

**GÖGN VARÐANDI KRÖFLUVIRKJUN
AFHENT JÚLÍUSI SÓLNES**

**desember 1977 - janúar 1978
vegna skýrslu iðnaðarráðherra
til Alþingis um Kröfluvirkjun**

GÖGN VARÐANDI KRÖFLUVIRKJUN

AFHENT JÚLÍUSI SÓLNES

desember 1977 - janúar 1978
vegna skýrslu iðnaðarráðherra
til Alþingis um Kröfluvirkjun

T e x t i

1. Rannsóknir til undirbúnings virkjunar í Námafjalli eða Kröflu.

1.1. Hver annaðist rannsóknir og hvenær þær voru unnar.

Fyrstu rannsóknir sem beindust að nýtingu jarðvarma við Námafjall hófust ^{rétt fyrir} 1950, en þá lét Raforkumálastjóri bora nokkrar grunnar borholur í Hverarönd í þeim tilgangi að kanna möguleika á brennisteinsvinnslu.

Allar jarðhitarannsóknir á Námafjalls og Kröflusvæðinu eftir 1955 hefur jarðhitadeild Orkustofnunar haft með höndum. Rannsóknir á jarðhitasvæðinu við Námafjall vegna kísilgúrvinnslu hófust um 1960 og boranir 1963. Alls hafa nú verið boraðar 10 (bor)holur í Bjarnarflagi vegna Kísiliðju og rafstöðvar í Bjarnarflagi.

Rannsóknir á Kröflusvæðinu hóf jarðhitadeild 1970. Að frumrannsókn svæðisins var unnið á árunum 1970 - 1974. Djúprannsókn hófst í Bjarnarflagi 1963, en í Kröflu 1974, þ.e.a.s. þegar byrjað er að bora á hvoru svæði fyrir sig.

Rannsókn jarðhitasvæða er í eðli sínu þannig að henni líkur aldrei (sjá fskj. 54). Fyrsti áfangi rannsóknar beinist að því að undirbúa ákvörðun um borun. Annar áfangi felur í sér mælingar á borholum og miðar að því að undirbúa ákvörðun um virkjun. Síðari áfangar fela í sér frekari mælingar á borholum og athugun á langtímahegðun jarðhitasvæðisins.

1.2. Rannsóknir og boranir við Námafjall fram til 1970.

Í tengslum við áform um byggingu Kísiliðju, er nýtti kísilgúr úr botni Mývatns, fóru fram rannsóknir og rannsóknarboranir í Bjarnarflagi í byrjun sjöunda áratugsins. Voru tvær rannsóknarholu boraðar á árunum 1963-1965. Árið 1965 voru gerðar nokkrar segulmælingar, þyngdarmælingar og jarðfræðiathuganir á svæðinu (fskj. 2). Árangur fyrstu rannsóknarholanna og þá sérstaklega mælt hitastig, vöktu umræðu um byggingu gufuaflostöðvar í Bjarnarflagi (sbr. fskj. 3, júní 1967).

Fyrsta vinnsluholan í Bjarnarflagi var boruð 1966 fyrir gufuveitu til Kísiliðjunnar. Á árunum 1968-1970 voru boraðar 6 vinnsluholur til viðbótar, sem fram til 1975 nægðu Kísiliðjunni, gufuaflstöð Laxárvirkjunar (3MW), sem reist var í Bjarnarflagi árið 1969 og Hitaveitu Reykjahlíðar, sem tekin var í notkun 1973. Árið 1975 var áttunda vinnsluholan boruð til þess að fullnægja gufuþörfinni einkum vegna þess að ein holan (nr. 5) var orðin mjög aflvana. Boranir við Námafjall á árunum 1963-68 eru raktar í sérstakri skýrslu (fskj. 7).

1.3. Rannsóknir á Námafjalls-Kröflusvæðinu eftir 1970.

Á árinu 1970 hófust rannsóknir á Námafjalls-Kröflusvæðinu í samræmi við áætlun Orkustofnunar um rannsókn háhitasvæða (fskj. 8). Heildarskýrsla um rannsóknir ársins 1970 var birt í júní, 1971 (fskj. 12). Í henni er ítarlegt yfirlit um jarðfræðilega byggingu Námafjalls-Kröflusvæðisins. Í henni kemur líka fram, að gassamsetning í gufuaugum í Kröflu bendir til tiltölulega hæsts hita í sprengigíggunum sunnan Vítis og í gilinu (Hveragil) suðvestan í Kröflu (bls. 53). Gæti hitastig reynst 245-285 °C á 600-1200 m dýpi (bls. 57). Jarðeðlisfræðilegar athuganir (flugsegulmælingar og viðnámsmælingar) sýndu frávik við Námafjallssvæðið annars vegar og Kröflusvæðið hins vegar, sem gáfu nokkra vitneskju um stærð jarðhitasvæðanna í lárétta stefnu. Fjöldi viðnámsmælinga við Kröflu var þó ónógur. Frekari viðnámsmælingar voru því gerðar sumarið 1971. Niðurstöður eru birtar á viðnámskortu (nr. 15 í ritskrá). Ekki var skrifuð sérstök skýrsla um þessar niðurstöður. Á árunum 1971-73 var unnið að jarðsveiflumælingum á Kröflusvæðinu. Niðurstöður frumúrvinnslu liggja fyrir í gagnasafni Orkustofnunar. Auk þess hefur verið bætt við jarðfræðikortlagningu Kröflusvæðisins.

Djúprannsókn með borunum hófst á Kröflusvæðinu árið 1974. Megintilgangurinn var að afla gagna til samanburðar við Námafjallssvæðið. Niðurstöðurnar skyldu síðan nota til þess að velja á milli hvort þessara svæða skyldi undirbúið fyrir byggingu gufuaflstöðvar. Til greina kom að bora eina holu með Gufubor (Dofra) niður á um 2000 metra dýpi. Niðurstaðan varð hins vegar sú að bora tvær holur niður á um 1100 metra dýpi. Til verksins var fenginn Wabco-bor (Glaumur).

Borun hófst í ágúst og lauk í byrjun desember 1974. Skýrsla um niðurstöður rannsóknarborananna var birt í febr. 1975 (fskj. 19). Voru niðurstöður skýrslunnar kynntar á sérstökum fundi á Hótel Loftleiðum 26. febrúar með fulltrúum Iðnaðarráðuneytis, Kröflunefndar og Náttúruverndarráðs. Fyrr í þeim mánuði hafði ráðgjafaraðiljum Kröflunefndar verið send frumdrög að skýrslunni.

Í inngangi skýrslunnar frá febrúar 1975 segir: "Tilgangur rannsóknarborananna var annars vegar sá að afla nægilegra upplýsinga um vinnslueiginleika Kröflusvæðisins fyrir samanburð við Námafjallsvæðið. Hins vegar að reyna að afmarka væntanlegt vinnslusvæði. Talið var að tvær 1000 m djúpar holur í Kröflu hefðu hliðstætt upplýsingagildi og holurnar í Námafjalli. Við tillögur um borun tveggja rannsóknarhola var gert ráð fyrir þeim möguleika, að önnur holan gæti mistekist vegna hrungjarnra berglaga, óþéttanlegra vatnsæða á litlu dýpi eða vegna óhapps við borun. Eins var hætta á rennsli milli vatnsæða þar sem ekki var vitað fyrir um nauðsynlegt fóðringardýpi, en slíkt hefur stundum borið við í fyrstu holunni, sem boraðar eru á áður ókunnun háhitasvæði. Eru dæmi um það frá Námafjalli, Reykjanesi og Nesjavöllum. Í reynd fór svo, að í holu 2 er innrennsli úr æðum rétt fyrir neðan fóðringarenda, sem heldur niðri dýpri æðum í holunni vegna niðurrennslis.

Í skýrslunni segir ennfremur: "Niðurstaða borana og annarra rannsókna á Kröflusvæðinu er sú, að það standi undir 50-60 MW gufuvirkjun og hugsamlegri stækkun síðar. Mælt er með því, að hafist verði handa um að bora vinnsluholur í Kröflu þegar sumarið 1975.

Kröflusvæðið er fast að tífalt stærra að flatarmáli en Námafjallsvæðið og því líkur á, að það sé öruggara í vinnslu og standi undir verulegri stækkun síðar að því gefnu að vinnslueiginleikar beggja svæðanna séu líkir.

Lagt er til, að um 10 km² svæði, sem nær yfir Kröflu og Leirhnúk verði fyrst í stað afmarkað sem vinnslusvæði.

4

Rannsóknarholurnar eru 2, hola 1 1138 m djúp og hola 2 1204 m djúp. Hæðarmunur á holunum er 70 m og stendur hola 2 hærra í 552 m hæð yfir sjó. Í holu 1 reyndist vera lítið af æðum. Hiti í henni var nálægt suðumarksfeli allt til botns og mældist hæstur 298°C. Í holu 2 var hins vegar mikið af æðum neðan 325 m. Tiltölulega kalt vatn (190°C) rennur niður eftir holunni úr æðum í 325-350 m dýpi og fæst því ekki rétt mynd af hitaástandi í bergi neðan þess dýpis, en þar ofan við er hitinn við suðumarksfirilinn. Þúast mætti við, að vinnsluholur, sem boraðar yrðu nærri holu 1, myndu ekki lenda í verulegum vatnsæðum ofan 1000 m dýpis, en ef borað yrði nærri holu 2 fengist líklega verulegt vatnsmagn úr vatnsæðum milli 700-1200 m. Ekki er ólíklegt að hitinn í jarðhitakerfinu fylgi suðumarksferlinum dýpra niður en rannsóknarholurnar ná, þannig að á 2000 m dýpi gæti orðið allt að 330°-340°C hiti. Meðalhiti á því vatni, sem kæmi inn í borholur yrði lægri, sem næmi því vatnsmagni, sem streymdi inn í holurnar ofar.

Vegna æða ofarlega í holu 2 og vegna hins háa hita þarf að fóðra vinnsluholur með steyptri fóðringu niður í a.m.k. 600 m.

Bein reynsla liggur ekki fyrir um eiginleika 300°C heits vatns með tilliti til útfellinga í holutoppi og skiljum. Því er lagt til, að fyrstu vinnsluholur verði boraðar á svæðinu í kringum holu 2 þar sem vænta má vatns með meðalhita undir 300°C. En ein reynsluhola verði boruð nálægt holu 1, þar sem vænta má vatns með hærri meðalhita en 300°C.

Efnainnihald í vatni og gufu í holum 1 og 2 í Kröflu er svipað og í vinnsluholunum í Námafjalli og má því styðjast við reynslu þar hvað varðar tæringu og aðra eiginleika vatnsins. Heildargasmagn er þó nokkru meira í Kröflu eða nálægt 1% í gufu við 6-10 ata þrýsting.

Við ákvörðun á vinnsluþrýstingi á gufuskiljum er vert að hafa í huga möguleika kísilútfellingar, sérstaklega vegna þess hve hár hiti hefur ~~m~~elst í holu 1.

Lagt er til að affallsvatni verði veitt í uppistöðulón í Þríhyrningsdal í hálsinum vestan við Leirbotna, þar sem útfellingar yrðu við hæga kólnun og brennisteinsvetni ryki burt. Útfallið úr lóninu rynni síðar suður Hlíðardal að vesturjarðri Búrfellshrauns, og hyrfi

í hraunin.

Á grundvelli jarðgrunnsrannsókna er lagt til, að stöðin verði reist á hrauni innst í Hlíðardal. Þaðan eru um 500-1500 m að væntanlegum vinnsluholum".

Varðandi rannsókn Námafjalls- og Kröflusvæðisins á tímabilinu 1970-74 var í öllum aðalatriðum fylgt þeirri áætlun, sem kemur fram í skýrslu Orkustofnunar "Áætlun um rannsókn háhitasvæða" (fskj. 8, bls 4 í fskj. 19). Miðað við þessa áætlun má sjá á hvaða stigi rannsóknir voru í febrúar 1975 (fskj. 8, bls. 5 og myndir 3 til 5).

1.4. Athuganir á hagkvæmni jarðgufuaflstöðva við Námafjall eða Kröflu.

Í júní, 1972 sendi Orkustofnun frá sér frumáætlun um jarðgufuaflstöð við Námafjall eða Kröflu, 8, 12 og 16 MW að stærð (fskj. 16). Á bls. 23 í þessari skýrslu er m.a. bent á að teljast verður óráðlegt að leggja í mjög dýra gufuaflsbirkjun, þar sem ekki er fengin nægileg reynsla hérlendis af jarðhitasvæðunum sjálfum. Gerð er tímaáætlun fyrir 8-16 MW jarðgufuaflstöð (bls. 36-37). Orðrétt stendur: "Ljóst er, að ekki er hægt að taka ákvörðun um byggingu aflstöðvar, fyrr en nauðsynlegum undirbúningsrannsóknum er lokið. Á þetta sérstaklega við um Kröflusvæðið og er nauðsynlegt að minnst ein eða tvær reynsluholar séu boraðar og prófaðar. Einnig væri æskilegt, að gerðar væru tilraunir með efni þau, er helst koma til greina við smíði ýmissa vélahluta aflstöðvarinnar, sem miða að því að kanna áhrif gufunnar og þéttivatnsins með tilliti til tæringar, útfellingar og styrkleika".

Í september 1973 sendi Orkustofnun frá sér aðra frumáætlun um jarðgufuaflstöð við Námafjall eða Kröflu (fskj. 17). Í henni er borin saman hagkvæmni á 8, 12, 16 og 55 MW virkjun og er niðurstaðan sú, að stofnkostnaður sé verulega lærgi á hvert uppsett megawatt (MW) fyrir 55 MW virkjun en smærri virkjanir (8-16 MW). Á bls. 8 stendur: "Reiknað er með, að 15 borholur þyrfti fyrir 55 MW virkjun á hvoru svæðinu, sem kynni að verða fyrir valinu".

Þessi frumáætlun var gerð í beinu framhaldi af skýrslu Orkustofnunar "Jarðgufuaflostöð, frumáætlun um aflstöð með tilliti til virkjunar í Námafjalli eða Kröflu, júní 1972". Tæknileg atriði og forsendur fyrir kostnaðaráætlun byggjast á þeirri skýrslu (fskf. 16), en þess er þó sérstaklega getið, að verð á erlendu efni miðast við upplýsingar frá "Toshiba, Japan" og "GIE Franco Tosi, Ítalíu". Annars eru helstu niðurstöður á þessa leið.

"Jarðhitarannsókn á jarðhitasvæðinu við Kröflu er ekki enn lokið, en ef borun einnar eða tveggja rannsóknarhola þar gæfi jákvæðan árangur, má telja, að jarðhitasvæðin við Kröflu og Námafjall séu bæði jafn vel fallin til virkjunar. Vegna frárennslis er þó talið óráðlegt að staðsetja virkjun vestan Námafjalls. Umhverfisáhrif af völdum frárennslisvatns eru sennilega svipuð, hvort heldur virkjunin væri austan Námafjalls eða við Kröflu, þar sem frárennslisvatnið rennur í báðum tilfellum að jaðri Búrfellshrauns. Nokkur gufumökkur fylgir virkjun af þessari gerð, en hann er ekki talinn valda neinni mengun í umhverfinu, og yrði að meta út frá fagurfræðilegu sjónarmiði, hvor staðurinn væri hentugri vegna þessa, en svæðið við Kröflu er mun fjær byggð, sem kunnugt er.

Stofnkostnaður er áætlaður 394 Mkr, 464 Mkr, 555 Mkr og 1246 Mkr og árlegur reksturskostnaður 53 Mkr, 61 Mkr, 72 Mkr og 158 Mkr miðað við 8 MW, 12 Mw, 16 Mw og 55 Mw stöðvarstærðir. Þetta svarar til þess, að stofnkostnaður á uppsett kw sé fyrir 1 Mw stöðvarstærð kr. 49.000 fyrir 12 Mw stöðvarstærð kr. 39.000, fyrir 16 Mw stöðvarstærð kr. 35.000 og stofnkostnaður á uppsett kw fyrir 55 Mw stöðvarstærð kr. 23.000.

Gerð hefur verið rekstrareftirlíking (á rafreikni) á samrekstri jarðgufustöðvar við önnur orkuver, er sendu raforku sína inn á sameiginlegt raforkukerfi. Þessi athugun gefur eftirtaldir niðurstöður um væntanlega árleg orkuvinnslugetu jarðgufustöðvarinnar í slíkum samrekstri:

8 Mw stöð	55 GWh/ári
12 " "	83 "
16 " "	110 "
55 " "	405 "

Miðað við þessar tölur um ársorkuvinnslu og niðurstöður áætlunarinnar um árlegan rekstrarkostnað yrði orkukostnaður við stöðvarvegg sem hér segir:

8 Mw stöð	0.96 kr/kWh
12 " "	0.73 "
16 " "	0.65 "
55 " "	0.39 " "

Ofangreindar tölur miðast við gengi 1 US\$ = 87.00 kr og bygginga-vísitala 853 stig.

Niðurstöður þessara frumáætlana gáfu tilefni til áframhaldandi rannsókna á jarðhitasvæðunum og til þess að hefja tæknilegan undirbúning að hugsanlegri virkjun.

1.5. Yfirlit um niðurstöður rannsókna.

Þar sem Kröflusvæðið var valið til virkjunar verður í þessum kafla eingöngu fjallað um framvindu rannsókna á því svæði.

1.5.1. Vitneskja í febrúar 1975.

Á þessum tíma var lokið borun tveggja rannsóknarhola. Var önnur þeirra 1138 m djúp en hin 1204 m djúp. Hitastig í botni mældist 298 °C í holu KW-1 en 210°C í holu KW-2. Á bilin 300-1100 m dýpi í holu KW-2 mældist hitastig nálægt 190°C. Var það talið stafa af niðurrennsli úr vatnsæðum á rúmlega 300 m dýpi. Var því ályktað að mældur hiti í holunni gæfi ekki rétta mynd af hitaástandi í berggrunni.

8

Út frá hitamælingum í holu KW-1 var ályktað að hiti í berggrunni fylgdi suðumarksferli. Héldi þessi fylgni áfram niður á 2000 m dýpi yrði hitinn 330-340°C þar.

Heildarrensli úr þessum rannsóknarholum var lítið. Úr holu KW-1 rann 14 kg/s við 6-7 ata mótþrýsting og svipað úr holu KW-2 við 4 ata mótþrýsting.

Efni í vatni og gas í gufu reyndist vera sambærilegt við það sem þekkt var í Námafjalli. Þó var gasinnihald í KW-1 tiltölulega hærra en á Námafjalli.

Vegna hins háa hita í holu KW-1 var mikið af kísil í borholuvökvanum. Gaf það tilefni til varkárni varðandi kísilútfellingar.

Á þessum tíma höfðu engar vinnsluholur verið boraðar og lágu því ekki fyrir upplýsingar um afl vinnsluhola á Kröflusvæði. Ekki lágu heldur fyrir upplýsingar um þrýsting, streymisgerð og streymisviðnám í jarðhitakerfinu.

1.5.2. Vitneskja í desember 1977.

Á árunum 1975 og 1976 voru boraðar 9 vinnsluholur 1250-2200 m djúpar.

Mikill fjöldi mælinga og margþættar athuganir á þessum holum sem spann yfir mörg fræðisvið (jarðfræði, jarðefnafræði, jarðeðlisfræði) hafa leitt til þess að sett var fram jarðhitalegt líkan af svæðinu í janúar 1977. Sú þekkingaraukning sem orðið hefur á árinu 1977 hefur styrkt megindrætti líkansins en einnig fyllt í eyður. Þessu líkani af jarðhitalegum eiginleikum svæðisins er lýst í Holubréfi nr. 7 (fskj.)

Slíkt líkan þar sem svo margbreytilegum, óskyldum og óháðum niðurstöðum er þjappað saman í eina einfalda mynd er nauðsynlegt fyrir mat á vinnslueiginleikum jarðhitasvæðisins.

Vinnsluboranir sýndu að Kröflusvæðið er flóknara að innri gerð en önnur þekkt jarðhitasvæði í heiminum. Líkanið gerir þessa flóknu mynd mun skiljanlegri. Fyrir hendi eru tvö jarðhitakerfi, efra kerfi ofan við 900-1100 m dýpi, 220°C heitt og neðra kerfi neðan við 1100-1500 m, 320-340°C heitt. Neðra kerfið er í suðu og hitastig þess með því hæsta sem mælst hefur á jarðhitasvæðum. Vegna hins háa hita er komið út fyrir þekkingarmörk jarðefnafræðilegra eiginleika jarðhitavökvans. Áður óþekktar útfellingar af járn- og kísilefnasamböndum hafa stíflað góðar gufuholur á skömmum tíma.

Í efra kerfinu er eingöngu 220°C heitt vatn. Þegar þetta vatn byrjar að sjóða, hvort heldur sem er í bergi eða holum, eiga sér stað kalkútfellingar sem gera nýtingu þess erfiða.

Afl hinna einstöku vinnsluhola er mjög mismunandi. Holur sem taka eingöngu vatn úr efra kerfi eru afllitlar og hafa lágan lokunarþrýsting. Gufuhlutfall er hátt úr borholum sem taka vökva úr neðra kerfi. Sumar þessar holur voru mjög aflmiklar í upphafi en rennsli úr þeim hefur dvínað eða hætt vegna útfellinga.

Í neðra hitakerfinu er mikið magn óþéttanlegra gastegunda, mest kolsýra. Þetta mikla gasmagn hefur áhrif til hins verra á nýtingu gufunnar til raforkuframleiðslu.

Jarðlög, sem efra jarðhitakerfið er í eru aðalega móberg og hraunlög. Þessi jarðlagaskipan og vatnsæðar eru áþekk því sem gerist á öðrum jarðhitasvæðum íslenskum.

Berggerð í neðra kerfi er að mestu leyti innskot. Vestast á núverandi borsvæði er mjög djúpt á efstu vatnsæðar (1700-1900 m) en austan til á svæðinu ná efstu æðar upp í 1100-1200 m dýpi. Þær upplýsingar sem liggja fyrir benda til að lekt (transmissivity) einstakra borhola sé frekar lítil (ca 10 m²/dag).

10

1.6 Álit sérfróðra ráðgjafa um virkjunarframkvæmdir.

1.6.1 Álit Orkustofnunar.

Vinnuaðferðir Orkustofnunar í rannsókn jarðhitasvæðisins við Kröflu hafa miðast við þá framkvæmdaröð sem lýst er í skýrslu Orkustofnunar "Áætlun um rannsókn háhitasvæða, ágúst 1969 (fsk 8).

Við gerð skýrslu um árangur rannsóknaborananna í Kröflu 1974, sem birt var í febrúar, 1975, var einnig gengið út frá því að framkvæmdaröð og tímasetning virkjunarframkvæmda yrði með þeim hætti sem lýst er í fsk 8.

Í byrjun mars, 1975 fékk Orkustofnun vitneskju um þau áform Kröflunefndar að byggja orkuverið samhliða borframkvæmdum. Kom þá fram af hálfu Orkustofnunar, að þetta væri mjög óvenjulegur og áhættusamur framkvæmdamáti. Var á þetta bent á fundi í iðnaðarráðuneytinu 3 mars 1975, síðar staðfest í bréfi til iðnaðarráðuneytisins dags. 14. mars 1975. (fsk. 5, kafli 2.5)

Þessi skoðun stofnunarinnar hefur síðan oft komið fram. Í bréfi Orkustofnunar til iðnaðarráðuneytis dags. 22.mai 1975 segir m.a.:

"Stofnuninni virðist auðsætt, að ef skera verður niður fé til Kröfluframkvæmda frá því sem ráðgert var, sé óhjákvæmilegt að endurskoða alla tímaáætlun þeirra framkvæmda, bæði varðandi gufuöflunina og aðra hluta þeirra. Í þeirri endurskoðun þarf að samræma vinnsluborunina öðrum framkvæmdaþáttum út frá þeirri staðreynd, að gufan er það sem allt mannvirkið byggist á og þarf því öflun hennar að njóta það mikils forgangs, að ekki sé verið að taka óeðlilega áhættu."

Álit Orkustofnunar var þannig það að niðurstöður rannsóknaboranna gæfu tilefni til að hefjast handa um borun vinnsluhola. Hins vegar taldi Orkustofnun að áhætta væri tekin með því að hefja byggingu stöðvarinnar áður en upplýsingar lágu fyrir frá borun vinnsluhola.

Þegar umræður hófust um gerð aflvéla óskaði fulltrúi Orkustofnunar að taka þátt í þeim umræðum. Kom þá fram að Orkustofnun taldi ráðleggra að velja einþrýstitúrbínur í stað tvíþrýstitúrbína. Þetta álit stofnunarinnar var staðfest með bréfi til iðnaðarráðuneytisins dags. 1975-02-06 (fsk 4, kafli 2.5.)

Með bréfi dags. 5. mars, 1975 er Orkustofnun beðin að taka afstöðu til tillagna Verkfrskr. Sig. Thoroddsen um "hönnunarhitastig" og "hönnunarþrýsting". Svarbréf Orkustofnunar til Kröflunefndar er dags. 2. apríl 1975. Í því segir m.a.: (Fsk. 56).

"Samkvæmt skýrslu Orkustofnunar um rannsóknarboranir í Kröflu sl. ár kemur fram, að líklegur innrennslishiti í vinnsluholur á svæðinu verði á bilinu 260°C til 310°C, en innrennslshitinn fer eftir því dýpi, sem vatnsæðarnar liggja á. Hitastig blöndunar, sem kemur úr holunum, fer eftir því hvaða æðar verða aflmestar og á hvaða dýpi þær liggja. Á þessu stigi málsins, þ.e. áður en vinnsluholur eru boraðar, er ekki hægt að sjá fyrir, hvert verði meðalhitastig blöndunnar, en eins og fyrr segir ætti það að verða innan markanna 260°C og 310°C.

Hitastig innrennslisins í vinnsluholum gefur ekki beina vísbendingu um það, hver verði hagkvæmasti vinnsluþrýstingur og er ekki hægt að meta hann fyrr en holurnar hafa verið boraðar og reyndar. Samkvæmt bréfi Verkfr.st. Sig. Thoroddsen til Orkustofnunar dags. 05.03.75 er Orkustofnun beðin að taka afstöðu til tillagna þeirra um vinnsluþrýsting gufunnar, en þar kemur fram, að nauðsynlegt er að ákveða nú "hönnunarhitastig" og "hönnunarþrýsting" áður en holurnar hafa verið boraðar, vegna ákvörðunar um gerð túrbína".

Ennfremur segir í bréfinu:

"Þær forsendur um hitastig djúpvatns, sem Verkfr.st. Sig. Thoroddsen hefur valið 270°C, virðast því gerðar með varfærni og er varla hægt að velja betri forsendur á grundvelli þeirra upplýsinga sem nú liggja fyrir".

12

Þá segir enn í bréfinu:

"Varðandi inntaksþrýsting í lágþrýstihluta tvíþrýstitúrbínunnar ber að hafa í huga þau mörk hitastigs og þrýstings þar sem kísilútfelling byrjar, en sem kunnugt er hækkar það hitastigsmark mjög ört með auknu hitastigi á innrennsli í holurnar, þótt óvissa í áætlun um hitastigsmark útfellingar liggi einnig í sýrustigi holuvatnsins".

Að lokum segir í bréfi Orkustofnunar:

"Sá þrýstingur í lágþrýstiinntaki, sem lagt er til að verði notaður þ.e. 2 ata sýnist okkur því vera í lægra lagi, en þrýstifall yfir lágþrýstiskilju og lágþrýstigufulagnir að inntaki túrbínu getur verið 0,5-1,0 ata þannig að þessi inntaksþrýstingur, þ.e. 2 ata, svarar til útfellingarmarks, ef innrennslishiti er ekki hærri en 270°C.

Eins og áður segir, er ekki hægt á þessu stigi málsins að sjá fyrir hver verður meðalinnrennslishiti í borholu, en það væri óhagkvæmt að ákvarða inntaksþrýstinginn á lágþrýstihlutann of háan miðað við það innrennslishitastig, sem fæst, þar sem það myndi skerða afl túrbínunnar og auka á vandann við flutning holuvatns milli háþrýsti- og lágþrýstiskilju. Einnig kemur hér til, að borholur, sem kunna að verða afllitlar, gætu nýtst í lágþrýstikerfinu, en við þá notkun þarf þrýstingur í lágþrýstiskilju að aukast til þess að jafnvægi haldist í gufustreymi túrbínunnar."

Svo sem fram kemur í bréfi þessu var ekki hægt á þessu stigi málsins að segja til um meðalinnstreymishita í vinnsluholum. Einnig er í bréfinu bent á hættu kísilútfellinga í lágþrýstiskilju.

Eins og ofangreindar tilvitnanir bera með sér, hefur Orkustofnun álitnið tímasetningu ýmissa framkvæmdaþátta við Kröfluvirkjun óeðlilega. Gufuöflun er forsenda virkjunarinnar og aðrir framkvæmdaþættir hefðu átt að taka meira mið af stöðu hennar hverju sinni. Þetta er rakið nánar í kafla 2.

Sú vitneskja, sem þarf til að besta (optimize) legu stöðvarhúss, inntaksþrýsting á vélar og gerð gufuveitu lá ekki fyrir, þegar ákvörðun var tekin um tímasetningu framkvæmda og val á vélabúnaði. Bestun byggir að talsverðu leyti á staðsetningu borhola og vinnslueiginleikum þeirra (rennsli við mismunandi mótþrýsting, gufuhluta í rennsli við mismunandi mótþrýsting og útfellingar og tæringarhættu). Engar upplýsingar af þessu tagi lágu fyrir, er nefnd ákvörðun var tekin að öðru leyti en því, að talin var hætta á kísilútfellingum, ef hitastig í vatnsæðum færi yfir um 300° (fskj. nr. 19, bls. 20).

14

1.6.2 Álit Kröflunefndar (samið af Júl.Sólnes; endurskoðað af Orkustofnun).

Haustið 1974 fóru fram viðræður Kröflunefndar við ráðgjafarverkfræðinga sína (sbr. gr. 2.3). Á fundum með ráðgjafarverkfræðingunum kom fram sú spurning, hvort hægt væri á grundvelli þeirra upplýsinga, sem nú lögju fyrir, þær væru að vísu ekki miklar, að skilgreina aflvélar fyrir fyrirhugaða virkjun í Kröflu eða í Námafjalli. T.d. að því verki væri lokið um 1. febrúar 1975. Fulltrúar bandarísku ráðgjafarverkfræðinganna urðu fyrir svörum, og töldu þeir, að innan 3-4 mánaða gætu þeir sett fram bráðabirgðaskilgreiningu á aflvélum og vinnsluferlum virkjunarinnar.

Ráðgjafar Kröflunefndar bentu á, að mikilvægustu upplýsingarnar, sem þeir þörfnuðust til þessa væru t.d. botnhiti í borholum, gasinnihald og efnasamsetning borholuvökva svo og þrýstingur. Á grundvelli slíkra upplýsinga væri hægt að hanna eða skilgreina aflvélar og jafnvel semja um smíði þeirra. Það eina, sem raunverulega gæti gerst væri, að aflgeta vélanna yrði aðeins minni eð jafnvel aðeins meiri eftir því, sem endanlegt ástand jarðhitasvæðisins samsvaraði hönnunarskilyrðunum.

Um þetta leyti voru hér á ferð verkfræðingar frá japanska fyrirtækinu Toshiba, sem sýnt hafði mikinn áhuga á fyrirhugaðri virkjun. Á fundi með ýmsum aðilum, sem haldinn var hjá Orkustofnun í nóvember 1974 kom fram, að þeir treystu sér til þess að skila fullkomnum lýsingum og tilboði í aðal aflvélar í fyrirhugaða virkjun í Námafjalli eða við Kröflu, með því að nota eftirfarandi upplýsingar, sem byggðust á upplýsingum frá Námafjalli, þ.e. þrýstingur í háþrýstiskiljum 7.73 ata, þrýstingur í lágþrýstiskiljum 1.97 ata og eimsvaþrýstingur svarandi til 4 mm Hg.

Ráðgjafarverkfræðingar Kröflunefndar töldu, að hægt væri að nota upplýsingarnar frá Námafjalli til þess að fá allgóða hugmynd um væntanlegar aflvélar. Var útboðsbréf þar að lútandi sent framleiðendum gufuhverfla í byrjun desember 1974. Var það hugmynd ráðgjafanna, að síðan væri hægt að gera nauðsynlegar smábreytingar á skilgreiningu aflvéla eftir því, sem niðurstöður af rannsóknarborunum við Kröflu 1974 lögju fyrir. Kröflunefnd var afhent uppkast að skýrslu Orkustofnunar um rannsóknarboranir 1974 í byrjun febrúar 1975. Gengið var frá endanlegu vali á framleiðanda aflvéla 7. febrúar 1975.

Fram til þess, að samningur var undirritaður um kaupin á aðalafvlélunum, 10. apríl 1975, fór fram athugun ráðgjafarverkfræðinganna á tæknilegri gerð og skilgreiningu aflvélaanna byggt á hinum nýju upplýsingum um Kröflusvæðið og var endanlega gengið frá gerð aflvélaanna.

Segja má að æskilegra hefði verið að hafa nákvæmari og fullkonnari upplýsingar um jarðhitasvæðið við skilgreiningu á aðalafvlélunum. Sú vitneskja, sem þarf til að besta (optimize) legu stöðvarhúss, inntaksþrýsting á vélar og gerð gufuveitu byggir að talsverðu leyti á vinnslueiginleikum borhola (rennsli við mismunandi mótþrýsting, gufuhluta í rennsli við mismunandi mótþrýsting og útfellingar- og tæringarhættu). Engar upplýsingar af þessu tagi lágu fyrir, er ákvörðun um aflvélaannar var tekin að öðru leyti en því, að talin var hætta á kílilútfellingum, ef hitastig í vatnsæðum færi yfir um 300°C. (fskj. nr. 19, bls. 20). Voru Kröflunefndarmenn og ráðgjafar þeirra með, sammála um þessi atriði. Hins vegar var talið réttlæt看legt, að standa þannig að málum með tilliti til eftirfarandi.

- 1) Eins og kemur fram í Kafla 2, var það ótvíræður vilji Alþingis, að flýta Kröfluvirkjun. Virkjunarlögin eru samþykkt á Alþingi áður en rannsóknun var lokið.
- 2) Allar líkur bentu til þess, að auðvelt yrði að standa að gufuöfluninni, miðað við þá reynslu, sem fengist hafði í Námafjalli. Svo reyndist einnig verða í fyrstunni. Tvær fyrstu vinnsluholurnar í Kröflu reyndust mjög aflmiklar framan af.
- 3) Aflvélar þær, sem valdar hafa verið til Kröfluvirkjunar, eru mjög sveigjanlegar með tilliti, til breyttra eiginleika gufunnar. Þær hafa mjög vítt þrýstifallssvið og þola verulegar breytingar á hitastigi gufunnar. Í rauninni er það aðeins spurning um nokkra hundraðshluta í aflminnkun, sem gæti stafað af því, að hönnunarskilyrði þau, sem sett voru um gufuna eru illa uppfyllt. (sjá greinargerð um þetta atriði, sem samín er af verkfræðingunum Sigurði Sigfússyni, verkfræðistofu Sigurðar Thoroddsen h.f., og Guðmundi Björnssyni, Verkfræðistofu Guðmundar og Kristjáns h.f.

77 12 01

1. Námaskarð. Skýrsla um mælingu afkasta gufuborholu í Námaskarði.
Vermir s.f. / Mars 1964.
2. Námafjall. Jarðfræði og segulmælingar.
Guðmundur Guðmundsson
Stefán Arnórsson
Sept. 1965
3. Álitsgerð um jarðgufuaflostöðvar með sérstöku tilliti til virkjunar
við Námafjall.
Sveinn S. Einarsson
Júní 1967.
4. Interpretation of infrared imagery of Mývatn Area
Lokesh Chadurvedi
Guðmundur Pálmason
Des. 1967
5. Aflmæling á N-3, Námafjall
Sveinbjörn Björnsson
Júlí 1968
6. Skýrsla um ferð vegna gagnsetningar gufuvirkjunarinnar í Námaskarði.
Mars 1969
7. Boranir við Námafjall 1963-1968
Kristján Sæmundsson
Júní 1969
8. Áætlun um rannsókn háhitasvæða
Sveinbjörn Björnsson
Ágúst 1969
9. Námafjall. Aflmæling - Borhola N-4 Námafjalli.
Stefán Arnórsson
Des. 1969
10. Álitsgerð um verð jarðgufu frá gufuveitu jarðvarmaveitna ríkisins
í Námafjalli.
Karl Ragnars
Apríl 1970
11. Framvinduskýrsla um rannsóknir á Námafjalls - Kröflusvæðinu
og uppgjör á kostnaðarreikningi.
Kristján Sæmundsson
Jan. 1971

12. Námafjall-Krafla. Áfangaskýrsla um rannsóknir jarðhitasvæðanna.
Guðmundur Guðmundsson
Guðmundur Pálmason
Karl Grönvold
Karl Ragnars
Kristján Sæmundsson
Stefán Arnórsson
Júní 1971
13. Gufuaflstöð við Kröflu. Frumáætlun um stöðvarhús.
VST Júní 1971
14. Gufuaflstöð við Kröflu. Vegur til Vítis. Frumáætlun.
VST / Okt. 1971
15. Viðnámskort af Námafjalls-Kröflusvæðinu
16. Jarógufuaflstöð. Frumáætlun um aflstöð með tilliti til virkjana í Námafjalli eða Kröflu.
JHD OS, Verkfr.st. Guðm. og Kristjáns
Júní 1972

Sama til á ensku: Geothermal power Station
17. Jarógufuaflstöð. Frumáætlun um 8 MW, 12 MW, 16 MW og 55 MW aflstöð með tilliti til virkjunar í Námafjalli eða Kröflu.
OS JHD, Verkfr.st. Guðmundar og Kristjáns
OS-JHD-7318 / Sept. 1973

Sama til á ensku: A geothermal power Station
18. Álitsgerð um mengunarhættu vegna affallsvatn frá gufuvirkjun við Kröflu eða Hverarönd.
Guttormur Sigbjarnarson
Haukur Tómasson
Jónas Eliasson
Stefán Arnórsson
OS-JHD-7427 / OS-RID-7421 / Nóv. 1974
19. Krafla. Skýrsla um niðurstöður rannsóknaborana 1974.
Kristján Sæmundsson
Stefán Arnórsson
Karl Ragnars
Hrefna Kristmannsdóttir
Gestur Gíslason
20. Áætlun um borun fimm vinnsluhola við Kröflu 1975.
Endurnýjuð áætlun frá 16.1. 75.
Karl Ragnars
Stefán Sigurmundsson
OS-JHD-7536 / Maí 1975
21. Krafla. Jarðlög og ummyndun í borholum 1 og 2 í Kröflu.
Hrefna Kristmannsdóttir
OS-JHD-7542 / júní 1975

22. Kröfluveita. Skýrsla um meðferð affallsvatns frá Kröfluvirkjun. VST og Virkir h/f / Okt. 1975.
23. Kröfluveita. Skýrsla um forhönnun aðveitu Kröfluvirkjunar VST og Virkir h/f / Nóv. 1975
24. Krafla. Niðurstaða vinnsluborana 1975 - Horfur um gufuöflun
Stefán Arnórsson
Karl Ragnars
Kristján Sæmundsson
OS-JHD-7558 / Des. 1975
25. Greinargerð um framkvæmdir við Kröfluvirkjun í ljósi jarðskjálfta, sprunguhreyfinga og eldgosahættu.
Guðmundur Pálmason
Kristján Sæmundsson
Karl Ragnars
Axel Björnsson
Ingvar Birgir Friðleifsson
OS-JHD-7604 / Jan. 1976
26. Vatnasvið Hlíðardalslækjar og affallsvatn frá Kröfluvirkjun
Stefán Arnórsson
Einar Gunnlaugsson
OS-JHD-7602 / Jan. 1976
27. Kísill og brennisteinsvetni í affallsvatni frá gufuborholum
Stefán Arnórsson
OS-JHD-7601 / Jan. 1976
28. Öryggisbúnaður og framkvæmdaáætlun við boranir með Jötni í Kröflu 1976.
Karl Ragnars
OS-JHD-7614 / Febr. 1976
29. Rannsókn á umbrotum við Kröflu og sprungukerfi í Kelduhverfi. Sameiginleg rannsóknaráætlun.
Norræna Eldfjallastöðin
Orkustofnun
Raunvísindastofnun
Veðurstofa Íslands
Mars 1976
30. Bygging fyrri áfanga Kröfluveitu 1976 (kápulaust, 2 s. og teikning)
VST / Apríl 1976
31. Jarðhræringar við Kröflu. (Sérprentun úr Náttúrufræðingnum, 46. árg. Nr. 4, 1976)
Axel Björnsson
32. Framvinduskýrsla um breytingar á rennsli og efnainnihaldi í borholum 3 og 4 í Kröflu
Gestur Gíslason
Stefán Arnórsson
OS-JHD-7640 / Júní 1976.

