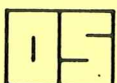




# **Orkuöflun til húshitunar í Vestmannaeyjum**

**Niðurstöður borana í hraunið og  
horfur í nóvember 1987**

**Nefnd um orkuöflun til húshitunar  
í Vestmannaeyjum**





# **Orkuöflun til húshitunar í Vestmannaeyjum**

**Niðurstöður borana í hraunið og  
horfur í nóvember 1987**

**Nefnd um orkuöflun til húshitunar  
í Vestmannaeyjum**

**Guðmundur Pálmason  
Eiríkur Bogason  
Sigmund Jóhannsson  
Sveinbjörn Björnsson  
Wilhelm V. Steindórsson  
Örn Helgason**



## Efni

1. Inngangur.....	2
2. Staða mála í lok skýrslu Nr. 87-4.....	3
3. Árangur rannsóknarborana í hraunið.....	8
4. Núverandi kostir í orkuöflun og samanburður á hagkvæmni þeirra.....	10
5. Umræða um niðurstöður.....	14
6. Viðaukar:.....	15
I.    Borun rannsóknarhola í Eldfellshraun 1987. (Sveinbjörn Björnsson).....	23 bls.
II.   Vestmannaeyjar. Dæluþrófun holu VG-7. (Sæþór L. Jónsson, Guðni Axelsson og Hrefna Kristmannsdóttir).....	13 bls.
III.  Viðræður FJAVE um kaup á ótryggri raforku (Eiríkur Bogason ).....	2 bls.

## 1. Inngangur.

Með bréfi dagsettu 28. nóvember 1986 skipaði Albert Guðmundsson þáverandi iðnaðarráðherra nefnd til að kanna leiðir til að afla Vestmannaeyjakaupstað orku til húshitunar í framtíðinni. Nefndin skyldi skilgreina og bera saman leiðir til öflunar orku í Vestmannaeyjakaupstað eftir að núverandi hraunhitaveita annar ekki lengur eftirspurninni.

Í nefndina voru skipaðir Guðmundur Pálmason (formaður), Eiríkur Bogason, Sigmund Jóhannsson, Sveinbjörn Björnsson, Wilhelm V. Steindórsson og Örn Helgason.

Nefndin skilaði bráðabirgðaskýrslu í mars 1987 og lokaskýrslu í apríl 1987 undir heitinu "**Orkuöflun til húshitunar í Vestmannaeyjum**", **Iðnaðarráðuneytið Nr. 87-4, Orkustofnun OS-87016/JHD-01.**

Nefndin gerði tillögur um aðgerðir til að treysta ýmsar forsendur sem óvissar voru í sambandi við val á framtíðar orkuöflunarleiðum fyrir FJAVE. Taldi nefndin að niðurstöður þeirra aðgerða gætu haft úrslitaáhrif á hvaða leiðir yrðu valdar af þeim sem ræddar voru í niðurstöðum skýrslunnar (Nr. 87-4), sjá kafla 2 hér á eftir.

Tillögur nefndarinnar í skýrslu **Nr.87-4** voru orðrétt svohljóðandi:

"1. Að kannað verði með borun gegnum hraunið og með tilraunadælingu hvort þess er kostur að fá allt að 100°C heitt vatn úr hrauninu í nokkurn tíma.

2. Leitað verði samninga við Landsvirkjun (LV) um sölu og afhendingu á ótryggri orku (afgangsorku) til reksturs varmadælu og rafskautaketils. Stefna þarf að afgangsortkuverði í Vestmannaeyjum sem næst gildandi verði Landsvirkjunar á afhendingarstað í landi, 0,235 kr/kWh.

3. Að könnuð verði hagkvæmni þess fyrir Vestmannaeyjakaupstað að framleiða með kolum eða olíu bæði raforku fyrir Rafveitu Vestmannaeyja (RV) og varma fyrir Fjarhitun Vestmannaeyja (FJAVE) í sambyggðu orkuveri í Vestmannaeyjum.

4. Að FJAVE taki upp viðræður við fiskiðnaðarfyrirtækin í Vestmannaeyjum um athugun á hagkvæmni þess að FJAVE nýti þann afgangsvarma sem frá þeim fellur. Jafnframt verði kannaðir hugsanlegir kostir þess að FJAVE sjái um raforku- og gufuframleiðslu fyrir Fiskimjölsverksmiðjuna í Vestmannaeyjum (FIVE) og Fiskimjölsverksmiðju Einars Sigurðssonar (FES) jafnframt því sem framleidd yrði raforka fyrir RV og varmi fyrir FJAVE.

