Innrauð varmageislun og náttúrulegt varmatap.

Myndirnar sem til eru frá Krísuvíkursvæðinu eru ekki nægilega góðar til að áætla náttúrulegt varmaútstreymi svæðisins eftir þeim. Annað sem hægt er að læra af svona myndum teljum við okkur vita svo vel að ekki svari kostnaði að vinna úr þeim. Æskilegt er að meta náttúrulegt varmatap og verður reynt að gera það með samanburði á mælingum á hita á litlu dýpi við viðnámsmælingar og útbreiðslu jarðhita.

### 3.4 Efnagreiningar.

Efnagreiningum er ekki lokið. Enn hefur ekki tekizt að fá gerðar greiningar á tvívetni og þrívetni af viðkomandi aðilum á Raunvísindastofnun háskólans vegna annríkis þeirra, en innihald tvívetnis og þrívetnis í vatni og gufu gefa verðmætar upplýsingar um rennsliskerfi og berghita. Vonast er til, að tími til þessara greininga fáiast í febrúar og marz 1971. Verið er að vinna við viðgerð á útbúnaði 6 gamalla borhola í Krísuvík, svo að hægt verði að taka úr þeim vatns-sýni og gera hitamælingar.

### 3.5 Segulmælingar.

Á Námafjallssvæði og Reykjanesi hefur ummyndun frá jarðhita myndað segullögð. Í sumar voru gerðar nokkrar nákvæmar mælingar á Krísuvíkursvæði þar sem við töldum að gætu verið mörk fersks og ummyndaðs bergs. Engar segulsveiflur komu fram sem ótvírætt yrðu raktar til jarðhita. Hættum við þá við umfangsmiklar segulmælingar á jörðu, sem gert hafði verið ráð fyrir í áætluninni. Jarðhiti í Krísuvík er dreifðari en við Námafjall og á Reykjanesi. Er því ekki með öllu útilokað, að þegar segulmælingar verða bornar saman við nákvæmt jarðfræðikort komi í ljós samband við jarðhitann. Væri þá rétt að mæla meira. Fremur virðist þetta þó ólíklegt og teljum við ekki ástæðu til að reikna með að verja

meira fé til segulmælinga en þarf til að ljúka úrvinnslu á því sem búið er að mæla.

### 3.6 Viðnámsmælingar.

Viðnámsmælingar tókust vel og réðu þær miklu um staðsetningu rannsóknarhola. Vegna örðugra staðhátta og útkoma úr dýptarmælingum var hætt við lengdarmælingaren dýptarmælingum fjölgað nokkuð. Lækkaði kostnaður við þetta. Æskilegt er að bæta við nokkrum dýptarmælingum. Eru það mælingar á ís á Kleifarvatni, nokkrar mælingar með miðju við fyrirhugaðar rannsóknarholur og ýtarlegri könnun á norðausturhluta jarðhitasvæðisins við Trölladyngju. Úrvinnslu viðnámsmælinga er að mestu ólokið.

### 3.7 Jarðsveiflumælingar.

Það er háð viðnámi efstu jarðlaga hvað unnt er að meta viðnám á miklu dýpi. Sjaldan er hægt að finna jarðlagaskil á meira dýpi en 400 m á jarðhitasvæðum. Stundum er erfitt að þekkja hvort breyting á viðnámi stafar af hita, seltu eða jarðlagaskilum. Góðar horfur eru á, að hægt sé að treysta verulega túlkun viðnámsmælinga með samanburði við jarðsveiflumælingar. Með þeim er einnig hægt að kanna jarðlög á meira dýpi en með viðnámsmælingum.