33. Borholur 3, 4 og 5 í Kröflu.
Borun, vatnsæðar, niðurstöður berggreininga.
Hrefna Kristmannsdóttir
Guðmundur Ómar Friðleifsson
Einar Gunnlaugsson
OS-JHD-7641 / Ág. 1976
34. Borholur 3, 4 og 5 í Kröflu.
Viðauki - Lýsing jarðlaga.
Hrefna Kristmannsdóttir
OS-JHD-7641 / Ág. 1976
35. Hraunflóðavarnir við Kröfluvirkjun.
OS-JHD-7645
VST / Sept. 1976
36. Frárennsli Kröfluvirkjunar
Jón Ingimarsson
Jónas Eliasson
Sven Þ. Sigurðsson
37. Krafla - Hóla KJ-6
Borun, jarðlög, vatnsæðar og ummyndun.
Hrefna Kristmannsdóttir
Margrét Kjartansdóttir
Ásgrímur Guðmundsson
Guðmundur Ó. Friðleifsson
OS-JHD-7646 / Nóv. 1976
38. Krafla - Hóla 7
Framvinduskýrsla um borun, jarðlög, vatnsæðar og ummyndun.
Hrefna Kristmannsdóttir
Ásgrímur Guðmundsson
Guðmundur Ó. Friðleifsson
Margrét Kjartansdóttir
OS-JHD-7647 / Nóv. 1976
39. Gosvakt við Kröflu
Axel Björnsson
OS-JHD-7650 / Nóv. 1976
40. Kvikasilfur og arsenik í háhitavatni við
Námafjall og Kröflu
Jón Ólafsson
Hafrannsóknarstofnunin / Nóv. 1976
41. Áhrif hraunkvikuinnskots á efnainnihald djúpvatns í Kröflu -
frekari gufuöflun
Stefán Arnórsson
OS-JHD-7705 / Des. 1976
42. Kröfluvirkjun. Kostnaðaráætlun fyrir lúkningu fyrri áfanga
gufuveitu í Kröflu og borunar fjögurra hola með Jötni árið 1977
VST, Virki h/f og Orkustofnun
OS-JHD-7712 / Febr. 1977

43. Krafla. Hola KJ-9
Borun, skoltöp, jarðlög og ummyndun.
Hrefna Kristmannsdóttir
Ásgrímur Guðmundsson
Margrét Kjartansdóttir
OS-JHD-7710 / Mars 1977
44. Krafla. Hola KG-10
Borun, vatnsæðar, jarðlög og ummyndun.
Hrefna Kristmannsdóttir
Ásgrímur Guðmundsson
Margrét Kjartansdóttir
Guðmundur Ómar Friðleifsson
OS-JHD-7709 / Mars 1977
45. Krafla. Hola KJ-11
Borun, vatnsæðar, jarðlög og ummyndun.
Hrefna Kristmannsdóttir
Ásgrímur Guðmundsson
Margrét Kjartansdóttir
OS-JHD-7708 / Mars 1977
46. Kröfluveita. Veita fyrir affallsvatn.
Forhönnun.
VST og Virkir h/f Apríl 1977
47. Krafla. Hola KG-8
borun, vatnsæðar, þrýstiprófun, lektarprófun, jarðlög og ummyndun.
Hrefna Kristmannsdóttir
Ásgrímur Guðmundsson
Margrét Kjartansdóttir
Guðmundur Ómar Friðleifsson
OS-JHD-7713 / Apríl 1976
48. Hæðarmælingar við Kröflu 1976
Gunnar Þorbergsson
Ásgeir Gunnarsson
Apríl 1977
49. Gufuvinnsla við Kröflu.
Gunnar Böðvarsson, Corvallis, Oregon, U.S.A.
OS-JHD-7718 / Maí 1977
50. Krafla. Mælingar í borholum sept. 74 - apríl 77
2 bindi
Benedikt Steingrímsson
OS-JHD-7720 / Júní 1977
51. Kvikasilfur og Arsenik við Námafjall og Kröflu
Jón Ólafsson
Hafrannsóknarstofnunin / Okt. 1977
52. Holubrэф 1-7
ristj. Valgarður Stefánsson

53. Investigation of corrosion and proposal for corrosion monitoring in the geothermal power station at Krafla. Ref. B 4228 No. 1 to 4. Korrosionscentralen ATV, Park Allé 345, DK 2600, Glostrup.
54. Rannsókn og nýting jarðhita
Stefán Arnórsson
OS JHD 7733 / Des. 1977
55. Áhrif eldgosa á Leirhnúkssprungunni og annarra umbrota á Kröflusvæði og vinnslueiginleikum jarðhitasvæðisins við Kröflu.
Valgarður Stefánsson
Nóv. 1977
56. Bréf OS til Kröflunefndar, Hönnunarforsendur um inntaksþrýsting gufu á aflvélar í Kröfluvirkjun.
Karl Ragnars
1975-04-02.

2.5. FRAMKVÆMDIR ORKUSTOFNUNAR

2.5.1. Skipulag.

Til glöggvunar er rétt að vekja athygli á verkaskiptingu þeirri, sem viðhöfð er innan Orkustofnunar varðandi framkvæmdirnar við Kröfluvirkjun.

Verkaskipting þessi er með þeim hætti, að rannsóknir sem hafa farið fram við Kröflu eru í höndum Jarðhitadeildar OS, þar á meðal rannsóknir sem gerðar eru á borholum meðan á borun stendur og eftir að henni lýkur. Má þar nefna sýnistöku til efnagreiningar á holuvökva og borsvarfi, hitamælingar, gasmælingar, aflmælingar og ýmsar fleiri reglubundnar mælingar á holum. Ennfremur gerir Jarðhitadeild, á grundvelli rannsókna á svæðinu, tillögur um staðsetningu borhola, dýpt þeirra og hversu djúpt þær skuli fóðra. Eftir að umbrot og eldgos hófust, hefur Jarðhitadeildin einnig rekið umfangsmiklar rannsóknir á þeim (sjá Fskj. 31 og 39, Kaf. 1) í þeim tilgangi að hafa á hverjum tíma bestu fáanlegar upplýsingar að styðjast við í tillögum sínum til framkvæmdaaðila og ráðuneytis.

Framkvæmdahliðin á þætti Orkustofnunar í byggingu jarðhitaorkuversins við Kröflu er í höndum Jarðvarmaveitna ríkisins. Þær ákveða staðsetningu og hönnun borhola að fengnum tillögum Jarðhitadeildar, láta bora holurnar og sjá um að hanna, smíða og setja upp gufuaðveitukerfi virkjunarinnar, þ.e. þau mannvirki sem taka við borholuvökvanum við holuloka og skila gufu að inntakslokum við stöðvarhús. Í þessu kerfi eru leiðslur fyrir gufu og vatn, lokabúnaður, gufuskiljur, rakaskiljur ásamt stjórn^uþættum. Jarðvarmaveiturnar sjá einnig um hönnun og smíði þeirra mannvirkja sem ætlað er að taka við afgangsvatni virkjunarinnar og koma því fyrir á þann hátt að skaði ekki umhverfið.

Jarðvarmaveitur ríkisins er upphaflega nafn á þeirri starfssemi, sem ríkið tókst á hendur varðandi öflun jarðgufu handa Kísiliðjunni h.f., og sölu á gufu til verksmiðjunar. Þetta hlutverk tekur ríkið að sér með lögum um Kísiliðjuna, þar sem það er falið iðnaðarráðherra,

en hann fól síðan Orkustofnun að framkvæma. Síðar féll öflun heitavats handa Þörungavinnslunni á Reykhólum og sala á því einnig í hlut Jarðvarmaveitnanna á sama hátt, þ.e. ríkið tekur þetta að sér með lögunum um Þörungavinnsluna og fær í hendur iðnaðarráðherra, sem síðan felur Orkustofnun framkvæmdina. Ennfremur hefur ráðherra falið Jarðvarmaveitunum sölu á gufu til rafstöðvar Laxárvirkjunar í Bjarnarflagi.

Jarðvarmaveiturnar hafa samið við ýmsa verktaka um einstaka þætti framkvæmdanna. Um borun vinnsluholanna sömdu þær við Jarðboranir ríkisins, sem eru verktakafyrirtæki í eigu ríkissjóðs er starfar að jarðborunum. Fyrirtæki þetta heyrir undir iðnaðarráðherra, sem hefur falið Orkustofnun rekstur þess. Þetta er eini verktakinn á þessu sviði hérlendis. Jarðboranir ríkisins eiga alla hérlenda jarðbora að undanskildum gufubornum Dofra, sem er sameign ríkisins og Reykjavíkurborgar undir sérstakri stjórn með fulltrúum beggja eigenda. Sú stjórn hefur samið við Jarðboranir ríkisins um rekstur Dofra, þannig að þær reka alla jarðbora á landinu.

Framkvæmdin á verkþætti Orkustofnunar í Kröfluvirkjun er þannig í höndum Jarðvarmaveitna ríkisins, með Jarðhitadeild sem rannsóknaraðila og ráðgjafa í jarðhitafræðilegum efnum, og Jarðboranir ríkisins sem borverktaka.

2.5.2. Boranir 1975.

Með bréfi dags. 22.jan. 1975 sendi Orkustofnun Iðnaðarráðuneytinu kostnaðaráætlun um borun fimm borhola í Kröflu (fskj..¹...) á árinu 1975. Vegna gengis- og verðbreytinga var þessi kostnaðaráætlun endurskoðuð í mars '75 og send ráðuneytinu með bréfi dags. 3.mars 1975 (fskj..²...). Enn var kostnaðaráætlunin endurskoðuð í mai 1975 og send ráðuneytinu með bréfi dags. 14.mai 1975 (fskj....).

Um þetta leyti varð ljóst, að fjármagn til borframkvæmda á árinu 1975 yrði aðeins um 150 Mkr. Að beiðni iðnaðarráðuneytisins endurskoðaði Orkustofnun kostnaðaráætlanir sínar miðað við að boraðar yrðu 1, 3 eða 5 holur. Jafnframt sendi Orkustofnun iðnaðarráðuneytinu bréf dags. 22.mai 1975 (fskj..³..), þar sem varað er við þeirri stefnu að draga úr borframkvæmdum samtímis því, að öðrum þáttum virkjunarframkvæmdanna er haldið áfram af fullum krafti. Í bréfinu segir m.a.:

"Nú virðist sem tiltækt fé til borana á sumri komandi verði 150 Mkr. Eins og sjá má á ofangreindri áætlun nægir það ekki til að ljúka einni holu vegna þess að af upph^uðinni hafa þegar verið keypt fóður-rör o.f.l^t í fimm holur. Til annara hluta Kröfluvirkjunar en gufufloflunnar mun vera ráðgert að verja 600 Mkr. á yfirstandandi ári.

Í þessu sambandi vill Orkustofnun leyfa sér að vísa til bréfs síns til hins háa ráðuneytis, dags. 14.03.75, þar sem rædd var sú áhætta sem því óhjákvæmlega fylgir að hefja byggingu orkuvers og annara vinnslumannvirkja áður en vinnsluborunum er lokið og nægilegt gufumagn fengið upp á yfirborðið. Eins og þar kemur fram er vinnsluborunin í rauninni of seint á ferðinni miðað við tímaáætlun Kröflunefndar, miðað við það sem eðlilegt og æskilegt getur talist. Því hefur Orkustofnun áhyggjur af því, ef nú verður dregið úr vinnsluborunum frá því sem ráðgert var, sem getur leitt til að þessi áhætta verði meiri en áður.

Stofnuninni virðist auðsætt, að ef skera verður niður fé til Kröflu-^ffrankvæmda frá því sem ráðgert var, sé óhjákvæmilegt að endurskoða alla tímaáætlun þeirra frankvæmda, bæði varðandi gufuöflunina og aðra hluta þeirra. Í þeirri endurskoðun þarf að samræma vinnslu-^lborunina öðrum frankvæmdapáttum út frá þeirri staðreynd, að gufan er það sem allt mannvirkni byggist á og þarf því öflun hennar að njóta það mikils forgangs að ekki sé verið að taka óeðlilega áhættu. Að mati Orkustofnunar er það hreynt neyðarúrræði að bora færri holur en fimm á næsta sumri, jafnvel þótt upprunalegri tímaáætlun seinki eitthvað af völdum niðurskurðar, vegna þess að í þeirri áætlun var þegar tekin áhætta varðandi gufuöflunina; meiri áhætta en tíðkast sumsstaðar erlendis við jarðgufuvirkjanir. Þessa áhættu má alls ekki auka.

Orkustofnun vill því leyfa sér að leggja til við hið háa ráðuneyti að það efni til fundar með fulltrúum hennar og Kröflunefndar um samræmda endurskoðun á tímaáætlun Kröflufrankvæmda, hið allra fyrsta."

Boranir hófust í júní með gufubor ríkis og Reykjavíkurborgar (Dorfa). Í júlí ákvað Iðnaðarráðuneytið að alls þrjár holur skyldu boraðar í Kröflu það árið. Borun þessara þriggja hola, KG-3, KG-4, KG-5 lauk í októberlok. Nánari upplýsingar um einstakar borholur er að finna í töflu ...¹..... (bls.....).

Um árangur borananna er fjallað í skýrslu OS JHD 7558 (fskj. ^{2.4. Katla 1}).

Þar segir m.a.:

"Þær upplýsingar um rennsli og hita hola og aðra vinnslueiginleika svæðisins, sem nú liggja fyrir, eru mun' takmarkaðri en gert var ráð fyrir, ef upphafleg áætlun um borun 5 vinnsluhola hefði staðist.

Fullnægjandi upplýsingar liggja aðeins fyrir um eina holu. Það gufumagn, sem úr henni kemur við 10 ata þrýsting, dugir til 5-6 MW

26

raforkuframleiðslu. Nægileg gögn liggja enn ekki fyrir til þess að segja ákveðið um meðalhitastig á því vatni, sem kemur inn í vinnsluholur.

Í ljós hefur komið, að öflugar æðar eru í flestum holunum ofan 1000 metra. Hitastig þeirra er nálægt 250°C. Á meira dýpi er hitastig hærra, eða um og yfir 300°C.

Niðurstöður sýna, að rennsli milli æða á sér stað í sumum holunum. Þetta millirennsli veldur tæknilegum erfiðleikum í borun og hefur áhrif á vinnslueiginleikum hola."

Enn fremur segir í skýrslunni:

"Ekki er víst, að afköst þeirrar einu holu, sem nú er tilbúin, samsvari meðalafköstum fyrstu 6-7 vinnsluholanna og getur hún hvort sem er lent ofan við eða neðan við meðalafköst þeirra vinnsluhola, sem eru óboraðar. Þannig er engin trygging fyrir því að það gufumagn verði tilbúið í árslok 1976, sem nauðsynlegt er fyrir 30 MW raforkuframleiðslu með öðrum rafali virkjunarinnar."

Miklar breytingar urðu á borholum KG-3 og KG-4 veturinn 1975-76. Skömmu fyrir eldgosið í Leirhnjúk 20. des. 1975 tók afl KG-3, sem hafði gefið góða raun í byrjun, að rýrna, og hélt svo áfram fram eftir ári 1976. Gasmagn í holunni jókst gífurlega í mars 1976, en nokkuð dró úr því aftur á næstu mánuðum, þótt það héldist áfram mun meira en það hafði upphaflega verið.

Borholu KG-4 tókst ekki að ljúka vegna millirennslis frá 1940 m dýpi og upp í æð á 700 m dýpi. Þetta millirennsli orsakaði óvenjuháan þrýsting, 90 kg/cm², á toppbúnað holunnar. Í janúar 1976, skömmu eftir gosið í Leirhnjúk, sprengdi holan af sér toppbúnaðinn og myndaðist þá mikill gufuhver (sjá Fskj. 6...). Um svipað leyti súrnaði vökvinn, sem frá holunni rann, mjög (pH=1.8), en komst í eðlilegt horf eftir 4-6 mánuði. Geta má þess að vökvi með pH=1.8 er sterk sýra sem tærir járn (fóðurrör) á skömmum tíma.

Gufuhverin ver mjög virkur lengi vel og runnu frá honum um 150 l/sek af vatni en um haustið fór að draga af honum og í desember 1976 þornaði hann alveg. Hefur þá holan, sem undir honum var, væntanlega fallið saman og stíflast.

Borhola KG-5 var aðeins boruð í 1300 m dýpt af öryggisástæðum. Eftir reynsluna af KG-4 þótti rétt að bora ekki dýpra fyrr en öryggisútbúnaður hefði verið bættur.

Í heild má segja, að þrátt fyrir óhöpp hafi árangur borana árið 1975 ekki gefið tilefni til annars en bjartsýni um áframhaldandi gufuöflun í Kröflu. Jafnframt varð ljóst að borframkvæmdirnar voru tæknilega séð mun vandasamari en boranir á háhitasvæðum annars staðar höfðu reynst vera.

Í nóvember 1975 sendi Orkustofnun bréf til Iðnaðarráðuneytisins (fskj. 7), þar sem gerð var grein fyrir boráætlun ársins 1976. Þar segir m.a.: "Fyrirhugað er að hefja boranir á árinu 1976 með Jötni strax og veður leyfir og eftir að borun á Laugalandi lýkur. Miðað við að borun geti hafist í mars er áætlað, að samtals 6-7 borholur verði fullbúnar í nóvember 1976".

Í desember 1975 kom út skýrsla Orkustofnunar um niðurstöður vinnslu-borana 1975 og horfur á gufuöflun (fskj. 24, kafli 1). Um boranir 1976 segir þar m.a.: "Í áætlunum Orkustofnunar fyrir árið 1976 er gert ráð fyrir að ljúka frágangi á þeim tveim holum, sem ekki var lokið í ár og bora 3-4 vinnsluholur. Gert er ráð fyrir að þær geti orðið a.m.k. 2500 m djúpar og jarðborinn Jötunn verði fenginn til verksins. Samkvæmt áætluninni hefst borun um miðjan mars og lýkur í desember 1976".

Veturinn 1975-'76 var notaður til að móta öryggisreglur og vinnu-aðferðir við hönnun og borun hola, og til að útvega öflugri öryggis-búnað á borinn. Var þetta gert í ljósi þeirrar reynslu, sem fengist hafði af borunum í Kröflu árið 1975, en þá hafði mælst hærri þrýstingur við holutopp á holu KG-4, um 90 kg/cm^2 , en áður var vitað um á öðrum jarðhitasvæðum bæði hérlendis og erlendis. Rætt var um nauðsynlegt fóðringardýpi með það fyrir augum að koma í veg fyrir millirennslu eins og átti sér stað í holu KG-4. Jarðlagaskipan í þeirri holu gaf til kynna, að fóðrun niður á allt að 1000-1100 metra dýpi gæti reynst nauðsynleg til að hindra millirennslu. Í febrúar 1976 gaf Orkustofnun út skýrslu "Öryggisbúnaður og framkvæmdaáætlun við boranir með Jötni í Kröflu 1976" (fskj. 8).

Í apríl 1976 skipaði orkumálastjóri 3 menn í nefnd til að taka ákvarð-anir um boranir í Kröflu. Í skipunarbréfinu (fskj. 9) segir m.a.: "Mikil og vandasöm verk eru nú framundan í gufuöflun fyrir Kröflu-virkjun. Til að tryggja, eftir því sem hægt er, að þau verði unnin á sem bestan hátt, vil ég biðja ykkur að taka sæti í nefnd til að fjalla um og taka ákvarðanir um framkvæmdaatriði borananna. Þar á ég sérstaklega við staðsetningu borhola, holudýpi, fóðringar, o.s.frv. Verksvið nefndarinnar er þó ekki bundið við þessi atriði, heldur hver sem er önnur, sem upp kunna að koma varðandi gufuöflunina til yfirborðs, en við holutopp tekur gufuveitan hins vegar við gufunni.

Í ákvörðunum sínum ber nefndinni jafnan að hafa það meginmarkmið í huga að afla á sem skjótastan hátt nothæfrar gufu til að virkjunin geti farið í gang sem fyrst".

Ennfremur segir í bréfinu: "Æskilegt er, að nefndin komist að sameiginlegri niðurstöðu um þær ákvarðanir, sem taka þarf. Verði ágreiningur, sem nefndin ekki getur leyst, er til þess ætlast, að slíkum málum verði vísað til mín".

Hinn 7. maí 1976 sendi nefndin orkumálastjóra álitserð "Staðarval borhola í Kröflu 1976" (fskj. 10). Þar segir m.a.: "Okkur undirrituðum þykir að vandlega yfirveguðu máli skynsamlegt og eðlilegt að fyrsta holan væri boruð í Leirbotnum, þar sem svo mikill ávinningur er af því, ef vel tekst til."

Boranir hófust með Jötni 27. júní 1976 í Leirbotnun (KJ-6). Var þetta mun seinna en upphaflega var áætlað. Stafaði það af því að Jötunn var upptekinn við borun í Eyjafirði fyrir Hitaveitu Akureyrar. Vegna lánsúttegunar Hitaveitu Akureyrar erlendis þótti mikilvægt að borun við Laugaland væri ekki hætt á því stigi, sem þær voru á í mars-apríl 1976. Til þess að bæta að nokkru upp þessa töf var Dofri fenginn að Kröflu fyrir tilstuðlan Iðnaðarráðuneytisins í ágúst 1976, en upphaflega hafði aðeins verið reiknað með Jötni í Kröfluboranir 1976.

Þegar ákvörðun hafði verið tekin um að bora með tveimur borum á árinu 1976, þurfti að endurskoða framkvæmdaröð borverka. Hin endurskoðaða framkvæmdaáætlun kemur fram í greinargerð dags. 9. júlí 1976 (fskj. 11)

Alls voru boraðar á árinu 1976 6 holur, KJ-6, KJ-7, KG-8, KJ-9, KG-10 og KJ-11. Lauk borunum í desember 1976. Nánari upplýsingar um einstakar borholur er að finna í töflu 1 (bls.)

Eins og áður er um getið, var í ljósi reyngslu af borunum 1975 hönnun holanna breytt þannig að sterkari lokar og dýpri fóðringar voru notaðar en árið áður. Jafnframt höfðu öryggistæki boranna verið bætt. Tilgangur þessara aðgerða var að koma í veg fyrir að óhöpp eins og urðu

með holu KG-4 gætu endurtekið sig. Tæknileg framkvæmd borananna tókst mjög vel, og verður ekki séð annað en búnaður holanna sé fullnægjandi til að mæta því álagi sem á honum er.

Nokkru eftir að borun KJ-9 hófst varð sá atburður, hin 12. október 1976, að upp kom leirhver nálægt borstæðinu. Var borinn þá fluttur af því, þar eð ekki var ljóst í fyrstu hvað hér var að gerast eða hvert framhald yrði á atburðum. Var þá borun holu KJ-11 hafin. Síðar kom í ljós, að fóðring í holu KG-3, sem er skammt frá borstæði KJ-9 hafði slitnað í um það bil ~~100~~⁷⁵ m dýpi, líklega vegna jarðhræringa, með þeim afleiðingum að vatn og gufa úr KG-3 ruddi sér leið út úr fóðringunni og upp á yfirborðið og myndaði leirhverinn. Hóla KG-3 var fyllt af sandi og hjaðnaði þá leirhverinn alveg. Eftir að borun KJ-11 lauk, var Jötun fluttur aftur á KJ-9. Borun hennar stóð fram í byrjun des. 1976, en varð ekki lokið. Var aðeins borað niður á 1100 m dýpi með 300 m hlífðarfóðringu. Gengið var þannig frá holunni að hægt yrði að dýpka hana síðar, en einnig var komið fyrir í henni raufuðu lausu fóðurröri þannig að hægt væri að láta hana blása.

Boranir 1976 gáfu miklar nýjar upplýsingar um vinnslueiginleika borsvæðisins: Tvö vatnskerfi eru til staðar, ofan við 900-1100 m og neðan við 1100-1500 m. Þessi tvö jarðhitakerfi hafa mjög mismunandi vinnslueiginleika, svo sem hita, efnasamsetningu, streymisgerð o.fl. Efra kerfið er aðeins 220°C heitt, og tiltölulega kalkríkt. Neðra kerfið er hins vegar 320-340°C heitt og er í suðu. Er hiti þess hærri en fundist hefur áður á jarðhitasvæði héraendis, ^{og með þeim hvarfa sem finnast hefur í} þ.í því er mikið heiminum magn af óþéttanlegum gastegundum, sem fylgja gufunni inn á vélar virkjunarinnar og draga úr nýtni stöðvarinnar. Einnig eiga sér stað útfellingar af járn og kísilsamböndum í fóðurrörum.

Borholurnar taka vatn sitt annaðhvort úr efra kerfinu eða úr báðum kerfunum. Efrakerfisholurnar (KW-2, KG-8, KJ-9) hafa lítið afl sakir lágs innstreymishita, og í þeim hafa orðið miklar kalkútfellingar. Blönduðu holurnar (KW-1, KG-3, KJ-6, KJ-7, KG-10, KJ-11) hafa mismunandi og breytilega rennsliseiginleika. Aflmestar þeirra hafa verið KG-3 (sem nú er lokuð), KG-10 og KJ-11, en dregið hefur verulega úr afli þeirra með tíma.

Í lok borananna á árinu 1976 kom í ljós mikið járninnihald í frárennslisvatni frá KJ-6 og KJ-7. Var í fyrstu talið að hér væru um að ræða tæringu á fóðurrörum holanna. Komið var á fót samvinnu Orkustofnunar og Rannsóknarstofnunar iðnaðarins um rannsókn á þessu vandamáli. (fskj. 53, Ka/la) Niðurstaða þeirra rannsókna er m.a. sú að veruleg tæringarhætta sé ekki fyrir hendi við óbreyttar aðstæður. Hins vegar hefur síðar komið í ljós, að verulegar útfellingar af járn samböndum eiga sér stað í fóðurrörum eins og áður er getið.

Árangur borananna í gufuöflun virðist í fyrstu vera viðunandi. Þannig reyndust holur KJ-7, KG-10 og KJ-11 vera mjög aflmiklar fyrst í stað, en holur KJ-6 og þó einkum KG-8 og KJ-9 aftur á móti afllitlar. En fljótlega fór að bera á aflminnkun þeirra fyrrnefndu. Holur KJ-7 og KG-10 misstu afl sitt að verulegu leyti á næstu mánuðum. Hóla KJ-11 hélt hins vegar góðum afköstum, en nokkuð bar á því að hún væri óstöðug. Var það talið stafa af því að efra og neðra vatnskerfi jarðhitasvæðisins blönduðust saman í holunni, eins og reyndar í fleiri holum, og sökum mismunandi þrýstings kæfði efra vatnskerfið það neðra öðru hverju.

Árangurinn í gufuöflun varð þannig ekki eins góður og vonast hafði verið til. Iðnaðarráðuneytið óskaði í byrjun árs 1977 eftir skýringum og túlkun Orkustofnunar á þessum vanda. Orkustofnun svaraði með bréfi dags. 4. febrúar 1977, sem fer hér á eftir:

"Að beiðni hins háa ráðuneytis vill Orkustofnun skýra frá eftirfarandi atriðum þegar á þessu stigi málsins, enda þótt stofnunin hafi ekki að fullu metið árangur vinnsluborana við Kröflu 1976 eða mótað endanlega tillögur um með hverjum hætti þeim skuli haldið áfram.

1. Ljóst er nú þegar, að árangur vinnsluborana 1976 er lakari en vonir stóðu til, bæði varðandi magn tiltækra gufu og gæði hennar (gasinnihald; tæringaráhrif á gufukerfi). Heildarniðurstöður borana liggja þó enn ekki fyrir, þar eð mælingum er ekki lokið á tveimur síðustu holunum sem boraðar voru.

2. Talið er fullvíst að tæringaráhrif og gasinnihald gufunnar orsakist af eldsumbrotum við Kröflu. Hugsanlegt er einnig að eldsumbrotin hafi haft áhrif til rýrnunar á rennsli úr borholum.
3. Það kom fyrst í ljós við boranir 1976 að áhrif umbrotanna urðu svo víðtæk á fyrirhuguðu vinnslusvæði, sem raun ber vitni. Þetta vinnslusvæði er hins vegar aðeins hluti af jarðhitasvæðinu við Kröflu. Ekki er unnt að segja fyrir um hversu víðtæk eða varanleg áhrifin yrðu, enda ekki við sambærilega reynslu annars staðar að styðjast.
4. Um það verður ekki sagt að svo stöddu, hve stórt það svæði er, sem áhrif umbrotanna ná til; hvort þau ná til jarðhitasvæðisins alls eða þess hluta einungis, sem borað var í á síðasta sumri. Úr þessu verður ekki skorið nema með frekari borunum. Áhrifa þessara hefur ekki gætt við Námafjall, um það bil 7 km burtu.
5. Ekki er heldur unnt að segja um það á þessu stigi máls, hve lengi muni gæta þeirra áhrifa eldsumbrotanna á vinnslueiginleika, sem í ljós komu á þeim hluta jarðhitasvæðisins við Kröflu þar sem borað var 1976. Allar tölur um slíkt sem fram hafa komið fjölmiðlum undanfarið verða að skoðast sem persónulegt mat viðkomandi. Reynslan ein getur skorið úr um þetta atriði.
6. Við þessar aðstæður telur Orkustofnun rétt að gera eftirfarandi:
 - 6.1. Halda áfram nú á þessu ári vinnsluborunum í því skyni að afla meiri gufu handa Kröfluvirkjun. Verið er að athuga hvar ráðlegast sé að halda borunum áfram. Ýmsir kostir koma þar til álita og þarf að bera þá saman. Að því verður unnið nú á næstunni.
 - 6.2. Haldið áfram framkvæmdum við stöðvarhús og gufuveitu að því marki sem nauðsynlegt er til að geta komið stöðinni í gang með þeirri gufu sem nú er tiltæk.

Fyrst verði stöðin rekin í tilraunarestri meðan ýmis konar prófanir fara fram og byrjunarörðuleikar í sjálfum rekstrinum eru yfirunnir. Er þýðingarmikið að geta notað tímann í því skyni meðan unnið er að frekari gufuöflun, svo að ekki verði frátafir af þeim sökum þegar hún er fengin.

- 6.3. Ætla má að áhrif eldsumbrotanna verði fremur til að tefja gufuöflun fyrir Kröfluvirkjun og gera hana dýrari en að tefla henni í tvísýnu til frambúðar. Með hliðsjón af því er ástæða til að hafa áhyggjur af raforkuöflun á Norðurlandi veturinn 1977-78 sérstaklega. Engin leið er að segja fyrir um það, ^hve mikið megi reiða sig á Kröflu þann vetur. Er því full ástæða til að hraða lokaáfangu Byggðalínu og Hvalfjarðarlínu svo fremi að unnt sé að ljúka þessum verkum á annað borð næsta haust, eða fyrri hluta næsta vetrar. Þyrfti sem fyrst að komast að endanlegri niðurstöðu um, hvort þetta er unnt og þá hvernig."

2.5.4 BORANIR OG ENDURVINNSLA 1977.

Iðnaðarráðuneytið tók saman greinargerð um stöðu framkvæmda við Kröfluvirkjun og er hún dags. 7. febrúar 1977 (fskj. 12). Í henni segir m.a.:

"Við könnun á verkstöðu framkvæmda er augljóst að meginhluti kostnaðar fram að gangsetningu fyrri vélasamstæðu er vinnulaun um tveggja mánaða skeið, til að nýta árangur borana, sem lokið var á árinu 1976.

Viðbótarfjárfesting til nýtingar á fyrri vélasamstæðu til raforkuöflunar er fyrst og fremst tengd gufuöflun á árinu 1977 og allur árangur slíkrar fjárfestingar skilar sér því í auknum afköstum fyrri vélasamstæðu til raforkusölu og þar með til nýtingar heildarfjárfestingar Kröfluvirkjunar. Á það skal bent, að hér er um brautryðjendastarf að ræða við virkjun háhitasvæða landsins, til raforkuframleiðslu. Sambærilegar aðstæður með tilliti til áhrifa gosvirkni hafa ekki komið fram annars staðar í heiminum.

Miðað við stöðu verksins og þá reynslu, sem nú þegar hefur fengist við þessa virkjun og hinn mikla orkuskort á Norðurlandi, svo og það fjármagn, sem nú þegar er búið að binda, væri óraunhæft að fresta framkvæmdum um óákveðinn tíma. Ennfremur gæti slíkt haft í för með sér ófyrirséðar afleiðingar og gæti stöðvað um langa framtíð framkvæmdir til nýtingar á jarðgufu háhitasvæða landsins til orkuöflunar".

Í lok greinargerðarinnar er efnið dregið saman í þessar niðurstöður:

1. Haldið verði áfram nú á þessu ári vinnsluborunum til áframhaldandi gufuöflunar fyrir Kröfluvirkjun.
2. Haldið verði áfram framkvæmdum við stöðvarhús og gufuveitu að því marki, sem nauðsynlegt er til þess að geta tekið fyrri vélasamstæðu stöðvarinnar í notkun.
3. Lokið verði við lagningu háspennulínu frá Kröfluvirkjun til Akureyrar".

Um þetta leyti var það orðið ljóst, að jarðhitasvæðið við Kröflu var mun flóknara að uppbyggingu en áður hafði verið reiknað með. Nánari lýsing á því er að finna í Holubrési nr. 7 (fskj. 52, kafla 1.)

Til undirbúnings tillögum að borunum 1977 gekkst Orkustofnun fyrir fundi, sem haldinn var á Nesjavöllum í Grafningi dagana 15.-16. febrúar 1977. Á þessum fundi voru fulltrúar Orkustofnunar, Kröflunefndar, verkfræðistofanna Virkis og VST, auk sérstakra ráðgjafa Orkustofnunar. Voru gufuöflunarmálin rædd þar á mjög breiðum grundvelli til að reyna að fá fram sem flest sjónarmið þar að lútandi.

Að loknum Nesjavallafundi samdi Orkustofnun greinargerð um stöðu mála og tillögur um boranir á árinu 1977. Með bréfi dags. 22. marz 1977 (fskj. 13) voru þessar tillögur sendar Iónaðarráðuneytinu. Í þessu bréfi segir svo:

"Með bréfi þessu er ætlunin að gera hinu háa ráðuneyti grein fyrir tillögum Orkustofnunar um boranir fyrir Kröfluvirkjun sumarið 1977.

Eins og ráðuneytinu hefur áður verið skýrt frá (t.d. í bréfi 77 02 04) báru boranir 1976 ekki þann árangur, sem vonast var eftir, af ástæðum sem ekki eru að öllu leyti kunnar. Niðurstöður benda til 1-2 MW borárangurs á hverja holu á því svæði, sem borað var á 1976, og verður sá árangur að teljast lélegur. Að auki virðist vinnsluþrýstingur flestra borholanna vera of lágur fyrir háþrýstiprep gufuhverflanna til raforkuframleiðslu með fullri nýtni.

Ályktun, sem Orkustofnun dregur af borárangrinum 1976 er sú, að borsvæðið 1976 sé ekki fullnægjandi sem vinnslusvæði fyrir Kröfluvirkjun, a.m.k. um nokkurt árabíl. Til að standa undir 60-70 MW raforkuvinnslu þarf því að leita á nýju vinnslusvæði (eða svæðum).

Sú gufa, sem fékkst 1976 yrði að sjálfsögðu nýtt, fyrst í stað á bæði þrýstiprep fyrra gufuhverfilsins; síðar meir e.t.v. einvörðungu á lágþrýstiprep hverflanna.

Í framkvæmd Kröfluvirkjunar hefur verið lögð á það höfuðáhersla að koma virkjuninni sem fyrst í rekstur til að bæta úr raforkuástandinu á Norðurlandi. Nú hyllir undir að fyrri vélin fari í gang, en með miklum mun minni afköstum en vænst var, sem þar að auki leikur vafi á, hve mikið megi reiða sig á til frambúðar vegna óstöðugleika borholanna.

Þegar ljóst varð að valt er að reiða sig á afköst borhola frá 1976 og að leita þyrfti að nýju vinnslusvæði, sem tekur tíma, lagði Orkustofnun til við ráðuneytið í áðurgreindu bréfi frá 77 02 04 að kannað yrði til hlítar, hvort flýta mætti lagningu Hvalfjarðarlínu og syðsta hluta Byggðalínu þannig að Byggðalína næði fullri flutningsgetu í lok þessa árs, og að ákvörðun yrði tekin um að gera það, ef slík flýting reyndist möguleg. Nú virðast horfur á að þetta megi takast. Batnar þá mjög ástandið í rafmagnsmálum Norðurlands og ný viðhorf skapast varðandi Kröfluframkvæmdir.

Sú staðreynd að leita þarf að nýju vinnslusvæði fyrir Kröfluvirkjun gerir það nauðsynlegt að skipuleggja gufuöflunina framvegis á annan hátt en gert var meðan talið var, að vinnslusvæðið væri þegar fundið, enda gefur tilkoma fullrar flutningsgetu Byggðalínu jafnframt meira ráðrúm í því efni.

Nauðsynlegt er að gera sér grein fyrir því, hve mikið svigrúmið er án þess að vandræðaástand skapist að nýju þrátt fyrir fulla flutningsgetu Byggðalínu. Ber þá að hafa í huga að á þessu ári hefst lagning línu frá Kröflu til Austurlands.

Samkvæmt nýgerðri orkuspá fyrir landið allt verður Sigölduvirkjun fullnýtt að orku 1979 og Sigalda + Krafla báðar 1982. Kröfluvirkjun þarf því að geta skilað verulegum afköstum í lok árs 1979, sem tákna, að þá þarf að vera búið að vinna samsvarandi gufu og leiða hana til orkuversins. Að reikna með meira svigrúmi í þessu efni er mjög óvarlegt að mati Orkustofnunar, og býður beinlínis heim hættunni á orkuskorti.

Undanfarnar vikur hefur það verið til ítarlegrar athugunar á Orkustofnun, hvar vænlegast sé að leita nýrra vinnslusvæða. Niðurstaða þessara athugana er sú, að það kom þrjú svæði til greina (sjá meðfylgjandi kort):

1. Suðurhlíðar Kröflu (austur af virkjuninni)
2. Hvíthólasvæði (jaðar Kröfluöskjunnar til suðurs)
3. Námafjall

Öruggasti kosturinn af þessum þremur er talinn Námafjall, sem þó er engan veginn fullviss. Honum fylgir hins vegar miklu hærri flutnings-

kostnaður gufunnar til virkjunarinnar en frá hinum svæðunum.. Hvíthóla-
svæðið er minna jarðhitasvæði en hin tvö eftir því sem best er vitað
nú. Staðsetning þess er hins vegar heppileg, m.a. liggur það rétt við
gufuleiðslumilli Námafjalls og Kröflu.

Reynt hefur verið að gera upp á milli svæðanna á grundvelli núverandi
þekkingar á þeim. Hefur m.a. verið reynt að beita svonefndri EMV-
ákvarðanagreiningu til að velja á milli suðurhlíðar Kröflu og Námafjalls
sem vinnslusvæðis. (EMV = Expected Monetary Value). Með þeirri aðferð
er tekið fullt tillit til mismunandi flutningskostnaðar. Fer þá út-
koman eftir því, hver er líklegasti borárangur (MW/holu) á hvoru svæði
um sig. Er niðurstaðan sú, að ekki sé fyrirfram efni til að meta
líklegasta borárangur svo mismunandi á þessum tveim svæðum að þessi
samanburðaraðferð geri upp á milli þeirra svo mark sé takandi á. Að
sömu niðurstöðu hnígur almennt mat sérfræðinga stofnunarinnar á svæðunum.
Áður en gert er upp á milli þeirra, þarf því að fást betri vitneskja
um hvert um sig en nú liggur fyrir. Þeirrar vitneskju verður einungis
aflað með borunum. Verður því að bora á öllum þremur svæðunum áður en
valið er á milli þeirra.

Námafjall er það af þessum þremur hugsanlegum vinnslusvæðum, sem lengstan
tíma tekur að virkja, vegna flutningsleiðslunnar. Til þess að hafa
vaðið fyrir neðan sig, ber því að skipuleggja leit að vinnslusvæði,
vinnsluborun og virkjun út frá þeirri forsendu, að Námafjall verði valið.
Hin svæðin gefa rýmri tíma.

Sé nú gengið út frá því, að Námafjall verði valið og að leiðsla þaðan
að Kröflu þurfi að geta byrjað gufuflutning í lok árs 1979 þarf að taka
lokaákvörðun um lagningu hennar ári fyrir hið minnsta, þ.e. í lok 1978.

Af hagkvæmnisástæðum yrði slík leiðsla að vera gerð fyrir flutning á
a.m.k. allri háþrýstigufu á báðar vélarnar (48 MW). Vegna þess hve
leiðslan er dýr (Nál. 1100 Mkr) er ekki ráðlegt að ákveða lagningu hennar
endanlega nema fenginn sé upp á yfirborðið verulegur hluti þeirra gufu
er flytja skal, og sýnist 30 MW í gufu vera hæfilegt í því tilliti.
Þarf þá að vera búlið að bora nægilega mikið við Námafjall fyrir árslok
1978 til þess að tryggja þetta, ef Námafjallssvæðið verður fyrir valinu.
Til þess getur mætavel þurft 7-8 holur.

Á yfirstandandi ári og því næsta þarf því að bora nægilega til að

1. Velja vinnslusvæðið
2. Hafa allt að 7-8 holur tiltækar í lok 1978 á því svæði, sem valið verður til vinnslu.

Til að ná þessu þarf að leggja megináhersluna á eitt svæði, vinnslusvæðið, í borunum ársins 1978, sem tákna aftur, að vali vinnslusvæðis þarf að vera í meginráttum lokið í árslok 1977. Við þetta þurfa boranir ársins í ár að miðast.

Reynt hefur verið að meta, hve miklar boranir þurfi til að velja vinnslusvæðið. Slíkt mat er erfitt. Meiri boranir gefa að öðru jöfnu öruggari grundvöll undir valið, en sökum þess, hve dýrar þær eru, mega þær helst ekki vera langt umfram lágmarkspörf. Niðurstaðan er sú, að lágmarkið sé 4-5 holur. Hugsanlegt er að komast megi af með 4 ef árangur er mjög mismunandi eftir svæðum, en annars veitir ekki af 5.

Í samræmi við þetta leyfir Orkustofnun sér að leggja til við hið háa ráðuneyti að

1. Boraðar verði allt að 5 holur samtals í suðurhlíðum Kröflu, á Hvíthólasvæði og við Námafjall. Fimmtu holunni verði þó sleppt ef fært þykir (Borsvæði þessi sjást á meðfylgjandi korti).
2. Iðnaðarráðuneytið óski nú þegar heimildar Náttúruverndarráðs til borunar á þessum þrem svæðum.

Ráðgert er að borun hefjist í byrjun maí.

Um fjármál borframkvæmda við Kröflu 1977 mun Orkustofnun rita hinu háa ráðuneyti sérstaklega. Það þarf að útvega verulegt fjármagn til viðbótar því sem nú er tiltækt, svo sem þar verður nánar rakið. Meginniðurstöðurnar varðandi fjármálin eru þessar:

	<u>Fjórar holur</u>	<u>Fimm holur</u>
Heildarkostnaður, Mkr.	528,9	619,6
Fjárförf umfram tiltækt fjármagn, Mkr.	424,3	515,0 "

Í samráði við Iðnaðarráðuneytið fékk Orkustofnun dr. Gunnar Böövarsson, prófessor í Oregon í Bandaríkjunum, hingað til lands til viðræðna um vandamál gufuöflunarinnar í Kröflu. Kom Gunnar hingað til lands í lok mars. Skilaði hann bráðabirgðaskýrslu í lok apríl, en fullnaðarskýrslu í maí 1977 (fskj.49^{Kafla 1}). Í skýrslu Gunnars eru gerðar eftirfarandi tillögur:

"Í stytzu máli eru tillögur undirritaðs um næstu framkvæmdir á Kröflusvæði þessar.

(1) Virkjun efrakerfisvatns. Til þess að gangsetja virkjunina og koma afli hennar upp í virk 10 MW má nota um 18 kg/s af gufu við 8 ata úr holum 7 og 11 auk 10 til 12 kg/s af lágþrýstigufu úr efrakerfisvatni frá holum 8,9 og 10. Nægi rennsli þeirra ekki má bora eina eða fleiri holur í efra kerfi nálægt skiljustöðvarhúsi. Þetta ætti að geta tryggt rekstur jafnvel þótt einhver minnkun kæmi fram á holum 7 og 11.