5. Að kannað verði hugsanlegt form á samstarfi bæjarsjóðs Vestmannaeyja og FJAVE um byggingu og rekstur sorpbrennsluvers, þar sem varminn yrði nýttur inn á kerfi FJAVE. Jafnframt verði gerð úttekt á magni og gerð brennanlegs sorps í Vestmannaeyjum og möguleikum þess að flytja sorp úr landi til brennslu og nýtingar í Eyjum."

Með bréfi dagsettu 11. mars 1987 veitti iðnaðarráðherra 4 milljónir króna til nefndarinnar til borana í hraunið og tilraunadælingar samkvæmt 1. lið tillagna nefndarinnar í skýrslu Nr. 87-4. Með því átti að sannreyna möguleika þess að dæla heitu vatni úr hrauninu til nýtingar í varmaskiptum og varmadælum.

Undirbúningur þessa verks var aðallega í höndum nefndarmannanna Guðmundar Pálmasonar, Sveinbjörns Björnssonar og Wilhelms V. Steindórssonar sem jafnframt var skipaður verkefnisstjóri við verkið. Samráð var haft við Eirík Bogason veitustjóra í Vestmannaeyjum.

Vegna fyrri reynslu Jarðborana h.f. (áður Jarðborana ríkisins) af borun við hliðstæðar aðstæður og hér voru áætlaðar, var gerður samningur við Jarðboranir h.f. um borun tveggja hola í hraunið. Þá var gerður samningur við Jarðhitadeild Orkustofnunar um tilraunadælingu.

## 2. Staða mála í lok skýrslu Nr. 87-4.

Hér verða teknar upp orðrétt niðurstöðurnar úr fyrri skýrslu nefndarinnar, Iðnaðarráðuneytið Nr. 87-4:

"Orkuþörf FJAVE til húshitunar í Vestmannaeyjum er alls um 60 GWh á ári, þar af er grunnorka um 30 GWh á ári. Um fjölmargar leiðir er að velja til öflunar þessarar orku. Eru þær leiðir mishagkvæmar eins og gengur. Sumar byggja á "innlendri" orku eyjanna eins og hraunhitunum, varma frá sorpbrennslu, afgangsvarma frá stórum iðnfyrirtækjum, sjávarhita, vindorku o.fl. Aðrar fela í sér orkukaup úr landi og þá fyrst og fremst raforku. Enn aðrar gera ráð fyrir kaupum á brennsluefnum erlendis frá.

Áframhaldandi nýting hraunhitans með breyttri vinnsluaðferð er álitlegur orkuöflunarkostur fyrir FJAVE í nokkur ár, eða þar til hagkvæmnin ekki stenst samanburð við aðra valkosti. Sú vinnsluaðferð, sem nefndin telur hagkvæmasta, er að dæla vatni (sjó) úr hrauninu og nýta það með varmaskiptum. Jafnframt að núverandi varmaskiptar á hrauni verði notaðir áfram að því marki, sem hagkvæmt þykir, en að flutningi vinnslusvæðanna og vökvun hraunsins verði að mestu hætt.

Borað verði í Eldfellshraunið og gerðar hitamælingar og dæluprófanir í holunum. Á mynd (a) í þessum kafla er sýnd áætlun um vatnshita úr hrauninu og nýtingu hans. Horft er til 15-20 ára og því tímabili skipt í 5 rekstraráfanga, sjá myndir (d) - (h) í þessum kafla.

**I.-áfangi.** Miðað við að áætlanir um vatnsgæfni hraunsins og hita vatns gangi eftir, mun áframhaldandi gufusöfnun á hrauni með lágmarks reksturskostnaði ásamt dælingu 90°C-100°C heits vatns úr hrauni anna allri orkuþörf FJAVE, þ.e. 60 GWh á ári, sjá mynd (d).