### 3.8 Smáskjálftar.

Smáskjálftatakin voru send að Heklu vegna gossins og varð nokkru minna úr framkvæmdum annarsstaðar en ráðgert hafði verið. Niðurstöður smáskjálftamælinga, sem búið er að gera í Krísuvík og á öðrum stöðum urðu góðar og virðast skjálftar tengdir háhitasvæðum. Ráðgerir jarðhitadeild að halda slíkum rannsóknum áfram næsta ár og setja upp net af stöðvum til að fylgjast með smáskjálftum á öllum Reykjanesskaga. Höfum við tekið inn í áætlunina kostnað við þær stöðvar, sem

#### 4. Djúprannsókn.

##### 4.1 Inngangur.

Í töflu 2 er kostnaðaráætlun um djúprannsókn. Eftirfarandi greinargerð um einstaka liði er nokkuð breytt frá "Krisuvíkuráætlun 1970-71" eftir Stefán Arnórsson og Stefán G. Sigurmundsson.

Kostnaður við sérfræðinga og aðstoðarmenn er reiknaður sem útseld vinna. Reynslan hefur sýnt, að virkur starfstími er minni en áður var metið og lækkar það kostnað, af því að hann einn er seldur. Í áætlunina er settur sá tími sem tryggja þarf starfskraft, en kostnaður er miðaður við virkan tíma. Kostnaður við ummyndun hefur heldur lækkað vegna þess að gert er ráð fyrir notkun eigin tækis. Kostnaður við hitamælingar hefur hækkað vegna verðhækkana.

Sú breyting hefur orðið á skiptingu kostnaðarliðanna, að við gerum ráð fyrir að Jarðhitadeild annist sjálf efnagreiningar og rannsókn á ummyndun. Efnagreining á hveravatni var áður keypt frá Rannsóknarstofnun iðnaðarins. Tæknilegir örðugleikar valda því, að ógerlegt er að hafa fullt gagn af þjónustu Rannsóknarstofnunar iðnaðarins. Í undirbúningi er að fá aðstöðu til efnagreininga í húsi Orkustofnunar á Keldnaholti.

Gert var ráð fyrir að fá ummyndun greinda í röntgentæki jarðfræðistofu Raunvísindastofnunar háskólans. Þau tæki eru þegar fullnýtt og er útilokað, að unnt sé að þá miklu þjónustu, sem þyrfti. Greining á ummyndun felur í sér beztu fáanlegar upplýsingar úr bormylsnu um jarðhita. Er aðkallandi að athuga strax hvort Jarðhitadeild ásamt jarðkönnunardeild skuli kaupa röntgentæki til steintegundagreininga. Ef æskileg könnun væri gerð á mylsnu úr borholum á öllum svæðum, sem Jarðhitadeild annast rannsókn á ásamt rannsóknum Jarðkönnunardeildar á ýmsum jarðefnum yrði án efa full nýting á röntgentæki.



Tafla 2

Djúprannsókn - Kostnaðargát 03.12.70

	Mælingar			Úrvinnsla		Kostn. p.kr.	Aðk. þjónusta	Kostn.alls p.kr.
	Mannvikur	Bíll	vikur	Mannvikur	A			
Jarðlagasnið	2	3	4	6	14		85	430
Ummyndun	7	8		9	10			480
Hitamælingar				3		45	210	255
Könnun vatnsæða	1	1	1	1	1	68		68
Efnagreiningar	6	4	2	3		255	40	295
Aflmælingar	2	2	2	1	2	130		130
Lokaakýrsla, umsjón				6	2	110		110

1768

Höfum við gert hér ráð fyrir, að Jarðhitadeild og Jarðkönnunardeild eignist röntgentæki ella er útilokað að kleift verði að framkvæma þær rannsóknir á ummyndun á Krísuvíkursvæði, sem áætlaðar eru. Þegar í skýrslu Stefáns Arnórssonar og Stefáns G. Sigurmundssonar: Krísuvíkurlagsgætlun 1970-71, bls. 18, grein 6.2 var fjallað um örðugleika á að rannsaka ummyndun.

#### 4.2 Jarðlagasnið.

Unnið verður að gerð jarðlagasniða um leið og borað er. Niðurstöður sýna útbreiðslu bergmyndana á mismunandi dýpi, en ásamt borhraða og skoltapi eru þessar niðurstöður nauðsynleg undirstaða fyrstu raunhæfra áætlana um dýpt og fóðrun vinnsluhola og líklegan kostnað fyrir frekari boranir, svo og gerð vatnsæða og gleypni bergsins.