(2) Endurrannsókn svæðis. Framkvæmdar verði þær rannsóknir, sem taldar eru í (6.2) og gaumgæfilega verði athugað, hvort ekki komi til greina að beita einnig titrings- og jarðspennuáðferðum, sem nefndar eru í (6.3)

(3) Aðgerðir á borholum. Full ástæða er til þess að gera tilraun til endurbóta á þeim holum, sem nú eru í sámlægu ástandi á Leirbotnasvæði. Kemur til greina hreinsun, einhver endurfóðrun og jafnvel dýpkun, einkum á 6, 8 og 9. Hér verður þó að gæta fyllstu hagkvæmni.

(4) Endurhönnun borhola og tækjakaup. Í samræmi við það sem fram kemur í (7) er full ástæða að íhuga kaup á nýjum háþrýstidælum þannig að dýpka megi fóðrun niður í 1,2 til 1,6 km og bora niður á 2,5 til 3,0 km dýpi. Sömu dælur má einnig nota við tilraunir til rennslisörvunar með þrýstidælingu. Þær kæmu og að góðu haldi á öðrum jarðhitasvæðum á Íslandi. Hver dælusamstæða virðist ekki kosta meir en

um 1/3 til 1/2 af heildarkostnaði einnar 2 km djúprar vinnsluholu.

(5) Borun í suðurhlíðum Kröflufjalls. Í samræmi við tillögur, sem áður hafa verið ægðar fram, er lagt til að gerð verði ein könnunarhola á svæði, sem merkt er sunnan Kröflufjalls á F 15524. Af praktískum ástæðum verður að hanna þessa holu á sama hátt og núverandi holur.

(6) Djúpbörðun á Leirbotnssvæði. Þegar tækjakostur og aðrar aðstæður leyfa er lagt til að gerð verði ein borun niður á 2,5 til 3,0 km dýpt í nágrenni holu 11. Þessa holu bæri að djúpfóðra og gera að öðru leyti þannig úr garði að beita megi Þrepaprýstidælingu til rennslisörvunar."

Fleiri aðilar létu í ljós álit sitt á gufuöflunarmálum Kröfluvirkjunar um þetta leyti. Má þar m.a. nefna James T. Kuwada frá Rogers Engineering í Kaliforniu. Kom hann hingað til lands á vegum Kröflunefndar í mars 1977. Átti hann viðræður við aðila hjá Kröflunefnd, Iðnaðarráðuneytinu og Orkustofnun. Skilaði hann greinargerð um för sína til Kröflunefndar (fskj.¹⁴). Iðnaðarráðuneytið sendi Orkustofnun afrit af þessari greinargerð 14. apríl 1977 til athugunar.

Skýrslur Gunnars Böðvarssonar og James Kuwada komu til frekari umræðu í ferð Karls Ragnrs, Valgarðs Stefánssonar og Guðmundar Einarssonar til Bandaríkjana 9.-15. maí 1977. Þeir þremmenningarnir áttu viðræður við bæði Gunnar og Kuwada, og koma helstu atriði þeirra viðræðna fram á minnisblaði, dags. 16. maí 1977, sem samið var eftir þá ferð (fskj.¹⁵...).

Iðnaðarráðuneytið sendi Orkustofnun bréf dags. 6. maí 1977 (fskj.¹⁶), þar sem það fellst á tillögur Orkustofnunar um boranir í suðurhlíðum Kröflu og við Hvíthólaklif. Ráðuneytið tók hins vegar ekki afstöðu á því stigi málsins til tillögu um borun við Námafjall. Jafnframt óskaði ráðuneytið eftir tillögum frá Orkustofnun um "hvaða aðgerðir séu nauðsynlegar í sumar, ef það mark væri sett, að a.m.k. 10 MW afl

verði til ráðstöfunar frá Kröfluvirkjun fyrir m.k. vetrarálag."

Jarðborinn Jötunn var að starfi fyrir Hitaveitu Akureyrar fram í júní. Þar sem fjármál gufuöflunarinnar við Kröflu voru um þetta leyti mjög í óvissu taldi Orkustofnun sig ekki að eigin frumkvæði geta flutt borinn í Kröflu að loknum borunum fyrir Hitaveitu Akureyrar. Var þetta mál borið undir Iðnaðarráðuneytið, og með bréfi dags. 23. júní 1977 (fskj.!?) taldi ráðuneytið rétt að flytja borinn í Kröflu, og var það gert í lok júní.

Með bréfi dags. 18. júlí 1977 (fskj.!?) sendi Orkustofnun Iðnaðarráðuneytinu nýjar tillögur um boranir og aðgerðir á eldri borholum í Kröflu. Þar sem allanzt var liðið á árið voru fyrri tillögur frá 22. mars ekki raunhæfar lengur. Bréf Orkustofnunar fer hér á eftir:

"Með bréfi dags. 1977.03.22 sendi Orkustofnun hinu háa ráðuneyti tillögur sínar um boranir við Kröflu 1977.

Þær tillögur gerðu ráð fyrir borun á 5 holum á yfirstandandi ári á þremur borsvæðum.

Með bréfi frá 1977.05.06 féllst ráðuneytið á borun á tveimur af þessum þremur svæðum.

Með bréfi frá 1977.06.23 óskaði ráðuneytið eftir að Jötunn yrði fluttur að Kröflu að lokinni borun á Laugalandi. Sú ósk hefur verið framkvæmd.

Enn hefur ekki leyststúr fjáröflunarvandanum í sambandi við Kröfluboranir 1977. Nú er orðið það áliðið sumars að hæpið er að upphafleg áætlun sé framkvæmanleg héðan af. Enn fremur liggja nú fyrir meiri upplýsingar um rennsli í borholum frá 1976 en lágu fyrir þegar tillögurnar voru gerðar. Allar þessar viðbótarupplýsingar eru á þálund að rennslið í holurnar er óstöðugra og minna en vænst var. Því telur Orkustofnun æskilegt að kanna nánar hvað valdið geti þessari hegðun borholanna frá 1976.

Bæði þessi atriði gefa að dómi Orkustofnunar tilefni til að breyta þeim tillögum um Kröfluboranir sem settar voru fram í áður nefndu bréfi frá 1977.03.22. Fylgja hinar breyttu tillögur hjálaga. Meginatriði þeirra eru eftirfarandi:

1. Lagt er til að boraðar verði tvær holur í ár í suðuhlíðum Kröflu, í stað fimm hola alls í suðurhlíðum Kröflu, á Hvíthólasvæði og við Námafjall.
2. Gerðar eru tillögur um aðgerðir á holum sem boraðar voru í fyrra.
3. Lagðar eru til, í ljósi reynslunnar frá því síðustu tillögur voru gerðar umfangsmeyri mælingar á yfirborði á jarðhitasvæðinu við Kröflu en áður var gert ráð fyrir. Mælingar þessar, sem eru einkum jarðeðlisfræðilegs eðlis, taka ekki einungis til borðsvæðisins frá 1976, heldur meginhluta jarðhitasvæðisins við Kröflu í heild. Þessar mælingar eru að hluta til þegar hafnar.

Tilgangur aðgerðanna í 2. og 3. lið er sá, að reyna að varpa ljósi á orsakir þess að borholurnar frá 1976 hegða sér á þann hátt sem raun ber vitni um, og bæta staðsetningar borhola í framtíðinni. Það er hugsanlegt að aðgerðirnar í 2. lið, þ.e. á borholunum frá í fyrra hafi það jafnframt í för með sér að afköst holanna aukist, a.m.k. um tíma. Á það ber hinsvegar að leggja áherslu, að með öllu er óvíst að svo verði eða hve varanleg hugsanleg afkastaukning verður ef hún verður einhver. En hvort heldur um slíka aukningu verður að ræða eða ekki getur niðurstaðan samt gefið mikilvægar vísbendingar um orsakir hins lélega borárangurs 1976. Sú vitnekja getur komið að góðum notum síðar.

Kostnaðaráætlun um hinar breyttu borunartillögur fylgja einnig hér með. Samkvæmt þeim lækkar umframfjárförð umfram fjárlög og framkvæmdaáætlun úr 683 Mkr í 629 Mkr við breytinguna, eins og nánar kemur fram á yfirlitinu.

Í bréfi ráðuneytisins frá 1977.05.06 er m.a. víkið að greinargerð Kuwada frá Rogers Engⁱⁿg^{neer}ing. Ennfremur hefur ráðuneytið síðan spurtst

munlega fyrir um viðbrögð Orkustofnunar við skýrslu dr. Gunnars Bóðvarssonar er hann samdi eftir heimsókn sína hingað á þessu vori. Báðar þessar skýrslur hafa verið teknar til rækilegrar umfjöllunar hjá Orkustofnun, og hefur verið tekið fullt tillit til þeirra við mótum þeirra breyttu tillagna sem hér liggja fyrir".

Iðnaðarráðuneytið ritaði Orkustofnun 27. júlí 1977 bréf (fskj. 19), þar sem henni er tilkynnt sú ákvörðun að útvegaðar verði 100 Mkr til að "kanna og endurvinnna þær holur, sem gerðar hafa verið á Kröflusvæðinu". Bréf ráðuneytisins fer hér á eftir:

"Ráðuneytinu hefur borist bréf frá fjármálaráðuneytinu þar sem segir m.a.:

"Ráðuneytið skírskotar til samþykktar ríkisstjórnarinnar 19. þ.m., þar sem samþykkt var allt að 100 mkr. aukning á lánsfé til Orkustofnunar umfram lánsfjáráætlun 1977 til að kanna og endurvinnna borholur þær, sem gerðar hafa verið á Kröflusvæðinu. Vill ráðuneytið staðfesta, að ráðstafanir hafa verið gerðar til að þetta fjármagn verði til reiðu.

Í samræmi við umræður á nefndum ríkisstjórnarfundu og til undirbúnings frekari ákvörðunar um fjármagn til virkjunarframkvæmda við Kröflu, óskar ráðuneytið þess, að iðnaðarráðuneytið láti í té eftirtalin gögn:

Áætlun um þær framkvæmdir, sem ætlað er að vinna að á næsta ári. Þannig að séð verði hvernig hagkvæmt er að ljúka framkvæmdum við Kröflu.

Þá var samþykkt í ríkisstjórninni á áðurnefndum fundi, að Orkustofnun sé óheimilt að ganga í nokkrar nýjar skuldbindingar fyrr en ríkisstjórnin hefur tekið beiðni iðnaðarráðuneytisins um fjármagn umfram lánsfjáráætlun til athugunar að nýju. Fer ráðuneytið þess á leit að iðnaðarráðuneytið tilkynni Orkustofnun þessa ákvörðun til að tryggja virka framkvæmd hennar".

Ráðuneytið óskar hér með eftir því að Orkustofnun geri áætlanir um framkvæmdir á næsta ári.

Jafnframt ítrekar ráðuneytið að Orkustofnun er óheimilt að ganga í nokkrar nýjar skuldbindingar vegna framkvæmda við Kröflu þar til öðruvísi verður ákveðið".

Um þetta leyti gekkst Iónaðarráðuneytið fyrir stofnun samstarfsnefndar þriggja aðila, þ.e. Iónaðarráðuneytisins, Kröflunefndar og Orkustofnunar um samræmingu framkvæmda í Kröflu (fskj. 20, 21, 22, 23). Í nefndinni eru: Páll Flygenring ráðuneytisstjóri, Einar Tjörvi Elíasson, Kröflunefnd og Karl Ragnars, Orkustofnun.

Jarðborinn Jötunn, sem eins og áður greinir hafði beðið í Kröflu síðan í lok júní, var nú fluttur að holu KJ-9. Hófst dýpkun hennar um mánaðamótin júlí-ágúst og lauk aðgerðum við holuna 24. ág. '77.

Þessu næst var Jötunn fluttur að holu KJ-7, þar sem hreinsaðar voru útfellingar og lagfærð skemmd á fóðurröri. Síðan vour holur KG-10 og KJ-11 hreinsaðar. Lauk þessum aðgerðum 10. október 1977.

Um árangur ofangreindra aðgerða er nánar fjallað í Holubrífum nr. 6 og 8 (fskj. 52, Kafla 1.)

Eina marktæka aukningin á gufu við aðgerðir sumarsins er aukningin á gufumagni úr holu KJ-9. Í vissum skilningi er þar komin ný hola, þar sem gamla holan var öll fóðruð af, og sú gufa, sem nú kemur úr holunni er öll úr nýboraða hluta holunnar.

Tímabundið hefur gufumagn úr holu KJ-7 og KG-10 aukist. Þessi gufuaukning varð þó skammvinn og er þegar dottin niður um 50% í holu KJ-7 og alveg horfin í KG-10.

Allt útlit er fyrir að hola KJ-11 sé enn óstöðugri eftir aðgerðina, en hún var fyrir hana. Frekari athuganir verða þó að skera nánar úr um hvort svo sé.

Þótt aðgerðir sumarsins hafi þannig ekki leitt [til] verulegrar aukningar gufurennslis úr borholunum, hafa þær gefið verðmætar upplýsingar um útfellingar í holunum, bæði að því er varðar efnasamsetningu og útfellingahraða.

Hinn 28. júlí 1977 sendi Orkustofnun Iðnaðarráðuneytinu eftirfarandi bréf varðandi tillögur stofnunarinnar fyrir 1978:

"Svo sem hinu háa ráðuneyti er kunnugt liggur enn ekki fyrir endanleg afstaða stjórnvalda til tillagna Orkustofnunar um Kröfluframkvæmdir 1977. Af þeim sökum, og raunar fleiri ástæðum einnig, er mjög erfitt á þessu stigi málsins að móta að fullu tillögur um framkvæmdir 1978. Er þess tæplega að vænta að það verði unnt fyrir en með haustinu. Er stefnt að því af hálfu Orkustofnunar að leggja fram slíkar tillögur í októbermánuði, þannig að þær geti komið með í meðferð fjárlagafrumvarps í ríkisstjórn og á Alþingi.

Til þess þó að skilja ekki eftir algera eyðu varðandi Kröfluframkvæmdir OS 1978 í því frumvarpi til fjárlaga og lánsfjáráætlun, sem nú mun vera í undirbúningi, þykir rétt að tilgreina nú þegar stærðarstig þeirrar fjárhæðar sem vænta má að farið verði fram á, þegar nánari tillögur hafa verið mótaðar.

Þess er vænst að þessi fjárhæð verði um það bil 1 Gkr (1000 Mkr).

Að baki þessari fjárhæð liggur sú hugmynd (1) að á næsta ári verði boraðar 5 holur við Kröflu, og (2) að borun á einu svæðinu í suðurhlíðum Kröflu, beri það góðan árangur að rétt þygi að leggja þaðan gufuveitu til stöðvarhússins, og (3) að fyrri áfangi þeirrar veitu af tveimur alls (háþrýstiáfanginn) verði framkvæmdur 1978.

Hér er gengið út frá því að fé fáið í ár til borunar tveggja nýrra hola, sem Orkustofnun hefur gert tillögu um.

Vakin skal sérstök athygli á því, að fáið það fé ekki verður að gera ráð fyrir að þær komi 1978, til viðbótar hinum 5. Hækkar fjár-

þörfin af þeim sökum um 230 Mkr (Viðbótarkostnaður á holu er lægri en meðalkostnaður á holu, þar eð ýmislegt í þessar tvær holur, svo sem fódurrör, hefur þegar verið keypt.)

Mjög æskilegt verður að telja að þessar tvær holur verði boraðar í ár, en dragist ekki til 1978.

Að endingu skal tekið fram að allar ofangreindar fjárhæðir miðast við verðlag í júlí 1977."

Hér má bæta við, að ekki hefur verið veitt neitt viðbótafré til nýrra borana í Kröflu á árinu 1977. Í reynd þýðir þetta að gufuöflunarfrankvæmdum, eins og þær voru lagðar til í bréfi Orkustofnunar frá 22.mars 1977, hefur verið frestað um a.m.k. eitt ár.

Með bréfi dag. 12.des. 1977 (fskj.24.) sendi Orkustofnun Iónaðarráðuneytinu tillögur sínar um boranir o.fl. til gufuöflunar á árinu 1978. Þar er lögð áhersla á það sjónarmið "að gufuöflunin er megin vandinn við Kröfluvirkjun og að lausn hans verður að hennar dómi að hafa algeran forgang umfram önnur verk tilheyrandi virkjuninni". Lagt er til að boraðar verði fjórar nýjar holur á árinu 1978.

Í eftirfarandi töflu er yfirlit um borholurnar við Kröflu og árangur þeirra með tilliti til gufuöflunar (miðað við des. 1977). Í hönnun Kröfluvirkjunar er gert ráð fyrir, að heildargufuþörfin, miðað við 60 MW afl, sé 112 kg/sek af háþrýstigufu og 36 kg/sek af lágþrýstigufu. Í ofangreindu er innifalin þörf hverflanna, gufuþörf sogdæla fyrir eimsvala og áspéttingar, og ópéttanleg gös sem eru minni en 1% af háþrýstigufunni.

Tafla

Yfirlit yfir borholur við Kröflu.

YFIRLIT YFIR BORHOLUR VIÐ KRÖFLU

Beiði	Borttaki	Hvenær boruð	Dýpt hollu m	Gufumagn við opnun kg/s		Gufumagn 31/12 1976 kg/s		Gufumagn í júní 1977 kg/s		"Endurvinnsla" og dýpkun borholu		Gufumagn við opnun eftir endurvinnslu kg/s		Gufumagn í des '77 kg/s		Athugasemdir
				Við 9 ata	Við 2.2 ata	Við 9 ata	Við 2.2 ata	Við 9 ata	Við 2.2 ata	Við 9 ata	Við 2.2 ata	Við 9 ata	Við 2.2 ata	Við 9 ata	Við 2.2 ata	
KW 1	Glaumar	ág.-okt.'74	1138	4.0	4.6											Ramsóknarhola. Notuð til upphitunar á vinnubólum og stöðvarhlúi.
KW 2	"	okt.-des.'74	1204		3.2											Ramsóknarhola.
KG 3	Doðri	júní-júlí'75	1670	11.0	17.1	1.9	1.9									Holan sandfyllt 27. nóv. 1976.
KG 4	"	júlí-sept.'75	2004	-	-	-	-									Holan sprengdi af sér holutopp í jún. 1976 en lokaðist í des. 1976.
KG 5	"	sept.-okt.'75	1300	-	-	-	-									Holan er skókk. Holan hefur aldrei blásið.
KJ 6	Jótunn	júlí'76	2000	5.3	6.3	5.4	5.4									
KJ 7	"	ág.-sept.'76	2165	7.1	8.0	7.0	7.6		4.2							Féðring skemmd. Holan hreinsuð og endurfóruð.
KG 8	Doðri	ág.-sept.'76	1658		3.0		3.0									EKKI RÓGERT AD NYTA HOLUNA VEGNA LÁGE HITA.
KJ 9	Jótunn	okt.-des.'76	1101		3.0		ekki komin upp		3.0							Holan fóruð í 1100 m dýpi og dýphuð í 1258 m dýpi.
KG 10	Doðri	okt.-nóv.'76	2082	17.1	20.8	8.1	10.8		3.3							Holan hefur stíflast aftur.
KJ 11	Jótunn	okt.-nóv.'76	2217	12.7	16.1		ekki komin upp		14.0							Eftir hreinsun er holan viðkæmari og óstöðugri en fyrir aðgerð.

1977-01-09

KRÖFLUSKÝRSLA
Kafli 2.5.1-2.5.4
Fsk. 1-24
SGS/gc

1. Áætlun um borun fimm vinnsluhola við Kröflu.
Sigurður Benediktsson
Rögnvaldur Finnbogason
Janúar 1975
2. Bréf OS til Iðnaðarráðuneytisins vegna endurskoðunar á kostnaðar-
áætlun frá janúar 1975.
Karl Ragnars
1975-03-03
3. Bréf OS til Iðnaðarráðuneytisins, viðvörðun við því að draga úr bor-
frankvæmdum meðan öðrum þáttum virkjunarinnar er haldið áfram af
fullum krafti.
Jakob Björnsson
1975-05-22
4. Bréf OS til Kröflunefndar (afr. til Iðnaðarráðuneytisins), um val
á túrbínunum til Kröfluvirkjunar.
Karl Ragnars
Guðmundur Pálmason
Jakob Björnsson
1975-02-06
5. Bréf OS til Iðnaðarráðuneytisins, tímasetning einstakra frankvæmda
við Kröfluvirkjun.
Jakob Björnsson
1975-03-14
6. Greinargerð um gos í holu 4, Kröflu, meðan á borun stóð.
Karl Ragnars
1975-09-14
7. Kostnaðaráætlun Kröfluveitu, Borholur og aðveitukerfi gufu, 1975,
1976, 1977 og 1978.
Karl Ragnars
1975-11-25

8. Öryggisbúnaður og framkvæmdaáætlun við boranir með Jötni í Kröflu 1976.
Karl Ragnars
OS-JHD 7614 / Febrúar 1976
9. Skipunarbréf nefndar á Orkustofnun til áætlanatöku varðandi boranir í Kröflu 1976.
Jakob Björnsson
1976-04-23
10. Staðarval borhola í Kröflu 1976, (nefndarálit).
Karl Ragnars
Stefán Arnórsson
Sigurður Benediktsson
1976-05-07
11. Greinargerð um staðsetningu borhola í Kröflu 1976.
Valgarður Stefánsson
1976-07-09
12. Greinargerð til Iðnaðarráðherra um stöðu framkvæmda við Kröfluvirkjun, 7. feb. 1977.
Páll Flygenríng
Árni Snævarr
Kristmundur Halldórsson
Guðmundur Einarsson
Jakob Björnsson
Guðmundur Pálmason
Kristján Jónsson
Einar Tjörvi Eliásson
1977-02-07
13. Bréf OS til Iðnaðarráðuneytisins, tillögur um boranir fyrir Kröfluvirkjun 1977, greinargerð.
Jakob Björnsson
Guðmundur Pálmason
1977-03-22

50

14. Trip report.
J.T. Kuwada
Marz 1977

15. Minnisblað vegna ferðar Guðmundar Einarssonar, Karls Ragnars og Valgarós Stefánssonar til U.S.A. 9-15 maí 1977.
Valgarður Stefánsson
1977-05-16

16. Bréf Iðnaðarráðuneytisins til OS, fallist á tillögu OS um boranir í suðurhlíðum Kröflu og við Hvíthólahlíf o.fl.
Páll Flygenring
Kristmundur Halldórsson
1977-05-06

17. Bréf Iðnaðarráðuneytisins til OS, flutn. Jötuns frá Laugalandi í Eyjafirði til Kröflu 1977.
Kristmundur Halldórsson
1977-06-23

18. Bréf OS til Iðnaðarráðuneytisins, breyttar tillögur um Kröfluboranir 1977.
Jakob Björnsson
Guðmundur Pálmasson
1977-07-18

19. Bréf Iðnaðarráðuneytisins til OS, Samþ. ríkisstj. 19.júlí um allt að 100 Mkr. til könnunar og endurvinnslu borhola.
Páll Flygenring
Árni Þ. Árnason
1977-07-27

20. 2 bréf Iðnaðarráðuneytisins til OS, til Kröflunefndar, varðar nefndarskipan þriggja manna til að "samræma aðgerðir og taka ákvörðun um meiri-háttar framkvæmdir við Kröflu".
Gunnar Thoroddsen
Árni Þ. Árnason
1977-07-20

21. Bréf OS til Iðnaðarráðuneytisins, varðar bréf hins háa ráðuneytis frá 1977-07-20 um nefndarskipan vegna Kröfluf framkvæmda.
Jakob Björnsson
1977-08-22

22. Orðsending til Karls Ragnars frá Orkumálastjóra til skipunar K.R. í þriggja manna nefnd.
Jakob Björnsson
1977-08-02

23. Bréf Iðnaðarráðuneytisins til OS, þar sem ráðuneytið felur OS að undirbúa mannvirki til vinnslu jarðgufu.
Magnús Kjartansson
Árni Snævarr
1974-06-21

24. Bréf OS til Iðnaðarráðuneytisins, varðar Kröfluboranir og gufuveitufrámkvæmdir á árinu 1978.
Jakob Björnsson
Guðmundur Pálmason
1977-12-12

2.5.5. Gufuáðveita.

52

2.5.5.1. Samningur við ráðgjafaræðila.

Með bréfi dags. 15.05.75 (fskj. nr. ...) til iðnaðarráðuneytisins leitaði Orkustofnun heimildar ráðuneytisins til að gera ráðgjafarsamning við verkfræðistofurnar Virki h.f. og Sig. Thoroddsen s.f. varðandi hönnun gufuveitu frá borholum að stöðvarhúsi.

Í bréfinu segir m.a.:

"Samningur þessi telur í sér, að ráðgjafarverkfræðingarnir taka að sér hönnun gufuveitu í Kröflu, og er atlast til, að hönnuninni verði lokið í byrjun árs 1976, þannig að útbæð fari fram þá um veturinn og framkvæmdir geti hafist um sumarið 1976"

Með bréfi dags. 12.06.75 (fskj. nr.) heimilaði iðnaðarráðuneytið að Orkustofnun undirritaði samning við verkfræðistofurnar. Í bréfinu segir:

"Með vísun til bréfs Orkustofnunar, 15.05. s.l. heimilar ráðuneytið stofnuninni að undirrita samning milli stofnunarinnar annars vegar og Virkis h.f. og verkfræðistofu Sigurðar Thoroddsen hins vegar, þess efnis að ráðgjafarverkfræðingarnir taka að sér hönnun gufuveitu í Kröflu."

Orkustofnun undirritaði 24.06.75 samning um hönnun Kröfluveitu við Virki h.f. og verkfræðistofu Sig. Thoroddsen s.f. (fskj. nr.....). Samkvæmt samningnum skyldi Orkustofnun veitt eftirtarandi verkfræðipjónusta sbr. formála í verksamningi.

1. "Fullnaðarhönnun gufuveitu frá borholum að stöðvarhúsi við Kröflu og veitu fyrir affallsvatn. Gufuveitan felur í sér tengingu við borholuloka, gufuskiljur við borholur, holuvatns- og gaslagnir, lágþrýstiskiljur og stöðvarhússkiljur og lagnir að stöðvarhúsvegg.

Veitan fyrir affallsvatn miðast við flutning á holu-
vatni frá lágbrýstiskiljum í Þríhyrningardal, en
jafnframt skal gerð könnun á því, hvort kælilón
gæti verið staðsett annars staðar.

2. Frumáætlun um flutning á borholuvatni út af vatnasvæði
Mývatns.
3. Frumáætlun um niðurdælingu affallsvatns um borholur."

Í 2. grein samningsins er verkfræðipjónustan nánar
skilgreind og skipt í fjóra höfuðþætti, þ.e. í

- A. Forhönnun
- B. Hönnun og gerð útboðsgagna
- C. Útboð, lokahönnun og eftirlit
- D. Áætlanir um meðferð borholuvatns.

Fylgiskjal með samningnum og hluti af honum er samningur
um samvinnu milli verkfræðifyrirtækjanna Virkis h.f. og
Verkfræðistofu Sigurðar Thoroddsen s.f. um hönnun
Kröfluveitu fyrir Orkustofnun.

Hönnunarstörf hófust þegar eftir undirritun samnings.
Skiptist starfið í verkþætti samkvæmt fyrirnefndum
verksamningi. Ljóst var, að tímamörk fyrir undir-
búning og framkvæmt hönnunar- arfa voru orðin þröng,
og var í upphafi stefnt að því, að útboðsgögn yrðu
tilbúin um áramótin 1975/1976.

2.5.5.2. Forhönnun.

Fyrsti verkþáttur hönnunarinnar var fólgin í gerð
frumáætlunar, sem nefnd var forhönnun. Forhönnunar-
skýrsla var afhent Orkustofnun með bréfi ráðgjafar-
aðila 21.11.75 (fskj. nr.).

Í formála þessarar skýrslu segir orðrétt:

"Þessi skýrsla er frumáætlun til Orkustofnunar um Kröfluveitu, sem felur í sér gufu- og vatnsveitu að stöðvarhúsi Kröfluvirkjunar og veitu fyrir frárennslisvatn. Greint er frá gerð veitunnar og helztu hlutum hennar, hönnunarforsendum, greiningu í verkhluta, og sett er fram tímaáætlun um lok hönnunar, útvegum efnis og framkvæmd verkhluta. Skýrslunni fylgja frumteikningar, er sýna á hvaða stigi hönnun veitunnar er við lok fyrsta þáttar hönnunarstarfsins."

Ennfremur segir:

"Þegar að fengnu bréfi Orkustofnunar 26 júní '75 var undirbúningur hafinn að hönnun Kröfluveitu. Á þeim tíma lá þó ekki fyrir, hvar borholum veitunnar yrði valinn staður að undanskilinni fyrstu vinnsluholunni, sem þá var langt komið að bora, en auk þess hafði borstæði næstu vinnsluholu verið valið. Hafizt var strax handa um að kanna verð og afgreiðslutíma á aðalerni til veitunnar svo sem stálplötum, stálpípum, lokum og dælum. Fyrir lá skýrsla Orkustofnunar um tilraunaboranir frá feb. 1975 og einnig fengu ráðgjafarverkfærðingar í hendur áætlanir Orkustofnunar um val borstæða fyrir 15 borholur í lok júlí 1975. Fyrstu niðurstöður málga á heildarstreymi, hitastigi og efnasamsetningu gufu og vatns fengust úr fyrstu vinnsluholunni (holu 3) í ágúst-sept. 1975."

Ennfremur segir:

"Við undirskrift samnings um hönnun Kröfluveitu var gert ráð fyrir því, að öllu frárennslisvatni veitunnar yrði veitt í Þríhyrningadal vestan stöðvarhúss Kröfluvirkjunar. Einnig var þá gert ráð fyrir því, að kanna þyrfti aðra möguleika um meðferð þessa frárennslisvatns. Við hönnun veitunnar hefur komið í ljós, að ónþjákvæmilegt er að deila um helmingi alls borholuvatns að lágþrýstiskiljum veitunnar, ef veita skal öllu borholuvatni í Þríhyrningadal.

Með tilliti til rekstraröryggis, reksturskostnaðar og aukinnar hættu á útfellingum við dælingu Borholuvatnsins hafa ráðgjafarverkfræðingar lagt til, að öllu borholuvatni verði veitt í tilbúin lón í Hlíðardal austan og sunnan stöðvarhúss virkjunarinnar, en fjarlægð þeirra frá stöðvarhúsi er um 500 m. Borholuvatnið yrði sjálfrennandi þangað og dæling óþörf að lónum þessum.

Þvorki liggur fyrir leyfi fyrir þessari tilhögun né hefur endanleg ákvörðun verið tekin. Hefur óvissa um þetta atriði valdið töfum í hönnunarstarfinu, en í skýrslu þessari eru settir fram báðir valkostirnir um staðarval fyrir frárennslis- og kælilón, Þríhyrninga- dalur og Hlíðardalur. Má ákvörðun um þetta atriði alls ekki dragast öllu lengur. Gert er ráð fyrir því, að ljúka mætti byggingu Kröfluveitu fyrir áramót 1976/1977. Unnt er þó að fresta byggingu um helmingseitunnar, og sýnir tímaáætlun byggingu hennar í tveimur áföngum.

Fyrri áfangi verður bygging veitu frá neðra borsvæði, sem fullnægja myndi aflþörf annarrar aflvélar Kröflu- virkjunar. Þessum áfanga gæti lokið í október 1976. Síðari áfangi felur í sér byggingu veitu frá efra borsvæði, og er gerð grein fyrir því, hvernig unnt væri að ljúka henni í október 1977.

Gert hefur verið ráð fyrir því, að gerðar verði tilraunir og mælingar á háþrýsti- og lágþrýstiskiljum og framkvæmdar útfellingartilraunir í þeim og í tilheyrandi lögnum. Markmið tilraunanna er að treysta hönnunarforsendum v. tannar svo sem kostur er."

Í ágripi forhönnunarskýrslu er gerð grein fyrir helztu forsendum og niðurstöðum, og segir þar enn fremur:

"Forhönnun aðveitukerfis Kröflustöðvar gerir ráð fyrir 12 borholum samtals. Áætlað er, að meðalafköst hverrar borholu verði 40-50 kg/s og að innstreymishiti verði að meðaltali 270 °C. Þessi borholuafköst verða fullnægjandi fyrir aflvélar Kröfluvirkjunar við 2x30 MW álag, en forhönnun veitunnar gerir einnig ráð fyrir, að stofnæðar anni þörf vélanna við hámarksálag, sem er 2x35 MW.

Fyrirhugað borsvæði greinist af landslagi og hæðarlegu í tvo hluta, efra og neðra borsvæði. Frá hvoru svæði fyrir sig er sjálfstætt aðveitukerfi að stöð, og nægir hvort um sig annarri aflvél virkjunarinnar."

Á sama tíma og unnið var að gerð forhönnunarskýrslu var tekin saman stutt skýrsla um meðferð affallsvatns frá Kröfluvirkjun, og afhent Orkustofnun með bréfi dags. 20.10.75 (fskj. nr.). Einnig var Orkustofnun rituð stutt greinargerð um meðferð affallsvatns frá Kröfluvirkjun, dags. 27.11.75 (fskj. nr.....)

Hönnunarstörf við Kröfluveitu mótuðust mjög af þeirri óvissu, sem frá ársbyrjun 1976 hefur verið um framkvæmdir við Kröfluvirkjun.

Á þessum tíma fengust ekki teknar ákvarðanir um að skuldbinda efniskaup fyrir en 29. mars 1976 og þá aðeins á litlum hluta nauðsynlegra efniskaupa til fyrri áfanga Kröfluveitu. Önnur kaup voru ekki heimiluð fyrir en 6. apríl og síðar. Enn var framhald framkvæmda tekið til endurskoðunar á tímabilinu 10. ágúst til 10. september 1976, en Orkustofnun skorti þá fjárveitingar til þess að mega undirrita verkamninga, sem biðu undirritunar allt þetta tímabil.

Óvissa um vinnsluborholur fyrir Kröfluveitu hefur einnig haft mikil áhrif á hönnunarstörf við veituna.

Vegna endurskoðunar á staðarvali borhola var fyrirkomulag gufuveitu tekið til endurskoðunar. Fyrirkomulagi hennar var síðan breytt mjög verulega til þess að frjálsari hendur fengjust um staðarval borhola, og stækkaði mögulegt vinnslusvæði Kröfluvirkjunar verulega við þessar breytingar. Endurhönnun veitunnar olli að sjálfsögðu aukinni vinnu og verulegum töfum við hönnunarstörfin. Boranir töfðust enn fremur verulega, en borun fyrstu holunnar sumarið 1976 hófst í lok júní. Hinn 16. ágúst 1976 lágu fyrir fyrstu gögnin um endurskoðað staðarval borhola. Var þá hafinn undirbúningur að vali pípuleiða og hönnun pípa á milli borhola og skiljustöðvar.

2.5.2.3. Útboð vegna efniskaupa.

Fyrstu útboð efnispáttu til veitunnar fóru fram í árslok 1975 en hin síðustu í marz mánuði 1976. Eru þá reyndar ekki talin minni háttar efniskaup vegna breytinga, sem síðar voru ákveðnar, en slík efniskaup fóru nær undantekningalaust fram á grundvelli tilboða, sem aflað var áður en kaup voru gerð og ætíð gerð samkvæmt tillögum ráðgjafarverkfræðinga, að undangenginni verðkönnun.

Fyrirkomulag efnisútboða og kaupa var á þann hátt, að efnisútboð fóru öll fram á vegum Innkaupastofnunar ríkisins. Ráðgjafarverkfræðingar Orkustofnunar önnuðust gerð útboðsgagna. Öll aðalútboð voru opin og auglýst af Innkaupastofnun ríkisins. Er ráðgjafarverkfræðingar Orkustofnunar höfðu rannsað tilboðin skiluðu þeir skriflegri umsögn til Orkustofnunar, þar sem gerð var tillaga um, hvaða tilboði skyldu tekið. Jafnframt fygðu drög að kauploforðsbréfi (Letter of Intent). Í öllum tilfellum samþykkti Orkustofnun tillögu ráðgjafarverkfræðinga sinna.

58

Orkustofnun afgreiddi jafnan mjög fljótt ákvörðun sína um kaup til Innkaupastofnunar ríkisins, sem síðan aflaði í flestum tilfellum greiðslulofrós fjármálaráðuneytisins (Promissory Note) og gekk því næst frá formlegri pöntun. Jafnframt var seljanda efnis eða umboðsaðila hans hér á landi afhent í tvíriti kauploforðsbréf Orkustofnunar til undirritunar og samþykktar af hálfu seljanda. Með fullundirrituðu kauploforðsbréfi af hálfu Orkustofnunar og seljanda ásamt greiðsluloforði fjármálaráðuneytis svo og formlegri og endanlegri pöntun Innkaupastofnunar ríkisins var talið, að fullnægjandi kaupsamningur væri kominn á.

Þess skal getið hér, að í þeim tilfellum, sem á það reyndi, að afgreiðslutöf yrði á efni af hálfu seljanda, var afgreiðslutími reiknaður frá útgáfudegi endanlegrar pöntunar.

Fyrirkomulag á innkaupum og innflutningi á vegum Innkaupastofnunar ríkisins, sem lýst hefur verið, reyndist vera mjög seinvirkt og þungt í vöfum. Orkustofnun og ráðgjafaverkfræðingar urðu að halda uppi stöðugu eftirliti með gangi og stöðu efniskaupa til þess að tryggja sem bezt, að efniskaupin gengju eðlilega, en tæpast verður sagt, að það hafi tekist nægilega vel. Verulegar tafir urðu á því að gengið væri frá nokkrum pöntunum ásamt samsvarandi greiðslulofordum. Nægir að nema eftirfarandi bréf ritað af ráðgjafaverkfræðingum Orkustofnunar dags. 15.03.76.

þar segir:

"Gengið var frá pöntunarbréfum (Letters of Intent) fyrir þessi efniskaup 27. febrúar og 3. marz s.l. og send framleiðendum til staðfestingar. Jafnframt voru afrit þeirra send Innkaupastofnun ríkisins til þess að sem fyrst yrði aflað tryggingabréfa frá viðkomandi ráðuneytum. Tekið var fram, að ganga yrði frá tryggingabréfum þegar í stað þar sem afgreiðslutímar myndu reiknaðir frá útgáfu þeirra.

Innkaupastofnun ríkisins hefur tjáð okkur í dag að umrædd tryggingabréf hafi ekki enn verið gefin út. Við viljum vekja athygli á því, að ekki má koma til frekari dráttar varðandi þetta atriði þar eð afgreiðslutímar þessa efnis voru miðaðir við að strax yrðu gefnar fullnægjandi tryggingar. Ekkert er hægt að segja um, hve mikil seinkun gæti orðið á afhendingu þessa efnis, ef til seinkunar verður látið koma á annað borð, þar sem eftirspurn á stáli fer nú vaxandi erlendis.

Afgreiðslutími sá, sem tryggður var við ofangreindar pantanir, var fullnægjandi með tilliti til fyrirhugaðra framkvæmda á þessu ári en þó mjög naumur. Allar tafir í afgreiðslu þessa efnis munu því valda seinkun á byggingu veitunnar.

Okkur þykir einnig rétt að leggja áherzlu á, að dráttur af umræddu tagi ómerkir að verulegu leyti þann eftirrekstur, sem hafður hefur verið uppi við framleiðendur af okkur fyrir hönd Orkustofnunar til þess að tryggja framgang verksins á þessu ári. Slíkt hefur ennfremur slæm áhrif á umboðsmenn framleiðenda og hugsanlega verktaka og getur dregið mjög úr áhuga þeirra við frekari útboð vegna Kröfluveitu.

Við væntum þess, að Orkustofnun beiti sér fyrir því að ekki komi til frekari tafa við þessi sem önnur efniskaup og/eða samninga vegna fyrri áfanga Kröfluveitu."

60

Sem dæmi um þessar tafir skulu teknar fyrstu efnis-
pantanir samkvæmt eftirfarandi yfirliti.

Nr.pönt	Umsögn verkir.	Lett of Inst.	Prom. Note	Formleg pöntun	Töf dagar.
29000	27/2 '76	27/2 '76	26/3 '76	29/3 '76	30
29001	27/2 '76	27/2 '76	26/3 '76	6/4 '76	38
29002	27/2 '76	3/3 '76	6/4 '76	6/4 '76	38
29003	10/3 '76	10/3 '76	21/4 '76	23/4 '76	10
29004	23/2 '76	10/3 '76	L/C	21/4 '76	57
29005	22/3 '76	22/3 '76	21/4 '76	21/4 '76	58
29006	9/3 '76	22/3 '76	CAD ¹⁾	21/4 '76	43
29007	9/3 '76	22/3 '76	CAD	21/4 '76	43
29008	26/3 '76	14/4 '76	21/4 '76	21/4 '76	26
29009	29/4 '76	29/4 '76	30/4 '76	30/4 '76	1
29010	4/6 '76	4/6 '76	CAD	14/6 '76	10
29011	19/5 '76	24/5 '76	L/C ²⁾	6/7 '76	48
29012	3/6 '76	10/6 '76	L/C	6/7 '76	33
29013	10/6 '76	10/6 '76	CAD	6/7 '76	26
29014	18/6 '76	18/6 '76	6/7 '76	6/7 '76	18
29015	2/7 '76	7/7 '76	22/7 '76	22/7 '76	20 ³⁾
29016	16/7 '76	16/7 '76	22/7 '76	22/7 '76	0

- 1) CAD: greitt við móttöku skjala.
- 2) L/C: opnuð bankaábyrgð við pöntun
- 3) Þessi töf lengdist í 42 daga vegna samninga
I.R. um greiðsluskilmála.

Í töflunni eru talin innkaup alls aðalefnis. Önnur
efniskaup samkvæmt hærri pöntunarnúmerum voru allt
minniháttar innkaup vegna breytinga, sem gerðar
voru á hönnun og viðbætur við fyrri kaup, og voru
upphæðir þeirra yfirleitt lágar.

61

aflan að ofan gefur yfirlit yfir, hvernig upphaf efniskaupa varð. Frá dagsetningu umsagnar ráðgjafarverkfræðinga og fram að dagsetningu endanlegrar pöntunar íðu frá 1 degi og allt upp í 58 daga.

Uk þeirra tafa, sem urðu við að ganga frá kaupskjölum urðu stundum verulegar tafir á afgreiðslu innflutningsskjala, einkum fyrir þrjár mikilvægar pantanir, nr. 29011, 29014 og 29015, og lágu þær ríðum saman í vörugeymslum á Húsavík, þegar vinna átti úr þeim á virkjunarstað.

Jmræddar tafir á efniskaupum og afgreiðslu efnisöllu miklu raski á framkvæmdaáætlunum á virkjunarstað og erfiðleikum við að skipuleggja verk. Þessar tafir áttu nokkurn þátt í, að verkhlutar pípuuppsetningarverktaka fluttust frá sumartíma til vetrartíma haustið 1976.

Til frekari áréttingar á framangreindum tölum skal hér birt bréf ráðgjafaverkfræðinga dags. 02.10.76, til Orkustofnunar, en í því bréfi kemur einnig fram, að fjárskortur Orkustofnunar er þá farinn að hafa alvarleg áhrif á gang framkvæmda við gufuveituna.