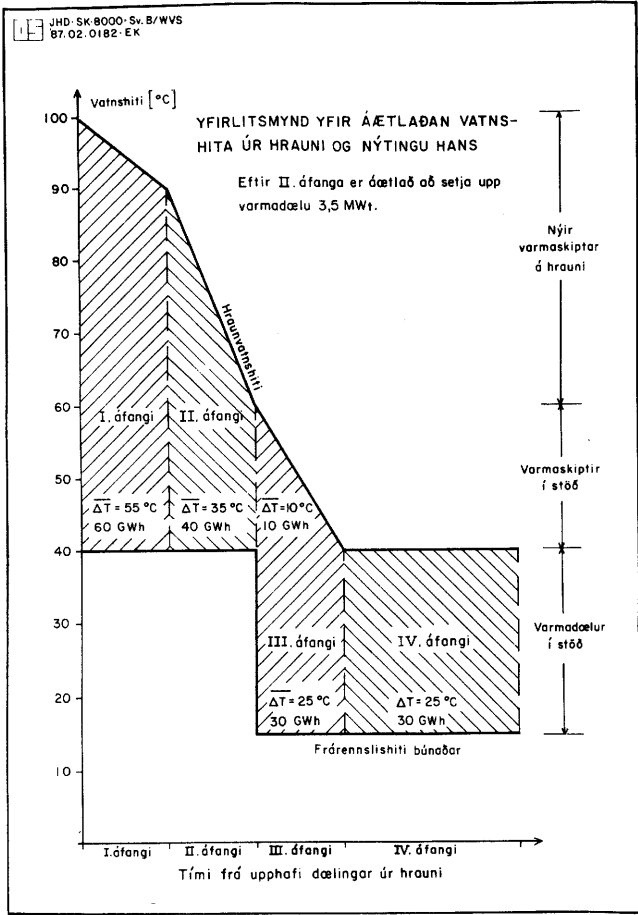
**II.-áfangi.** Þegar hiti vatns úr hrauni hefur fallið í 60°C-90°C, mun áframhaldandi gufusöfnun á hrauni og dæling úr hrauni anna 40 GWh varmaframleiðslu á ári. Rafskautaketill verður þá settur upp og 20 GWh á ári framleiddar með honum, sjá mynd (e).

**III.-áfangi.** Þegar hiti vatns úr hrauni hefur fallið í 40°C-60°C, er ekki talið að hagkvæmt verði að safna gufu úr hrauninu lengur. Settur verður upp varmaskiptir og varmadæla í dælustöð FJAVE til aukinnar nýtingar á vatni frá hrauni. Varmaframleiðsla úr hrauni verður alls 40 GWh á ári eins og áður og rafskautaketillinn mun áfram framleiða 20 GWh á ári, sjá mynd (f).

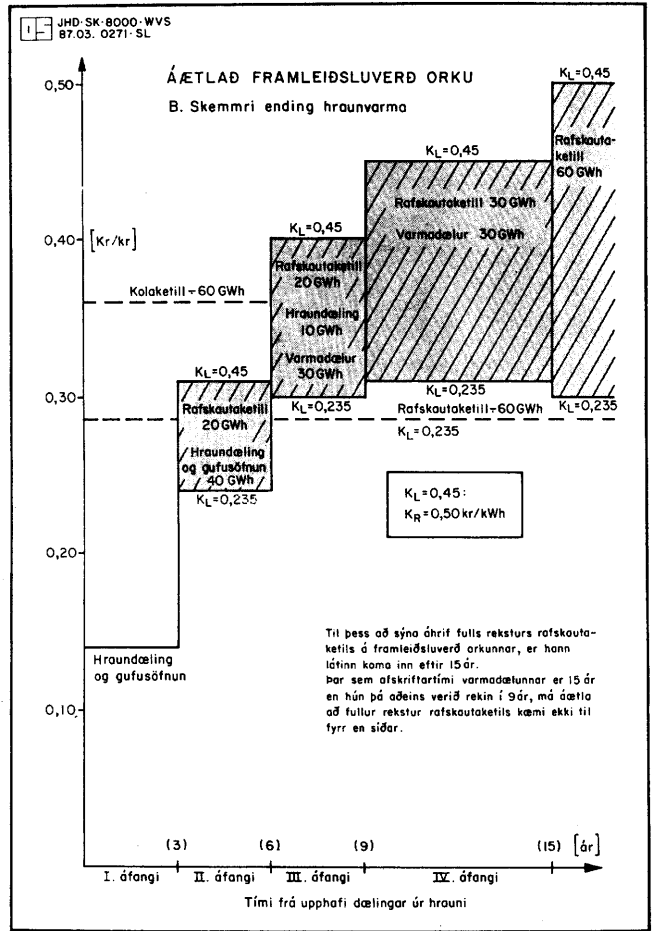
**IV.-áfangi.** Þegar hiti vatns úr hrauni hefur fallið í 40°C verða framleiddar 30 GWh á ári með varmadælunni og aðrar 30 GWh með rafskautakatlinum, sjá mynd (g).