#### 4.3 Ummyndun.

Athugun á ummyndun gefur óbeinar upplýsingar um vatnskerfi jarðhitasvæða, færslu þeirra með tíma og breytingar á hitaástandi berggrunnsins. Vitað er, að greina má ákveðna lagskiptingu á ummynduðu bergi á 3 jarðhitasvæðum hérlandis og að þessi lagskipting stendur í nánu sambandi við hita. Búast má við, að aukim vatnsforði í berginu flýti fyrir ummyndun. Einnig má búast við meiri ummyndun eftir því sem jarðhitasvæðið er eldra.

#### 4.4 Hitamælingar.

Hitamælingar verða gerðar öðru hverju meðan borun stendur yfir. Slíkar hitamælingar gefa til kynna, hvernig skolvatn hefur truflað hitaástand berggrunnsins, og afmarka vatnsæðar, sem skolvatn hefur tapast út í. Hitamælingar gerðar nokkru eftir borun sýna hita í berggrunni á mismunandi dýpi og tengsl hita við vatnsæðar.

#### 4.5 Könnun vatnsæða.

Söfnun djúpsýna, mæling á þrýstingi á mismunandi dýpi, vatnsborði og rennslismælingar við vatnsæðar eru flokkuð undir könnun vatnsæða. Þessar niðurstöður geta hugsanlega gefið upplýsingar um gegndræpi bergsins og um áhrif rennslis í eina holu á aðra.

#### 4.6 Efnagreining á vatni og gasi.

Efnagreiningar verða gerðar á gufu og vatni úr öllum borholum. Þessar efnagreiningar taka til eftirtalinna efna í vatni:  $\text{SiO}_2$ , B,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{CO}_3^{--}$ ,  $\text{SO}_4^{--}$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{F}^-$ , uppleyst efni. Einnig verður mælt pH, Eh, tvívætni og þrívætni. Í gasi verður enn fremur greint  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{CH}_4$  og tvívætni. Breytingar á efnasamsetningu vatns milli borhola gefa óbeinar upplýsingar um rennslis neðanjarðar, vatnskerfi og hita. Einnig gefur efnasamsetning fyrstu ábendingu um líkur á útfellingu og tæringu á pípum.

#### 4.7 Aflmæling.

Áætlað er að gera aðeins fáar aflmælingar á rannsóknarborholunum í þeim tilgangi að sjá samband milli skoltaps við borun og afls holanna og enn fremur, hvort þessar holur séu aflmeiri á einum hluta svæðisins frekar en öðrum. Á hinn bóginn er ráðgert að gera tíðar aflmælingar á þeirri reynsluholu, sem áætlað er að bora.

5. Starfslið.

Skortur á sérfræðingum getur sett áætlun um rannsóknir úr skorðum ekki síður en vöntun á tækjum eða peningum.

Það er ljóst, að við mikinn hluta djúprannsóknar þarf fyrst og fremst að styðjast við starfskraft stúdenta, sem verða að vinna undir umsjón sérfræðinga. Setjum við hér áætlun um starfstíma þeirra, sem við gerum ráð fyrir að starfi að rannsóknum á Krísuvíkursvæði 1970-72.

Áætlun um starfslið við rannsóknir

á Krísuvíkursvæði 1970-72.

	mannv. frumr.	mannv. djúpr.	Verkefni
Guðmundur Guðmundsson	12	5	umsjón, jarðeðlisfr.
Guðmundur Pálmason	1		jarðeðlisfræði
Gunnlaugur Elísson		15	ummyndun, efnagr.
Jens Tómasson		1	jarðlagasnið
Jón Jónsson	10	4	jarðfr., jarðlagasnið
Karl Grönvold		10	ummyndun
Ragna Karlsdóttir	10		jarðeðlisfr., umsjón
Stefán Arnórsson	1	10	jarðlagasnið, ummyndun
Stefán Sigurmundsson		52	umsjón
Sveinbjörn Björnsson	3		smáskjálftar
Þorsteinn Thorsteinsson		1	vatnsæðar
3 stúdentar		36	jarðlagasnið, ummyndun
1 stúdent		7	efnagreiningar
1 stúdent	14		jarðfræði
mælingaflokkar	22		jarðeðlisfræði