Í bréfinu segir:

"Við yfirstandandi framkvæmdir við Kröfluveitu hefur undanfarið komið í ljós, að verktaki hafi ekki lokið ýmsum verkþáttum á samningsbundnum skilátíma og samkvæmt samþykktum tímaáætlunum. Hafa talsverðar tafir orðið nú þegar.

Umræddur dráttur á skilum verktaka hefur orðið þrátt fyrir ákvæði í verksamningi um févíti, sem ætlað er að veita verktaka aðhald og tryggja eins og kostur er, að verk- og tímaáætlanir standist.

Eftirrekstur eftirlitsverkfræðinga hefur þannig borið takmarkaðan árangur. Hefur aðstaða þeirra verið erfið sökum þess, að nokkuð mun hafa borið á vanskilum Orkustofnunnar við verktaka. Viðbrögð verktaka við eftirrekstri hafa því verið þau, að þar sem Orkustofnun hafi ekki staðið fyllilega við skuldbindingar sínar samkvæmt verksamningi beri þeim heldur ekki að standa fyllilega við sínar skuldbindingar.

Nokkur dæmi eru þess ennfræmur, að Öru-sendingar hafi legið á Húsavík og ekki fengizt þar afgreiddar sökum þess, að staðið hafi á greiðslum og tollafgreiðslu. Á sama tíma hefjast tilteknir verkþættir vegna vöntunar á þessu efni.

Það eru eindregin tilmæli undirritaðra, að úr umræddum vanskilum og greiðslutregðu verði bæt lítið fyrsta og þess gætt eftir megni, að til þeirra komi ekki framvegis. Að öðrum kosti má vanta þess, að af hljótist alvarlegar afleiðingar varðandi tíma- og verkáætlanir svo og kostnað við mannvirkjagerð.

. yfirlitstöflu, sem hér fer á eftir, er skrá yfir
öll kaup aðalefnis svo og viðbótarefnis. Er þar
greint frá útboðs- og opnunardegi tilboða, fjölda þeirra,
lægsta tilboði og mismun á næsta tilboði fyrir ofan,
hvaða tilboði var tekið og hvers vegna, tilgreindur
seljandi, dagsetning á umsögn ráðgjafarverkfræðinga,
kostnaðarverð og athugasemdum, ef einhverjar eru.

Umsagnir ráðgjafarverkfræðinga fylgja allar,
fylgiskjöl nr.

Pöntun nr.	29000	29001	29002	29003	29004
Útboð nr.	N-011	N-011	N-011	N-011	N-011
IR nr.	2117/76	2117/76	2117/76	2117/76	2117/76
Heiti	Pípur	Beygjur flansar	Plötur	Minnkanir Té	Lokar
Opnun tilboða	27.1.76	27.1.76	27.1.76	27.1.76	27.1.76
Fjöldi tilboða	23	14	16	10	7
Lægsta tilboð	DM 450.348,69	Dkr 299.217,37	DM 66.585	Hfl 37.783.71	Dkr 1.209.
Næsta tilboð	9% herra	5,4% herra í b 11,4% " í fl.	3,9% herra	um 10%	22% herra
Samþ. tilboð	Lægsta	Lægsta	Lægsta	Lægsta	Lægsta
Seljandi	Ferrostaal	S.C. Sören- sen A/S	Ferrostaal	Tubus Buizen- handel	P.E. Ehrhar
Umsögn verkfr.dags.	27/2.76	27/2.76	27/2.76 og 2/3.76	10/3.76	23/2.76
Kostnaðarverð	37.264.332.-	10.165.854.-	7.183.539.-	2.835.222.-	38.105.385.-
Athugasemd					Lægri tilboð bárust en fullnægðu kröfum

64

Pöntun nr.	29005	29006	29007	29008	29008 viðbót
Útboð nr. " IR-Nr. Heiti Opnun tilboða Fjöldi tilboða	N-031 2118/76 Mælibúnaður 28/1 '76 1 og 2 eftir atriðum.	N-032 2118/76 Aflstrengir 28/1 '76 12	N-032 2118/76 Ljósabúnaður 28/1 '76 7	N-032 2118/76 Stýristrengir 28/1 '76 10	Tilboð Stýristrengir okt. '76 1
Lægsta tilboð	Bfr. 902.170.-	DM 20.588,67 Viðbót 15.497.77.	Skr. 13.605.-	DM 67.038.91	DM 47.408.23
Næsta tilboð	48%-1100%	2,6% herra	12,4% herra	-	-
Samb. tilboð	Lægsta	Lægsta	Lægsta	Kabelwerke	Kabelwerke
Seljandi	Fabricorn	F.W. Hempel	Järnkunst AB	Friedr. Ehlers	Friedr. Ehlers
Umsögn verkfr.	22/3 '76	9/3 '76	9/3 '76	26/3 '76	okt 1976
Kostnaðarverð kr.	4.701.741.-	3.060.941.-	637.853.-	5.643.298.-	4.030.748.-
Athugasemd	Viðbótarkaup gerð v/breyt. að undangengnu tilboði	Breyting varð á magni skv. endanlegum efnislista	Ekkert tilboð fullnægði kröfum að öllu leyti. Einungis einn aðili gat við nánari könnun fullnægt kröfum.	Viðbótarpöntun vegna breytinga. Kaup gerð að undangengnu tilboð:	Verð er tilgr. skv. endanl. efnisl. fullnægt kröfum.

66

Pöntun nr.	29009	29010	29011	29011	29012
Útbjóð nr. " IR-nr	n-012	N-011 2117/76	N-021	N-021	N-033
Heiti	Álkápa	Boltar pakkn.	Stjórnlokur	Öryggislokur	Stjórntafla
Opnun tilboða	22/3'76	27/1'76	15/2'76	15/2'76	17/3'76
Fjöldi tilboða	6	15 og 10	4	3	5
Lægsta tilboð	BFR 1.321.758	Hfl 15.883.80	DM 134.130.-	Dkr. 94.360.-	Dkr 500.100
Næsta tilboð	1,21% herra	5,1% herra	34% herra	38% herra	+ 10.540.-
Samþ. tilb.	Lægsta	Lægsta	Lægsta	Lægsta	Lægsta
Seljandi	S.A. Síðul	Van Leeuwen	P.E. Ehrhardt	P.E. Ehrhardt	P.E. Ehrhardt
Umsögn verkfr.	6/5'76	4/6'76	19/5'76	19/5'76	3/6'76
Kostnaðarverð kr.	9.085.427.-	1.745.172.-	9.021.359.-	3.150.640.-	19.400.822.-
Athugasemd		Breytingar urðu á röð bjóðenda v/ biðtíma og pakknningar keyptar hjá sama aðila v/ hagræðis og lágrar upphæðar sjá umsögn			Með viðbót v/ breytinga.

Pöntun nr.	29013	29014	29014	29015 (27452)	29016
Útboð nr.	n-012	N-013	N-013	N-021	N-013
" IR nr.		Söðlar	Rúllur	Sprengi- diskur	Þanar
Heiti	Einangrun				
Önnun tilboða	22/3'76	8/4'76	8/4'76	15/2'76	8/4'76
Fjöldi tilboða	7	4	4	4	6
Lægsta tilboð	Nkr. 170.572.-	DM 66.652.76	DM 111.806.54	\$ 20.910.41	£ 37.417.-
Næsta tilboð	19% herra	um 20% herra	um 53% herra	64% herra	26% herra
Samb. tilboð	Lægsta	Lægsta	Lægsta	Lægsta	DM 114.098.-
Seljandi	Elken-Rock- wool	HYDRA V- þýskaland	HYDRA V- þýskaland	HYDRA V- þýskaland	HYDRA V- þýskaland
Umsögn verkfr.	10/6'76	18/6'76	18/6'76	2/7'76	16/7'76
Kostnaðarverð kr.	11.335.902.-	5.549.890.-	9.353.817.-	4.201.859.- + 300.000.-	9.736.115.-
Athugasemd				Viðbót samkv. umsögn 14/9'77 eftir tilboði \$ 1.130.80. Áætl. kosntaðarverð kr. 300.000.-	Lægsta tilboð fullnægði ekki kröfu um afgr.tíma Endanlegt magn minna, enn í útboði.

Pöntun nr.	29017	29018	29019	29020	29021
Verðkönnun/Tilboð	Tilboð 9/6	Tilboð	Tilboð	Tilboð	Tilboð
Heiti	16/7'76	14/7'76	Prýstirofar	Nálarlokar	Prýstireglar
Lægsta tilboð	Minnkanir	Beygjur	\$ 354,59	\$ 452.94	£ 31.-
	Hfl. 11.382.44	DM 14853,80	Custom Camp.	Fischer &	Moore Prod co.
Seljandi	Innkaup h.f./	Ísól h.f./		Portes	
umsögn verkfr.	Tubuo	Ferrost.	28/6'76	28/6'76	28/'76
Kostnaðarverð kr.	20/7'76	20/7'76	87.608.-	115.203.-	11.807.-
	926.011.-	1.239.149.-			
Athugasemd	Viðbót v/ breytinga. Leitað til- boða lögst- bjóðenda í fyrri útbóði.	Viðbót v/ breytinga Leitað til- boða lögst- bjóðenda í fyrri útbóði.			

VIÐBÓTARKAUP.

Pöntun nr.	29022	29022	29023	29026	29030
Verðkönnun/Tilboð Heiti	Tilboð Plaströr	Tilboð Plaströr	Tilboð Merkja- strengir	Tilboð Tengi f. merkjaloft	Tilboð Tengi og pípur fyrir loftkerfi.
Lægsta tilboð	Kr. 161.820.-	Kr. 177.545.-	Bfr. 25.220.-	Dkr. 4.190.50	Dkr. 79.585.25
Seljandi	Keypjalundur	Reykjalundur	Fabricom	P.E.Ehrhardt	P.E.Ehrhardt
Umsögn	28/6'76	1/11'76	14/9'76	9/11'76	18/3'77
Kostnaðarverð kr.	161.920.-	177.545.-	159.702.-	149.001.-	Áæti. 3.255.000.-
Athugasemur					

Pöntun nr.	29030	29027	29038	29039	29044
Verðkönnun/tilboð Heiti Lagsta tilboð Seljandi	Verðkönnun Þrýstiminnk. Kr. 24.393.- Byggingavörðun Ísl. Jónss.	Verðkönnun Rafliðar Siemens	Verðkönnun Stýribúur. F.E.Ehrhardt	Tilboð Markrofar R.S. Compon- ents.	Tilboð Loftlokar Dkr. 1.920.- Mastoneir
Umsögn Kostnaðarv. kr.	Áætl. 24.393.-	18/7'77 Áætl. 95.140.-	26/7'77 Áætl. 500.000.-	29/7'77 Áætl. 70.000.-	8/10'77 Áætl. 85.000.-
Atvugasemd.				Keypt vegna galla á mótt. markrofum.	

70

VIÐBÓTARKAUP.

Pöntun nr.	-	-	-	-
Verðkönnun/tilboð	29045	Tilboð	Tilboð	Verðkönnun
Heiti	Mælivír	Alklæðning	Alklæðning	Fjöldmælir
Verð	DM 1.025.-	Skr. 26.934.-	Skr. 26.934.-	Pantað
Seljandi	Degussa	Kröflunefnd	Kröflunefnd	Goerz Electro
Umsögn	Hanau			Gmbh
Kostnaðarv. kr.	31/10 '77	758.782.-	758.782.-	22/11 '77
	Áætl.			Áætl.
	125.000.-			50.000.-
Athugasemd		Efni pantað frá Kröflu- nefnd af sömu gerð og efni í hús byggð á vegum Kröflunefndar	Efni pantað frá Kröflu- nefnd af sömu gerð og efni í hús byggð á vegum Kröflunefndar	Viðbót vegna breytinga.

71

Fóntun nr.	-	-	-	-	-	72
Verðkönnun, tilboð Heiti	Verðkönnun Eiðangrun skiljjust.	Verðkönnun Strigi	Verðkönnun Málning	Tilboð Rafreglar	Tilboð Ariðill	
Lægsta tilboð Seljandi	Pantað Steinull h.f.	Pantað Ellingsen h.f.	Pantað Málning h.f.	DM. 11.575.- Hartman & Brown	Kr. 640.000.- Rafindaiðja s.f.	
Umsögn	16/11'77	16/11'77	16/11'77	6/12'77	6/12'77	
Kostnaðarverð kr.	289.600	48.400.-	117.400.-	Aætl. 1.300.000.-	640.000.-	
Athugasemd						

2.5.2.4. Útboð vegna framkvæmda.

Útboð vegna verkframkvæmda hófust snemma árs 1976, og voru fyrstu tilboð opnuð 22.03.76, og voru það tilboð í skiljusmíði. Helstu verk, sem boðin voru út, voru þessi: Skiljusmíði, uppsetning pípa og gufuskilja, raflagnir, steypuefnisvinna og smíði og uppsetning lokahúss. Byggingarvinna var ekki boðin út. Þótti rétt að hafa þann hátt á ráðstöfun þessara verka, enda væri þar með vinnufriður tryggður og auk þess ekki tími til útboðs, en Orkustofnun hafði átt mikil viðskipti við byggingarfyrirtækið Sniðil h.f. í Mývatnsveit og fordæmi um einingarverð lágu fyrir í samningum Kröflunefndar við Miðfell h.f. Var því samið við Sniðil h.f. um alla byggingarvinnu og að mestu á grundvelli einingarverðar, en um sum verk var samið sem reikningsvinnu.

Aðalsamningur um byggingarvinnu var undirritaður 27.07.76, og var verk samkvæmt honum tekið út 09.01.77.

Orkustofnun sá sjálf um jarðvinnu og vörubílaakstur og fékk til þess heimamenn í tímavinnugrundvelli. Eftirlit með þeim framkvæmdum var á hendi eftirlits ráðgjafarverkfræðinga.

Eins og áður sagði voru opnuð tilboð í skiljusmíði 22.03.76 (fskj) samið 27.07.76 og verk tekið út 18.01.77, en var í raun lokið nokkru fyrr.

Tilboð í raflagnir voru opnuð 31.08.76 (fskj.), pöntunarbréf undirritað 10.09.76.

Tilboð í smíði og uppsetningu lokahúss voru opnuð í október 1976. Samið var sérstaklega um smíði á stálgrind á föstu verði en um uppsetningu hennar á tímavinnugrundvelli (fskj....).

Tilboð í uppsetningu á pípum og skiljum voru opnuð 28.07.76, (fskj.). Samningur var undirritaður 10.09.77, og hófst verkið umsvifalítið.

74

Vegna þeirra tafa, sem orðnar voru, vegna óvissu um tengingar borhola, sem tafði hönnu vegna fjárskorts OS, sem tafði samningsundirskrift um einn mánuð og vegna efnisskorts var svo komið, að verktími færðist að mestu af sumartíma yfir á vetrartíma.

Ollu þessar aðstæður miklum töfum og aukakostnaði. Upphaflega átti verktaki að skila verkinu fyrir áramót, en vegna tafa á undirskrift samnings seinkaði áætluðum verklokum fram í febrúar 1977. Vegna vetrar- aðstæðna og gosóróa tafðast verktaki, og var verkið ekki tekið út fyrr en 5.-7. júlí 1977. Verulegur kostnaðarauki hefur orðið af því að vinna verkið á þessum árstíma, og nema þær hækkanir, sem um hefir samist til verktaka vegna sérstakra aðstæðna, um 49,4 Mkr. Þess er þó að gæta, að annifalið í þessari upphæð er kostnaður og vinnutap verktaka vegna gosóróa, en verktaki þurfti margsinnis að flytja allan mannskap af svæðinu um lengri eða skemmri tíma af þeim ástæðum, og einnig varð verktaki fyrir töfum í upphafi verks vegna efnisskorts, vegna tafa á efnisútleiðingunni, en gerð hefur verið grein fyrir þeim tötum hér að framan.

Í september '77 var ákveðið að leggja safnað að holu 9, og var ákveðið að leita eftir tilboði frá fyrrverandi uppsetningarverktaka, sem hafði reyndustum mönnum á að skipa. Tilboðið, dags. 30.09.77 (Lokj.) var metið og stætt af ráðgjöfum, og var samningur undirritaður 21.10.77. Verkið var tekið út 06.12.77.

Einnig var ákveðið að einangra skiljur í skilju stöð, og gaf sami verktaki tilboð í það verk. Tilboðið var metið af ráðgjöfum og talið óaðgengilegt. Samið var við aðra aðila á tímavinnugrundvelli og er því verki lokið.

Yfirlit yfir samninga eru í eftirfarandi töflu, og er þar að finna samningsupphæðir, greiðslur fyrir aukaverk, verðbætur o.fl.

6.12.77. 24.

75

KRÖFLUVEITA

Heiti samn.	Steypuefni- vinnsla	Bygginga- og jarðvinna	Forsteyptir stöplar	Byggingavinna við samdrög og
Verktaki	Sniðill h.f.	Sniðill h.f.	Sniðill h.f.	Sniðill h.f.
Samningsform	Útbod	Samið án útb.	Samið án útb.	Tímav.grundv.
Dagsetn. samn.	júní 1976	júlí 1976	nóv. 1976	nóv. 1976
Samningsupphæð	3.850.000	41.807.000	18.485.450	
Samþ. til greiðslu				
Samningur	3.688.850	50.413.743	18.395.800	41.028.753
Aukaverk		2.978.290		
Verðbætur		3.309.835	2.210.569	
Þeði frádrag		- 2.790.913		- 1.367.136
Samtals	3.688.850	53.910.955	20.606.369	40.261.617
Athugasemd	Lokið	Lokið	Lokið	Lokið

KRÖFLUVEITTA

Heiti samn.	Uppsetning pípna og skilju	Skiljusmiði	Stálgrindarmið	Raflagnir
Verktaki	Stjörnu-Stál	Stálsmiðjan	Héðinn	Samraf
Samningsform	Útboð	Útboð	Útboð	Útboð
Dagsetn. samn.	9. ágúst 1976	júlí 1976	okt. 1976	sept. 1976
Samningsupphæð	74.450.929	22.928.000	2.177.600	12.485.242
Samþ. til greiðslu				
Samningur	71.276.495	22.928.000	2.109.752	8.710.088
Söluskattur		5.008.709		843.404
Aukaverk	24.947.776			11.239.864
Verðbætur	8.409.235	2.115.541		2.545.206
Verðhækkanir				
v. vetrar	49.802.805			1.188.689
Fæði frádrag	- 8.224.000			- 1.058.750
Samtals	146.212.311	30.052.250	2.109.752	23.474.501
Athugasemd	Lokið	Lokið	Lokið	Frestað að hluta
		Ath. Tveir lögstjóðendur deógu tilboð sín til baka. Þriðji lögst- bjóðandi full- nægði ekki kröfum um að- stöðu og mann- afla. Samið var við sjórða lögstjóðanda.		

6.12.1977

77

KRÖFLUVEITA

Heiti samn.	Suðueftirl.	Hönnun og eftirlit	Lögn safn-æðar að KJ-9	Einangrun í skilju-stöð.
Verktaki Samningsform Dagsetn. samnings Samningsupphæð Samþ. til greiðslu Athugasemd	Ranns.st. iðn tímavinna 6.394.073.-	VIRKIR, VST tímavinna 166.306.588	Stjörnu-Stál h.f. Samið á grundv. tilboðs 25.000.- 16.700.000 Lokið 6/1. '77.	Stjörnu-Stál h.f. tímavinna Óuppgert Lokið

78

2.5.2.5. Framkvæmdalýsing.

Fyrri hluta árs 1976 var eins og fyrr hefur verið sagt mikil óvissa um framhald framkvæmda við gufuveitu fyrir Kröfluvirkjun. Á þessu tímabili lék vafi á, hvort eina vinnsluborholan (hola nr. 3), sem fullgerð hafði verið 1975, yrði virkjunarhæf.

Staðarval borhola var endurskoðað fyrri hluta árs 1976. Eins og fyrr er getið var hönnun gufuveitunnar breytt á þann veg, að frjálssari hendur fengjust um staðarval borholanna, og mögulegt vinnslusvæði stækkaði verulega frá fyrri áformum.

Vegna hinnar breyttu hönnunar gátu framkvæmdir við skiljustöð og aðveituaðar frá þeirri skiljustöð að stöðvarhúsi Kröfluvirkjunar hafizt í júní 1976. Tókst að ljúka þeim verkþáttum að mestu um áramótin 1976/1977, en upphaflegar verkáætlanir miðuðu við þau verklok svo og að lagðir yrðu allt að 1800 m af safnæðum frá skiljustöð að borholum.

Í apríl 1976 var áætlað, að boranir hefust í júní 1976, og yrði fyrstu holunni lokið um 1. ágúst. Í reynd varð þetta svo, að borun hófst í júlí (KJ-6), og lauk borun þeirrar holu í ágúst 1976. Gögn um staðarval fyrstu borhola lágu að öðru leyti fyrst fyrir 16. ágúst 1976. Var þá ákveðið að bora holur KJ-7, og KG-8, en KJ-6 var þá í borun. Auk þess var þá ákveðið að höggbora á borstað, þar sem síðar var boruð holan KG-10. Litið var þá á virkjun KG-8 sem varamöguleika vegna mikillar fjarlægðar frá skiljustöð, ef aðrar holur boraðar 1976 mistækjust.

Á þessu stigi var ákveðið, að ráðgjafarverkfræðingar hönnuðu safnæð 6, tvær til fjórar safnæðar frá neðra borsvæði (hugsanlegar holur KG-5, sem ekki var fullboruð frá 1975, KJ-7 og hugsanlega ein til tvær holur aðrar á því svæði) og ein til tvær safnæðar frá efra borsvæði (holur KG-8 og KG-10). Ákvarðanir um að leggja þessar lagnir yrði hins vegar ekki hægt að taka fyrr en umræddar holur hefðu sýnt, að þær væru virkjunarhæfar.

Í sept. 1976 var lokið mælingum á landi á pípuleiðum safnæða að KJ-6, KJ-7 og holu á neðra borsvæði, sem síðar hlaut heitið KJ-9.

Í lok september var áformað að tengja holurnar KJ-6, KJ-9 og KG-5 á neðra borsvæði, KG-8 og KG-10 á efra borsvæði og í tilgreindri röð, svo fremi að þær reyndust vera virkjunarhæfar. Jafnframt var gerð verkáætlun, sem miðaði við verklok í lok janúar 1977. Um miðjan sept. '76 hófust uppsetningaverk pípuverktakans, en þá hafði verkbyrjun hans dregið um einn mánuð.

Veðurfar á virkjunarstað reyndist vera hagstætt til framkvæmda til loka októbermánaðar, en þá breyttist það mjög til hins verra. Er talið, að frá nóvemberbyrjun hafi ríkt vetrarveðráttá með frostum og talsverðum snjóum.

Framkvæmdir við jarðvinnu og undirstöður fyrir safnæðar hófust í nóvember 1976, og voru þá engar breytingar fyrirhugaðar á áformum um tengingar hola, en borholan KJ-6 hafði þá blásið frá því í byrjun septembermánaðar, og var hún talin virkjunarhæf.

Þar sem ljóst var fyrr um haustið 1976 að framkvæmdir við safnæðar hlytu að færast fram á veturinn 1976 að minnsta kosti, var hönnun safnæðaundirstaða hagað á þann veg að hægt yrði að steypa stöpla innan húss í fjöldaframleiðslu.

80

Yrði þar með steyping þeirra óháð veðurtari og verk-
magn utan húss verulega minnkað. Öll jarðvinna
ásamt útsetningu stöpla og steypingu festla hlaut
hins vegar að verða útvinna.

Í nóvember var talið vera orðið ljóst, að hola KG-8
yrði ekki virkjunarhæf, sökum lítils afls. Voru
þar með frekari áform um gerð safnæðar frá henni
felld niður.

Í síðari hluta nóv. 1976 kom enn í ljós, að ekki
var unnt að fullgera holu KG-5 þar sem hlykkur
reyndist vera í holunni í 46 m dýpi, og komst þorinn
þar með ekki niður í holuna. Féll þessi hola þar
með úr skaftinu. Eftir stóðu þá sem hugsanlegar
vinnsluholar holurnar KJ-7, KJ-9, KG-10 og KJ-11
auk holu KJ-6. Var á þessu stigi áformað að haga
framkvæmdum við safnæðarnar í eftirfarandi framkvæmda-
röð: KJ-6, KJ-7, KJ-9, KG-10 og KJ-11, en ákvarðanir
teknar eftir því sem virkjunarhæfni kæmi í ljós.

Vinnsluholan KG-10 fór í blástur í byrjun desember
1976. Reyndist hún vera mjög öflug fyrst í stað

Um miðjan desember 1976 voru uppi hugmyndir um
bráðabirgðalögn að holunni KG-10, en vegna vetrar-
ríkis á staðnum og einkum uppi á efra borsvæðinu
voru á þessum tíma talin mjög mikil vandkvæði á
að framkvæma jarð- og steypuvinnu á þeirri leið svo
að forsvaranlegt væri.

Í árslok 1976 var áætlað, að aflstöðin þyrfti
að fá gufu til hreinsunar 22. febrúar 1977 og til
aflprófunar 20. marz 1977. Voru framkvæmdaáætlanir
fyrir gufuveituna á sama tíma miðaðar við, að safnæð
6 yrði gufuheld um 15. janúar 1977, og safnæð 7
yrði gufuheld upp úr miðjum marz, ef hafizt yrði
handa um lögn safnæðar frá henni.

Upp úr miðjum janúar var komið í ljós, að afköst holunnar KG-10 voru orðin mjög lítil, og voru skömmu síðar öll áform um tengingu hennar að svo stöddu lögð til hliðar, enda ekki hafnar framkvæmdir sérstaklega fyrir hana.

Í byrjun febrúar 1977 var borholu KJ-11 hleypt í blástur. Reyndist hún vera talsvert öflug og fljótlega talin virkjunarhæf enda þótt hún sýndi óvenjuleg merki um óstöðugleika. Var fljótlega ákveðið að hefja framkvæmdir við safnæð að henni.

Á tímabilinu frá ársbyrjun til apríl-loka 1977 voru oft miklir erfiðleikar við framkvæmdir utan húss vegna vetrarveðra og snjóalaga. Við það þættust ennfremur miklar truflanir af völdum gosóroa, og kom fyrir, að öllum mannafla á virkjunarstað væri fyrirskipað að fara burt af staðnum svo og að þeim væri meinaður aðgangur að honum aftur.

Um mánaðamótin apríl-maí var staðan sú, að tengdar voru borholurnar KJ-6, KJ-7 og KJ-11. Var áætlað að byrja að velta gufu niður að aflstöðinni 30. apríl 1977, en því var frestað til 15. maí 1977, þar sem frágangi í stöðinni var ekki lokið og stöðin ekki tilbúin að taka við fyrstu gufunni,

Hinn 1. maí 1977 hófst svo yfirvinnubann hjá öllum verktökum við framkvæmdir í Kröflu. Varð þetta til þess, að allar framkvæmdir á þessum tíma töfðust og voru þá gerðar samræmdar áætlanir á vegum bæði Kröflunefndar og Orkustofnunar, að frá lokum yfirvinnubanns eða verkfalli, ef til þess kæmi, gæti raforkuframleiðsla hafizt eftir 32-33 daga. Breyttist þessi tímaáætlun mjög lítið enda þótt nokkrum framkvæmdum hafi verið haldi uppi á þessu tímabili og þar til kjarasamningar náðust í lok júní-mánaðar 1977.

82

Prófun á gufuveitu og á aflstöðinni var lokið að svo stöddu 15. ágúst 1977. Reyndist unnt að láta aðra aflvél virkjunarinnar snúast og komst hún á tilætlaðan yfirhraða, sem var eitt af prófunaratriðum við vélina. Ekki reyndist unnt að framkvæma aflprófanir á vélinni, því gufu skorti. Á þessum tíma var til ráðstöfunar gufa frá holu KJ-11, en afköst holanna KJ-6 og KJ-7 höfðu dvínað mjög og megnuðu ekki að halda uppi sama gufuprýstingi og hola KJ-11.

Að loknum fyrirnefndum prófunum var frestað öllum frekari framkvæmdum við gufuveituna. Fyrir lá, að gufumagn var ekki nægilegt til þess að framleiða raforku í aflstöðinni. Unnið var þó að ýmsum frágangsverkum við gufuveituna svo og að tilteknum lagfæringum, sem í ljós kom við prófanir á gufuveitunni, að æskilegt eða nauðsynlegt væri að framkvæma til þess að tryggja rekstur veitunnar.

Í júlílok hófust aðgerðir við að endurbæta vinnsluholurnar KJ-9, KJ-7, KG-10 og KJ-11. Árangur þesara aðgerða er rakinn annars staðar, en í stuttu máli náðist að auka mjög afl holunnar KJ-9 og gera við holuna KJ-7 þannig að upphaflegt afl náðist aftur. Ennfremur náðist aftur holan KG-10 í upphaflegt afl, en árangur í holu KJ-11 liggur enn ekki fyrir.

Þessi árangur leiddi til þeirrar ákvörðunar að tengja holuna KJ-9 og er þeirri framkvæmd nú lokið. Ákveðið var hins vegar að bíða átekta fyrst um sinn með að tengja holuna KG-10. Upp úr miðjum nóvember 1977 var komið í ljós, að afl holunnar var fallið og holan því ekki virkjunarhæf.

Enn heldur hola KJ-7 virkjanlegum afköstum, og er gufuveitan nú rekin í tilraunaskyni með gufu frá báðum holum, KJ-7 og KJ-9. Beðið er átekta um árangur af aðgerð á holu KJ-11.

Staða gufuveituframkvæmda er nú sú, að lokið er að mestu nauðsynlegum prófunum veitunnar, og er hún því tilbúin til rekstrar með fárra daga fyrirvara sbr. greinargerð um prófanir á gufuveitu Kröfluvirkjunar, des. 1977. (fskj.....).

3 Áhrif eldumbrota og annarra náttúruhamfara á framkvæmdir við Kröflu.

3.1 Umbrot á Kröflusvæði.

Haustið 1973 og vorið 1974 voru settir upp 3 smáskjálftamælar á Norðausturlandi. Mælarnir eru á Skinnastað í Axarfirði, á Grímsstöðum á Hólsfjöllum og á Húsavík. Í júlí 1975 var bætt við mæli í Reynihlíð, vegna þess að menn höfðu grun um, að óvenjulegur órói væri á Kröflusvæðinu. Þegar leið á árið 1975 kom í ljós að skjálftavirkni var í reynd óvenju mikil á þessu svæði og var þá bætt við tveimur smáskjálftamælum í viðbót, öðrum við vinnubúðirnar í Kröflu og hinum í Gæsadal. Þessir mælar voru settir í gang í október og nóvember 1975.

Óróinn á Kröflusvæðinu náði hámarki 20. desember, 1975, en þá um morguninn braust út eldgos við Leirhnjúk. Hraungosið var lítið og stóð skamma stund en breyttist síðan í gufu og leirgos, sem hélst fram til áramóta.

Samfara þessu gosi hófst mikil skjálftahrina. Byrjaði hún í Kröflu-öskjunni, en færðist síðan eftir sprungusveimnum til norðurs. Stærstu skjálftarnir urðu í Kelduhverfi og Axarfirði. Stórir skjálftar urðu á þessum ²stöðum bæði 25. og 26. des. Ullu þeir miklu tjóni á Kópaskeri og víðar.

Á Kröflusvæðinu náði þessi skjálftahrina hámarki um miðjan janúar 1976 en minnkaði síðan jafnt og þétt í febrúar og mars. Var fjöldi skjálfta á tímabilinu mars-júní um 20 skjálftar á dag á mæli í Reynihlíð. Í júlí byrjaði skjálftavirknin að aukast og hélst svo fram í september. Jafn framt var ört landris á svæðinu er nam um 7 mm/dag þar sem það var mest nálægt Leirhnjúki. Um mánaðarmótin sept.-okt. varð svo skyndilegt landsig á Kröflusvæði, og minnkaði þá skjálftavirknin. Hófst nú tímabil endurtekinna landrisa og skyndilegra landsiga og fylgdu þessum atburðum breytingar í skjálftavirkni á nokkuð reglubundinn hátt. Þessi skyndilegu landsig hafa nú orðið átta sinnum. Þrisvar sinnum hefur kvika brotist upp á yfirborð en það var auk gossins 20. des., 1975, 27. apríl, 1977 og 8. sept., 1977.

Þessir atburðir hafa verið túlkaðir á eftirfarandi hátt:

Kvika leitar neðan úr mótli jarðar og safnast saman í hólfi á 3-7 km dýpi undir Kröfluðskjinni. Við það eykst þrýstingur í skorpunni og landi lyftist. Skyndilegt sig á sér stað þegar kvikan berst út í sprungubeltið, sem nær að sunnan frá Sellandafjalli um Námafjall og Leirhnjúk norður í Axarfjörð. Frumorsakir þessara jarðhræringa er landrekið en við það myndast sprungurnar, sem kvikan leitar eftir.

Rétt er að geta þess, að þó eiginleg eldgos hafi einungis orðið þrisvar sinnum eru allir atburðirnir mjög svipaðir í eðli sínu. Einnig ber að benda á að það magn af kviku sem hefur komið upp á yfirborð er mjög lítið hluti af því magni af kviku sem hefur verið á ferðinni hverju sinni.

Þann 19. janúar 1976 rituðu 4 jarðvísindamenn við Raunvísindastofnun háskólans iðnaðarráðherra bréf, þar sem þeir gera grein fyrir hættuástandi því, sem skapast hefur á Kröflusvæðinu vegna þeirra umbrota, sem þar eiga sér stað (fskj. ~~h~~). Í niðurlagi bréfsins segir m.a. svo:

"Jarðskjálftahrinan, sem hófst 20. desember 1975 samtímis smágosi við Leirhnjúk, stendur enn og er mjög sambærileg jarðskjálftahrinunum, sem fóru á undan gosinu í Sveinafjá 1875 og fylgdi Mývatnseldum 1724-1729. Í Mývatnseldum liðu rúm tvö ár frá fyrstu byrjun gossins í Leirhnjúk, þar til mikið hraunrennsli hófst.

Langvarandi jarðskjálftahrinur eða snarpir jarðskjálftakippir hafa ekki orðið á Mývatnssvæðinu, svo vitað sé, nema sem undanfari eldgosa og samtímis þeim. Hins vegar er vitað um mikla jarðskjálfta í Axarfirði og Kelduhverfi á liðnum áratugum og öldum, þótt ekki hafi gosið þar á sögulegum tíma.

Í ljósi þessara staðreynda verður að telja verulegar líkur á því, að gos taki sig upp aftur á Mývatnssvæðinu. Líklegast er að slíkt framhald eldsumbrota yrði á gossprungunni, sem liggur um Leirhnjúk suður í Bjarnarflag

86

Við teljum því óráðlegt að halda áfram framkvæmdum við Kröfluvirkjun öðrum en þeim, sem stuðla að verndun þeirra mannvirkja, sem þegar hefur verið fjárfest í, meðan jarðskjálftahrinan, sem hófst 20. desember 1975, stendur yfir."

Í janúarmánuði sendi Orkustofnun einnig frá sér greinargerð um álit stofnunarinnar á þessum atburðum. Nánar er greint frá þessu í kafla 3.3.

3.2. Áhrif umbrota á framkvæmdir Kröflunefndar. (samið af Júl.Sólnes; yfirfarið af Orkustofnun)

Kröflunefnd kom saman til fundar þann 21. desember til þess að ræða ástandið, en formaður nefndarinnar, Jón G. Sólnes og Ragnar Arnalds höfðu flogið yfir eldstöðvarnar í Leirhnjúk deginum áður. Kom fram, að eldgosið væri í rénun og mannvirkjunum við (~~festj. 5~~) Kröflu væri ekki bein hættu búin í bili. Nefndarmenn höfðu áhyggjur af framvindu mála, þar sem gengið hefur verið undir miklar skuldbindingar í sambandi við efniskaup til virkjunarinnar og byggingarframkvæmdirnar við Kröflu eru á því stigi, að stöðvarhúsið hefur ekki náð endanlegum styrkleika. M.a. hefur enn ekki tekizt að steypa ásteypulag ofan á þakplöturnar, sem tryggir burðarþol þaksins. Má varlega áætla, að verðmæti fjárskuldbindinga vegna Kröfluvirkjunar hafi þannig numið u.þ.b. 2 milljörðum króna um áramótin 1975/76.

Þann 22. janúar 1976 kom Kröflunefnd saman til fundar á Akureyri til þess að ræða framkvæmdirnar. Formaður nefndarinnar skýrði frá því, að iðnaðarráðherra hefði verið gerð grein fyrir því að framkvæmdir væru hafnar á ný við byggingu stöðvarhúss virkjunarinnar. Þessar framkvæmdir væru í eðli sínu þannig, að þær hefðu einungis styrkingu stöðvarhússins í för með sér, en húsið eins og áður er komið fram, væri aðeins hálfbyggt og skorti mikið á, að það hefði náð fullu burðarþoli sínu. Hins vegar væru 4-5 mánuðir þar til vélbúnaður virkjunarinnar tæki að berast til landsins og gæfist þannig umhugsunartími áður en niðursetning véla þarf að hefjast.

Á fundinum var lögð fram tillaga að greinargerð Kröflunefndar til iðnaðarráðuneytisins með tilliti til áframhalds virkjunarframkvæmdanna. Greinargerðin var samþykkt samhljóða og undirrituð af öllum nefndarmönnum (~~festj. 5~~). Var hún send iðnaðarráðuneytinu 26. janúar.

Í greinargerðinni segir svo í lokaályktun:

"Ganga verður út frá eftirfarandi grundvallarforsendum:

1. Sú höfuðforsenda, er réði því, að hafizt var handa um Kröflu-
virkjun gildir enn í dag, þ.e.a.s. rafmagnssveldi Norðurlands.
2. Eðli háhitasvæða landsins og hætta á jarðumbrotum þar voru kunn,
þegar í upphafi framkvæmdanna. Hönnun virkjunarinnar og staðar-
vali var hagað samkvæmt því.
3. Framanskráðir atburðir hafa sannað hæfni stöðvarhússins til þess
að standast jarðskjálfta, og er þak hússins þó ófrágengið. Engin
ástæða er til þess að efast um, að það standist einnig áætlað
öskufall.
4. Líkindi á eldsumbrotum eru að mati vísindamanna talsverð, þótt
flestum komi saman um, að helzt sé þeirra að vænta úr sprungu-
sveimnum, er liggur frá Bjarnarflagi og norður um Leirhnjúk.
5. Margir jarðvísindamenn telja, að Kísiliðjan og Bjarnarflagsfyrir-
tækin séu í bráðri hættu vegna eldsumbrota en Kröfluvirkjun,
samanber grein Sveinbjörns Björnssonar, jarðeðlisfræðings, í
Þjóðviljanum sunnudaginn 18. janúar 1976.
6. Guðmundur Sigvaldason, jarðfræðingur, telur hættu vegna jarð-
skjálfta meiri en hættu af völdum jarðelda á Kröflusvæðinu,
Skoðun hans er mikilvæg, þar eð hann er eldfjallafræðingur með
reynslu í hagnýtingu svipaðra jarðhitasvæða í Suður-Ameríku á
vegum Sameinuðu þjóðanna.
7. Að dómi flestra, er til þekkja, eru íbúðaskálar Kröfluvirkjunar
mjög hæfir til að standast áhrif jarðskjálfta án þess að valda
skaða á fólki.

Með hliðsjón af framanskráðu teljum við óhjákvæmilegt að halda áfram
framkvæmdum til að tryggja öryggi þeirra mannvirkja á svæðinu, sem
þegar hefur verið fjárfest í svo skiptir hundruðum milljóna.

Teljum við eðlilegt, að framkvæmdunum verði skipt í tvo meginþætti:

- a) Styrking stöðvarhússins með ásteypu þaks, byggingu gólfa og undirstöðu véla, klæðningu þaks og veggja svo sem gert er ráð fyrir í byggingaráætlun. Til þess að auðvelda þetta verk þarf að setja upp stöðvarhúskranann.
- b) Ef aðstæður leyfa yrðu vélar settar niður að vori. Mætti breyta því í hvaða röð slíkt yrði framkvæmt með hliðsjón af ástandinu hverju sinni. Talsverðar varúðarráðstafanir yrði að gera til tryggingar öryggi starfsfólks og vélbúnaðar gegn jarðskjálfta-virkni.

Hið allra fyrsta þyrfti að setja upp sérstaka hallamæla og koma upp aðstöðu til stöðugrar efnagreiningar jarðgufu á Kröflusvæðinu. Að álitum jarðvísindamanna myndi slíkt fyrirkomulag reynast þýðingarmikið viðvörðunarkerfi, er sýndi skjótt allar breytingar, sem yrðu á jarð-umbrotunum.

Náið samstarf er nauðsynlegt milli framkvæmdaaðila Kröfluvirkjunar, þ.e.a.s. Orkustofnunar, Rafmagnsveitna ríkisins og Kröflunefndar, um varúðarráðstafanir og starfstilhögun í ljósi þessara erfiðu aðstæðna.

Akureyri, 22. janúar 1976."

Kröflunefnd lét gera athugun á þeirri áhættu, sem stafaði af jarðhræringum á svæðinu og hvaða áhrif slíkar jarðhræringar gætu haft á byggingu stöðvarhússins og niðursetningu vélbúnaðar. Í greinargerð um jarðskjálftaáhættuna, dagsett 26. marz 1976 (~~fskj.~~) kemur fram, að jarðskjálftaáhættan er talin minni en menn höfðu ætlað. Einkum virðist ekki vera teljandi vandamál því samfara að halda áfram byggingarvinnu, þ.e. steypuvinnu, þótt jarðskjálftavirkni haldi áfram.

Í stórum dráttum urðu engar stórvægilegar breytingar á framkvæmda-
áætlunum Kröflunefndar vegna eldgossins. Það var það lán í Óláni,
að eldgosíð kom á þeim tíma, sem það hafði minnst truflandi áhrif
á framkvæmdirnar. Þegar fór að líða fram á vorið 1976 fór skjálfta-
virknin minnkandi. Hófst niðursetning aðalafvéla í júní 1976 eins
og ráð var fyrir gert.

3.3. Áhrif umbrota á framkvæmdir Orkustofnunar.

Orkustofnun sendi frá sér greinargerð í janúar 1976 um "Framkvæmdir við Kröfluvirkjun í ljósi jarðskjálfta, sprunguhreyfinga og eldgos-hættu" (fskj. ~~10~~ ^{25. Kofli}). Í greinargerðinni segir m.a.:

- # Þar sem fyrri tíma eldgos á Námafjalls- og Kröflusvæðinu hafa nokkrum sinnum a.m.k. fylgst að, er hætta á, að gos geti brotist út á Námafjallssvæðinu og þá líklegast á sömu slóðum og gaus í Mývatnseldum. Það myndi hafa alvarlegar afleiðingar fyrir Kísiliðjuna og mannvirkin í Bjarnarflagi, en byggðinni í Reykjahlíð og Vogum væri minni hætta búin, nema mikið hraunmagn kæmi upp.