**V.-áfangi.** Þegar hiti vatns úr hrauni hefur fallið það mikið að ekki verður talið hagkvæmt að nýta hann, verður nýtingu hraunhitans hætt, endingartími varmadæluunnar er þá liðinn og rafskautaketillinn mun framleiða 60 GWh á ári, sjá mynd (h).

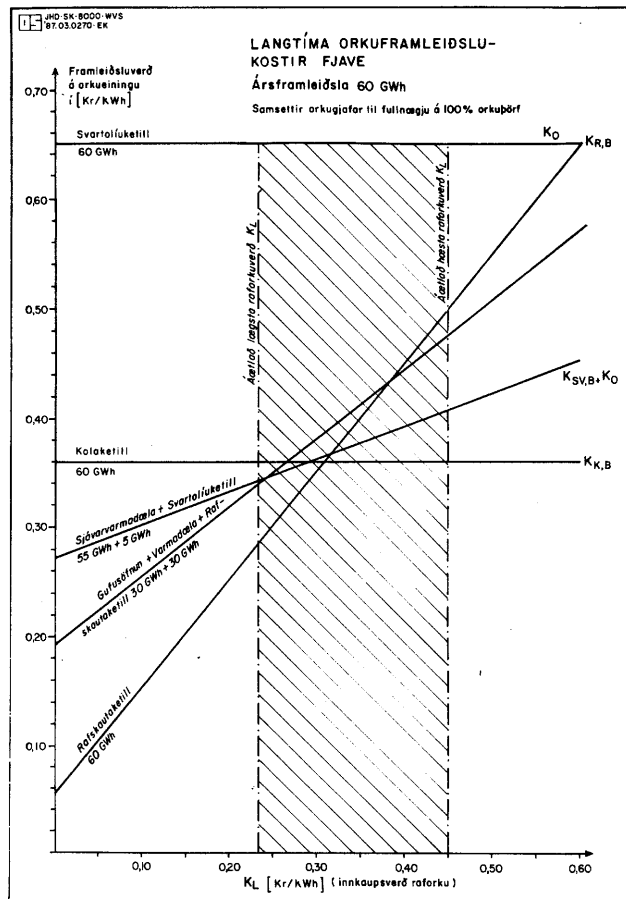
Verð á ótryggri orku (afgangsorku) frá Landsvirkjun hefur mikil áhrif á meðalhagkvæmni orkuframleiðslu hvers áfanga, eftir I.-áfanga. Afgangsorkuverðið hefur meiri áhrif á meðalframleiðsluverð orkunnar hjá FJAVE eftir því sem hlutdeild raforku í heildarframleiðslunni vex og eykst eftir því sem líður á áfangana, sjá mynd (b) í þessum kafla. Sýnd eru áhrif afgangsortuverðsins  $k_L = 0,235 - 0,45$  kr/kWh á meðalframleiðsluverð orku FJAVE.



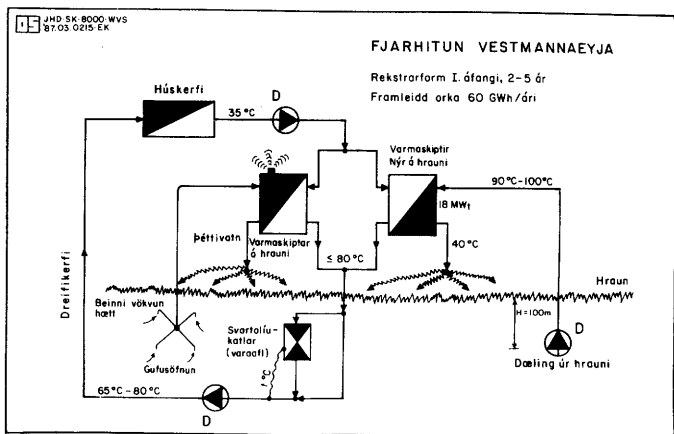
Mynd (a).