## 6. Verklýsing á borun rannsóknarhola.

### 6.1 Staðsetning.

Þrem fyrstu holunum hefur nú verið valinn staður (sjá kafla 2 hér að framan).

Svo fljótt sem auðið er þyrfti að mæla þessa staði inn í hnita-kerfi Íslands. Einnig skal mæla hæð á föstum punkti í kjallara miðað við sjávarflöt.

### 6.2 Fóðringar.

Yfirborðsfóðring: 273,0 x 6,3 mm, 41,4 kg/m, St-45, rafsoðin um 0-20 m.

Öryggisfóðring: 177,8 x 5,0 mm, 21,3 kg/m, St-45, rafsoðin um 0-100 m.

Festilfóðring: 114,0 x 3,7 mm, 9,8 kg/m, St-33, skrúfuð um 0-250 m.

Ef nauðsynlegt reynist vegna borunar, er skotið inn:  
Aukafóðring: 219,1 x 5,9 mm, 31,0 kg/m, St-45, rafsoðin um 0-60 m.

Ef óskað er að einhver holan verði látin blása í lengri eða skemmri tíma getur þurft að setja í hana gataðan leiðara 2 1/2" rör soðin(eða skrúfuð) 200-800 m.

Lengdir fóðringa fara eftir aðstæðum hverju sinni og verður nánar kveðið á um það á staðnum af umsjónarmanni verkkaupa.

### 6.3 Steyping fóðringa.

Allar fóðringar skulu steyptar frá botni til topps. Nota skal íslenzkt Portland eða Hraðsement þar sem það á við (vegna hita og súlfats). Annars skal nota Oil-Well sement A.P.I.-flokk G, er flutt verður inn sérstaklega vegna þessara framkvæmda.

### 6.4 Þrýstiprófun.

Eftir hverja fóðrun skal hún prófuð. Bora skal steypu úr fóðringu þar til eftir eru 4-5 m í botn hennar og hún prófuð með 60 kg þrýstingi í 10 mínútur. Þetta skal gert við allar fóðringar nema yfirborðsfóðringu.

### 6.5 Borvökvi.

Nota skal vatn við borunina. Einnig skal ætíð vera nægilegt magn Gels og annarra efna er þarf til blöndunar á leðju ef nauðsynlegt þykir (borun í hrungjörnum lögum-hreinsun).

### 6.6 Skoltap.

Steypa skal í allar æðar, er borinn lendir í, í allt að 250 m dýpi eða að enda festilfóðringar. Öllum æðum þar fyrir neðan skal reynt að halda opnum. Þó mætti loka þeim tímabundið meðan á borun stendur, ef nauðsyn krefur og tiltæk ráð eru við því.

### 6.7 Öryggisráðstafanir.

Bora skal með múffulausum stöngum gegnum öryggisloka og pakkdós. Reglulega skal prófa öryggisloka og pakkdós. Séð skal um að nægilegt vatn verði á borstað.

Á þeim stöðum sem erfitt er með vatn skal koma fyrir tank (15-20 tn) og skal hann fylltur áður en borun hefst og tengdur inn á soggrein dælu, þannig að eigi þurfi annað en að opna loka, þá sé frítt rennsli að dælu. Eingöngu skal nota þetta vatn í neyðartilfellum. Reglulega skal mæla og skrá hitastig á innflæðis- og útflæðisstað borvökva.

#### 6.8 Mælingar.

Gerðar verða hitamælingar í holu meðan á borun stendur að ósk sérfræðinga.