Lauslega má áætla, að á s.l. 10 000 árum hafi komið upp 2-2.5 km³ af hrauni á Kröflusvæðinu. Meira en helmingur þessa magns hefur komið í 3 stórum gosum, fyrir á að giska 9000 og 2000 árum og síðast Mývatnseldum. Vegna þess hve stutt er liðið frá Mývatnseldum og vegna þess hve hraunmagn þá var mikið, verður að telja frekar ólíklegt að jafnstórt hraun komi upp þar nú. Af því leiðir að hætta fyrir byggðina í Reykjahlíð vegna hraunrennslis frá Kröflusvæðinu verður að teljast lítil. Varnargarðar, sem beindu hugsanlegu hraunrennsli frá Leirhnjúkssvæði niður í Hlíðardal um Hvíthólaklif gætu hér veitt aukið öryggi."

Enn fremur segir svo í greinargerðinni:

"Erfitt er að meta áhrif jarðskjálfta á borholur. Hugsanlegt er, að breytingar á holum 2,3 og 4 við Kröflu megi rekja til jarðskjálfta, en líklegra er þó talið að gosið í Leirhnjúk hafi ráðið þar mestu um. Allar holur við Kröflu og Námafjall eru austan við þann hluta brotabeltisins, sem nú er virkur, en eins og áður er getið, er ekki útilokað, að sprunguhreyfingar færast austur á virkjunarsvæðið og skapi þar hættuástand.

Ólíklegt er, að lögn gufuleiðsla frá borholum að stöðvarhúsi þurfi að tefjast þótt einhver skjálftavirkni verði á svæðinu. Álíta verður, að leiðslunum sjálfum sé lítil hættu búin í jarðskjálftum vegna þess sveigjanleika, sem er í slíku mannvirki.

Kröflunefnd hefur fengið sérfræðilegt álit um áhrif skjálfta á stöðvarhúsið. Kemur þar fram, að húsinu er lítil hættu búin í skjálftum, sem ná allt að styrkleika 7 á Richterkvarða, þegar húsið hefur verið styrkt að fullu. Má telja mjög ólíklegt, að svo sterkir skjálftar verði á þessum stað í gosbeltinu og ætti því hættu fyrir starfsfólk þar að vera hverfandi, þegar styrkingu hússins er lokið. Nauðsynlegt er að einnig verði gerð athugun á aðstæðum í Kísiliðjunni og er þess vænst, að stjórn hennar eða almannavarnar- nefnd Mývatnssveitar láti slíka úttekt fara fram. Einnig er nauðsyn- leggt að Kröflunefnd láti meta áhrif skjálfta og smávægilegra halla- breytinga á nákvæmnisvinnu eins og t.d. niðursetningu véla í stöðvarhúsi.

ÁSTAND OG HORFUR MEÐ GUFUVINNSLU Í LJÓSI NÝLEGRA UMBROTA

Á KRÖFLUSVÆÐI

Forsendur fyrir öflun jarðgufu til Kröfluvirkjunar eru nokkuð breyttar nú, frá því sem var, þegar skýrsla Orkustofnunar "Krafla - niðurstaða vinnsluborana 1975, horfur um gufuöflun" kom út í desember s.l..

Þegar eldgosið varð 20. des. s.l. kom fljótt í ljós minnkun á rennsli úr holu 3 og einnig féll þrýstingur í holu 2, en hún hafði staðið lokið undir þrýstingi. Þessi rennslisminnkun í holu 3, sem um áramótin var orðin um 40%, var talin stafa af leir- og gufugosinu, sem varð í Leirhnjúk í lok hraungossins. Rennsli úr holu 3 er enn um 40% minna en upphaflegt rennsli, sem hafði verið óbreytt í 3 mánuði áður en gos hófst. Gufugosinu í Leirhnjúk er hins vegar nú að mestu lokið.

Hola 4 braut af sér holuloka í byrjun janúar og blés eftir það óbeisluð. Magnið úr holunni var mun meira en áður hefur komið úr borholu hér á landi. Þótt erfitt sé að gera sér grein fyrir, hve mikið magnið var, má giska á, að það hafi verið 200 kg/sek, en það svarar til u.þ.b. 15 MW raforkuframleiðslu. Þetta er í rauninni fyrsta vísbending um það, hve holur á þessu jarðhitasvæði geta verið aflmiklar og er það mjög þýðingarmikil vitneskja. Hins vegar varð fljótlega ljóst eftir að holan braut af sér holulokana, að hún yrði ekki notuð sem vinnsluhola.

Þann 27. jan. s.l. minnkaði gos í holunni skyndilega og hefur hún líklega hrunið saman neðan við 600 m af fóðringuna. Hefur nú myndast kringum holuna víður hver, sem er fullur af vatni. Goskraftur og hávaði er að mestu horfinn, en mikla gufu leggur frá hvernum. Á þessu stigi málsins er ekki hægt að sjá fyrir hver verða endalok holunnar, en allt bendir til að hún muni ekki valda þeim slæmu umhverfis-áhrifum, sem óttast var.

Í ljósi þeirrar reynslu, sem fengist hefur af borun á jarðhitasvæðinu við Kröflu, og viðbragða holanna við þeim umbrotum, sem verið hafa á svæðinu, er nú ljóst, að tæknilegir erfiðleikar við að bora þarna eru meiri en ætlað ver. Þess vegna er nú gert ráð fyrir, að fyrstu holurnar, sem boraðar verða á þessu ári, verði grynri en áður var ætlað. Hins vegar verður haldið opnum þeim möguleika að dýpka þær síðar, ef nauðsyn krefur. Með þessu móti verður fengin betri mynd af vinnslueiginleikum svæðisins, áður en dýpri boranir eru framkvæmdar, ef þær reynast nauðsynlegar. Þessi ráðstöfun leiðir af sér, að boranir geta tekið eitthvað lengri tíma en ella, en gerir væntanlega gufuöflunina tryggari.

HVERNIG Á AÐ STANDA AÐ ÁFRAMHALDANDI FRAMKVÆMDUM VIÐ KRÖFLUVIRJKUN?

Það er ljóst af því, sem að framan er sagt, að hætta á eldgosum á Kröflu- og Námafjallssvæðunum verður að teljast meiri um þessar mundir

94

en hún var talin fyrir nokkrum mánuðum. Ástæðan fyrir þessu á Kröflusvæðinu er fyrst og fremst skjálftavirknin síðustu vikur, hraungosið 20. des. s.l. og sú staðreynd, að hér er um megineldstöð að ræða. Erfitt er hins vegar að meta hversu líklegt megi telja, að eldgos brjótist út á næstunni, og ef það skeður, hvar það komi, og hverju tjóni það muni valda. Leirhnjúkssprungan verður þó að teljast einna líklegastur gosstaður. Fylgst er vandlega með skjálftavirkni á Kröflu- og Námafjallssvæðunum, en af jarðskjálftunum er helst að vænta vísbendingar um gos í aðsigi. Þó verður að varast að draga mjög ákveðnar ályktanir af jarðskjálftunum einum, því að jarðskjálftar hér á landi eru algengir án þess að þeim fylgi gos.

Frankvæmdum við Kröfluvirkjun má skipta í tvo aðal þætti, ef frá er skilin lögn raflínu. Þeir eru annars vegar gufuöflun (boranir) og bygging gufuveitu, hins vegar stöðvarhús og vélar. Er rétt að ræða þessa þætti hvorn fyrir sig.

Gufuöflunin er forsenda þess, að vélar geti byrjað að framleiða raforku. Frá upphafi hefur frankvæmdum við Kröflu verið hagað þannig, að þessir tveir aðalverkþættir, gufuöflunin og bygging stöðvarhúss með vélum, færu fram samtímis. Með þessu er tekin talsverð áhætta, því að gufuöflunin er óviss þar til boranir hafa farið fram. Á þetta hefur Orkustofnun oft bent, nú síðast í skýrslu um niðurstöður vinnsluborana 1975, sem kom út í desember s.l., nokkru áður en gosið varð. Nú sem stendur verður að telja gufuöflunina í enn meiri óvissu.

Sjálfsagt virðist að reyna, eftir því sem aðstæður leyfa, að halda fyrri áætlunum um boranir. Það verður þó að gera með fullri aðgát. Kanna þarf hvaða frekari varúðarráðstöfunum verði við komið til að tryggja áhöfn og tækjabúnað borsins gegn hugsanlegum jarðskjálftum. Þetta mál er nú í athugun hjá Orkustofnun og verður nánari greinargerð um það samín síðar. Ekki var fyrirhugað að boranir hæfust á ný fyrr en í mars þannig að hér er enn nokkur tími til stefnu.

Frankvæmdir við stöðvarhúsið og vélar eru á vegum Kröflunefndar. Telja má sjálfsagðan hlut að halda áfram með stöðvarhúsi að því

marki að gera það eins hæft og verða má til að þola þá jarðskjálfta, sem kunna að koma. Meira álitamál er, hversu hratt sé skynsamlegt að vinna að smíði á vélaundirstöðum og þar á eftir niðursetningu véla. Koma þar mörg atriði til álita. Fyrst ber að sjálfsögðu að nefna, hvort unnt sé að tryggja öryggi þeirra, er að framkvæmdum vinna. Þar næst þarf að hyggja að því, hvort hætta geti verið á að jarðskjálftar geti eyðilagt mannvirki eins og vélaundirstöður meðan þær eru í smíðum og hafa ekki náð endanlegum styrkleika (sem vafalaust er nægur til að standast jarðskjálfta). Ef slík hætta er umtalsverð gætu orðið meiri tafir við að fjarlægja skemmda mannvirkjahluta en af því að bíða eftir að úr skjálftunum dragi, og kostnaður að sjálfsögðu verulega meiri. Samskonar mat þarf að fara fram varðandi vélasamstæðurnar sjálfar meðan á niðursetningu stendur og eftir að þær eru frágengnar, svo og varðandi kæliturna, úti virki og annan stöðvarbúnað. Mat á þessu liggur á verksviði Kröflunefndar. Áður er að því vikið, að Orkustofnun telur gufuleiðslunum litla hættu búna af jarðskjálftum.

Við ákvörðun á því hvort rétt sé að breyta upprunalegri framkvæmdaáætlun við byggingu stöðvarhúss vegna náttúruumbrotanna eða ekki þarf einnig að taka afstöðu til þess hvaða áhrif aukin óvissa um gufuöflun skuli hafa á þá ákvörðun, ef nokkur. Líkurnar á því að stöðin kunnist standa gufulaus eða gufulítill, ef upprunalegri áætlun er haldið, verða nú að teljast meiri en áður, svo sem fyrr segir. Jafnframt er ljóst af framansögðu, að mannvirki öll eru lögð í vissa hættu meðan jarðskjálftar standa yfir og goshætta þeim samfara. Það er ekki alveg hið sama að leggja stöðvarmannvirki í hættu til að geta sem fyrst farið að framleiða raforku og svo hitt að leggja þau í þessa hættu meðan beðið er eftir gufu. Á móti kemur, að verði stöðvarhúsframkvæmdum seinkað getur svo farið að gufan verði tiltæk áður en þeim lýkur. Þetta tvennt verður að meta og veða áður en ákvörðun er endanlega tekin um tilhögun stöðvarhúsframkvæmda við þær aðstæður, sem nú ríkja á Kröflusvæðinu. Er nauðsýnlegt að framkvæmdaáætlun sé sveigjanleg svo hægt verði að mæta sérhverjum óvæntum aðstæðum á skynsamlegan hátt.

96

Að lokum skal þess getið, að á vegum Orkustofnunar fara fram allumfangsmiklar rannsóknir til að fylgjast sem best með goshættu á Kröflu- og Námafjallssvæðunum. Fylgst verður með sprunguhreyfingum og breytingum á jarðhitasvæðunum. Þá hafa verið gerðar ráðstafanir til að fá vikulegar skýrslur um jarðskjálfta, í stað mánaðarlegra áður. Ætti þetta að auðvelda raunhæft mat á goshættu á hverjum tíma."

Í framhaldi af þessu hóf Orkustofnun umfangsmikla rannsóknarstarfsemi og eftirlit með Kröflumegineldstöðinni (sjá ^{39 kafl. 1.}fsk. (goshvakt við Kröflu)). Verk þetta var unnið í náinni samvinni við Raunvísindastofnun Háskólans, Norrænu Eldfjallastöðina og Veðurstofu Íslands. Með þessum rannsóknum fékkst góð þekking á eldfjallalegum eiginleikum svæðisins - jafn vel svo mikil að hægt var í sumum tilfellum að segja fyrir um hvenær næstu umbrota var að vænta. Slíkar upplýsingar eru ómetanlegar út frá öryggissjónarmiðum.

Þau umbrot sem verið hafa í gangi á Kröflusvæðinu síðan í desember 1975 hafa einkum haft þau áhrif á aðgerðir Orkustofnunar að skerpa öryggiskröfur við boranir og aðrar framkvæmdir á svæðinu. Varðandi boranir við Kröflu til gufuöflunar hefur Orkustofnun jafnan verið þeirrar skoðunar að halda beri áfram borunum, þótt hægt yrði á öðrum framkvæmdum. Þetta kemur m.a. fram í tillögum stofnunarinnar fyrir einstök ár, eins og nánar er rakið í kafla 2.5.2-2.5.4. Gufuöflunin er forsenda allrar virkjunarinnar. Þó viss hætta væri á að holur skemmdust vegna umbrotanna, var gufuöflunin talin það mikilvægur þáttur virkjunarframkvæmdanna, að réttlætanlegt væri að taka þessa áhættu. Eftir að fyrstu umbrotahrinunni lauk í febr.-mars 1976 er ekki vitað til að borholur á Kröflusvæðinu hafi skemmt vegna umbrota.

3.4 Áhrif umbrota á vinnslueiginleika jarðhitasvæðisins í Kröflu

Hugtakið vinnslueiginleikar jarðhitasvæðis er notað til þess að lýsa þeim eiginleikum, sem taldir eru skipta máli við nýtingu jarðhitasvæðis. Gufuöflun og möguleikar á virkjun eru beint háð þessum eiginleikum. Nauðsynlegt er að þekkja þessa eiginleika til þess að hægt sé að taka skynsamlega ákvörðun um nýtingu jarðhitasvæðis.

Vinnslueiginleikar jarðhitasvæðis felur í sér marga þætti og samspil þeirra innbyrðis. Þau atriði, sem einkum eru höfð til viðmiðunar, þegar reynt er að ákvarða vinnslueiginleika eru t.d.:

- Hitastig í jarðhitakerfi
- Þrýstingur í jarðhitakerfi
- Varmainnihald Jarðhitavökva
- Efni uppleyst í jarðhitavökva
- Gas samfara jarðhitavökva
- Streymisgerð í jarðhitageymi
- Streymisviðnám í jarðhitakerfi

Þá skiptir það einnig miklu fyrir vinnslueiginleika svæðisins, hvernig samspil ofangreindra þátta er. Má þar til nefna hvernig uppleyst efni bregðast við breyttum þrýstingi eða hita - hvort t.d. myndast útfellingar í bergi eða holum. Einnig má nefna það atriði, hvort breyttur þrýstingur skapar suð^u í berginu eða að streymiseiginleikar breytist á annan hátt. ll

Á síðastliðnu ári hefur komið í ljós að jarðhitasvæðið við Kröflu er allflókið að uppbyggingu. Í holubréfi nr. 7 hefur stuttlega verið lýst helstu einkennum svæðisins. H

98

4

3.1.1 Efnafraðilegar breytingar

Áhrifamestu afleiðingar umbrota og kvikurennslis á Kröflusvæðinu eru breytingar á efnasamsetningu jarðhitavökvans, sem kemur úr borholunum. Þessar breytingar eru svo skyndilegar í tíma og svo stórkostlegar að magni að þær eru ekki skýranlegar jarðefnafræðilega nema sem áhrif kvikurennslis í jarðhitakerfunum eða innan áhrifasvæðis þeirra. Sjá skýrslu OS JHD 7640. (Fskj. 32. kanna 1)

Þær beytingar sem fram hafa komið eru breytingar á gasmagni úr borholum, beytingar á sýrustigi affallsvatns, breytingar á súlfati og kvikasilfri í borholuvökva. Allar þessar breytingar eru á einn eða annan hátt tengdar umbrotum og kvikuhlaupum.

4

3.1.2 Þrýstingsbreytingar

Það sem af er árinu 1977 hefur kvika tvisvar brotist upp á yfirborð. Var það 27. apríl og 8. september. Í bæði skiptin varð þrýstingsaukning í efra jarðhitakerfinu við Kröflu.

Telja má fullvíst að þrýstingsbreytingar hafi orðið í efra kerfinu í Kröflu við eldgosið í desember 1975. Aðeins óbeinar athuganir eru því til staðfestingar.

Þrýstingur á jarðhitasvæðinu í Námafjalli er nú mun hærri en fyrir umbrotin 1975.

4

3.1.3 Sprungumyndanir

Samfara öllum umbrotum á Kröflusvæðinu hefur verið viss hreyfing á gömlum sprungum, og nýjar sprungur myndast. Jarðhitalega séð eru sprungumyndanirnar til góðs, vegna þess að þá brotnar bergið og jarðhitavökvinn á greiðari leið um bergið. Glögggt má sjá þetta núna í Bjarnarflagi. Vegna sprungumyndana þar hefur gufustreymi til yfirborðs aukist svo stórlega að til verulegra vandræða horfir.

Á Kröflusvæðinu hefur ekki orðið vart við áhrif sprungumyndunar á rennsliseiginleika jarðhitasvæðisins, en í Námafjalli hefur sprungumyndun og umbrot bæði aukið rennsli úr borholu en einnig dregið úr rennsli.

4

3.2.4 Áhrif umbrota á borholur

Umbrotin á Kröflusvæðinu hafa skemmt fóðurrör í nokkrum holum. Hafa fóðurrör bæði bognað (KG-5) en einnig farið sundur (KG-3). Í Námafjalli hafa umbrotin haft þau áhrif að rennsli hefur hætt úr sumum holum (hola 6 og 7) en einnig hefur þar komið fram rennslisaukning samfara umbrotum. Áhrif umbrota geta þannig bæði haft örvandi áhrif á rennsli, en einnig valdið miklum skaða.

4

3.2.5 Óbein áhrif umbrota

Vitneskja um suðu í bergi í neðra kerfi í Kröflu fékkst með vissu seinni hluta árs 1976. Sú spurning hefur því oft komið til umræðu hvort umbrotin á ^vsvæðinu hafi hleypt jarðhitakerfinu í suðu. Þar sem mælingum á árinu 1974 og 1975 var ekki beinlínis beint að því að athuga gufurennsli í jarðhitageymi, liggja ekki fyrir nógu marktæk gögn til að skera úr um þetta atriði. Hins vegar má með athugunum á mæligögnum frá þessum tíma álykta um líkur fyrir því að þetta hafi gerst. Niðurstaða þeirra athugana er sú að mjög sennilegt er að tveggja fasa streymi hafi einnig verið í berginu á árunum 1974 og 1975. Með öðrum orðum, að umbrotin hafi ekki hleypt jarðhitakerfinu í suðu. Hins vegar hefur suða að öllum líkindum aukist við gasaukninguna.

V

Marktækustu breytingarnar á vinnslueiginleikum Kröflusvæðis eru breytingar á efnasamsetningu jarðhitvökvans. Ber þar mest á auknu magni af CO₂. Þar sem CO₂ þéttist ekki í vélabúnaði virkjunarinnar er það mikill ókostur að magn þessarar lofttegundar sé hátt. Hvort aukið magn af CO₂ hefur áhrif á útfellingar kalks í neðra kerfinu er ekki ljóst ennþá. Breytingar á efnainnihaldi jarðhita-

100

vökvans eru neikvæðar fyrir nýtingu til raforkuframleiðslu.

Að lokum skal bent á að umbrotin á Kröflusvæðinu hafa haft áhrif í þá átt að tefja fyrir rannsóknum á vinnslueiginleikum svæðisins. Liggja til þess tvær ástæður. Önnur er sú, að þar sem miklar breytingar hafa verið fyrir hendi hefur þurft lengri tíma en ella að fá fram hve mikill hluti mældra stærða er af völdum umbrota og hve mikill hluti er ótruflaður eiginleiki jarðhitakerfisins. Hin ástæðan er sú að jafnframt rannsóknum á jarðhitasvæðinu við Kröflu hafa breytingar í borholum verið notaðar til að fylgjast með eld-virkni á Kröflusvæðinu. Viss tími fer því óhjákvæmilega til þessarar starfsemi.

4

3.þ.6 Samandregnar niðurstöður

Umbrotin á Kröflusvæðinu hafa haft áhrif á vinnslueiginleika jarðhitasvæðisins við Kröflu. Sakir hins flókna samspils einstakra þátta er ekki einfalt mál að draga ályktun um heildar áhrif umbrotanna á vinnslueiginleika svæðisins. Að svo miklu leyti sem hægt er að meta þessar breytingar á vinnslueiginleikum svæðisins eru breytingarnar til ills. Önnur neikvæð áhrif umbrota á Kröflusvæði eru þau að borholur hafa skemmst vegna hreifinga lands.

Ef litið er á hvaða breytinga sé sennilegt að vænta í framtíðinni má nefna eftirfarandi:

- Meðan umbrot standa yfir á Kröflusvæði má alltaf vænta þess að borholur skemmist á einn eða annan hátt.
- Þó magn CO_2 aukist en meira á svæðinu, verða jarðefnafræðilegir vinnslueiginleikar ^averla verri en nú er. Aukið magn af CO_2 mun draga úr nýtni Kröfluvirkjunnar.
- Ef breyting verður á sýrustigi eitthvað í líkindum við það sem gerðist í holu KG-4 í febrúar-mars 1976 má búast við að fódurrör skemmist vegna tæringar.

- Rennsli kviku neðanjarðar í eða mjög nálægt jarðhitakerfinu í Kröflu er að öllum líkindum hættulegra fyrir jarðhitakerfið og vinnslueiginleika þess en eldgos og rennsli kviku á yfirborði jarðar.

Nánar er fjallað um áhrif umbrotanna í greinargerð dags 1977-11-28
(Fskj. 55. Kafla 1)



F y l g i s k j ö l

1977-01-09

1. Áætlun um borun fimm vinnsluhola við Kröflu.
Sigurður Benediktsson
Rögnvaldur Finnbogason
Janúar 1975
2. Bréf OS til Iðnaðarráðuneytisins vegna endurskoðunar á kostnaðar-
áætlun frá janúar 1975.
Karl Ragnars
1975-03-03
3. Bréf OS til Iðnaðarráðuneytisins, viðvörðun við því að draga úr bor-
framkvæmdum meðan öðrum þáttum virkjunarinnar er haldið áfram af
fullum krafti.
Jakob Björnsson
1975-05-22
4. Bréf OS til Kröflunefndar (afr. til Iðnaðarráðuneytisins), um val
á túrbínunum til Kröfluvirkjunar.
Karl Ragnars
Guðmundur Pálmason
Jakob Björnsson
1975-02-06
5. Bréf OS til Iðnaðarráðuneytisins, tímasetning einstakra framkvæmda
við Kröfluvirkjun.
Jakob Björnsson
1975-03-14
6. Greinargerð um gos í holu 4, Kröflu, meðan á borun stóð.
Karl Ragnars
1975-09-14
7. Kostnaðaráætlun Kröfluveitu, Borholur og aðveitukerfi gufu, 1975,
1976, 1977 og 1978.
Karl Ragnars
1975-11-25

8. Öryggisbúnaður og framkvæmdaáætlun við boranir með Jötni í Kröflu 1976.
Karl Ragnars
OS-JHD 7614 / Febrúar 1976
9. Skipunarbréf nefndar á Orkustofnun til áætlanatöku varðandi boranir í Kröflu 1976.
Jakob Björnsson
1976-04-23
10. Staðarval borhola í Kröflu 1976, (nefndarálit).
Karl Ragnars
Stefán Arnórsson
Sigurður Benediktsson
1976-05-07
11. Greinargerð um staðsetningu borhola í Kröflu 1976.
Valgarður Stefánsson
1976-07-09
12. Greinargerð til Iónaðarráðherra um stöðu framkvæmda við Kröfluvirkjun, 7. feb. 1977.
Páll Flygenting
Árni Snævarr
Kristmundur Halldórsson
Guðmundur Einarsson
Jakob Björnsson
Guðmundur Pálmason
Kristján Jónsson
Einar Tjörvi Elíasson
1977-02-07
13. Bréf OS til Iónaðarráðuneytisins, tillögur um boranir fyrir Kröfluvirkjun 1977, greinargerð.
Jakob Björnsson
Guðmundur Pálmason
1977-03-22

14. Trip report.
J.T. Kuwada
Marz 1977

15. Minnisblað vegna ferðar Guðmundar Einarssonar, Karls Ragnars og Valgarðs Stefánssonar til U.S.A. 9-15 maí 1977.
Valgarður Stefánsson
1977-05-16

16. Bréf Iónaðarráðuneytisins til OS, fallist á tillögu OS um boranir í suðurhlíðum Kröflu og við Hvíthólahlíf o.fl.
Páll Flygenring
Kristmundur Halldórsson
1977-05-06

17. Bréf Iónaðarráðuneytisins til OS, flutn. Jötuns frá Laugalandi í Eyjafirði til Kröflu 1977.
Kristmundur Halldórsson
1977-06-23

18. Bréf OS til Iónaðarráðuneytisins, breyttar tillögur um Kröfluboranir 1977.
Jakob Björnsson
Guðmundur Pálmaðsson
1977-07-18

19. Bréf Iónaðarráðuneytisins til OS, Samp. ríkisstj. 19.júlí um allt að 100 Mkr. til könnunar og endurvinnslu borhola.
Páll Flygenring
Árni Þ. Árnason
1977-07-27

20. 2 bréf Iónaðarráðuneytisins til OS, til Kröflunefndar, varðar nefndarskipan þriggja manna til að "samræma aðgerðir og taka ákvörðun um meiri-háttar framkvæmdir við Kröflu".
Gunnar Thoroddsen
Árni Þ. Árnason
1977-07-20

108

21. Bréf OS til Iðnaðarráðuneytisins, varðar bréf hins háa ráðuneytis frá 1977-07-20 um nefndarskipan vegna Kröfluframkvæmda.

Jakob Björnsson

1977-08-22

22. Orðsending til Karls Ragnars frá Orkumálastjóra til skipunar K.R. í þriggja manna nefnd.

Jakob Björnsson

1977-08-02

23. Bréf Iðnaðarráðuneytisins til OS, þar sem ráðuneytið felur OS að undirbúa mannvirki til vinnslu jarðgufu.

Magnús Kjartansson

Árni Snævarr

1974-06-21

24. Bréf OS til Iðnaðarráðuneytisins, varðar Kröfluboranir og gufuveituframkvæmdir á árinu 1978.

Jakob Björnsson

Guðmundur Pálmason

1977-12-12

109

Jarðhitadeild

Iðnaðarráðuneytið
 Arnarhvoli
 Reykjavík.

KR/sv

22. jan. 1975.

Hjálagt sendist ráðuneytinu kostnaðaráætlun um borun fimm borhola í Kröflu árið 1975 vegna virkjunar gufuafla þar. Gert er ráð fyrir að Gufubor verði fluttur norður landleiðina og suður aftur að verki loknu og eru flutningarnir innifaldir í áætluninni.

Gert er ráð fyrir, að kostnaður verksins verði ²¹⁶ ~~210~~ Mkr og er þá reiknað með 15% ófyrirséðum kostnaði, en það þykir eðlilegt vegna þess hve mikil óvissa er yfirleitt í framkvæmd borverka.

Í þessari áætlun er hinsvegar ekki gert ráð fyrir vinnubúðum, en að undangenginni athugun virðist hagstæðasta tilboð í þar vera frá Húseiningum á Siglufirði og er þá miðað við 30 manna vinnubúðir. Tilboð í vinnubúðirnar og kostnaðaráætlun til að fullbúa þar er að upphæð 22 Mkr. Það er mjög brýnt að samningar um smíði vinnubúðanna séu gerðir mjög fljótlega til þess að þar geti verið tilbúnar þegar boranir hefjast í vor, en við undirskrift samnings þarf að greiða inn á verkið 5 Mkr. Dreifing kostnaðar samkvæmt kostnaðaráætluninni er áætluoð:

jan.	5 Mkr.	júlí	²⁴ 18 Mkr.
febr.		ágúst	19 -
marz	62,5 -	sept.	19 -
apr.	10,8 -	okt.	19 -
maí	13,5 -	nóv.	22,4 -
júní	42,8 -	des.	

Virðingarfyllt,

140
Jarðhitadeild

Iðnaðarráðuneytið
Arnarhvoli
Reykjavík.

KR/sv

3. marz 1975

Vísab er til bréfs til ráðuneytisins dags. 22.01.76, en þar er gerð grein fyrir kostnaðaráætlun borana við Kröflu sumarið 1975, og áætlaður kostnaður við verkið 216 Mkr.

Vegna breytinga á gengi krónunnar og kostnaðarhækkana þess vegna, höfum við endurskoðað áætlunina, en geggisbreyting gagnvart þýsku marki frá 19.11.74 til 28.02.75 er 39% hækkun á verði marksins, en 19.11.74 voru fóðurrör til verksins pöntuð og eru þau mestur hluti erlends efnis.

Þá reiknum við með að aðkeypt þjónusta hækki um 10% vegna efnahagsráðstafana.

Með þessum forsendum verður endurskoðuð kostnaðaráætlun fyrir verkið 252,6 Mkr.

Þá viljum við enn fremur ítreka, að þessi áætlun innifelur ekki vinnubúðir fyrir starfsfólk borsins, en í fyrri áætlun var gert ráð fyrir að þar kostuðu 22 Mkr. Enn hefur engin ákvörðun verið tekin um uppsetningu þeirra, né heldur hvernig þeim þætti verksins verði ráðstafað og er mjög brýnt, að það verði gert sem allra fyrst.

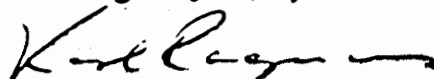
Dreifing kostnaðar samkvæmt kostnaðaráætluninni er nú áætluð:

marz	93 Mkr	júlí	25 Mkr
apríl	12 "	ágúst	20 "
mái	15 "	sept.	20 "
júní	50 "	okt.	20 "
		nóv.	19,6 "
		des.	

Samtals:

274,6 Mkr.

Virðingarfyllst,



Afrít: Fjárlaga- og hagsýslustofnun

///

Iðnaðarráðuneytið
ARNARHVOLI

JB/sq

22.05.75

Borun við Kröflu 1975

Áð gefnu tilefni hefur Orkustofnun endurskoðað kostnaðar-
áætlun borana við Kröflu nú í sumar með tilliti til þess,
að boraðar 1, 3 eða 5 holur. Endurskoðunin fyrir 5 holur
er samhljóða kostnaðaráætlun sem hinu háa ráðuneyti
var send 05.05.75.

Verulegur hluti kostnaðar við borun á 5 holum hefur nú
þegar verið skuldbundinn. Má þar nefna fóðurrör fyrir
100 Mkr, borkrónur fyrir 7,5 Mkr. o.fl. Auk þess kemur
svo, að ýmiss kostnaður er fastur, óháður holufjölda,
svo sem flutningur borsins norður að Kröflu og til baka,
sem áætlast kosta 12,3 Mkr.

Kostnaðaráætlun fyrir að bora eina, þrjár eða fimm holur
nú í sumar, og skipting þess kostnaðar á mánuði er sem
hér segir. Eru þá þegar áfallnar skuldbindingar með-
taldar (í málöslunni).

	Alls Mkr.	Skipting á mánuði, Mkr.					
		Mai	Júní	Júlí	Ág. Sept.	Okt.	
Ein hola	172,5	105	52,5	15,0			
Þrjár holur	219,5	105	45,3	34,6	34,6		
* Fimm holur	268,8	105	47,0	31,7	35,6	21,6	27,9

Hingað til hefur ávallt verið gert ráð fyrir því að boraðar
yrðu fimm holur við Kröflu í sumar, og því hafa þegar verið
keypt fóðurrör í samræmi við það. Nauðsynlegt var að pant
og kaupa fóðurrörin með góðum fyrirvara, vegna langs af-
greiðslutíma, til þess að borun tefðist ekki vegna skorts
á fóðurrörum. Skipulagning á störfum Dofra (gufuborsins),
og raunar annara bora einnig, hefur verið við þetta miðuð.

Nú virðist sem tiltakt sé til borana á sumri komandi
verði 150 Mkr. Eins og sjá má á ofangreindri áætlun nægir
það ekki til að ljúka einni holu vegna þess að af upphæð-
inni hafa þegar verið keypt fóðurrör o.fl. í fimm holur.
Til annara hluta Kröfluvirkjunar en gufuöflunarinnar mun
vera ráðgert að verja 600 Mkr. á yfirstandandi ári.

1/2

Í þessu sambandi vill Orkustofnun leyfa sér að vísa til bréfs síns til hins háa ráðuneytis, dags. 14.03.75, þar sem rædd var sú áhætta sem því óhjákvæmilega fylgir að hefja byggingu orkuvers og annara vinnslumannvirkja áður en vinnsluborunum er lokið og nægilegt gufumagn fengið upp á yfirborðið. Eins og þar kemur fram er vinnsluborunin í rauninni of seint á ferðinni miðað við tímaáætlun Kröflunefndar, miðað við það sem eðlilegt og skillegt getur talið. Því hefur Orkustofnun ábyggjur af því, ef nú verður dregið úr vinnsluborunum frá því sem ráðgert var, sem getur leitt til að þessi áhætta verður enn meiri en áður.

Stofnuninni virðist auðsatt, að ef skera verður niður fé til Kröfluframkvæmda frá því sem ráðgert var, sé óhjákvæmilegt að endurskoða alla tímaáætlun þeirra framkvæmda, bæði varðandi gufuöflunina og aðra hluta þeirra. Í þeirri endurskoðun þarf að samræma vinnsluborunina öðrum framkvæmdaþáttum út frá þeirri staðreynd að gufan er það sem allt mannvirkið byggist á og þarf því öflun hennar að njóta það mikils forgangs að ekki sé verið að taka óeðlilega áhættu. Að mati Orkustofnunar er það hreint neyðarúrreði að bora færri holur en fimm á næsta sumri, jafnvel þótt upprunalegri tímaáætlun seinki eitthvað af völdum niðurskurðar, vegna þess að í þeirri áætlun var þegar tekin áhætta varðandi gufuöflunina; meiri áhætta en tíðkast sumstaðar erlendis við jarðgufuvirkjanir. Þessa áhættu má alls ekki auka.

Orkustofnun vill því leyfa sér að leggja til við hið háa ráðuneyti að það efni til fundar með fulltrúum hennar og Kröflunefndar um samræmda endurskoðun á tímaáætlun Kröfluframkvæmda, hið allra fyrsta.

Allra virðingarfyllt,

Jarðhitadeild

113

Kröflunefnd
 c/o Jón Sólnes alp.m.
 Alþingi, Rvk.

KR/sv

06.02.75

Vegna þeirrar ákvörðunar, sem Kröflunefnd þarf fljótlega að taka í vali á túrbínunum fyrir virkjun í Kröflu viljum við vekja athygli nefndarinnar á eftirfarandi.

Tvar gerðir túrbína koma til álita í þessu tilfalli, svokallaðar einþrýsti- og tvíþrýstitúrbínur.

Einþrýstitúrbínurnar eru tengdar jarðhitunum á þann hátt, að jarðgufan er skilin frá borholuvatninu í skiljum, sem eru staðsettar við borholurnar, og gufan leidd þaðan í pípum að inntaki túrbínunnar með ákveðnum þrýstingi, sem ráðinn er eftir hitastigi og afli jarðhitasvæðisins. Borholuvatnið, sem skilið er frá gufunni undir þrýstingi í skiljunni er hinsvegar leitt til þess staðar þar sem því er fleygt.

Tvíþrýstitúrbínan er þannig tengd jarðhitunum, að gufa er á sama hátt aðskilin frá borholuvatninu í skilju, en borholuvatnið, sem er undir þrýstingi við mettun, er skilið öðru sinni við lægri þrýsting frá þeirri gufu, sem þá hefur myndast. Þannig er gufan í tvennu ástandi tengd túrbínunni, þ.e. við hærri og lægri þrýsting.

Vegna þess, að orka úr borholuvatninu er í þessu tilfalli nýtt í meiri mæli, verður heildarnýting orku úr jarðhitasvæðinu u.p.b. 20% meiri með tvíþrýstikerfi en einþrýstikerfi og gæti gufaafstöðin því orðið lítillega ódýrari ef miðað er við að gufuþrýstingur á borholum sé sá sami í báðum tilfellum.

Á hitt er þó að líta, að gufukerfi fyrir tvíþrýstitúrbínu, þ.e. gufuskiljur og gufulagnir, er nokkru flóknari en fyrir einþrýstitúrbínu. Sú aðferð, sem þykir álitlegust, vegna kostnaðar, við tvíþrýstikerfi, er að flytja vatn og gufu saman í einni pípu (two phase flow) frá borholu að rafstöð og hafa háþrýsti- og lágþrýstiskiljurnar staðsettar þar.

114

Þessi aðferð hefur þó þá annmarka, að þrýstifall í kerfinu verður mun meira en ef vatn og gufa eru flutt aðskilin, og þurfa þá borholurnar að vinna við meiri þrýsting en ella, þannig að aflgjöf þeirra verður minni, en sem kunnugt er minnkar afl borhola mjög hratt við aukinn mótþrýsting, eins og mjög áþreifanlega hefur komið í ljós í gufuveitunni við Námafjall.

Með þessu er reyndar höfðað til þess eiginleika jarðhitasvæða, þar sem form orkunnar er lágt hitastig og þrýstingur í samanburði við aðra orkugjafa.

Við aukinn mótþrýsting á borholur falla afköst þeirra eins og áður greinir, og vinnur það mjög á móti betri orkunýtingu, í tvíþrýstitúrbínunni.

Þá er og þess að geta, að þegar lágþrýstigufan er skilin frá borholuvatninu í tvíþrýstikerfinu, gerist það við svo lágt hitastig á borholuvatninu, að komið er niður fyrir þau mörk hitastigs, þar sem kísilútfellingar byrja, og gætu útfellingarnar haft í för með sér verulega rekstrarörðugleika, en reynsla af kísilútfellingum héraðs á ákveðnum stöðum er mjög bitur.

Við viljum benda á, að þótt tvíþrýstikerfið sé nú fyrirhugað á nokkrum stöðum í heiminum, þá eru allar jarðgufuaflostöðvar, sem nú eru reknar í heiminum með einþrýstitúrbínunum, þannig að meginreynslan af rekstri jarðgufuaflostöðva miðast við það kerfi.

Að vísu er undantekning frá þessu á Nýja-Sjálandi, þar sem gufa frá sérstökum borholum með lágum þrýstingi er notuð í sjálfstæðum túrbínunum, sem einnig fá gufu frá túrbínunum, þar sem inntaksþrýstingurinn er harri, en ekki er um að ræða, að borholuvatn sé tvístöð með mismunandi þrýstingi.

Því má segja, að nánast öll reynsla í þessum efnum eigi við einþrýstikerfi, en forsendur fyrir rekstraröryggi tvíþrýstikerfa með jarðhita byggir enn einungis á tilraunum.

Virðingarfyllt,

Karl Ragnars

Guðmundur Pálmason

Jakob Björnsson

Afrit: Iðnaðarráðuneytið.

115

Iðnaðaryrðuneytið

AÐNANAVOLI

R.

JA/sg

14.3.1975

Varðar: Tímasetningu einstakra framkvæmda
við Kröfluvirkjun.

Orkustofnun vill með bréfi þessu áréttta skriflega þau sjónarmið, sem orkusálestjóri og fleiri starfsmenn röktu munnlega á fundi í samstarfanefnd Iðnaðarráðuneytisins og Náttúruverndarráðs hins J. þ.m., þar sem viðstaddir voru fulltrúar hins háa ráðuneytis og Kröflunefndar.

Í nýlegri skýrslu Orkustofnunar um rannsóknarboranir við Kröflu (frá febr. 1975) er mætt með, að vinnsluboranir verði hafnar þar næsta sumar. Í þeirri skýrslu, og raunar í eldri skýrslum Orkustofnunar um Kröflusvæðið, er lútin í ljósa bjartsýni á, að svæðið geti staðið undir 50-60 MW raforkuveri og að stækkun þess sé möguleg síðar. Ekkert hefur komið í ljós við rannsóknarboranirnar, er dragi úr þeirri bjartsýni.

En alls staðar, þar sem orka er unnin úr jörðu með borunum, hvort heldur um er að ræða jarðvarma, olíu eða jarðgas, er þá fyrst vísna um fánlegt orkumagn, þegar það er raunverulega komið upp á yfirborðið. Þetta er alkunn staðreynd, og liggur í eðli máls. Allt fram að þessu stigi er um óvissu að ræða, þrátt fyrir alla bjartsýni.

Þegar mikið fé er bundið í mannvirkjum, er nýta skulu orku, sem fengin er úr jörðu með borunum, er því oft gerð sú krafa, að orkan sé fengin upp á yfirborðið, áður en lagt er í mikinn kostnað við slík mannvirki. Sem dæmi um það má nefna, að Pacific Gas & Electric raforkufélagið, sem vinnur raforku úr jarðgufu í Geysers Valley í Kaliforníu, gerir þá fyrst bindandi samning um gufukeup við borunarfélagið á svæðinu, þegar gufan, sem hann telur til, hefur verið fánleg úr borholum í 5 ár.

Orkustofnun er ekki þeirrar skoðunar, að svo mikillar varfærni sé þörf við Kröflu. Súin dregur heldur ekki í efa nauðsyn þess að hraða virkjun þar. Hins vegar telur Orkustofnun nauðsynlegt, að allir aðilar þessa máls geri sér ljóst, að því fylgir áhætta að hefja byggingu orkuvers og annarra vinnslumannvirkja, áður en vinnsluborunum er lokið og nægjanlegt gufumagn fengið upp á yfirborðið. Ef nauðsynlegt er talið að hraða virkjunarframkvæmdum eins mikið og Kröflunefnd ætlar til, er ekki um annað að gera en að taka slíka áhættu. Ekki er unnt að leggja á það talnalegt

./..

mat, hve miklar líkur eru á því, að vinnsluboránir sýni neikvæðan árangur. Orkustofnun telur þar líkur litlar, en ekki væri varlegt að kalla þar engar.

Stofnunin vill benda á, að hafa má nokkur áhrif á þá fjárhagslegu áhættu, sem hér er um að ræða, með því að tímasætja einstaka framkvæmalíði á þann veg, að fé það, er á gle er kastað í því mjög svo ólíklega tilviki, að vinnsluboránirnar sýndu neikvæða niðurstöðu, verði sem minnst. Með þessu móti kann að verða að hafa framkvæmdum með eitthvað öðru móti en gert væri, ef jákvæður árangur vinnsluborána legi nú þegar fyrir. Þar sé Kröfluvirkjun er fjárhagsafrek framkvæmd, eins og raforkuværkjanir eru yfirleitt, virðist sjálfsagt að reyna eins og het er að draga úr þeirri fjárhagslegu áhættu, sem óhjálpsamlega fylgir núverandi tæmaðtíum Kröflunefndar. Tilgangur orkusálastjóra með því að vekja máls á þessu á áðurnefndum fundi, var að vekja athygli Kröflunefndarmanna á nauðsyn þess að hafa þessa (líflu) áhættu í hoga, er þeir tímasættu einstakar framkvæmdir. Af viðbrögðum á fundinum mátti ráða, að sumum nefndarmönnum kæmi á óvart, að um slíka áhættu væri að ræða. Mjög mikilvægt verður að telja, að Kröflunefnd sé sér meðvitandi um hana, þannig að nefndin taki eðlilegt tillit til hennar í skiptu-
lagningu framkvæmda. Í þessum efnum má ekkert koma á óvart.

Allra virðingarfyllt,

Jakob Björnsson

Afsrit: Kröflunefnd,
c/o hr. Jón G. Sólnes, alþm., formaður,
Alþingi.

Greinargerð um gos í holu 4,
Kröflu, meðan á borun stóð
KR/sq

14.09.75

Kl 00³⁰
 Borun holu 4 lauk fimmtudag 4/9 og hafði þá verið borað í 2003 m. Festifóóring holunnar (9 5/8") náði í 595 m dýpi og var hún steypt föst. Var fyrirhugað að hengja í hana gataðan leiðara (7 5/8"), sem skyldi ná niður á botn holunnar. Skoltöp eða æðar í holunni höfðu komið fram í 700 m, 850 m, 1100 m, 1250 m og 1940 m, en í milli 1250 m og 1940 m virtist holan vera þétt. Að lokinni borun var vatni dælt í holuna um stangir í u.p.b. í klst en skolvatnið hætti að koma upp úr holunni eftir u.p.b. 20 mín.

Eftir einnar klst dælingu var hætt að dæla gegn um stangir og dæluþanga tengd á hliðarstút undir öryggisventli og haldið áfram dælingu utan með stöngum. Jafnframt var byrjað að taka upp stangir og lauk því kl 12 4/9.

Þá var einn standur (tvær stangir) hafður í öryggisventli og dælt á holuna (ca. 20 l/sek) utan með stönginni. Þannig var dælt til kl. 16 en þá er dæling stöðvuð og fyrirhugað að hitamæla holuna, til þess að þreifa eftir æðum fyrir fóóringu gataða leiðarans. Kl. 18³⁰ meðan verið var að undirbúa hitamælingu fór að renna vatn úr holunni. Rennslíð jókst mjög ört og var þá öryggisventli lokað utan um stangir og 2" ventill settur í enda stangaríppnar. Þá þegar var byrjað að dæla á holuna 20 l/sek vatni en þrýstingur jókst á mót dælingunni og var 25 kg/cm² um kvöldið. Dælt var óbreyttu magni alla nóttina og var þrýstingurinn kominn í 28 kg/cm² að morgni 5/9 og hafði þá náð jafnvægi.

Föstudaginn 5/9 var holan hitamæld við 28 kg/cm² þrýsting og með 20 l/sek dælingu.

Niðurst. hitamælingar:

600 m	< 100°C	850 m	305°C
650 m	< 100°C	900 m	306°C
700 m	303°C	950 m	306°C
750 m	304°C	1300 m	310°C
800 m	305°C	1400 m	311°C

118
Dælingu á köldu vatni var þá haldið áfram og laugardag 6/9 var dælt niður 10 þk af tréspæni en við það hækkaði þrýstingur úr 28 í 32 kg/cm² en lækkaði síðan aftur í 28 kg/cm².

Ástæðan fyrir þessum þrýstingi á holutoppinn er skýró þannig að 300 til 310°C heitt vatn streymir inn í holuna í milli 1900 og 2000 m dýpi og vegna lítillar eðlisþyngdar (0,7 kg/dm³) streymir vatnið upp holuna og rennur út úr henni í 700 m dýpi. Suðurþrýstingur vatns með þessu hitastigi er 95 til 100 kg/cm² og þarf því það farg til að halda niðri suðu á 700 m dýpi. Þetta er í samræmi við þann þrýsting, sem er á holutoppi 28 kg/cm² að viðbætti 700 m kaldri vatnssúlu, sem gefur 70 kg/cm² þrýsting.

Ventlar á holutoppi eru talið að neðan:

- a) 10" renniloki ser 600 gerður fyrir 42 kg/cm² vinnsluþrýsting
- b) Öryggisloki tvískiptur, neðri lokur ventsilsins eru tvær hálfmánalagaðar rennilokur með gúmmipéttingum gerðar til að loka þegar engar stangir eru í holunni, efri lokurnar eru með hringlaga gati til að loka utanum borstangir ef þær standa niður í gegnum holutoppinn.
- c) efsti lokinn er útbúinn með gúmmistökk, og ef þrýsti-lofti er hleypt á bak við strokkinn þenst hann að því, sem liggur í gegnum hann, þ.e. stangir, álagsstangir eða fóðurrör og á lokinn jafnvel að geta lokað um ekki neitt.

Gerð var áætlun um það hvernig mætti takast að fóðra holuna með raufuðum leiðara og var ætlunin að blanda fargefni (þungaleðju) með eðlisþyngd 1,7 til 2,0 og dæla í fóðurrörið alveg niður að 700 m æðinni. Þessi þyngd á að nægja til að pressa niður holutoppsþrýstinginn þar eð (1,7-1,0) x 700 = 49 kg/cm². Leðjuyfirborðið myndi þá síga niður holuna, leðja renna annaðhvort út í æðina í 700 m eða lengra niður holuna.

119

Ef þrýstingur heldist niðri átti að setja niður stangir niður á um 1500 m dýpi og dæla þar út meiri leóju og freista þess þannig að stífla millirennslíð. Þessa aðgerð átti að vera hægt að framkvæma með öryggi þar sem hægt var að loka með öryggisventli að stöngum á svipstundu, ef þess yrði vart að farið væri að flæða úr holunni. Þá átti að síðustu að setja stangir niður í botn holunnar og dæla köldu vatni út í botni. Kl. 07 að morgni þriðjudags 9/9 var búið að blanda leóju í keríð og hafði leójan eðlisþyngdina $1,79 \text{ kg/dm}^3$. Keríð var fullt og dugði það í 450 m af fóðringunni. Kl. 07 þennan morgun er blandað gel, en á meðan er ekki dælt á holuna. Búið er að blanda gelið kl. 8¹⁵ og hafði þá þrýstingur í holutoppi aukist úr 28 í 38 kg/cm^2 . Þá er byrjað að dæla gelinu í holuna og svaraði magnið til 60 m í fóðurrörinu. Strax á eftir var leójunni dælt og var dælt magni sem svarar til 450 m í fóðurröri.

Þrýstingur leójusúlunnar umfram kalda vatnssúlu er $(1,79-1,00) \cdot 450 = 35 \text{ kg/cm}^2$ og féll þrýstingur í holutoppi alveg og kom sög í holuna, þegar 400 m hafði verið dælt niður. Hins vegar hafði komið í ljós, að vatnssúlan í holunni hafði hitnað svo á rúmum klukkutíma, að toppþrýstingur hafði aukist úr 28 í 38 kg/cm^2 , en samkvæmt því var leójusúlan ekki nógu löng til að halda þrýstingi niðri þegar leójan hitnaði. Þegar lokið var að dæla leójunni var öryggisventill opnaður til þess að láta síga þar tvær stangir, sem voru í og átti að mæla leójuboró í gegnum stangirnar. 10 til 20 mín eftir að dælingu lauk varð vart við að farið var að flæða úr holunni. Þar sem enginn stóð við rofa öryggisventilsins, tók nokkrar sekundur að komast þangað. Þá var gos u.þ.b. að byrja og er ekki ljóst hvort rofinn stóð á sér augnablik, eða hvort gosið hafði þeytt stönginni upp úr lokanum, þegar hann lokaði. Það síðarnefnda er þó líklegra.

Við það að þessi loki ekki dugði, þ.e. öryggislokinn með tungum, sem loka utan um stangir, þá var reynt að loka lokanum með gummistökknum. Þetta tókst þó ekki, þar sem

120

Þrýstiloft á kút var of lítið og einnig er talið ólíklegt að lokinn geti lokað utan ekkert þegar gufugos er komið. Neðri tungur í Öryggisventlinum, sem loka einsog renniloki, voru ekki tengdar lokunarbúnaðinum, og komu þar því ekki að gagni. Að nokkrum sekundum liðnum var komið fullt gos í holuna og má telja mestu mildi að ekki henti slys þá menn, sem voru að störfum uppi á borpallinum.

Eftir u.þ.b. klukkustund var hafist handa við að loka 10^o renniloka, sem notaður hafði verið sem borloki. Fyrst í stað gekk vel að skrúfa inn rennilokuna, en eftir því sem gatið þrængdist þyngdist lokan. Samtímis þurfti að herða bolta í flösum, þar sem þrýstingurinn vildi þrængja sér í milli flansanna. Þegar eftir var að loka lokunni um 3 cm stóð hún alveg föst, enda var þá búið að slíta róna í lokanum og reyna að þvinga lokuna inn með átaksþvingu. Jafnvel þótt þrýstingur í holutoppi sé mikill, sennilega um 70 kg/cm², þá er borlokinn óeðlilega þungur, og er líklegt að fyrirstaða sé í lokanum t.d. steypa eða borsvarf.

Þar sem það gat verið hættulegt að reyna meira við að loka lokanum, var ákveðið að flytja borinn af holunni og klæða nýjan loka yfir gufustrókin.

25.11.75

KR/sg

121

Iðnaðarráðuneytið
Amarhvoli
Reykjavík

Hjálagt sendum við ráðuneytinu samandregna kostnaðar-
áætlun fyrir stofnkostnað borhola og gufuveitu í
Kröflu. Eins og yfirlitið ber með sér er áætlaður
stofnkostnaður fyrir árin 1975, 1976 og síðar 253,4 Mkr.,
680,0 Mkr. og 723,6 Mkr. samtals 1657 Mkr.

Á árinu 1975 hafa verið boraðar þrjár holur, en er þó
aðeins ein þeirra fullgerð, hola 3.
Ólökis er fúðringu annarrar, hola 4, sem er 2000 m djúp,
og dýpkun þeirrar þriðju, hola 5, en hún er nú 1300 m
djúp og verður dýpkuð í a.m.k. 2000 m. Ástæðan til
þess, að ekki reyndist unnt að ljúka holunum, var, að
öryggisteki borsins voru ekki nógu öflug fyrir þann
hita, sem kom í hola 4.

Fyrirhugað er að hefja boranir á árinu 1976 með Jötni,
strax og veður leyfir og eftir að borun á Laugalandi
í Eyjafirði lýkur. Miðað við að borun geti hafist í
byrjun marz er áætlað, að samtals 6 til 7 borholur
verði fullbúnar í nóvember 1976.

Í næstu viku verður tilbúin greinargerð um árangur
borana í ár ásamt áætlunum um boranir og byggingu gufu-
veitu á næsta ári.

Virðingarfyllt,

122

20.11.75

Kostnaðaráætlun Kröfluveitu
Borhólar og aðveitukerfi gufu
KR/sg

Verk ársins 1975	Mkr.
Boranir hola 3, 4 og 5	194,2
Hönnun aðveitukerfis gufu	15,0
Fóðurrör í 2 holur (byrgðir)	<u>44,2</u>
	253,4
Verk ársins 1976	
Boranir hola 6,7, 8 og 9	260,0
Fóðurrör í 1 holu (byrgðir)	20,0
Aðveitukerfi gufu (1. áfangi)	<u>400,0</u>
	680,0
Verk ársins 1977 og 1978	
Boranir 7 hola	412,9
Aðveitukerfi og gufu (2. áfangi)	<u>310,7</u>
	723,6
SAMTALS	1657 Mkr.

Ath. Í ofangreindum tölum er ekki innifalinn neinn fjármagnskostnaður á byggingatíma né heldur er gert ráð fyrir verðbólgukostnaði.

Öryggisbúnaður og framkvæmdáætlun
við boranir með Jötni í Kröflu 1976

eftir

Karl Ragnars

124

Jarðhitasvæðið.

Nú hafa verið boraðar fimm holur við Kröflu, holur 1, 2, 3, 4 og 5.

Holur 1 og 2 voru boraðar með Wabco bor árið 1974 og holur 3, 4 og 5 voru boraðar með Gufubor árið 1975.

Ein þessara hola, hola 3, er fullfrágengin vinnsluhola og hola 5 var boruð í 1300 m og gert ráð fyrir að hún verði dýpuð síðar, enda hefur enn ekki verið framkvæmdur fullnaðarfrágangur á fóðringum holunnar.

Þótt svæðið sé langt frá því að vera fullkannað, hafa mikilvægar upplýsingar komið fram um vinnslueiginleika þess, einkum þó grynnri hlutann, sem nær niður á 1200 til 1600 m dýpi.

Boranir hafa sýnt, að eðlilegt er að skipta berggrunni svæðisins í þrjár aðalbergmyndanir. Efst er móbergsmýndun niður á 800 m dýpi en þar tekur við hraunlagamyndun. Báðar þessar myndanir eru verulega ummyndaðar. Í þeim er nokkuð um innskotslög, sem eru mun ferskari. Neðan 1200 m dýpis eykst þéttleiki innskotslaga mjög, og eru efri mörk þessarar innskotamyndunar sett við það dýpi. Verulegar vatnsæðar voru í holum 2, 3 og 4 í móbergsmýnduninni og nokkrar í basaltmýnduninni, en í innskotamynduninni, þ.e. neðan 1200 m, fundust engar vatnsæðar ofan 1600 m í holu 3 og 1900 m í holu 4, en lítil vatnsæð fannst í holu 3 á bilinu 1600 til 1650 og kröftug æð í holu 4 á 1940 m dýpi. Í holu 5 fundust engar teljandi vatnsæðar en hún er 1300 m djúp.

Á grundvelli þessara niðurstaða er því ályktað, að borholur sem eru 1200 til 1600 m djúpar fáí mesta innrennslíð ofan 1200 m, og innrennslíshiti á því dýpi virðist vera talsvert minni en tilsvarendi hitastig á suðuferli, þannig að ekki er að vænta góðrar endingar á slíkum holum vegna þrýstifalls í svæðinu.

125

Niðurstöður borunar á holu 4 sýna, að hætta er á rennsli milli æða upp eftir holunni, ef hún lendir í vatnsæðum bæði fyrir ofan og neðan ferska bergið í innskotamynduninni neðan 1200 m. Þetta fyrirbæri veldur því, að suðuprýstingur vatnsins flyst upp eftir holunni, þannig að prýstingur á holutopp getur orðið stöðugur, þar sem þyngd kaldrar vatns-súlu ofan millirennslisins er þá ekki nógu mikil til að veða á móti suðuprýstingnum.

Öryggiskröfur við borun.

Engar sérstakar reglur eru til um styrkleika þeirra tækja, sem notuð eru við borun, en við boranir á háhitasvæðum hér og víða erlendis hefur sú hefð verið í gildi, að öryggis-ventlar og borventlar séu gerðir fyrir prýsting, sem er hálfur sá prýstingur, sem mestur getur orðið í botni borholu þegar miðað er við suðuferil á tilsvarandi dýpi. Engin reikningsleg forsenda er til fyrir þessari hefð, en löng reynsla hefur sýnt, að prýstingur á holutopp hefur ekki orðið meiri en hálfur suðuprýstingur í botni holanna, þar sem kyrrstæð vatns-súla í holunni vegur að meiru en hálfu leyti á móti suðuprýstingnum.

Ef hinsvegar millirennslis kemur fram í holunni, vegna þess að "hydrostatiskur" prýstingur er hlutfallslega minni ofan til í holunni en neðan til, líkt og er í Kröflu, þá gildir þessi regla ekki lengur og er þá fyrst og fremst háð lengd fóðringar, hvað prýstingur á holutopp getur orðið mikill, þegar köldu vatni er dælt á holuna. Eins og áður segir, er ekki hægt að ganga út frá neinni ákveðinni reglu um það, hve búnaðurinn á að vera sterkur, annarri en þeirri, að öll hönnun holunnar og bortækjanna sé miðuð við þann prýsting, sem fræðilega getur orðið mestur miðað við ákveðið bordýpi, þ.e. að suðuprýstingur viðkomandi dýpis skili sér upp í holutoppinn.

Við ákvörðun á lengd fóðringa, er þá reiknað með, að prýstingur við enda fóðringar sé suðuprýstingurinn í botni holunnar.

126

Til þess að reikna þarna með mesta öryggi, þá má gera ráð fyrir að jarðlög séu vökvi með eðlisþyngdinni 2, og þrýstingur vökvans við enda fódurrörs sé a.m.k. jafnmikill og suðuprýstingur í botni holunnar.

Hér eru gefin dæmi um lengd fóduringa og styrkleika holutopps í samræmi við kröfurnar hér fyrir ofan og reiknað er með að 100 m séu á vatnsborð.

Holudýpi	Holutoppur styrkleiki	Yfirborðsfóðring 18"	Öryggisfóðring 13 3/8"	Vinnslufóðring 9 5/8"
1000 m	ASA 600 eða DIN 160	20 m	120 m	370 m
1500 m	ASA 900 eða DIN 160	45 m	185 m	530 m
2000 m	ASA 1500 eða DIN 250	70 m	250 m	700 m
2500 m	ASA 1500 eða DIN 320	95 m	310 m	840 m

Vinnslufóðringin 9 5/8", sem notuð er, er sambærileg styrkleika ASA 1500 eða DIN 250.

Lengd yfirborðs- og öryggisfóðringanna ákvarðast af því að hægt sé að bora í það dýpi, sem vinnslufóðringin nær til, miðað við að suðuprýstingur þess dýpis geti orðið við holutopp.

Niðurstöður af borunum þeirra fimm hola, sem hafa verið boraðar í Kröflu benda þó til, að fráleitt sé að gera þessar ströngu kröfur til yfirborðs- og öryggisfóðringar.

Þær öryggiskröfur, sem hér hafa verið settar fram miðast við þær aðstæður, sem fræðilega geta orðið erfiðastar. Sem dæmi má nefna, að við 2000 m holu er gert ráð fyrir að þrýstingur á holutopp geti orðið 145 kg/cm^2 , en í holu 4 mældist hann mestur 90 kg/cm^2 .

Það verður þessvegna að vera mat á aðstæðum, með tilliti til þeirrar reynslu og þekkingar, sem fengist hefur á jarðhitasvæðinu, hve mikið má víkja frá þessum ströngustu kröfum.

127

Þær holur, sem ráðgerðar eru í Kröflu þurfa væntanlega að vera 2000 til 2500 m djúpar til þess að skila þeim árangri, sem sóst er eftir.

Það er mat höfundar þessarar skýrslu, að miðað við þá reynslu og þekkingu, sem fengist hefur á svæðinu við Kröflu, sé kröfum um öryggi fullnægt ef holan er hönnuð á eftirfarandi hátt:

Yfirborðsfóðring	18 5/8"	30 m
Öryggisfóðring	13 3/8"	150 m
Vinnslufóðring	9 5/8"	700 - 800 m
Öryggisventlar borsins		ASA 900
Borventill á	13 3/8" fóðringu	ASA 300-400
"	9 5/8" "	ASA 900 eða ASA 1500
		ASA 900 í dýpi allt að 2200 m
Holulokar	ASA 900 eða DIN 160	í dýpi allt að 2200 m
		og ASA 1500 eða DIN 250 í dýpri holum

Að ofan hefur verið fjallað um styrkleika tækjanna með tilliti til öryggis. Ekki ber þó að líta svo á, að öryggi sé fullnægt eingöngu með því að velja styrkleika tækjanna nógu mikinn. Í borun eru tækin undir miklu álagi vegna svarfs og steypu, sem um þau fara, og veltur því á miklu að hirða þeirra sé góð, þannig að gott ásigkomulag þeirra tryggi, að þau vinni eins og atlast er til þegar á þeim þarf að halda.

Einnig veltur á miklu að starfsfólkið, sem stjórnar tækjunum sé til þess þjálfað, þannig að viðbrögð séu rétt þegar á þarf að halda.

Efni og öryggistæki við borun í Kröflu 1976.

Fóðurrör komin til Húsavíkur:

600 m	H-40,	13 3/8" OD,	48 lb/ft,	short threads and coupling
3000 m	J-55,	9 5/8" OD,	36 lb/ft,	buttress threads and coupling
7000 m	J-55,	7 5/8" OD,	24 lb/ft,	short threads and coupling

Fóðurrör, birgðir frá 1975:

4000 m	st 52,	7 5/8" OD,	8 mm	veggþ., soðnir endar
600 m	st 52,	9 5/8" OD,	8,8 "	veggþ., soðnir endar

128

Holulokar:

Þrjár holulokar, 2 stk. DIN 160 og 1 stk. DIN 250 225/200 eru þegar fengnir og væntanlegt er tilboð í þrjá holuloka DIN 160 eða DIN 250 225/200, sem gætu komið í júní.

Borventlar:

Til er einn Hattersley 10" ASA 600 borloki sama gerð og notaður var við boranir 1975.

Pantaðir hafa verið tveir borlokar W-K-M 10" ASA 900 og ASA 1500 through conduit design, og hefur afgreiðslu þeirra verið lofað í ágúst 1976.

Akafar tilraunir hafa verið í gangi, að útvega þannig borloka með styttri afgreiðslu, en ekki er hægt að segja á þessu stigi, hvernig það tekst.

Öryggisventlar, (Gosvarar):

Notaðir verða öryggisventlar Jötuns. Eru þetta tveir Cameron ventlar 12" ASA 900, annar getur lokað utan um borstangir, en hinn lokar alveg.

Auk þeirra er einn Hydril ASA 900 gúmmístrokkloki. Allir þessir lokar takmarkast við það, að þeir þola ekki hærri hitastig en 100°C, og er það takmarkandi fyrir ventlana.

Þá er einnig fyrirhugað að útvega svokallaðan "roterandi" gosvara, sem beinir gufugosi frá borpallinum.

Ætlun um boranir 1976.

Boranir hefjist strax eftir að Jötunn hefur lokið við seinni holuna á Laugalandi.

Fyrstu tvær holurnar, holur 6 og 7, verði boraðar í 1500 til 1600 m dýpi. Höggborsholurnar verða 30 til 40 m djúpar, fóðraðar með 18 5/8" fóðringu í botn. Þá verður borað með 17 1/2" krónu niður á 150 m dýpi og það fóðrað með 13 3/8" fóðringu. Síðan verður borað með 12 1/4" krónu niður á 700 til 800 m og þangað fóðrað með 9 5/8" fóðringu.

Allar þessar fóðringar verða steyptar með þeirri kostgæfni, sem unnt er að viðhafa. Síðan verður borað með 8 3/4" eða 8 1/2" krónu niður á 1500 til 1600 m dýpi, en ekki verður að sinni settur leiðari í holurnar, til þess að möguleiki verði á að dýpka þær síðar.

Reynsla af borunum á jarðhitasvæðinu hefur sýnt, að hægt er að bora niður á þetta dýpi, með þeim tækjum sem til eru, með fullu öryggi.

Á svæðinu hafa nú verið boraðar fimm holur og aðeins ein þeirra, hola 4 2003 m djúp, kom í gos af sjálfsdádum. Öllum hinum holunum, sem eru 1100 til 1650 m djúpar hefur þurft að koma til með aðgerðum og má nefna sérstaklega holu 5, en borun hennar lauk í okt. 1975.

Þessi hola hefur ekki verið hvött í gos, og er vatnsborð í henni nú, fjórum mánuðum eftir að borun lauk, á 80 m dýpi, og mælist botnhiti hennar um 300°C.

Tilgangurinn með því að hefja borun á þennan hátt er einkum þrjúþættur:

1. Að útvega fyllri mynd af jarðhitasvæðinu niður á 1500 m dýpi, þannig að endanlega verði úr því skorið, hvort holur af þessari dýpt séu nothæfar til vinnslu.
Reyndar bendir allt til þess nú að svo sé ekki, enda verða holurnar þannig frágengnar, að þær verður hægt að dýpka, og skoðast þetta dýpi þessvegna sem áfangi í dýpri borun.
2. Bortaknilega hefur reynst erfitt og jafnvel hættulegt að bora 2000 m djúpar holur, þótt viðhorf til slíkrar borunar nú, séu að sjálfsögðu allt önnur, en áður en hola 4 var boruð.
Það hlýtur þessvegna að teljast eðlilegt, að farið sé af stað með þeirri varkárni, sem unnt er að viðhafa, og ekki reyni á erfiðasta hluta framkvæmdarinnar strax í upphafi, enda hlyti það að teljast óvarlega að farið, ef fyrsta holan á þessu ári mistækist.
3. Vegna ýmissa atvika eins og mikilla umræðna á opinberum vettvangi um Kröflumálefni, eldgoss og skjálftavirkni og þeirra atburða, sem skeðu við holu 4 og holu 10 í Námafjalli virðist sem nokkurn kvíða hafi sett að starfsfólkinu um framhald framkvæmdanna og er þessi kvíði túlkaður með ýmsu móti.

130

Má gera ráð fyrir að starfsfólkið öðlist sálarró og trú á verkefnið, ef framkvæmdaáætlunin í byrjun byggir á verkefni, sem þegar er fengin góð reynsla á.

Þegar borun fyrstu tveggja holanna er lokið á þennan hátt, sem greint er frá hér að ofan, kemur að því að taka þarf afstöðu til þess, hvað næst er gert. Valið verður þá að bora dýpra eða halda áfram að bora holur 1500 til 1600 djúpar. Seinni kosturinn er án tæknilegra erfiðleika og þarf ekki að fjölyrða um hann, en miklu líklegra er, að þörfin verði dýpri holur.

Eins og greint var frá hér að ofan er gert ráð fyrir að vinnslufóðringin verði 700 - 800 m djúp. Það má segja að æskilegt sé, að hún væri dýpri, nefndir hafa verið 840 m, en ef verulegt gagn ætti að vera af dýpri vinnslufóðringu, þá þyrfti hún að vera 1200 m til þess að komið yrði í veg fyrir millirennslid.

Hinsvegar er okkar veikasta hlið bortæknilega að steypa fóðringuna og verður að gera ráð fyrir, a.m.k. þar til annað kemur í ljós, að steyping á 700 til 800 m fóðringu, sé það allra mesta, sem hægt er að framkvæma. Þess ber þó að geta, að enn hefur ekki slæmri steypingu á fóðurrörum verið um að kenna þegar óhöpp hafa skeð.

Eins og áður ergreint frá, má til einföldunar við að gera sér grein fyrir hvað 700 m fóðring dugir fyrir djúpa holu gefa sér eftirfarandi forsendur:

1. Eðlisþyngd jarðlaga er að meðaltali 2, þannig að jarðlagaprýstingur við enda fóðringar er 140 kg/cm^2 . Ekki er reiknað með öðru en þessum prýstingi til að varna upprennsli utan fóðringar.
2. Hitastig á hverju dýpi fylgir suðuferlinum
3. Suðuprýstingur svarandi til hitastigs í botni holunnar skilar sér að fullu upp í topp á holunni, þ.e. reiknað er með að engin vatnssúla sé í holunni fyrir ofan þann stað, þar sem hitastig svarandi til suðuhita kemur fram.

131

Hitastig svarandi til 140 kg/cm^2 þrýstings er 335°C og tilsvarandi dýpi á suðuferlinum, þegar reiknað er með 100 m á vatnsborð, er 2000 m . Ætti þá fóðringarinnar vegna að vera óhætt að bora á það dýpi, en vitanlega eru þetta ystu og erfiðustu mörk, sem upp geta komið og fremur ólíklegt að þau komi fram í reynd. Þá mætti einnig spyrja, hve háan þrýsting þurfi á holutopp til að veða á móti þyngd fóðringarinnar, þannig að hún gæti skriðið upp. Þessi þrýstingur er fyrir $9 \frac{5}{8}$ ", 36 lb/ft fóðringu 91 kg/cm^2 , en ef fóðringin ekki sígur niður meðan holan er þrýstingslaus, verður að reikna með að jafnmikið þurfi a.m.k. til að ýta henni upp, þannig að þrýstingurinn væri þá orðinn 182 kg/cm^2 .

Til þess að samræmi sé milli dýptar fóðringarinnar og annarra styrkleika virðist þessvegna ekki ástæða til að fóðringin sé dýpri en 700 til 800 m , þar sem af bortæknilegum ástæðum er ekki hægt að hafa hana svo djúpa, að tryggt sé, að millirennisli verði ekki. Öryggisventlar borsins, þ.e. renniloki með tungum sem loka um stangir og tungum sem loka alveg og gúmmístrokkloki eru ASA 900, en það þýðir að þeir geti tekið á móti 150 kg/cm^2 þrýstingi, ef hitastig fer ekki yfir 100°C , en allir lokarnir hafa gúmmíþéttingar, þannig að vinnuhitastig þeirra takmarkast við 100°C .

Til er ASA 600 10 " renniloki, samskonar og sá, sem notaður var á holu 4, en hann á að þola 80 kg/cm^2 þrýsting við 300°C . Þantaðir hafa verið ASA 900 og ASA 1500 10 " borventlar, sem þola 120 kg/cm^2 og 190 kg/cm^2 við 300°C . Afgreiðslu þessara ventla hefur verið lofað í ágúst, en reynt er að útvega samskonar ventla með styttri afgreiðslu.

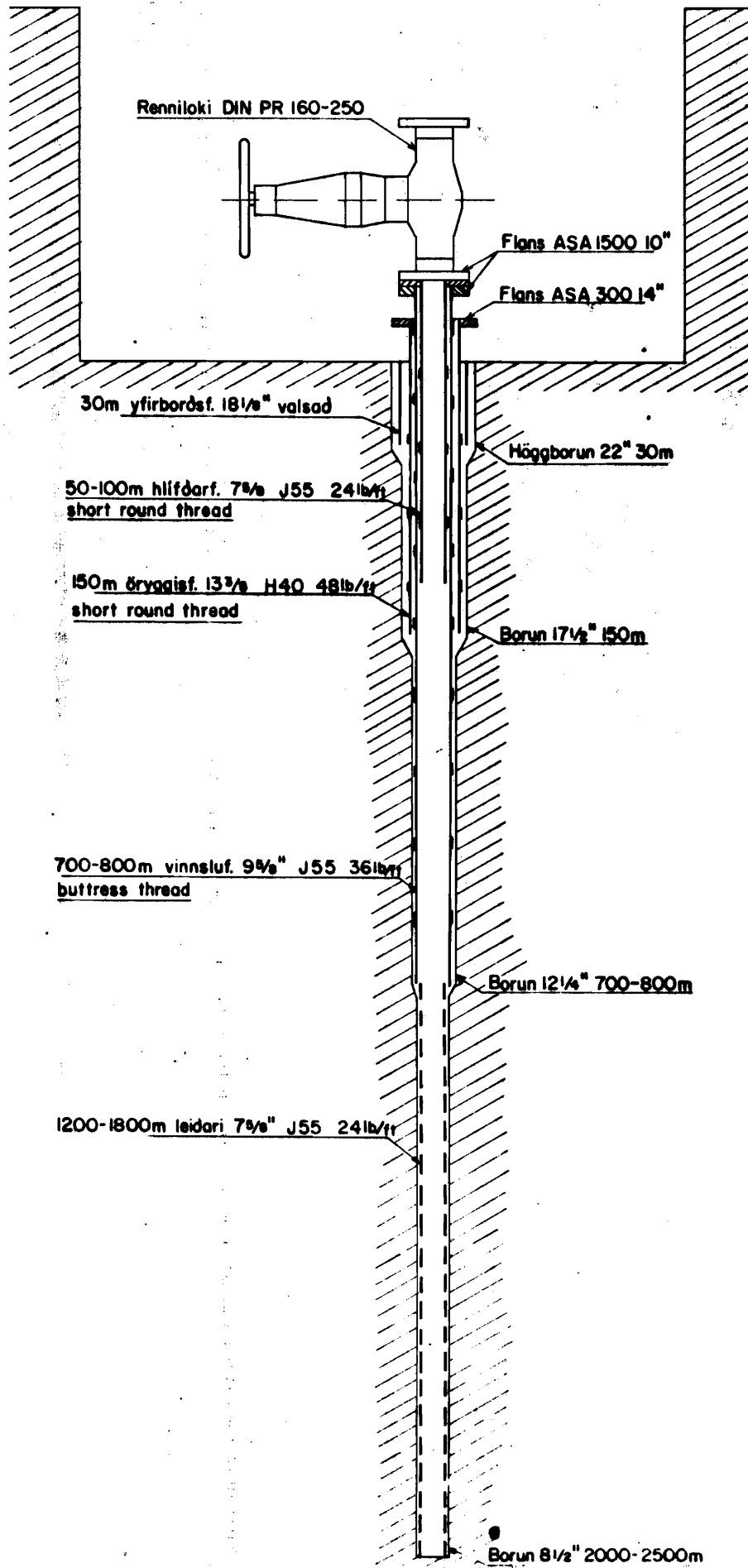
Sem holuventlar hafa þegar verið útvegaðir tveir $225/200 \text{ DIN } 160$ og einn $225/200 \text{ DIN } 250$ en þeir þola við 300°C 125 kg/cm^2 og 200 kg/cm^2 þrýsting. Sá fjórði hefur verið þantaður og kemur í maí og góð von er um að hægt verði að útvega fimmta og sjötta ventilinn á sama tíma.

132

Þegar holurnar eru boraðar neðan áður nefnds 1500 til 2000 m dýpis, er ekki ástæða til annars en að ætla, að það gangi vel meðan borað er og stöðugt dælt í holuna. Þegar borað hefur verið niður á það dýpi, sem ætlað er, þá verði dælt í holuna gegn um stangir niður á botn í einn sólarhring. Þá verði dælingu hætt án þess að holan sé opnuð og beðið eftir, hvort þrýstingur byggist upp. Þetta verður endurtekið þar til full vissa er fyrir því, að nægur tími líði, án þess að holan komi í þrýsting, þannig að hægt sé að fódra hana með leiðara og ganga frá henni.

Dæling í botni holu 4 var í eina klukkustund og kom holan í þrýsting 4 til 5 klst seinna. Þegar hola 10 í Námafjalli var komin í 88 kg/cm^2 þrýsting og orðin fullheit hófst á hana dæling og var dælt 15 l/sek í eina viku. Núna fimm vikum eftir að dælingu var hætt er holan enn ekki komin í þrýsting.

Það er ljóst að dæling á köldu vatni út í æðar holunnar hefur veruleg áhrif á þann tíma, sem það tekur holuna að koma upp, en jafnvel þótt aldrei fáiist nægur tími til að fódra, atti ekki að vera hætta á að missa holuna óbeislaða í gos.



ORKUSTOFNUN	
Vinnshólar í Krófta	
Boridd, fódhringar og holutappur	
78.030R JA/92 Tm 114	Fnr. 1969
Jafnvegis	

134

1976-04-23

/es

Til Karls Ragnars, JHD,
Sigurðar Benediktssonar, JBR,
Stefáns Arnórssonar, JHD,

Frá Jakobi Björnssyni

Varðar: KRÖFLUBORANIR

Mikil og vandasöm verk eru nú framundan í gufuöflun fyrir Kröflu-
virkjun. Til að tryggja, eftir því sem hægt er, að þau verði unnin
á sem bestan hátt, vil ég biðja ykkur að taka sæti í nefnd til að
fjalla um og taka ákvarðanir um framkvæmdaatriði borananna. Þar
á ég sérstaklega við staðsetningu borhola, holudýpi, fóðringar,
o.s.frv. Verksvið nefndarinnar er þó ekki bundið við þessi atriði,
heldur hver sem er önnur, sem upp kunna að koma varðandi gufuöflunina
til yfirborðs, en við holutopp tekur gufuveitan hins vegar við
gufunni.

Í ákvörðunum sínum ber nefndinni jafnan að hafa það meginmarkmið í
huga að afla á sem skjótastan hátt nothæfrar gufu til að virkjunin
geti farið í gang sem fyrst.

Jarðboranir munu eftir sem áður sjá um framkvæmd borana og JVR um
gufuveituna.

Guðmundur Pálmason mun taka þátt í störfum nefndarinnar, eftir því
sem þörf er á.

Eskilegt er, að nefndin komist að sameiginlegri niðurstöðu um þar
ákvarðanir, sem taka þarf. Verði ágreiningur, sem nefndin ekki getur
leyst, er til þess ætlast, að slíkum málum verði vísað til mín.


Jakob Björnsson

STAÐARVAL BORHOLA Í KRÖFLU 1976

A jarðhitasvæðinu við Kröflu er einkum um að ræða þrjú svæði til borana, „efra svæði“, „neðra svæði“ og „suðurhlíð og Leirbotnar“, sem þó eru öll samtengd jarðfræðilega og teljast sama jarðhitasvæðið.

Borað hefur verið á efra (holur 2 og 4) og neðra svæði (holur 3 og 5), og á mörkum neðra svæðis og 3. svæðisins, Suðurhlíða-Leirbotna (hola 1). Niður á um 1200 m dýpi eru jarðmyndanir í holunum af svipaðri gerð. eru þetta ummynduð, vel vatnsgeng berglög. Í þeim holum, sem dýpri eru en 1200 m, (holu 3, 4 og 5) kemur fram fersk innskotamyndun, tiltölulega þétt, af óþekktri þykkt. Hola 5 er 1300 m og nær rétt aðeins ofan í innskotamyndunina og hola 3 er 1720 m djúp. Dýpsta holan, hola 4, hitti á mjög öfluga æð í 1940 m, en í holu 3 voru ekki aflmiklar æðar í innskotamynduninni. Öfluga æðin í holu 4 var 310°C heit og olli þessi æð millirennslu í holunni, sem er bortæknilega mjög erfiðt viðfangs, enda varð ekki holan hamin. Hætta er alltaf til staðar að millirennslu verði þegar borað er svo djúpt, en með nægilega djúpri, steyptri fóðringu má helst koma í veg fyrir það. Má geta þess, að samskonar tilvik og áttu sér stað í holu 4, hafa skeð bæði í Mexico og á Nýja-Sjálandi. Þegar borað er í svo hátt hitastig á jarðhitasvæði, reynir margfalt meira á efni í fóðringum og holutoppi, vegna mikils þrýstings í holunni og þó ekki síður vegna þenslukrafta í fóðringum.

Allt frá því borunum lauk í fyrra hefur verið gert ráð fyrir að borað yrði á neðra svæði fyrir fyrsta áfanga Kröfluvirkjunar. Frá jarðfræðilegu sjónarmiði er þó talið, að horfur á gufuöflun séu bestar með borun 2000 metra hola í nágrenni holu 4. Hins vegar er þessi staður ekki álitlegur frá bortæknilegu sjónarmiði og hæpið að leggja út í borun á þessum stað, fyrr en betri reynsla hefur fengist í því að fóðra niður á meira dýpi en nú hefur verið gert.

136

Hér verða taldir upp kostir og gallar ofangreindra þriggja borsvæða, sem taka til ofangreindra sjónarmiða, svo og hagkvæmnisjónarmiða vegna tengingar gufuveitu við borsvæðin.

„Efra svæði“.

Samkvæmt viðnámsmælingum og efnainnihaldi hveragass er þarna miðja jarðhitasvæðisins og er að vænta, að þarna sé uppstreymi svæðisins, og er því að búast við öflugustu og heitustu æðunum á þessu svæði. Eignig er hér um að ræða mikla víðáttu lands, þar sem margar holur komast fyrir. Hverinn við holu 4 veldur truflun við mannvirkjagerð í nokkra fjarlægð frá uppstreyminu. Taka verður tillit til nálægðar mannvirkja við eldstöðvarnar í Leirhnúk við afmörkun á stærð „efra svæðis“. Samkvæmt reynslunni og eins og að ofan greinir er tæknilega erfitt að bora djúpt á þessu svæði, vegna mikils hita og millirennslis og má gera ráð fyrir, að alltaf sé tekin einhver áhætta við boranir þarna. Reyndar verður að hafa í huga, að sú áhætta kann að vera jafnmikil á öllum svæðunum.

Vegna fyrsta áfanga gufuveitunnar er staðsetning borhola á efra svæðinu óhentug, þar sem gert var ráð fyrir í hönnun og efnispöntunum, að fyrsti áfanginn yrði frá holum á neðra svæði.

Hugsanlegt er þó að tengja borholur á efra svæði til bráðabirgða við gufuveitu á neðra svæði.

„Neðra svæði“.

Á neðra svæði hafa verið boraðar tvær holur, sem eru 1300 (holu 5) og 1720 m (holu 3) djúpar. Báðar þessar holur ná niður í þétta innskotamyndunina og hafa botnhita um 300° og 260°C. Í holu 3 eru helstu vatnsæðarnar ofan 1000 m dýpis. Hinsvegar virðast þær fáu æðar, sem eru neðar, þ.e. í innskotamynduninni, svo afllitlar, að niðurrennslí úr æð á 700 m dýpi er ráðandi í holu 3 og rennslí úr henni kemur af þessu dýpi, þar sem vatnið er ekki nema 220°C til 250°C. Auk þess virðist vatnsforði og þrýstingur á þessu dýpi lítill og ekki á byggjandi. Í holu 5 er engin teljandi æð. Sá möguleiki er vissulega fyrir hendi, að djúpar holur á neðra svæði séu jafn aflmiklar og á efra svæði.

Neðra svæðið er mun þrengra en efra svæði og er ekki með góðu móti hægt að koma þar fyrir fleiri holum en 4 til 6, þótt að vísu sé hægt að auka svæðið til bæði vesturs og suð-austurs, en miðað við vinnslu úr grunnnum holum og tiltölulega strjálur æðar er tæpast að vænta þess, að æskileg fjarlægð náist milli holanna. Til þessa hafa boranir fyrir fyrsta áfanga gufuveitunnar verið ráðgerðar á þessu svæði, þannig að hönnun og efnisútvegur hefur miðast við það.

„Suðurhlið og Leirbotnar“.