#### 6.9 Kjarnataka.

Tekin skal kjarni á þeim stöðum, er jarðfræðingar óska og verður það ákveðið hverju sinni.

#### 6.10 Verkáfangar.

##### 1. Borplan og kjallari.

Steyptur skal kjallari (innanmál 160 x 260 x 150) veggþykkt 20 cm. Á innri kant ca. 15 cm frá brún, er fellt í steypuna 2" vinkiljárn, sem stoðfesta, ef holan verður látin blása. Einnig skal steypa U-lagaða teina, með hæfilegu millibili upp vegginn fjærst holunni, þannig að nothæft verði sem stigi. Standi kjallarabotn ekki á föstu, skal reyna að grafa á fast og steypa rör upp í botninn. Útbúa skal mátulega stórt plan kringum kjallarann fyrir borinn og þau tæki sem honum fylgja. Lagður sé vegur að borplani ef með þarf.

##### 2. Borun 0-10 m.

Borað með 12 1/4" krónu. Fóðrað með 10" stálröri. Gengið frá holutoppi fyrir öryggisloka og pakkdós.

### 3. Borun 10-250 m.

Borunin verður háð hitastigi í holunni, einnig hruni og leka.

- a) Ef dýpi á 100°C er meira en 100 m.  
Borað með 6 1/4" krónu í 100°C eða mest 250 m.  
Fóðrað með 4" rörum skrúfuðum. Fóðringin steyppt í topp.
- b) Ef dýpi á 100°C er minna en 100 m.  
Borað með 6 1/4" í 100°C. Holan víkkuð með 9 7/8".  
Fóðrað með 8" rörum. Fóðringin steyppt í topp.  
Borað með 6 1/4" í 250 m, ef gufubrýstingur er ekki orðinn hættulegur. Fóðrað með 4" rörum skrúfuðum. Fóðringin steyppt í topp.
- c) Ef bor lendir í vandræðum vegna hruns og leka, sem illmögulegt er að hemja, er skotið inn auka fóðringum.  
Borað er eins langt og auðið er með 6 1/4". Holan víkkuð með 9 7/8" og fóðrað með 8" rörum. Þá er borað eins langt og hægt er með 6 1/4", holan víkkuð með 7 7/8" og fóðrað með 7" rörum. Aftur er borað með 6 1/4" í 250 m og fóðrað með 4" rörum. Æskilegt væri að til þessara aðgerða þyrfti ekki að koma, en í verstu tilfellum eru þessi úr-ræði fyrir hendi. Allar verða þessar fóðringar að steypast í topp. Við hverja auka fóðringu sem sett er í holuna þarf að ganga frá nýjum holutoppi fyrir öryggisloka og pakkdós.

### 4. Borun 250-800 m.

Borað með 3 7/8" í 800 m. Reyna verður eftir megni að komast hjá því að stífla þær æðar er kynnu að koma í holuna.

Gert er ráð fyrir að hengja 2 1/2" leiðara í botn, á þeim holum, sem verða látnar blása.



## 5. Frágangur.

Er borun lýkur skal ganga frá holuloka, 4" ser. 600 á festilfóðringu. Ganga skal sem snyrtilegast frá öðrum fóðringarendum, þrifa kjallara og borstæði.

### 6.11 Kostnaður.

Kostnaðaráætlun um boranir er ónákvæm og hefur verið greint frá helztu skekkjuvöldum í köflunum um jarðlög á borstöðum og borframkvæmdir. Fylgja hér í töflum bæði bjartsýnisáætlun og svartýnisáætlun um borkostnað.