Eina hola, sem hér hefur verið boruð, er á mörkum neðra svæðis og suðurhliðar. Þessi hola (hola 1) hefur 300°C hita í tæplega 1200 m dýpi, en nær ekki niður í innskotamyndunina, þannig að ekki er vitað, hvort innskotamyndunin nái svo langt til suðurs og liggir undir Leirbotnum og „suðurhlið“. Þessi hluti jarðhitasvæðisins þarf ekki að vera lakari til vinnslu en hinir, þó er óljóst, hvort hér séu aðstæður til borana betri, þ.e. hvort innskotamyndunarinnar gæti hér minna vegna aukinnar fjarlægðar frá miðju svæðisins, og hvort hér sé komið út í jaðar jarðhitasvæðisins þannig að hitastig sé lægra og boranir því auðveldari og öruggari. Reynist þetta svæði hagkvæmt til vinnslu, hentar það vel vegna nálægðar við stöðvarhús, lagningu gufuveitu og eldgosahættu. Gætu boranir þá farið fram af mun meira öryggi, sem leiðir til hraðvirkari og ódýrari borunar.

Með tilliti til gufuveitu er þetta svæði u.þ.b. tvöfalt nær stöðvarhúsi en neðra svæði, auk þess sem lágþrýstiskiljur yrðu í þessu tilfelli staðsettar við hlið háþrýstiskilja, en það minnkar verulega erfiðleika í rekstri vegna útfellinga, ef þar reyndust vandamál.

Þetta svæði er minnst kannað og aðeins hefur verið boruð ein hola á mörkum þess og neðra svæðis (hola 1). Borun á þessu svæði felur því í sér hættu á, að gufuöflun seinki. Einnig er tekin fjárhagsleg áhætta, ef svo tækist til að holur á þessu svæði reyndust aflitlar eða jafnvel alveg þurrar.

Nú er tilbúið eitt borstæði á neðra svæði og önnur höggborshola hefur verið boruð þar. Þar sem enn hefur ekki tekist að fá fram endanlega ákvörðun um staðsetningu borhola, sem eiga að borast í sumar, hafa tvær holur verið staðsettar til viðbótar fyrir höggbor, ein á efra svæði og önnur í Leirbotnum. Höggborun þeirra er þegar

138

hafin til þess að skortur á borplönnum hamli ekki frjálstri ákvörðun um staðarval borunar, þegar þar að kemur.

Okkur undirrituðum þykir, að vandlega yfirveguðu máli, skynsamlegt og eðlilegt, að fyrsta holan verði boruð í Leirbotnum, þar sem svo mikill ávinningur er af því, ef vel tekst til.

Þetta er þó eins og áður segir ákvörðun, sem felur í sér áhættu um gufuöflun á þessu ári og þarf tvímælalaust að taka hana í samráði við alla aðila, sem hafa með Kröfluvirkjun að gera.

Reykjavík 7 maí 1976

Karl Pálsson

Stefán Arnórsson

Sigurður Benediktsson

76-07-09

VS/es

139

J I Fyrsta hola Jötunns (KJ 6) er boruð á slárunni á Leirbotnum. Hún hefur þegar verið fótur með 1" í 100 m. Næsta fótur 9" er áætluð í ca. 600 m, en endanleg lengd ræðst af berginu. Ekki er talið þorandi að bora dýpra fyrir þessari 9" fótur, þar sem búast má við ca. 240°C hita í 700 m, og fullt öryggi þarf að vera á að hægt sé að kæfa holuna. Áætluð bordýpt þessarar holu er 1500 - 1600 m. Ræðst sú dýpt af 9" fótur.

Beita verður ströngustu öryggiskröfum við hönnun og borun þessarar holu vegna þess að holan er nálægt stöðvarhúsinu. Af þessum sökum kemur ekki til greina að "teygja" holuna niður fyrir 1600 m.

J II Önnur hola Jötunns verði á neðra svæðinu. Áætluð holudýpt 2000 - 2200 m. Tilgangur holnnar er að kanna hversu mikla gufu hægt er að vinna á miklu dýpi á neðra svæðinu. Fótur holunnar verði þannig:

50-60 m	13" fótur
300 m	13" " "
800-900 m	9" " "

Stefnt verði að því að 300 m 13" fóturinn verði "akkerisfótur" með 150 m þykkum rörum og 150 m vanalegum fóturrörum. Aðalventill verði á þessari 13" fótur.

Ef þykku 13" fóturrörin verða ekki komin til landsins þegar kemur að fóturinn holunnar má fótta holuna með vanalegum 13" fóturrörum. Aðalventill verður þá settur á 9" fóturinn. Þessi valkostur er mun verri en sá sem rakinn er að ofan, og tryggja verður að allar mögulegar og ómögulegar ráðstafanir verði gerðar til þess að fá þykku 13" fóturrörin nægilega snemma.

140

JIII Priója hola Jötunns. Tvö svæði koma til greina:

- a) á sléttunni nálægt KJ 6
- b) á efra svæði nálægt holu 4

Ekki er talið ráðlegt að bora strax aftur á neðra svæðinu heldur bíða eftir árangri af annarri holu Jötunns (JII). Ef árangur af JI (KJ 6) verður talinn jákvæður verði þessi hola JIII boruð á sléttunni. Ef árangurinn verður talinn neikvæður verði þessi hola boruð á efra svæðinu. Óháð því hvor staðurinn verður valinn verði holan 2000 - 2500 m djúp. Fóðringar verði eins og í JII eða:

60 m	18"	öryggisfóðring
300 m	13"	akkerisfóðring
800-900 m	9"	millirennslisfóðring

Aðalventill verði settur á 13" akkerisfóðringu.

JIV Fjórdá hola Jötunns. Þar sem bæði JI og JII eru grynri en gert er ráð fyrir í áætlun Sig. Ben. er ekki útilokað að tími verði til að bora fjórðu holu Jötunns. Reiknað er með að áður en ákveða þarf holustæðið endanlega verði komin ákvörðun um endanlegt vinnslusvæði virkjunarinnar og verði því þessi hola boruð þar.

GI Fyrsta hola Gufubors verði boruð á efra svæðinu. Holudýpt 1200 - 1500 m. Tilgangur þessarar holu er að ná því vatni sem nú kemur inn í holu 4 á 700 m dýpi. Holan verði hönnuð þannig:

30 m	18"	öryggisfóðring
150-200 m	13"	fóðring
550-650 m	9"	" "

Talið er útilokað að þykku 13" fóðurrörin verði fyrir hendi þegar fóðra á þessa holu. Reynsla er fyrir hendi að ekki er hægt að nýta bæði efra (700 m) og neðra (2000 m) vatnskerfi á þessum stað í einni og sömu holu.

141

Rætt hefur verið um að láta Gufubor byrja á því að dýpka holu 5. Þann möguleika tel ég ekki skynsamlegan af eftirfarandi ástæðum:

Hola 5 er fódruð með 9" í 650 m. Hitastig í botni holunnar 1300 m er mjög nálægt 300°C. Lengd fódurrørs ákveður því að ekki er hægt að dýpka holuna með Öryggi nema í ca. 1600 m. Sú dýpkun gæfi ekki meiri upplýsingar um jarðlög og vatnsæðar en nú er fyrir hendi í holu 3. Dýpkun holu 5 niður í 2000 m tel ég of mikið áhættuspil á þessu stigi málsins. Hins vegar gæti borun JII niður á 2000-2200 m gefið þær upplýsingar að það væri talið þorandi að dýpka holu 5 niður í 2000 m.

Af ofangreindum ástæðum tel ég að eini möguleikinn á því að nota Gufubor á skynsamlegan hátt í Kröflu í ágústmánuði sé að bora þessa 1200 - 1500 m holu á efra svæðinu. Núverandi vitneskja um Kröflusvæðið bendir einnig til að miklar líkur séu á að þessi hola beri jákvæðan árangur.

GII Önnur hola Gufubors verði boruð á efra svæðinu. Holudýpt 2000 m.

Holan verði undantekningarlaust fódruð þannig:

60 m	18" fódoring
300-350 m	13" akkerisfódoring með þykkum fódurrörum
800-900 m	9" fódoring

Aðalventill sem þolir a.m.k. 150 kg/cm^2 við 300°C verði settur á 13" akkerisfóðringu.

Tilgangur þessarar holu er að sækja þá háprýstigufu sem kemur inn í holu 4 á tæplega 2000 m dýpi. Miðað við núverandi vitneskju um Kröflusvæðið eru mestar líkur á að fá aflmiklar holur á þennan hátt.

GIII Þriðja hola Gufubors.

Áður en taka þarf fullnaðarákvörðun um staðsetningu GIII er reiknað með að betri vitneskja liggji fyrir um það hvort aðalvinnslusvæðið verður ofan eða neðan við brekkuna. Ef sýnt þykir að aðalvinnslu-

142

svæðið verður neðan brekku, og ef JII gefur til kynna að það sé í lagi að dýpka holu 5 skal það gert. Í annan stað verður árangur JI, JII og GI að ákvarða staðsetningu GIII:

Að lokum:

Í þessari áætlun um staðsetningu borhola í Kröflu er einungis tekið mið af núverandi vitneskju um Kröflusvæðið, en ekki tekið tillit til hvort áætlunin stangast á við fyrri yfirlýsingar Orkustofnunar um boranir í Kröflu.

Áætlunin miðar að því að fá sem fyrst ákvörðun um aðalvinnslusvæði virkjunarinnar þar sem öll þrjú svæðin koma til greina í byrjun.

Greinargerð til iðnaðarráðherra
um stöðu framkvæmda við Kröfluvirkjun

7. febr. 1977

Að þessari greinargerð standa: Páll Flygenring, ráðuneyttisstjóri, Árni Snævarr, fyrrv. ráðuneyttisstjóri, Kristmundur Halldórsson, deildarstjóri, Guðmundur Einarsson, verkfræðingur, Jakob Björnsson, orkumálastjóri, Guðmundur Pálmason, jarðeðlisfræðingur Orkustofnunar, Kristján Jónsson rafmagnsveitustjóri ríkisins, Einar Tjörvi Eliásson, yfirverkfræðingur Kröflunefndar.

I. Verkefni Orkustofnunar.

1. Gufuöflun.

Alls hafa verið boraðar 11 holur, þar af 9 vinnsluholur. Á árinu 1974 voru boraðar 2 rannsóknarholur, tölusettar sem hola 1 og hola 2. Gufa úr holu 1 hefur verið notuð til upphitunar vinnubúða o.fl.

Á árinu 1975 voru boraðar 3 vinnsluholur. Hola 3 gaf upphaflega 5 MW en varð svo til óvirk eftir gosið í des. 1975. Hola 4 var í byrjun mjög aflmikil en ekki tókst að hafa taumhald á henni og breyttist hún í gufuhver. Hola 5 var ekki boruð í fulla dýpt á árinu 1975. Var síðar áformað að dýpka hana, en fóðurrör hafði skekkst svo að dýpkun varð ekki möguleg og er holan óvirk.

Á s.l. ári voru boraðar 6 holur, sem tölusettar eru 6 til 11. Af þeim gefa holur 6, 7 og 10 nægjanlega gufu til að tengja þær við gufuveituna. Holur 9 og 11 byrjuðu að blása um mánaðamót janúar-febrúar en ekki er fullljóst hvaða árangri þær skila, en talið er óvíst hvort hola 8 muni gefa nægilega gufu til að borgi sig að virkja hana.

Samkv. þeim upplýsingum sem fyrir liggja er búist við að holur 6, 7 og 10 geti gefið 9-11 MW gufu sem svarar til 2-4 MW inn á raforkukerfið, þar sem 6-7 MW af gufu fara í

144

töp og eiginnotkun af fyrstu gufu inn á vélina. Öll viðbótargufa skilar sér til raforkuöflunar svo til að fullu úr því, og þar að auki verulegur hluti af fyrstu töpum þegar aukið gufumagn verður fyrir hendi.

Gert er ráð fyrir að bora 5 holur á komandi sumri. Verið er að vinna að staðsetningu borholanna. Miðað við hinn takmarkaða árangur af borunum 1976 má ætla að þær geti gefið a.m.k. 10-20 MW til viðbótar þeim, sem nú eru boraðar.

2. Gufuveita.

Samkvæmt tímaáætlun er nú gert ráð fyrir að tengingu holu 6 verði lokið um mánaðarmótin febrúar-mars, holu 7, 9 og 11 1. viku í mars og holu 10 í apríl.

Af framansögðu og þegar athugaðar eru allar aðstæður, má, að dómi Orkustofnunar, draga eftirfarandi fram:

- A. "Ljóst er nú þegar, að árangur vinnsluborana 1976 er lakari en vonir stóðu til, bæði varðandi magn tiltækrar gufu og gæði hennar (gasinnihald; tæringaráhrif á gufukerfi). Heildarniðurstöður borananna liggja þó enn ekki fyrir, þar eð mælingum er ekki lokið á tveimur síðustu holunum sem boraðar voru.
- B. Talið er fullvíst að tæringaráhrifin og gasinnihald gufunnar orsakist af eldsumbrotum við Kröflu. Vinnuhópur sérfræðinga starfar nú að því að kanna þau áhrif og finna leiðir til úrbóta. Hugsanlegt er einnig að eldsumbrotin hafi haft áhrif til rýrnunar á rennsli úr borholum.
- C. Það kom fyrst í ljós við boranirnar 1976 að áhrif umbrotanna urðu svo víðtæk á fyrirhuguðu borsvæði, sem raun ber vitni. Þetta vinnslusvæði er hins vegar aðeins hluti af jarðhitasvæðinu við Kröflu. Ekki var unnt að segja fyrir um hversu víðtæk eða varanleg áhrifin yrðu, enda ekki við sambærilega reynslu annars staðar að styðjast.

- D. Um það verður ekki sagt að svo stöddu hversu stórt það svæði er, sem áhrif umbrotanna ná til; hvort þau ná til jarðhitasvæðisins alls eða þess hluta einungis, sem borað var í á síðasta sumri. Úr þessu verður ekki skorið nema með frekari borunum.
- E. Ekki er heldur unnt að segja um það á þessu stigi máls hve lengi muni gæta þeirra áhrifa eldsumbrotanna á vinnslueiginleika, sem í ljós komu á þeim hluta jarðhitasvæðisins við Kröflu þar sem borað var 1976. Allar tölur um slíkt, sem fram hafa komið í fjölmiðlum undanfarið verða að skoðast sem persónulegt mat viðkomandi. Reynslan ein getur skorið úr um þetta atriði.
- F. Ætla má, að áhrif eldsumbrotanna við Kröflu verði fremur til að tefja gufuöflun til virkjunarinnar og gera hana dýrari en að tefla henni í tvísýnu til frambúðar.
- G. Við þessar aðstæður telur Orkustofnun rétt að gera eftirfarandi:
- G.1. Halda áfram nú á þessu ári vinnsluborunum í því skyni að afla meiri gufu handa Kröfluvirkjun. Verið er að athuga hvar ráðlegast sé að halda borunum áfram. Ýmsir kostir koma þar til álita og þarf að bera þá saman. Að því verður unnið nú á næstunni.
- G.2. Halda áfram framkvæmdum við stöðvarhús og gufuveitu að því marki sem nauðsynlegt er til að geta komið stöðinni í gang með þeirri gufu sem nú er tiltæk. Fyrst yrði stöðin rekin í tilraunarekstri meðan ýmiskonar prófanir færu fram og byrjunarörðuleikar í sjálfum rekstrinum væru yfirunnir. Er þýðingarmikið að geta notað tímann í því skyni meðan unnið er að frekari gufuöflun, svo að ekki verði frátafir af þeim sökum þegar hún er fengin."

146

II. Verkefni Kröflunefndar.

Stöðvarhússbyggingu er nú langt til lokið. Rétt er að taka fram að þrátt fyrir það landris og landsig, sem átt hefur sér stað á Leirhnjúkssvæðinu hafa engar skemmdir eða sprungur orðið á stöðvarhúsinu, enda hefur hæðarmunur suður og norðurenda hússins, sem er um 70 m langt, aldrei orðið meiri en 1 cm. Vinnu við kæliturna, niðursetningu véla- og rafbúnaðar svo og tengivirki er langt komið vegna fyrri vélasamstæðu.

Áætlað er að þeim verkþáttum sem nauðsynlegir eru vegna gangsetningar fyrri vélar verði lokið 31. mars. Gangsetning véla með álagi gæti þá orðið um miðjan apríl.

III. Verkefni Rafmagnsveitna ríkisins.

Lagningu háspennulínu frá Kröfluvirkjun til Akureyrar mun væntanlega ljúka um mánaðamótin febr.-mars. Gerð tengivirkis á Akureyri er nærfellt lokið. Hægt verður að taka línuna í notkun í byrjun mars.

IV. Kostnaður.

Skv. bráðabirgðayfirliti nemur kostnaður við Kröfluvirkjun í árslok 1976 eftirfarandi:

Framkvæmdir á vegum Kröflunefndar	4.552
Framkvæmdir á vegum Orkustofnunar	
Boranir	931
Gufuveita	<u>400</u>
Háspennulína Krafla-Akureyri	<u>530</u>
Samtals	6.413

Áætlað til framkvæmda '77.

Kröflunefnd	688	
Orkust. boranir, gufuveita	662	
Háspennulína	<u>30</u>	<u>1.380</u>
		7.793

V. Staða verksins.

Við könnun á verkstöðu framkvæmda er augljóst að meginhluti kostnaðar fram að gangsetningu fyrri vélasamstæðu er vinnulaun um 2ja mánaða skeið, til að nýta árangur borana, sem lokið var, á árinu 1976.

Viðbótarfjárfesting til nýtingar á fyrri vélasamstæðu til raforkuöflunar er fyrst og fremst tengd gufuöflun á árinu 1977 og allur árangur slíkrar fjárfestingar skilar sér því í auknum afköstum fyrri vélasamstæðu til raforkusölu og þar með til nýtingar heildarfjárfestingar Kröfluvirkjunar.

Á það skal bent, að hér er um brautryðjendastarf að ræða við virkjun háhitasvæða landsins, til raforkuframleiðslu. Sambærilegar aðstæður með tilliti til áhrifa gosvirkni hafa ekki komið fram annars staðar í heiminum.

Miðað við stöðu verksins og þá reynslu, sem nú þegar hefur fengist við þessa virkjun og hinn mikla orkuskort á Norðurlandi svo og það fjármagn, sem nú þegar er búið að binda, væri óraunhæft að fresta framkvæmdum um óákveðinn tíma. Ennfremur gæti slíkt haft í för með sér ófyrirséðar afleiðingar og gæti stöðvað um langa framtíð framkvæmdir til nýtingar á jarðgufu háhitasvæða landsins til orkuöflunar.

VI. Niðurstöður.

1. Haldið verði áfram nú á þessu ári vinnsluborunum til áframhaldandi gufuöflunar fyrir Kröfluvirkjun.
2. Haldið verði áfram framkvæmdum við stöðvarhús og gufuveitu að því marki, sem nauðsynlegt er til þess að geta tekið fyrri vélasamstæðu stöðvarinnar í notkun.
3. Lokið verði við lagningu háspennulínu frá Kröfluvirkjun til Akureyrar.

148

77 03 22

JB/GP/eq

Iðnaðarráðuneytið**ARNARHVOLI****Varðar: Kröfluboranir 1977**

Með bréfi þessu er stlunin að gera hinu háa ráðuneyti grein fyrir tillögum Orkustofnunar um boranir fyrir Kröfluvirkjun sumarið 1977.

Eins og ráðuneytinu hefur áður verið skýrt frá (t.d. í bréfi 77 02 04) báru boranir 1976 ekki þann árangur, sem vonast var eftir, af ástæðum sem ekki eru að öllu leyti kunnar. Niðurstöður benda til 1-2 MW borarárangurs á hverja holu á því svæði, sem borað var á 1976, og verður sá árangur að teljast lélegur. Að auki virðist vinnsluprýstingur flestra borholanna vera of lágur fyrir háprýstiprep gufuhverflanna til raforkuframleiðslu með fullri nýtni.

Ályktunin, sem Orkustofnun dregur af borarárangrinum 1976 er sú, að bor-svæðið 1976 sé ekki fullnægjandi sem vinnlusvæði fyrir Kröfluvirkjun, s.m.k. um nokkurt árabíl. Til að standa undir 60-70 MW raforkuvinnslu þarf því að leita á nýju vinnlusvæði (eða svæðum).

Sú gufa, sem fékkst 1976 yrði að sjálfsögðu nýtt; fyrst í stað á bæði prýstiprep fyrra gufuhverfilsins; síðar neir e.t.v. einvörðungu á lágprýstiprep hverflanna.

Í framkvæmd Kröfluvirkjunar hefur verið lögð á það höfuðáhersla að koma virkjuninni sem fyrst í rekstur til að bota úr raforkuástandinu á Norðurlandi. Nú hýllir undir að fyrri vélin fari í gang, en með miklum mun minni afköstum en vanast var, sem þar að auki leikur vafi á, hve mikið megi reíða sig á til frambúðar vegna óstöðugleika borholanna.

Þegar ljóst varð að valt er að reíða sig á afköst borhola frá 1976 og að leita þyrfti að nýju vinnlusvæði, sem tekur tíma, lagði Orkustofnun til við ráðuneytið í áðurgreindu bréfi frá 77 02 04 að kannað yrði til hlítar, hvort flýta mætti lagningu Hvalfjarðarlínu og syðsta hluta Byggðalínu þannig að Byggðalína næði fullri flutningsgetu í lok þessa árs, og að ákvörðun yrði tekin um að gera það, ef slík flýting reyndist möguleg. Nú virðast horfur á að þetta megi takast. Batnar þá mjög ástandið í rafmagnsmálum Norðurlands og ný viðhorf skapast varðandi Kröfluframkvæmdir.

Sú staðreynd að leita þarf að nýju vinnslusvæði fyrir Kröfluvirkjun gerir það nauðsynlegt að skipuleggja gufuöflunina framvegis á annan hátt en gert var meðan talið var, að vinnslusvæðið væri þegar fundið, enda gefur tilkoma fullrar flutningsgetu Byggðalínu jafnframt meira ráðrúm í því efni.

Nauðsynlegt er að gera sér grein fyrir því, hve mikið svigrúmið er án þess að vandræðaástand skapist að nýju þrátt fyrir fulla flutningsgetu Byggðalínu. Ber þá að hafa í huga að á þessu ári hefst lagning línu frá Kröflu til Austurlands.

Samkvæmt nýgerðri orkusþá fyrir landið allt verður Sigölduvirkjun fullnýtt að orku 1979 og Sigalda + Krafla báðar 1982. Kröfluvirkjun þarf því að geta skilað verulegum afköstum í lok árs 1979, sem tákna, að þá þarf að vera húsið að vinna samsvarandi gufu og leiða hana til orkuversins. Að reikna með meira svigrúmi í þessu efni er mjög óvarlegt að mati Orkustofnunar, og býður beinlínis heim hettunni á orkuskorti.

Undanfarnar vikur hefur það verið til ítarlegrar athugunar á Orkustofnun, hvar vænlegast sé að leita nýrra vinnslusvæða. Niðurstaða þessara athugana er sú, að þar komi þrjú svæði til greina (sjá meðfylgjandi kort):

1. Suðurhlíðar Kröflu (austur af virkjuninni)
2. Hvíthólasvæði (jaðar Kröfluöskjunnar til suðurs)
3. Námafjall

Öruggasti kosturinn af þessum þremur er talinn Námafjall, sem þó er engan veginn fullviss. Honum fylgir hins vegar miklu harri flutningskostnaður gufunnar til virkjunarinnar en frá hinum svæðunum. Hvíthólasvæðið er minna jarðhitasvæði en hin tvö eftir því sem best er vitað nú. Staðsetning þess er hins vegar heppileg, m.a. liggur það rétt við gufuleiðslu milli Námafjalls og Kröflu.

Reynt hefur verið að gera upp á milli svæðanna á grundvelli núverandi þakkingar á þeim. Hefur m.a. verið reynt að beita svonefndri EMV-ákvæðanagreiðningu til að velja á milli suðurhlíða Kröflu og Námafjalls sem vinnslusvæðis. (EMV = Expected Monetary Value) Með þeirri aðferð er tekið fullt tillit til mismunandi flutningskostnaðar. Far þá útkoman eftir því, hver er líklegasti borárangur (MW/holu) á hvoru svæði um sig. Er niðurstaðan sú, að ekki sé fyrirfram efni til að meta líklegasta borárangur svo mismunandi á þessum tveim svæðum að þessi samanburðaraðferð geri upp á milli þeirra svo mark sé takandi á. Að sömu niðurstöðu hnigur almennt mat sérfræðinga stofnunarinnar á svæðunum. Áður en gert er upp á milli þeirra, þarf því að fást betri vitneskja um hvert um sig en nú liggur fyrir. Þeirrar vitneskju verður einungis aflað með borunum. Verður því að bora á öllum þremur svæðunum áður en valið er á milli þeirra.

Námafjall er það af þessum þremur hugsanlegum vinnslusvæðum, sem langstan tíma tekur að virkja, vegna flutningsleiðslunnar. Til þess að hafa væðið fyrir neðan sig, ber því að skipuleggja leit að vinnslusvæði, vinnsluborun og virkjun út frá þeirri forsendu, að Námafjall verði valið. Hin svæðin gefa rýmri tíma.

Sé nú gengið út frá því, að Námafjall verði valið og að leiðsla þaðan að Kröflu þurfi að geta byrjað gufuflutning í lok árs 1979 þarf að taka lokaákvæðun um lagningu hennar ári fyrr háð minnsta, þ.e. í lok 1978.

Af hagkvæmniástaðum yrði slík leiðsla að vera gerð fyrir flutning á a.m.k. allri háþrýstigufu á báðar vélarnar (48 MW). Vegna þess hve leiðslan er dýr (Nál. 1100 Mkr) er ekki ráðlegt að ákvæða lagningu hennar endanlega nema fenginn sé upp á yfirborðið verulegur hluti þeirrar gufu er flytja skal; og sýnist 30 MW í gufu vera hæfilegt í því tilliti. Þarf þá að vera búð að bora nægilega mikið við Námalfjall fyrir árslok 1978 til þess að tryggja þetta, ef Námalfjallssvæðið verður fyrir valinu. Til þess getur matavel þurft 7-8 holur.

Á yfirstandandi ári og því næsta þarf því að bora nægilega til að

1. Velja vinnlusvæðið
2. Hafa allt að 7-8 holur tiltakar í lok 1978 á því svæði, sem valið verður til vinnslu.

Til að ná þessu þarf að leggja megináhersluna á eitt svæði, vinnlusvæðið, í borunum ársins 1978, sem táknar aftur, að vali vinnlusvæðis þarf að vera í megináhrættum lokið í árslok 1977. Við þetta þurfa boranir ársins í ár að miðast.

Reynt hefur verið að meta, hve miklar boranir þurfi til að velja vinnlusvæðið. Slíkt mat er erfitt. Meiri boranir gefa að öðru jöfnu öruggari grundvöll undir valið, en sökum þess, hve óýrar þær eru, mega þær helst ekki vera langt umfram lágmarkspörf. Niðurstaðan er sú, að lágmarkið sé 4-5 holur. Hugsanlegt er að komast megi af 4 ef árangur er mjög missunandi eftir svæðum, en annars veitir ekki af 5.

Í samræmi við þetta leyfir Orkustofnun sér að leggja til við hið háa ráðuneyti að

1. Boraðar verði allt að 5 holur samtals í suðurhlíðum Kröflu, á Hvíthólasvæði og við Námalfjall. Fimmtu holunni verði þó sleppt af fart þykki (Borsvæði þessi sjást á meðfylgjandi korti).
2. Iónaðarráðuneytið óski nú þegar heimildar Náttúruverndarráðs til borunar á þessum þrem svæðum.

Ráðgert er að borun hefjist í byrjun maí.

Um fjármál borfrankvæmda við Kröflu 1977 mun Orkustofnun rita hinu háa ráðuneyti sérstaklega. Það þarf að útvega verulegt fjármagn til viðbótar því sem nú er tiltakt, svo sem þar verður nánar rakið. Meginniðurstaðuurnar varðandi fjármálin eru þessar:

	<u>Fjórar holur</u>	<u>Fimm holur</u>
Heildarkostnaður, Mkr.	528,9	619,6
Fjárförf umfram tiltakt fjármagn, Mkr.	424,3	515,0

Allra virðingarfyllt,

Jakob Björnsson

Guðmundur Pálmarson



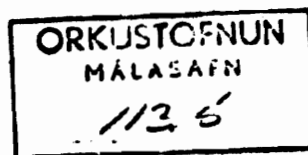
Fsk. 14

ÍDNAÐARRÁÐUNEYTIÐ

ARNARHVOLI, REYKJAVÍK

151

Orkustofnun
c/o Jakob Björnsson
Laugavegi 116



REYKJAVÍK

TILV. RÁÐUNEYTIS

DAGS.

I/435.0

14.04.1977

Hjálagt sendir ráðuneytið til athugunar skýrslu
J.T. Kuwada frá Rogers Engineering um ferð hans til Íslands
3.-8. mars s.l., vegna gufuöflunar til Kröfluvirkjunar.

F. h. r.
e. u.

Kristmundur Hauðisora

152
Minnisblað

Hér verður getið nokkurra atriða, sem fram komu í ferð til Bandaríkjanna 9.-15. maí 1976.

1. Gunnar Böðvarsson, Guðmundur Einarsson, Karl Ragnars og Valgarður Stefánsson heimsóttu Haliburton í Duncan, Oklahoma 12. maí 1976. Við ræddum við marga starfsmenn Haliburton, og er ástæða að nefna Homer Pitch, sem var gestgjafi okkar og Dr. Al Daneshy, sem er Senior Research Engineer í Fracturing Section hjá Haliburton Services.

Aðalumræðuefni okkar var möguleikar á að sprengja út berg í borholum, með vatnsþrýstingi (hydr^{au}ölic fraction). Við lýstum aðstæðum á Kröflu-^{SPURNINGU UM}svæðinu, og lögðum fram ^{au}á að auka rennsli úr holum í Kröflu með því að nota "hydr^{au}ölic fracturing" aðferð á holumar. Helstu sjónarmið þeirra Haliburton manna voru

- a) Rennsli úr holum í Kröflu er miklu meira en það rennsli sem venju-^{au}lega skapast við "hydr^{au}ölic fracturing". Þess vegna yrði um hlutfallslega lítinn ávinnig að ræða, þó aðgerðin tækist vel.
- b) Tæknilegir erfiðleikar eru mjög miklir við framkvæmd "hydr^{au}ölic fracuring" í "open hole", þ.e.a.s. þar sem fóðurrör er ekki steypt fast, og töldu þeir Haliburton menn að ekki yrði hægt að búa til sprungur í bergið nema með því að hafa steypt fóðurrör bæði fyrir ofan og neðan þann stað í holunni sem á að sprengja út. Hér er rétt að benda á mismun í skilgreiningu á því sem Haliburton menn kalla "hydr^{au}ölic fracturing", og því sem hér á Íslandi er kallað "pökkun". "Hydr^{au}ölic fracturing" þýðir að notaður er svo hárf þrýstingur að sprungur myndast í bergið við holuna. Þessum sprungum er svo haldið opnum með sérstökum sandi, sem er dælt niður með þeim vökva sem notaður er við aðgerðina. Komið hefur í ljós að æskilegt er að nota vökva með mikilli seigju til þess að mynda sprungur í berg. Sú aðferð, sem lengi hefur tíðkast hér á landi, að dæla vatni með háum þrýstingi undir þakka vilja þeir hjá Haliburton ekki kalla "hydr^{au}ölic fracturing" heldur vilja þeir kalla það "clean up". Hins vegar mæltu þeir með því að áfram yrði haldið með þakkanir (clean up),

þar sem það væri mun handhægari aðferð en "hydr^{au}lic fracturing" auk þess sem þessi aðferð (pökkun) hefði sýnt sig að bera árangur við íslenskar aðstæður.

Gunnar benti á að land við Kröflu væri að gliðna, og myndu þær aðstæðurlétta fyrir að sprengja út bergið með vatnsþrýstingi.

Menn voru sammála um að ef berg yrði sprengt út í Kröflu yrðu sprungurnar lóðréttar.

Það kom greinilega fram í viðræðum við starfsmenn Haliburton að tækjakostur á Íslandi er alls ófullnægjandi, bæði til steypinga í holum og til þess að gera "hydr^{au}lic fracturing". Viss hjálp væri í að kaupa hingað dælusamstæðu, sem nota mætti bæði til djúpra steypinga og til að pakka holur. Ef mið er tekið af því að nú eru fóðurrör steyppt niður í 800 m dýpi í Kröflu, kemur það mjög til álita hvort ekki skuli stefnt að því að kaupa dælur til þessara framkvæmda. Búast má við að kostnaður við kaup á slíkum dælum sé US \$ 150000 - 250000. Öll tæki til þess að gera "hydr^{au}lic fracturing" myndu líklega kosta um US \$ 500000.

Haliburton er fús til að taka að sér að framkvæma "hydr^{au}lic fracturing" aðgerðir á Íslandi ef við óskum þess. Kostnaður við hverja aðgerð er ca. 250000 bandaríkja dalir.

2. Guðmundur Einarsson, Karl Ragnars og Valgarður Stefánsson áttu langt samtal 11. maí 1977 við J.I. Kuwada, sem er vicepresident hjá Rogers Engineering. Til umræðu var einkum skýrsla Kuwa^da um heimsókn hans til Íslands 3.-8. mars 1977. Það kom fram í viðræðum við Kuwada að skýrslu hans hafði ekki verið dreift innan Rogers Engineering, og Kuwada sendi eitt eintak til formanns Kröflunefndar

Allmikill tími fór í umræðu um jarðhitakerfið við Kröflu. Þau atriði í skýrslu Kuwada sem fjalla um jarðhitakerfið eru byggð á munnlegum upplýsingum frá sérfræðingum jarðhitadeildar. Nokkur atriði, svo sem þykkt jarðhitakerfa og aðgerðir til mælinga á borholum voru skýrð nánar og leiðrétt ef með þurfti.

Kuwada virtist ekki trúður á að fyrir hendi væri tveggja fasa streymi í bergi í Kröflu, heldur væri tveggja fasa streymið staðbundið við holurnar. Við nánari umræðu kom í ljós að það er aðeins stigsmunur á hugmyndum Kuwada og þeirri mynd sem sérfræðingar JHD aðhyllast. Kuwada telur að suða sé í berginu á litlu bili, en að holurnar nái niður í vatn. Valgarður telur hins vegar að hið mikla magn af CO_2 geri það að verkum að suða sé í bergi niður á 2,5 km og jafnvel dýpra.

Rætt var við Kuwada um raufun fóðurröra, og kom í ljós, að nokkuð misjafnt er hve stór og hve mörg göt eru ráfuð. Þannig eru raufanir í Kröflu meiri en í Cerro Prieto, en minni en Kuwada þekkti til. Raufanir í Kröflu eru samkvæmt reglum sem notaðar hafa verið á Nýja Sjálandi. Fundarmenn voru sammála um að erfitt væri að skilgreina hvað væri venja í þessum málum, en vel gæti verið ástæða að athuga hvort aukin raufun mundi auka rennsli úr holum.

Stærð á skiljum kom einnig til umræðu. Karl Ragnars benti á að um væri að ræða hversu mikil umframafköst skiljurnar væru hannaðar fyrir. Skiljur í Kröflu væru hannaðar fyrir 50% umframafköst, en japanir hönnuðu sínar skiljur oft fyrir 100-300% umframafköst. Kuwada taldi að það væri fyrst og fremst vidd skiljanna, sem skipti máli, en að hæðin skipti minna máli.

Auk þessara atriða benti Kuwada á að honum litist ekki á stjórnkerfi gufuveitu, og taldi að mjög erfitt væri að starta stöðinni með óbreyttri hönnun stjórnkerfis.

3. Í San Diego fengum við tækifæri að ræða við Dr. Edward Page og L.J. Katz hjá Seismic Exploration Inc. um titringsmælingar. Kom í ljós við þær viðræður, að ef reyna ætti þessa aðferð í Kröflu væri einfaldast að láta bandaríska fyrirtækið annast upptöku og úrvinnslu gagna. Allmikið var rætt um hvaða áhrif blásandi borholur hefðu á slíkar mælingar, og taldi L. J. Katz að truflun vegna þeirra gæti vel verið það mikil að ekki væri hægt að beita þessari aðferð í Kröflu. Menn urðu sammála um að ekki fengist úr þessu skorið nema með því að gera tilraun til upptöku á svæðinu.

um

4. Valgarður átti ýtarlegt samtali við Gunnar Böðvarsson] "Styttar tillögur Gunnars Böðvarssonar um framhald rannsókna og borana á Kröflusvæði..." dags. 26.4.77. Þar kom fram:

varðandi (1) að Gunnar reiknar með 50-100 m neti í þyngdar- og segulmælingum - að Gunnari er ljóst að erfitt geti reynst að gera nákvæmt þyngdarkort af svæðinu vegna breytinga á þyngdarsviði með tíma.

varðandi (2) - að Gunnar telur hæfilega fjarlægð borholu við Hvíthóla vera ca. 200 m frá Öskjuríma.

varðandi (3) - að Gunnar vildi ekki benda á neitt sérstakt í skýrslu Kuwada sem hafa ætti hliðsjón af, heldur "bara að við læsum skýrsluna".

varðandi (4) - að Gunnar ætlaði að breyta þessum kafla.

5. Guðmundur Einarsson, Gunnar Böðvarsson, Karl Ragnars og Valgarður Stefánsson ræddu stöðu mála 12. maí 1977 eftir heimsókn til Haliburton. Menn voru sammála um að ekki væri að vænta mikils af hydrolic fracturing að svo stöddu a.m.k.

Nokkuð var rætt hvort til væru aðgerðir til rennslisaukningar á þeim holum sem þegar eru fyrir hendi. Sjálfsagt þótti að gera tilraun að taka upp liner í heinhverjum holum. Voru einkum nefndar hola 6 og hola 10 í þessu sambandi. Þá var einnig talin ástæða að reyna að dæla miklu magni undir háum þrýstingi á holur. Menn voru sammála um að ekki væri hægt að segja fyrirfram um hvort slík aðgerð bæri árangur. Einnig voru menn sammála um að æskilegt væri að dæla ca. 100-150 l/s í þær holur sem þetta yrði reynt við.

Allmiklar umræður urðu um það hvort ástæða væri til að bora í Leirbotnum sumarið 1977.

Guðm. taldi að mikið rennsli úr holu 11 réttlætti borun annarrar holu við hliðina á holu 11.

Valgarður benti á að óstöðugleiki í holu 11 vegna samspils beggja kerfa gerði það að verkum að ekki væri eins æskilegt að búa til aðra slíka holu eins og, ef eingöngu væri litið á rennsli úr holunni. Taldi Valgarður

156

að æskilegt væri að bora holur þannig að efra kerfið væri fóðrað af. Ef borað yrði í Leirbotnum þýddi það líklega 1200-1500 m steypa fóðringu, og það er dýpra en hægt er að steypa með núverandi tækjakosti jarðboranna. Hins vegar vonuðust menn til að þykkt efra kerfisins í suðurhlíðum Kröflu væri þynnri en í Leirbotnum, svo líkur varu á að 800 m fóðring þar nægði til að fóðra af efra kerfið.

Karl taldi að ef miðað væri við jarðhitafræði eingöngu ætti ekki að bora í Leirbotnum á komandi sumri. Hins vegar gætu verið fyrir hendi aðrar ástæður, sem gætu réttlætt slíka aðgerð. Taldi Karl að ef til þess kæmi væri skynsamlegast að dýpka holu 9, vegna þess að þar væri til hálf hola, og fjarlægðin frá holu 11 skipti ekki megin máli.

Gunnar sagði að réttast væri að bora ekki neitt fyrr en frekari rannsókn hefði farið fram á svæðinu. Hann sagði að ef menn vildu bora í Leirbotnum væri verið að taka mikla áhættu, og ef aðstæður við Kröflu væru slíkar að það réttlætti það að taka þessa áhættu mætti auðvitað gera það.

Gunnar sagðist leggja til borun í suðurhlíðum Kröflu, vegna þess að þar virtust vera jarðfræðilegar aðstæður sem hann væri að sækjast eftir (sprungur, innskot). Ástæðan fyrir því að Gunnar leggur einnig til borun við Hvíthóla er að með því er farið út af virkasta svæðinu.

Gunnar, Karl og Valgarður voru sammála um að frá jarðhita sjónarmiði, væri ekki hægt að ráðleggja borun í Leirbotnum 1977.

Guðmundur og Gunnar töldu að æskilegar framkvæmdair við Kröflu á næstunni væru:

- a) Borun í suðurhlíðum Kröflu og við Hvíthóla.
- b) Hreinsum á fyrirliggjandi holum.
- c) Borun í Leirbotnum nálægt holu 11.

Karl og Valgarður voru sammála pkt. a og b en ekki pkt. c.



IÐNAÐARRÁÐUNEYTIÐ

ARNARHVOLI, REYKJAVÍK

157

Orkustofnun
Laugavegi 116

REYKJAVÍK

TILV. RÁÐUNEYTIS

DAGS.

I/435.0

6. maí 1977

Ráðuneytið vísar til bréfs yðar dags. 22.3.1977 um Kröfluborannir 1977 svo og viðræðna um þessi mál að undanfögnu.

Ráðuneytið fellst hér með á að í sumar verði borað á svæði 1 (Suðurhlíðar Kröflu) og svæði 2 (Hvítólaklif). Óskað er eftir því að Orkustofnun geri tillögur að staðsetningum hola á ofangreindum svæðum. Um svæði 3 (Námafjall) vill ráðuneytið taka fram að það tekur á þessu stigi máls ekki afstöðu til borunar þar í sumar og telur eðlilegt að fullreynt verði um öflun gufu á Kröflusvæðinu þar sem ein grundvallarástæðan fyrir því að Kröflusvæðið var valið fram yfir Námafjallssvæðið var sú skoðun Orkustofnunar að það svæði þ.e. Kröflusvæðið væri miklu öflugra jarðhitasvæði en Námafjallssvæðið. Þar að auki hafa í síðustu jarðskjálftahrinum myndast sprungur í austanverðu Námafjalli á því svæði, sem rætt hefur verið um að bora í. Þessar sprungumyndanir hafa orðið eftir að bréf Orkustofnunar, sem vitnað er í, barst ráðuneytinu. Ráðuneytið telur því að ekki skuli verja fjármagni í undirbúning borunar á svæði 3 að svo stöddu.

Þá óskar ráðuneytið eftir því að Orkustofnun geri tillögur um hvernig auka megi nýtni í þeim borholum, sem þegar er búið að bora á Kröflusvæðinu. Er hér vitnað í umræður um þessi mál að undanfögnu svo og skýrslu eftir Kuwada frá Rogers Engineering frá mars 1977.