KOSTNAÐARÁÆTLUN A

	Einingar verð	Verð	Verð alls
1. Borplan og kjallari			120.000,-
2. Efni			
1. Fóðurrör 273,0x6,3 mm 20 m	1.470/-	29.400,-	
2. " 114,0x3,7 mm 250 m	256/-	64.000,-	
3. Holuloki 4" ser. 600		25.000,-	
4. Flansar og millistykki		30.000,-	
5. Boltar og pakkningar		10.000,-	
6. Sement 300 pk	150/-	45.000,-	
7. Gel 10 pk	750/-	7.500,-	210.900,-
3. Aðkeypt þjónusta			
1. Flutningur		50.000,-	
2. Vinna (verkst. og suða)		30.000,-	80.000,-
4. Tímakostnaður bors 20 d	43.000/-		860.000,-
5. Fæði og húsn. 6 m 20 d 120 md	800/-		96.000,-
			<u>1.366.900,-</u>

KOSTNAÐARAÆTLUN B

	Einingar verð	Verð	Verð alls
1. Borplan og kjallari			120.000,-
2. Efni			
1. Fóðurrör 273,0x6,3 mm	20 m	1.470/-	29.400,-
2. " 219,1x5,9 mm	60 m	1.065/-	63.900,-
3. " 177,8x5,0 mm	100 m	729/-	72.900,-
4. " 114,0x3,7 mm	250 m	256/-	64.000,-
5. Holuloki 4" Ser.600			25.000,-
6. Flansar og millistykki			50.000,-
7. Boltar og pakkningar			10.000,-
8. Sement	500 pk	150/-	75.000,-
9. Gel	40 pk	750/-	30.000,-
			420.200,-
3. Aðkeypt þjónusta			
1. Flutningur			60.000,-
2. Vinna (verkst. og suða)			40.000,-
			100.000,-
4. Tímakostnaður bors	29 d	43.000/-	1.247.000,-
5. Fæði og húsn. 6 m 29 d	174 md	800/-	139.200,-
			<u>2.026.400,-</u>

KOSTNAÐARÁÆTLUN C

Kostnaður eins og í áætlun A eða B nema eftirfarandi efnis-  
kostnaður og vinna sem verður vegna fóðringar með 2 1/2" í botn.

	Einingar verð	Verð	Verð alls
1. Efni			
1. 500 m 2 1/2" rör	150/-	75.000,-	
2. 100 m 2 1/2" rör götuð	350/-	35.000,-	110.000,-
2. Aðkeypt þjónusta			
1. Flutningur og suða			40.000,-
3. Tímakostnaður bors 1 d	43.000/-		43.000,-
4. Fæði og húsn. 6 m 1 d 6 md	800/-		4.800,-
			<u>197.800,-</u>

### 6.12 Verklýsing reynsluholu.

Ekki er unnt að svo stöddu að gefa nákvæma verklýsingu á borun reynsluholu, því sú lýsing verður háð niðurstöðum af borun rannsóknarholanna.

Í megin dráttum verður verkið þannig:

Boruð skal 1800 m reynsluhola með gufubor.

Er borinn kemur á svæðið er borplan og kjallari tilbúin.

Bora skal fyrir 16" fóðringu 0-20 m og hún steypt.

Bora skal fyrir 13 3/8" öryggisfóðringu 0-80 m og hún steypt.

Bora skal fyrir 9 5/8" festilfóðringu allt að 250 m og hún steypt.

Síðan er borað með 8 3/4" krónu í 1800 m.

Það fer eftir árangri af borun rannsóknarholanna hvað stéypa skal í æðar langt niður eftir holunni og hvenær skal byrja á að halda æðum opnum til könnunar er borun lýkur.

Ef holan reynist vel, þ.e. hún gengur í gegnum mörg vatnsgefandi lög og lítur út fyrir að verða kraftmikil hola, verður að gera ráð fyrir að þurfa að fóðra holuna í botn. Þá verður að vera til í landinu um 1500 m af 7 5/8" fóðringu og þar af um 400 m gataðir til að setja á innstreymisstöðum.

### 6.13 Hve mikið þarf af fóðringaefni.

Ef það kemur í ljós að borun lokinni, að holan ætli að gefa mikið og verða kraftmikil, gefur það auga leið, að ekki er hægt að láta hana blása, fyrr en tryggt er að hún ekki hrynji þ.e. falli ekki saman við blástur. Það er aðeins á einu háhitasvæðanna, er tekin hafa verið til rannsóknar að það hefur dugað að fóðra í 250-300 m, en það er í Ölfusdal (Hengilsvæði).