Ráðuneytið óskar eftir tillögum frá Orkustofnun um hvaða aðgerðir séu nauðsynlegar í sumar, ef það mark væri sett, að a.m.k. 10 MW afl verði til ráðstöfunar frá Kröfluvirkjun fyrir n.k. vetrarálag. Slíkt afl verður að teljast mjög æskilegt bæði sem aukið öryggi fyrir Norðurland og einnig til þess að öðlast sem fyrst rekstrarreynslu fyrir virkjunina. Í þessu sambandi telur ráðuneytið það koma til athugunar að fyrsta holan í sumar verði boruð á svæði sem næst skiljuhúsi og holu 11, sem virðist vera öflugasta

158

hola svæðisins. Einnig kæmi til greina að hefja borun á núverandi ónotuðum borpalli, sem er austan við skiljuhús, til þess að hægt væri að hefja borun án undirbúningstafa. Óskast upplýst hvenær ráðgert er að flytja Jötunn frá Laugalandi að Kröflu og hvenær vænta megi að boranir hefjist við Kröflu.

Að lokum óskar ráðuneytið eftir því að Orkustofnun sendi ráðuneytinu kort yfir allar núverandi borholur á Kröflusvæðinu ásamt væntanlegum tveim borsvæðum helst á sama blaði til þess að auðveldara sé að átta sig á fjarlægðum. Ef borholur þær, sem Orkustofnun hyggst gera tillögur um að bora á svæði 1 og svæði 2 eru nú þegar ákveðnar skal einnig merkja þær inn á kortið.

F. h. r.

Páll Torgerson

Kristmund Halldórsson



TILMÁLARRÁÐUNEYTIÐ

RÁÐUNINGUR VÍSIS, REYKJAVÍK

Orkustofnun
Laugavegi 116

REYKJAVÍK

159
ORKUSTOFNUN
MÁLAFRÑ
1135

TILV. RÁÐUNEYTIS

DAGS

I/435.0

23.06.1977

Í framhaldi af bréfi ráðuneytisins frá 6. maí s.l.,
varðandi Kröfluboránir 1977, telur ráðuneytið rétt að flytja
jarðborinn Jötunn til Kröflu þegar lokið er við borholu að
Laugalandi fyrir Hitaveitu Akureyrar.

F. h. r.
e. u.*Kristmund Hauðisson*


ORKUSTOFNUN

160

Dags. 1977-07-18

Tilv. vor JB/áa

Dags.

Tilv. yðar

...
 Iðnaðarráðuneytið
 Armarhvoli

Varðar: Breyttar tillögur um Kröfluboranir 1977

Með bréfi dags. 1977.03.22 sendi Orkustofnun hinu háa ráðuneyti tillögur sínar um boranir við Kröflu 1977.

Þær tillögur gerðu ráð fyrir borun á 5 holum á yfirstandandi ári á þremur borsvæðum.

Með bréfi frá 1977.05.06 féllst ráðuneytið á borun á tveimur af þessum þremur svæðum.

Með bréfi frá 1977.06.23 óskaði ráðuneytið eftir að Jötunn yrði fluttur að Kröflu að lokinni borun á Laugalandi. Sú ósk hefur verið framkvæmd.

Enn hefur ekki leystst úr fjáröflunarvandannum í sambandi við Kröfluboranir 1977. Nú er orðið það áliðið sumars að hæpið er að upphafleg áætlun sé framkvæmanleg héðan af. Enn fremur liggja nú fyrir meiri upplýsingar um rennsli í borholur frá 1976 en lágu fyrir þegar tillögurnar voru gerðar. Allar þessar viðbótarupplýsingar eru á þá lund að rennslið í holurnar er óstöðugra og minna en vænst var. Því telur Orkustofnun æskilegt að kanna nánar hvað valdið geti þessari hegðun borholanna frá 1976.

Þá þessi atriði gefa að dómi Orkustofnunar tilefni til að breyta þeim tillögum um Kröfluboranir sem settar voru fram í áður nefndu bréfi frá 1977.03.22. Fylgja hinar breyttu tillögur hjálagt. Meginatriði þeirra eru eftirfarandi:

1. Lagt er til að boraðar verði tvær holur í ár í suðurhlíðum Kröflu, í stað fimm hola alls í suðurhlíðum Kröflu, á Hvíthólasvæði og við Námafjall.
2. Gerðar eru tillögur um aðgerðir á holum sem boraðar voru í fyrra.

3. Lagðar eru til, í ljósi reynslunnar frá því síðustu tillögur voru gerðar umfangsmeiri mælingar á yfirborði á jarðhitasvæðinu við Kröflu en áður var gert ráð fyrir. Mælingar þessar, sem eru einkum jarðeðlisfræðilegs eðlis, taka ekki einungis til borsvæðisins frá 1976, heldur meginhluta jarðhitasvæðisins við Kröflu í heild. Þessar mælingar eru að hluta til þegar hafnar.

Tilgangur aðgerðanna í 2. og 3. lið er sá, að reyna að varpa ljósi á orsakir þess að borholurnar frá 1976 hegða sér á þann hátt sem raun ber vitni um, og bæta staðsetningar borhola í framtíðinni. Það er hugsanlegt að aðgerðirnar í 2. lið, þ.e. á borholunum frá í fyrra hafi það jafnframt í för með sér að afköst holanna aukist, a.m.k. um tíma. Á það ber hinsvegar að leggja áherslu, að með öllu er óvíst að svo verði eða hve varanleg hugsanleg afkastaaukning verður ef hún verður einhver. En hvort heldur um slíka aukningu verður að ræða eða ekki getur niðurstaðan samt gefið mikilvægar vísbendingar um orsakir hins lélega borárangurs 1976. Sú vitneskja getur komið að góðum notum síðar.

Kostnaðaráætlun um hinar breyttu borunartillögur fylgja einnig hér með. Samkvæmt þeim lækkar umframfjárförð umfram fjárlög og framkvæmdaáætlun úr 683 Mkr í 629 Mkr við breytinguna, eins og nánar kemur fram á yfirlitinu.

Í bréfi ráðuneytisins frá 1977.05.06 er m.a. vikið að greinargerð Kuwada frá Rogers Engmeering. Ennfremur hefur ráðuneytið síðan spurtst munnlega fyrir um viðbrögð Orkustofnunar við skýrslu dr. Gunnars Böðvarssonar er hann samdi eftir heimsókn sína hingað á þessu vori. Báðar þessar skýrslur hafa verið teknar til rækilegrar umfjöllunar hjá Orkustofnun, og hefur verið tekið fullt tillit til þeirra við mótun þeirra breyttu tillagna sem hér liggja fyrir.

Allrar virðingarfyllst,


Jakob Björnsson


Guðmundur Pálmarsson

1. Boraðar verði tvær holur í suðurhlíðum Kröflu 1977.
2. Gerð verði tilraun til að draga upp "liner" úr KJ-7 eða KJ-6 eða KG-10 sem boraðar voru í fyrra. Hver holan verður fyrir valinu ræðst af því í hverri aðgerðin þykir líklegust til að heppnast að undangenginni forathugun. Tilgangurinn er að kanna hvaða áhrif "liner" hefur á rennsli inn í holuna.
3. Hóla KJ-9 verði dýpkuð í 2000 m úr ca 1100 m sem hún nú er í. Ekki verði settur "liner" í hana og henni hleypt upp án hans.
4. Gerðar verði yfirborðsmælingar og mælingar í borholum eftir áætlun sem sýnd er á meðfylgjandi plöggum. Sumar þessar mælinga eru þegar hafnar.

A. HOLUR BORÆÐAR FYRIR 1977.

- A-1 Efnafraði. Fylgst verður með efnasamsetningu borholuvökva á svipaðan hátt og verið hefur. Auk þess verður mælt Ra, Hg og As í vissum sýnum.
- A-2 Aflmælingar. Fylgst verður með afli í holum á svipaðan hátt og verið hefur og aðstæður leyfa. Stefnt er að því að koma upp búnaði á holur í Námafjalli, svo hægt sé að fylgjast með afli í holum þar.
- A-3 Hita- og þrýstimælingar. Fylgst verður með hitastigi og þrýstingi bæði í Kröflu og á Námafjallssvæði. Tver holur í Námafjalli (hola 3 og 9) þarf að útbúa sem mælingaholur.
- A-4 Þrýstiáhrif milli hola. Mælingar á vökvafraðilegum eiginleikum Kröflusvæðisins verður gerð með því að athuga þrýstiáhrif milli borhola þegar breytingar eru gerðar á rennsli holanna.

B. BORHOLUR BORÆÐAR 1977.

- B-1 Jarófraði. Fylgst verður með borsvarfi á svipaðan hátt og 1976. Í athugun er að freista þess að mæla varmaleiðni svarfsins.
- B-2 Hita- og þrýstimælingar verða gerðar á svipaðan hátt og áður.
- B-3 Viðnámsmælingar verða gerðar í borholunum fyrir hverja fóðringu.
- B-4 SP (sjálfspenna) verður mæld í lok borunar þegar vatni er dælt á holu. Sp gefur vitneskju um aðar í borholu.
- B-5 Þrepadælingar verða framkvæmdar við lok hverrar borunar.
- B-6 Ef takjabúnaður verður fyrir hendi verður reynt að mæla eðlisþyngd borholuveggjanna með gamma-gamma mælingum.

1. Þéttar þyngdarmælingar verða gerðar innan öskjunnar. Byrjað verði á að þetta núverandi þyngdarmælinganet. Gunnar Johnsen annast þessar mælingar og úrvinnslu þeirra í samvinnu við Sven Sigurðsson og Guðmund Pálmason.
2. Verið er að mæla þétt segulkort með 10-20 m mörkva. Segulfrávik, sem fundist hafa nálægt holu 3 verða rakin. Auk þess verður segulsvið mælt í suðurhlíðum Kröflu. Mælingar og frumtúlkun annast mælingaflokkur undir stjórn Guðmundar Þjarnasonar. Yfirumsjón með verkinu hefur Axel Björnsson.
3. Jarðspenna verður mæld á Kröflusvæðinu í sumar. Mælt verður eftir línunum yfir helstu vinnslusvæðin. Áætlað er að fjarlægð milli mælingapunkta verði ca 10-20 m. Mælingaflokkur mun annast þessar mælingar. Yfirumsjón með verkinu hefur Axel Björnsson.
4. Schlumbergermælingar og tvíþólmælingar verða fyrst og fremst framkvæmdar á Námafjallssvæðinu, þar sem mikill fjöldi mælinga liggur fyrir á Kröflusvæði. Ragna Karlsdóttir og Axel Björnsson sjá um þetta verk. Kannað hefur verið að fá erlenda aðila til að framkvæma AMT og MT mælingar á Kröflusvæðinu. Áætlaður kostnaður við slíkar mælingar er ca 20 Mkr. Lagt er til að slíkar mælingar verði gerðar í sumar.
5. Í samvinnu við Egil Hauksson og Lamont verða framkvæmdar mælingar á radon úr borholum í Kröflu og Námafjalli.
6. Í samvinnu við Jón Ólafsson á Hafrannsóknarstofnun er í ráði að mæla kvikasilfur og arsen úr borholum í Kröflu og Námafjalli.
7. JHD mun gera nokkrar tilraunir á mælitækni á Kröflusvæðinu í sumar. Má þar nefna MT, Tellurík og titring. Þá er einnig ráðgert að fá til landsins mælitæki sem mæla kvikasilfur í jarðvegi.
8. Reglubundinni gosvakt verður haldið áfram á sama hátt og áður. Einkum verður fylgst með skjálftavirkni, hæðar- og hallbreytingu lands og sprunguhreyfingum. Yfirumsjón með gosvakt hefur Axel Björnsson.

1977 07 14

	Áætlun apríl 1977 Mkr	+ 15% Mkr
Borun á 5 holum	735,2	845,5
" " 4 "	<u>635,1</u>	<u>730,4</u>
Viðbótarkostnaður pr. holu 1)	100,1	115,1

Borun á 5 holum	735,2	845,5
Gufuveita '77	71,7	82,5
"Hali" frá '76	<u>371,9</u>	<u>371,9</u>
	1178,8	1299,9

Hækkun vegna verðlagsbreytinga apríl '77-júlí '77 121,1

Viðbótarfjárförf samkvæmt breyttri áætlun:

Viðbótarfjárförf skv. áætlun frá apríl '77	683 Mkr
+ verðlagsbreytingar	+ 121 -
- niðurfelling á 3 borholum (3 x 115)	- 345 -
+ aðgerð á KJ7 eða KJ6 eða KG10	+ 40 -
+ dýpkun á KJ9	+ 60 -
+ viðbótarkostnaður JHD vegna aukinna yfirborðsmælinga o. fl.	+ 40 -
+ biótími Jötuns við Kröflu ca.	+ 30 -
	<u>Viðbótarfjárförf, breytt áætlun 629 Mkr</u>

1) Viðbótarkostnaðurinn felur ekki í sér kostnað við fúðurör, þar eð þegar hafa verið keypt rör í 5 holur.



IÐNAÐARRÁÐUNEYTIÐ

AÐNARHVOLI, REYKJAVÍK

166

Orkustofnun
Laugavegi 116

105 REYKJAVÍK

TILV. RAÐUNEYTIÐ

DAGS.

I/435.3

77-07-27

Ráðuneytinu hefur borist bréf frá fjármálaráðuneytinu þar sem segir m.a.:

"Ráðuneytið skírskotar til samþykktar ríkisstjórnarinnar 19.þ.m., þar sem samþykkt var allt að 100 mkr. aukning á lánsfé til Orkustofnunar umfram lánsfjáráætlun 1977 til að kanna og endurvinna borholur þær, sem gerðar hafa verið á Kröflusvæðinu. Vill ráðuneytið staðfesta, að ráðstafanir hafa verið gerðar til að þetta fjármagn verði til reiðu.

Í samræmi við umræður á nefndum ríkisstjórnarfundum og til undirbúnings frekari ákvörðunum um fjármagn til virkjunarframkvæmda við Kröflu, óskar ráðuneytið þess, að iðnaðarráðuneytið láti í té eftirtalin gögn:

Áætlun um þær framkvæmdir, sem atlað er að vinna að á næsta ári, þannig að séð verði hvernig hagkvæmt er að ljúka framkvæmdum við Kröflu.

Þá var samþykkt í ríkisstjórninni á áður nefndum fundum, að Orkustofnun sé óheimilt að ganga í nokkrar nýjar skuldbindingar fyrr en ríkisstjórnin hefur tekið beiðni iðnaðarráðuneytisins um fjármagn umfram lánsfjáráætlunar til athugunar að nýju. Fer ráðuneytið þess á leit, að iðnaðarráðuneytið tilkynni Orkustofnun þessa ákvörðun til að tryggja virka framkvæmd hennar."

Ráðuneytið óskar hér með eftir því að Orkustofnun geri áætlunir um framkvæmdir á næsta ári.

Jafnframt ítrekar ráðuneytið að Orkustofnun er óheimilt að ganga í nokkrar nýjar skuldbindingar vegna framkvæmda við Kröflu þar til öðruvísi verður ákveðið.

F. h. r.

IÐNAÐARRÁÐUNEYTIÐ

Orkustofnun
Laugavegi 116

REYKJAVÍK

167

I/031.2

77.07.20

Ákveðið er að skipa nefnd til að samræma aðgerðir og taka ákvörðun um meiri háttar framkvæmdir við Kröflu.

Óskar ráðuneytið hér með stöðfestingar tilnefndangar Orkustofnunar á Karli Ragnars, deildarstjóra, í umrædda nefnd.

Aðrir nefndarmenn verða:

Páll Flygenring, iðnaðarráðuneyti, formaður
og
Einar Tjörvi Eliásson, Kröflunefnd.

Svo sem verið hefur mun Karl Ragnars stjóra framkvæmdum Orkustofnunnar á staðnum og Einar Tjörvi Eliásson, framkvæmdum Kröflunefndar.

1/5h

1/10h

innfært 21. júlí 1977

108

Kröflunefnd
s/o Jón G. Sólnes,
Pósthólf 5,
Akureyri.

I/031.2

21. júlí 1977

Ráðuneytið hefur ákveðið að skipa nefnd til að samræma aðgerðir og taka ákvörðun um meiri háttar framkvæmdir við Kröflu.

Nefndarmenn eru:

Páll Flygenring, iðnaðarráðuneyti, formaður.

Karl Ragnars, Orkustofnun.

Einar Tjörvi Elíasson, Kröflunefnd.

Svömsem verið hefur mun Karl Ragnars stjórna framkvæmdum á staðnum og Einar Tjörvi framkvæmdum Kröflunefndar.

Ráðuneytið gerir ráð fyrir að Kröflunefnd geri ekki athugasemdir við þessa nefndarútgápu, enda breyttist á engan hátt verksvið Kröflunefndar.

F. h. r.



afrit: Ingvar Gíslason
varaformaður Kröflunefndar.

Innfært 22. júlí 1977

1977-08-02

169
JB/ka
TIL KARL

ADIRITUSUN

Iðnaðarráðuneytið
Arnarhvoli
101 Reykjavík

Varðar: Bréf hins háa ráðuneytis frá 1977 07 22 um
nefndarskipun vegna Kröflufrankvænda.

Eftir ósk hins háa ráðuneytis á ofangreindu bréfi hefur Orkustofnun tilnefnt mann af sinni hálfu í nefnd þessa, Karl Ragnars deildarstjóra. Fylgir hjálagn afrit af orðsendingu undirritaðs til Karls um þetta.

Jafnframt vill Orkustofnun vekja athygli hins háa ráðuneytis á því sem tekið er fram í orðsendingunni varðandi skilning stofnunarinnar á nefndarskipun þessari. Hún lítur svo á að fyrirmæli ráðuneytisins til hennar í bréfi frá 1974 06 21 sem fylgir hjálagn í ljóseriti séu enn í fullu gildi, þrátt fyrir nefndarskipun þessa, en af þessum fyrirmælum leiðir, þó að dómi Orkustofnunar, að allar ákvarðanir varðandi þann hluta Kröflufrankvænda sem samkvæmt bréfi þessu frá 1974 06 21 er í höndum Orkustofnunar verða að hljóta samþykki yfirmanns hennar, orkumálastjóra, til að óglast gildi, hvað sem nefndin kann að ákveða.

Ég leyfi mér að vanta þess að ráðuneytið sé samþykkt þessum skilningi mínum varðandi nefndarskipunina.

Allra virðingarfyllt,

Jakob Björnsson

ORKUSTOFNUN

170

ORÐSENDING TIL KARLS RAGNARS
FRÁ UNDIRRITUÐUM

1977 08 02 JB/áa

Iónaðarráðuneytið hefur ákveðið að skipa þriggja manna nefnd "til að samræma aðgerðir og teka ákvörðun um meiri háttar framkvæmdir við Kröflu", eins og segir í bréfi ráðuneytisins til Orkustofnunar um þetta mál.

Dú ert hér með tilnefndur til að taka sæti í nefnd þessari af hálfu Orkustofnunar.

Aðrir nefndarmenn verða:

Páll Flygenring, ráðuneytisstjóri, sem verður
formaður nefndarinnar, og
Einar Tjörvi Eliasson, yfirverkfræðingur
Kröflunefndar

Í bréfinu er tekið fram að "svo sem verið hefur mun Karl Ragnars stjórna framkvæmdum Orkustofnunar á staðnum og Einar Tjörvi Eliasson framkvæmdum Kröflunefndar".

Út af orðalaginu "og teka ákvörðun um meiri háttar framkvæmdir við Kröflu" vil ég sérstaklega taka fram, að ég lít svo á að fyrirmæli Iónaðarráðuneytisins í bréfi þess til Orkustofnunar frá 1974 06 21 (sem hér fylgir með í ljósríti) séu enn í fullu gildi, þrátt fyrir ofangreinda nefndaskipun. En af því bréfi leiðir að allar ákvarðanir varðandi þann hluta Kröflumannvirkja sem Orkustofnun er falin framkvæmd á með bréfinu, eru endanlega í höndum Orkustofnunar og á hennar ábyrgð- og þurfa þar með staðfestingu orkumálastjóra til að öðlast gildi en ekki nefndarinnar.

Tilnefning þín í nefndina er gerð með fyrirvara um þetta atriði, og er þér falið að starfa í nerninni í samræmi við framangreindan skilning á þessu atriði.


Jakob Björnsson

Afrit: Iónaðarráðuneytið



IÐNAÐARRÁÐUNEYTIÐ

ARNARHVOLI REYKJAVÍK

Orkustofnun
Laugavegi 116

REYKJAVÍK

171
1135

TILV. RÁÐUNEYTTIS

I/435.2

DAGS.

21.06.'74

Iðnaðarráðuneytið felur hér með Orkustofnun, að undirbúa mannvirki til vinnslu jarðgufu handa jarðgufu-aflsstöð við Kröflu eða Námafjall, sbr. lög nr. 31 10. apríl 1974 um jarðgufuvirkjun við Kröflu eða við Námafjall í Suður-Pingeyjarsýslu.

Undirbúningurinn skal taka til allra þeirra mannvirkja sem nauðsynleg eru til vinnslu jarðgufunnar, og afhendingu hennar til aflstöðvarinnar í því ástandi að hún sé nothæf beint á hverflana. Ennfremur til þeirra mannvirkja er kunna að reynast nauðsynleg til að draga úr hugsanlegum áhrifum virkjunarinnar á lífríki Mývatns, svo sem frekast er kostur, sbr. 2. gr. fyrrnefndra laga.

Um þessi síðasttöldu mannvirki skal Orkustofnun hafa samráð við Náttúruverndarráð; um önnur mannvirki skulu höfð samráð, eftir því sem nauðsyn krefur, við nefnd þá er iðnaðarráðherra skipaði til að undirbúa jarðgufuvirkjun við Kröflu. Formaður þeirrar nefndar er Páll Lúðvíksson, verkfræðingur, Álheimum 25, Reykjavík.

Undirbúningur þessi skal unninn í samráði við ráðuneytið eftir nánari ákvörðun þess.

Stjórnunarkvæðingur

Árni Sveinsson

1977 12 12

JB/sq

172

Iónaðarráðuneytið
ARNARHVOLI

Varðar: Kröfluboranir og gufuveituframkvæmdir 1978

Með bréfi þessu er atkunin að gera hinu háa ráðuneyti grein fyrir tillögum Orkustofnunar um boranir fyrir Kröfluvirkjun 1978, og rannsóknir þeim tengdum svo og framkvæmdir við gufuveitu og mannvirki til að losna við afgangsvatn.

Orkustofnun leyfir sér að leggja til við hið háa ráðuneyti að á árinu 1978 verði

1. Starfrakt gufuveita og borholur sem nú þegar eru í rekstri.
2. Gerðar mælingar og rannsóknir í tengslum við holur 1-11.
3. Haldið uppi gæðvakt við Kröflu í svipuðum mæli og á árinu 1977.
4. Gerðar yfirborðsrannsóknir á jarðhitasvæðinu við Kröflu.
5. Boraðar fjórar holur í suðurhlíðum Kröflu.
6. Gerðar mælingar og rannsóknir í tengslum við þær boranir.
7. Haldið uppi staðarvörslu og birgðavörslu í tengslum við þær aðgerðir sem þessar tillögur fjalla um.
8. Lagðar safnaðar frá núverandi skiljustöð frá einni eða tveimur af þeim fjórum borholum sem lagt er til að boraðar verði, ef borárangur gefur tilefni til, samtals allt að 800 m.
9. Reist hús yfir núverandi skiljustöð og lokið frágangsvinnu við gufuveitu sem lögð var 1976-1977.
10. Gerð kælilón fyrir afgangsvatn virkjunarinnar og boraðar þrjár borholur með höggbor eða öðrum samberilegum bor til að fylgjast með afdrifum vatnsins eftir að því hefur verið sleppt niður í hraun. Þetta verk er uppfylling á skilyrðum sem Náttúruverndarráð setti fyrir að leyfa virkjunina.
11. Keypt ný sementsdæla til að endurbæta steypingar á fóburrörum á miklu dýpi við hátt hitastig.

Á meðfylgjandi kostnaðaryfirliti er nánar rakinn kostnaður við þessar tillögur. Í heildartölunni er meðtalin 15% verðhækkun og 5% lántökukostnaður. Áð þessu meðtöldu verður niðurstöðutala kostnaðaráætlunarinnar 1560 Mkr. Þar af eru 689 Mkr. vegna sjálfra borananna á holunum fjórum.

Fjárvöntun 1977, 228 Mkr., er hér ekki meðtalin, en fyrir henni var gerð ítarleg grein í bréfi Orkustofnunar til ráðuneytisins 1977 12 10. Eins og þar kemur fram miðast talan um þessa fjárvöntun, 228 Mkr, við það, að hola 10 verði ekki tengd á þessu ári og að heimild fái til að nota það fé, 63 Mkr., sem tenging hennar er talin kosta og þegar hefur verið veitt til að grynna á skulðum nú í ár. Áð öðrum kosti hakkar fjárvöntunin sem þessari fjárhæð kemur.

Ekki eru gerðar tillögur um að hola 10 verði tengd á árinu 1978, þar að reynslan af henni og nýlegri hreinsun hennar, þykir ekki gefa tilefni til þess.

Hér skal farið nokkrum orðum um einstaka liði tillaganna.

1. Starfraksal borhola og gufuveitu í rekstri

Undir þessum lið er talin sú starfsemi, sem beinlínis leiðir af því, að borholurnar og gufuveitan, sem nú eru í rekstri, verður starfrakt á árinu 1978. Kostnaðarlega séð, skiptir það ekki höfuðmáli, hve mikla orku virkjunin framleiðir, veitan þarf gæslu og eftirlit nánast óháð því, ýmsar lagfæringar þarf að gera o.s.frv. Kostnaðurinn samanstendur af starfsmannakostnaði, rekstrarvörum og varahlutum.

Hreinsun útfellinga í borholum er þó ekki reiknuð með í reksturskostnaði. Ekki er gerð tillaga um að hreinsa útfellingar úr holum á árinu 1978.

2. Mælingar og rannsóknir samfara rekstri hola 1-11

Hér er um að ræða hita- og þrýstimælingar, sýnatöku og efna- greiningar í svipuðum mæli og verið hefur. Jafnframt er gert ráð fyrir að aflmælingar á holum verði gerðar reglubundið.

3. Gosvakt

Hér er um að ræða samskonar eða svipaða starfsemi og haldið hefur verið uppi á árinu 1977. Meðan umbrot halda áfram við Kröflu er nauðsynlegt að halda þessari starfsemi áfram í sama mæli og verið hefur.

4. Yfirborðsrannsóknir jarðhitasvæðis

Hér er um að ræða margvíslegar jarðeðlisfræðilegar mælingar sem ráðgert er að gera á yfirborði jarðhitasvæðisins alls við Kröflu.

174

5. Borun

Í bréfi Orkustofnunar til ráðuneytisins frá 77 03 22 um Kröflu-
botanir 1977 segir svo:

"Ályktunin sem Orkustofnun dregur af borárangrinum 1976 er sú, að
borsvæðið 1976 sé ekki fullnægjandi sem vinnlusvæði fyrir Kröflu-
virkjun, a.m.k. um nokkurt árabíl. Til að standa undir 60-70 MW
raforkuvinnslu þarf því að leita á nýju vinnlusvæði (eða svæðum)".

Í tillögunum er síðan lagt til að borað verði á þremur nýjum bor-
svæðum 1977, þ.e. suðurhlíðum Kröflu, Hvíthólasvæði og við Náma-
fjall, 5 holur alls. Ráðuneytið féllist á tillögur um borun á
tveimur fyrrnefndu svæðunum, en af borun í ár varó ekki sökum fjár-
skorts.

Aðgerðir þar, sem framkvæmdar voru í ár á borholunum frá 1976
hafa m.a. aukið talsvert þekkingu manna á jarðhitaaðstæðum á Kröflu-
svæðinu. Þar hafa staðfest ýmsar þær hugmyndir sem sérfræðingar
Orkustofnunar gerðu sér um jarðhitakerfin tvö á þessum slóðum og
innbyrðis afstöðu þeirra. Þetta er nánar rakið í Holubrési 7
sem ráðuneytinu hefur verið sent. Skýrsla um árangur aðgerðanna á
borholum fram til þessa hefur verið samín og verður send ráðuneytinu
alveg á næstunni. Endanlegs mats á árangrinum er þó ekki að vanta
fyrr en eftir nokkra mánuði, þegar í ljós kemur hvernig langtíma-
hagðun holanna er.

Í áðurgreindu bréfi Orkustofnunar frá 1977 03 22, þar sem settar
eru fram boranartillögur fyrir 1977, er greint frá rökum þeim
er að baki þeim lágu og frá tilraunum til að gera fyrirfram upp
á milli líkindanna á árangri borunar á svæðunum þremur, þ.e.
suðurhlíðum Kröflu, Hvíthólasvæði og Námafjalli. Var komist að
þeirri niðurstöðu, að á þáverandi stigi þetti ekki efni til að
gera upp á milli þeirra varðandi líklegan borárangur svo að mark
veri á takandi. Yrói því að bora á þeim öllum.

Í sama bréfi er skýrt frá því, að samkvæmt orkuspá þurfi Krafla
að gera akilad verulegum afköstum í lok 1979. Í tillögunum
fyrir 1977 gekk Orkustofnun út frá þessu og versta tilviki varó-
andi það, hvar vinnlusvæðið endanlega yrði, nfl. að það yrði
við Námafjall, svo sem nánar er rakið í bréfinu. Sýnt var fram
á að miðað við þessar forsendur veitti ekki af að bora fimm
holur 1977, og að vali vinnlusvæðis þyrfti í megindráttum að
vera lokið 1977.

Svo var ekki gert. Um það er því ekki að ræða lengur að ná
örugglega þessu marki ef svo illa takst til að velja verður
Námafjall sem vinnlusvæði. Þekking sú sem fékkst í sumar hefur
aukið líkurnar á árangri af borunum í suðurhlíðum Kröflu. Þetta
gerir það að verkum að rétt þykir að leggja nú meiri áherslu en
áður á suðurhlíðar Kröflu, sem er það af borsvæðunum þremur, sem
næst liggur orkuverinu, en nokkru minni á Hvíthólasvæðið, og mun
minni á Námafjall. Þessvegna er lagt til að 1978 verði aðeins
borað í suðurhlíðum Kröflu.

Staðsetning þriggja hola af fjórum er sýnd á meðfylgjandi yfirlitskortí. Staðsetning hinnar fjórðu verður ákveðin síðar, þegar nánari vitneskja liggur fyrir um langtímahegðun holu KJ9, vantanlega með vorinu. Rókin fyrir þessum staðsetningum eru nánar rakin í fylgiskjali með bréfi þessu.

Ástæða er til að leggja áherslu á þá tímasetningu sem að ofan er rakin, að Kröfluvirkjun verði farin að skila verulegri orku í lok árs 1979. Samkvæmt orkuspá reynir á vinnslugetu virkjunarinnar strax eftir 1979 og hún er fullnýtt (háðar samstaður) 1982. Geti virkjunin ekki gegnt hlutverki sínu á þessum árum má búast við orkuskortí. Reyna verður með öllum ráðum að koma í veg fyrir slíkt. Fram til ársloka 1979 eru aðeins tvær borvertíðir. Þar kunna að nægja en það má lítið útaf bera til að þar nægi ekki. Borvertíðin 1978 má því ekki glatast.

Hér verður að minna á, að langsamlega stærsta vandamál Kröfluvirkjunar er gufuöflunin. Er unnt að finna nægjanlega gufu á næstu tveimur suarum til þess að virkjunin geti gegnt hlutverki sínu á sínum stað í virkjanaróðinni, þ.e. milli Sigöldu og Brauneyjafoss. Þetta er sú spurning sem mest er um vert að svara.

Eyðing óvissunnar um gufuöflunina verður hér eftir að hafa algeran forgang fram yfir aðrar framkvæmdir við Kröflu.

Meginóvissan við Kröflu liggur ekki í því, hvort vélarnar snúist ef þar fá gufu, né heldur í því, hvort þar skila tilkíllinni nýtni við tiltekið álag, þótt slíkt sé vissulega mikilvægt. Því síður liggur hún í því, hvort unnt er að leiða gufuna til stöðvarinnar. Ekki skiptir neinu höfuðmáli a.m.k. út árið 1978, hvenær fundin gufa er leidd til stöðarhússins. Að vísu er nauðsynlegt að hafa fengið reynslu af rekstrinum áður en fyrir alvöru er þörf fyrir virkjunina á raforkumarkaðinn, til þess að tón gefist til lagfæringa á ýmsu, sem betur má fara. En þetta eru þó smámunir hjá gufuötlunarvandanum. Raunar gera kostnaðarástlanir þar sem fylgja tillögum þessum ráð fyrir að eina eða tvær af fjórum holum megi tengja núverandi skiljustöð á næsta ári.

Hér verður að hafa í huga að ekki er lengur um raforkuskort á Norðurlandi að ræða eins og þegar hafist var handa um virkjunina. Að vísu er öryggi rafmagnsnotenda enn ekki eins mikið og eskilegt væri, en þó miklum mun betra en var til skamms tíma, og ekki lakara en svo að við má una fyrst um sinn. Að finna meiri gufu er og forsenda þess að Krafla geti aukið öryggið.

Orkustofnun vill því leggja á það áherslu að ekki má til þess koma að ekki verði boraðar nýjar holur við Kröflu 1978. Þar á að bora þar sem jarðhitasérfræðingar telja mesta von um árangur.

176

6. Mælingar og rannsóknir samfara borun

Undir þessum lið eru hita- og þrýstingsmælingar í nýjum borholum, sýnataka úr þeim og efnagreiningar og aflmælingar á holunum. Auk þess eru undir þessum lið kaup á "cement bond tools", tækjum til að mæla steypu á bak við fódurrör og á hallamli til að mæla halla á bborholum.

7. Staðarvarsla, bgrgaðvarsla og almennur kostnaður

Hér er nást um að ræða sameiginlegt heiti á kostnaðarliðum, sem ekki verða með þóðu móti felldir undir aðra töluliði í þessari upptalningu, svo sem ýmsar rekstrarvörur, flutningar á efni, starfsmanna-kostnaður, aðkeypt þjónusta ýmisskonar, auk almenns kostnaðar svo sem vegna síma, tækniþjónustu erlendis frá o.s.frv.

8. Safnaðar frá nýjum borholum

Ein eða tvær hinna fjögurra hola í suðurhlíðum Kröflu eru staðsettar þannig að tenging þeirra við núverandi skiljustöð er möguleg eða a.m.k. hugsanleg á næsta ári, ef borárangur verður góður, og er hún því tekin með í þessa áætlun. Gert er ráð fyrir leiðslum sem samanlagt eru allt að 800 m. Lagt er til að þessi tenging verði því aðeins gerð 1978 að unnt sé að vinna verkið áður en vetur gengur í garð. Að öðrum kosti getur kostnaður við það orðið miklu hærri en hér er áætlað, og ekki er tilefni til að leggja í hann.

9. Frágangsvinna við gufuvæitu sem lögð var 1977

Hér er um að ræða smíði húss yfir skiljustöðina og ýmis minni verk, þar á meðal lagfæringu og snyrtingu á umhverfi veitunnar. Það er verk sem Nátturuverndarráð leggur mikla áherslu á.

10. Kallilón fyrir afgangsvatn o.fl.

Hér er um að ræða ráðstöfun til að losna við afgangsvatn virkjunarinnar á þann hátt að það skaði ekki umhverfið að dómi Nátturuverndarráðs, sem hefur full umráð yfir öllu virkjunarsvæðinu samkvæmt lögum. Gerð þessara mannvirkja er eitt af skilyrðum ráðsins fyrir leyfi þess til að reisa virkjunina og verður af þeim sökum ekki lengi undan smíði þeirra vikist.

11. Kaup á sementsdalu frá Haliburton

Hér er um það að ræða að bæta tækjakost Jarðborana ríkisins til að steypa festifóðringu á miklu dýpi við hátt hitastig. Slíkra djúpfóðringa verður þörf til að loka af efra kerfið við Kröflu. Nokkur óvissa er hvenær dælan getur komið til landsins vegna þess hve afgreiðslufrestur er langur, og eru jafnvel áhöld um hvort hún nær borvertið 1978. En það er þó ekki vonlaust. Einmitt hinn langi afgreiðslufrestur gerir nauðsynlegt að ákveða kaupin sem fyrst.

Nokkurt álitamál getur verið hvort telja eigi þessi kaup til Kröfluvirkjunar eða hvort Jarðboranir ríkisins sttu að kaupa þeluna á eigin spýtur. Það geta þer því aðeins gert að leigutekjur af henni geti staðið undir kostnaði við kaupin. Jarðboruninum þyrfti og að útvega fé til kaupanna, svo að sé vandi yrði hinn sami þótt þer keyptu þeluna.

Að endingu vill Orkustofnun ítreka það sjónarmið, að gufuöflunin er megin vandinn við Kröfluvirkjun, og að lausn hans verður að hennar dómi að hafa algeran forgang umfram önnur verk tilheyrandi virkjuninni.

Í virkjunarmálum Kröflu verður nú orðið oft vart uppgjafarsjónarmiða. Öllu skuli slegið á frest um óákveðinn tíma. Orkustofnun tekur ekki undir þau sjónarmið. Í ljós hafa komið óvántir erfiðleikar við gufuöflun fyrir virkjunina, sem að hluta má sjálfsagt rekja til umbrota. Jarðhitakerfin við Kröflu virðast óvenjulega flókin. Tilhneiginga hefur gætt til að setja fram einfaldaðar skýranngar og lausnir á erfiðleikunum. Þessi viðleitni er skiljanleg, en lítt vanleg til árangurs. Lausnin verður aðeins fundin með því að við beitum þekkingu færustu manna og fylgjum ráðum þeirra. Að sjálfsgóðu kostar hún mikið fé. En það er líka til mikils að vinna þar sem virkjunin biður óstarfhæf.

Orkustofnun leyfir sér að vanta þess, að hið háa ráðuneyti fallist á framangreindar tillögur og beiti áhrifum sínum til hins ítrasta til að fjármagn fáið á lánsfjárástlun 1978 til að framkvæma þar.

Allra virðingarfyllst,

Jakob Björnsson

Guðmundur Pálmason

178

Orkustofnun

Tillögur Orkustofnunar um boranir
og gufuveituf framkvæmdir við Kröflu
1978. Kostnaðaryfirlit.
Verðlag í nóv. 1977
KR/sg

1977 12 12

	Mkr.
1. Starfræksla gufuveitu og borhola sem þegar eru í rekstri	25
2. Mælingar og rannsóknir samfara rekstri hola 1-11	49
3. Gosvakt, í svipuðum mæli og 1977	23
4. Yfirborðsrannsóknir á jarðhitasvæðinu	40
5. Borun á fjórum nýjum holum	689
6. Mælingar og rannsóknir samfara borun	47
7. Staðarvarsla, birgðavarsla og annar alm. kostn.	55
8. Safnæðar (800 m)	129
9. Skiljuhús og frágangur gufuveitu	51
10. Kælilón og höggborsholur vegna afgangsvatns	69
11. Borholu- og sementsdæla frá Haliburton	<u>140</u>
	1317
12. Verðhækkunir, 25%	<u>329</u>
	1646
13. Lántökugjöld, 5%	<u>82</u>
	1728

77-12-14

Í þessari greinargerð verður fjallað um jaróhitalegt mat á núverandi borsvæði og borsvæði í suðurhlíðum Kröflu.

JARÓHITALÍKAN

Þegar borholur þær, sem boraðar voru í Kröflu á árinu 1976 fóru að blása kom í ljós að innri gerð jaróhitasvæðisins var mun flóknari en menn höfðu reiknað með áður. Í janúar 1977 var sett fram ný mynd (líkan) af svæðinu. Það líkan studdist við niðurstöður úr þeim holum sem þá voru nýboraðar auk niðurstaðna úr öðrum holum. Þessu líkani af jaróhitalegum eiginleikum Kröflusvæðisins er lýst í Holubrési nr. 7. Sú þekkingaraukning sem orðið hefur á árinu 1977 hefur orðið til þess að styrkja megin drætti líkansins en einnig fyllt í eyður.

Líkan þetta byggir á niðurstöðum fjölda athugana og mælinga, sem spanna yfir mörg fræðisvið (jarófræði, jaróefnafræði, jaróeðlisfræði). Þegar hægt er að þjappa saman svo margbreytilegum, óskyldum og óháðum niðurstöðum í eina einfalda mynd er kominn grundvöllur að nota líkanið til ákvarðanatöku. Þetta var gert bæði við mótun tillagna um boranir 1977, en í enn ríkara mæli við gerð tillagna um boranir 1978.

Við mat á jaróhitalegri stöðu á núverandi borsvæði kemur eftirfarandi í ljós. - Fyrir hendi er jaróhitakerfi sem er flóknara að innri gerð en önnur þekkt jaróhitasvæði í heiminum. Tvö kerfi eru til staðar. Efra kerfi um 220°C heitt og neðra kerfi 320-340°C heitt.

- Neðra kerfið er í suður.
- Í efra kerfinu koma fram kalkútfellingar sem gera nýtingu þess erfiða.
- Hitastig neðra kerfis er með því hæsta sem mælst hefur á jaróhitasvæðum.
- Vegna hins háa hita er komið út fyrir þekkingarmörk jaróefnafræðilegra eiginleika jaróhitavökvans.
- Áður óþekktar útfellingar af járn og kísilsamböndum hafa stíflað góðar gufuholur á skömmum tíma.

Þegar litið er á ofangreinda upptalningu má ljóst vera að um verulega tæknilega og þekkingarlega örðugleika er við að etja við nýtingu jarðhitans á þessu svæði.

Í þessari stöðu, og með tilliti til þess að rafstöðin er nú tilbúin að taka á móti gufu er lagt til að leita frekar að borsvæðum með betri vinnslueiginleikum en þeim sem fyrir hendi eru á núverandi borsvæði.

Fyrirliggjandi líkan af Kröflusvæðinu bendir til að líkur séu á betri vinnslueiginleikum austan við núverandi borsvæði. Er þetta rakið nánar í Holubrési nr. 7. Er þar bent á að grynnt sé á neðra kerfið nálægt náttúrulegu varmauppstreymi. Viss atriði benda til að jarðhitakerfin tvö sem kortlögð hafa verið á núverandi borsvæði renni saman í Hveragili eða suðurhlíðum Kröflu.

Af þessum ástæðum er lagt til að fyrstu borholur í suðurhlíð verði í eða mjög nálægt náttúrulegu varmaústreymi.

Varmaústreymi í suðurhlíðum Kröflu er að mestu innan geira sem takmarkast af tveim misgengjum (sprungum) sem hreyfðust veturinn 1975-76 (sjá kort). Ástæða er að ætla að þessar tvær sprungur stjórni einhverju um rennsli jarðhitavökva á miklu dýpi. Þess vegna er lagt til að borholur í suðurhlíð séu á milli þessarar sprunga.

Til þess að geta lagt mat á suðurhlíðar Kröflu sem vinnslusvæði þarf að bora a.m.k. tvær holur í mismunandi fjarlægð frá núverandi borsvæði. Á meðfylgjandi korti eru sýndar staðsetningar þriggja borhola í suðurhlíðum Kröflu.