Nú síðast tafðist rannsóknarverkið á Reykjanesi í a.m.k. 8 mán. þar eð ekki þótti á það hættandi, að hleypa holu 8 í blástur, (hún er 1750 m djúp) fyrr en búið var að útvega viðbótarefni, svo hægt væri að fódra holuna í botn.

Lagt er til, að útvegað verði a.m.k. 8,5 milj. kr til borunar einnar reynsluholu í Krísuvík. Borkostnaður án 7 5/8" fódrunar er áætlaður 6,3 milj. kr. Viðbótarkostnaður vegna fódrunar á holuni í botn er 2,2 milj. kr. Allt efni verði tilbúið í landinu í þann mund er borun hefst. Ef niðurstöður borunnar verða neikvæðar má selja efnið til annarra borframkvæmda.

Ef holan reynist vel, verður hún fyrsta framleiðsluholan á svæðinu.

Gufuborshola, kostnaðaráætlun.

	Einingar verð	Verð	Verð alls
1. Borplan og kjallari			275.000,-
2. Efni			
1. Fóðurrör 16"      20 m	3.200,-	64.000,-	
2.       "    13 3/8"   80 m	2.700,-	216.000,-	
3.       "     9 5/8" 250 m	1.850,-	462.000,-	
4. Fóðringarskór		10.000,-	
5. Borkrónur		375.000,-	
6. Holutoppur		230.000,-	
7. Sement           1000 pk	150,-	150.000,-	
8. Gel               70 pk	750,-	52.500,-	1.559.500,-
3. Aðkeypt þjónusta			
1. Flutningar		120.000,-	
2. Rafsuða og verkstæðisv.		110.000,-	
3. Önnur þjónusta		40.000,-	
4. Flutn. bors Rv. Kr. Rv.		350.000,-	620.000,-
4. Tímakostnaður bors   40 d.	95.000,-		3.800.000,-
			6.254.500,-
5. Verði holan boruð með hliðsjón af því, að hún verði notuð sem framleiðsluhola en ekki eingöngu boruð í rannsóknarskyni bætist við eftirfarandi.			
1. Fóðurrör 7 5/8"   1150 m	1.050,-	1.207.500,-	
2.       " götuð 7 5/8" 700 m	2.100,-	840.000,-	
3. Rafsuða og önnur þjónusta		170.000,-	2.217.500,-
			<u>8.472.000,-</u>

Heildargreiðsluáætlun jan.-des. 1971.

Verk-  
áætl.  
þ.kr.  
22.12.      jan.    feb.    marz    apríl    maí    júní    júlí    ágúst    sept.    okt.    nóv.    des.

Fjárbörf þ.kr.

Leiga á kamp	600	300	300									
Borun 5 rannsóknarhola	10.000	300	800	1.500	1.500	2.100	1.500	800				
Borun 1 reynsluholu	8.500								4.100	2.300	2.100	
Ranns. á borh. og svæði	3.330	200	230	240	210	230	330	410	430	430	220	210
	22.430	800	1.330	1.740	1.710	1.730	2.430	1.910	5.330	2.730	2.320	210
												190

Fjárveiting 1970 til frumrannsókna og djúprannsókna var

4,1 milj. kr.

Eftirstöðvar af rannsóknarfé 1970 vegna þess að borframkvæmdir gátu ekki hafist á árinu, og frumrannsókn er ekki lokið til fulls

2,8 milj. kr.

Heildarfjárbörf til Krísvíkúráætlunar 1971 er því

19,6 milj. kr.

Fjárbörf til rannsókna 1972

0,5 milj. kr.



Jarðviðnámskort af Krísuvíkursvæði

SKÝRINGAR:

○ Fyrirhugaðar borholur

• Viðnámsmæling

Innan við 10 Ω m

Innan við 20 Ω m

Innan við 40 Ω m

Mælikvarði 1:50 000