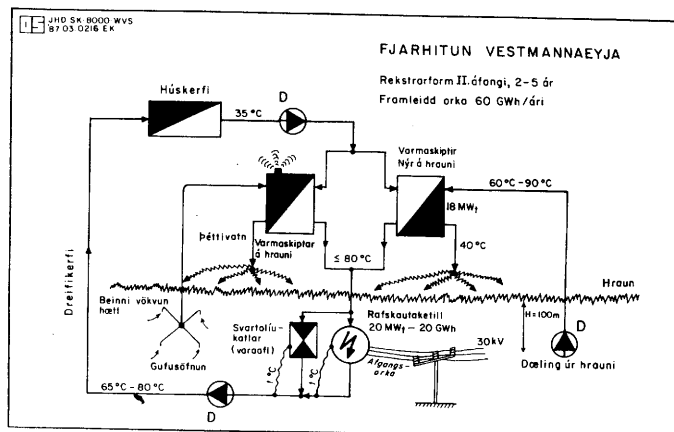
Mynd (b).



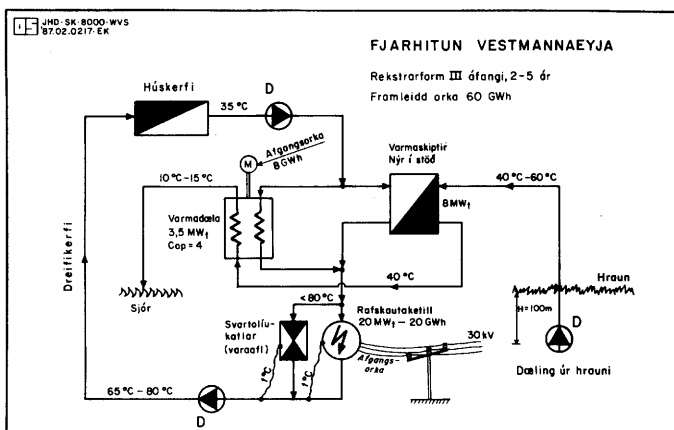
Mynd (c).



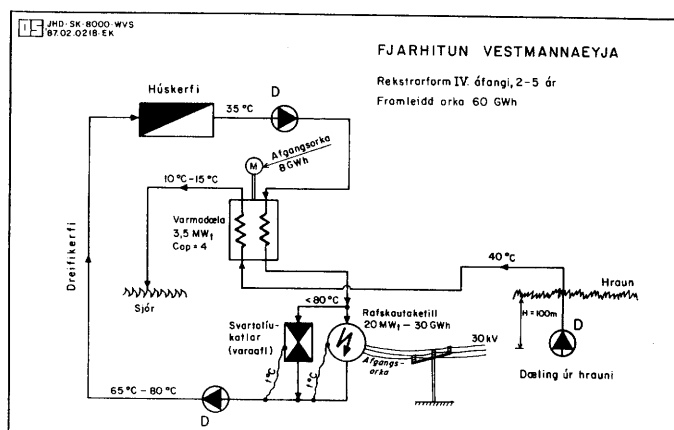
Mynd (d). I.- áfangi.



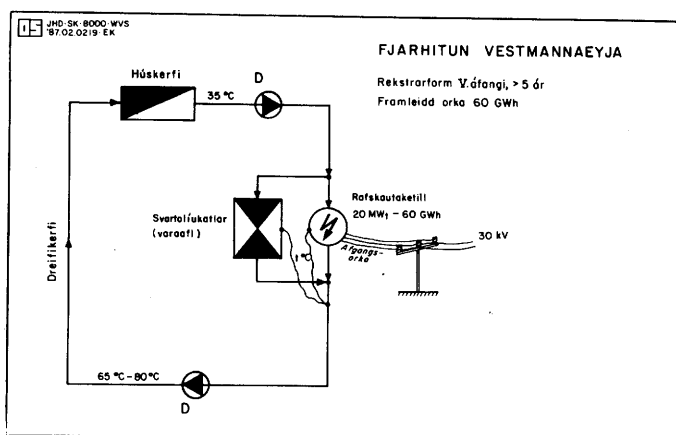
Mynd (e). II.- áfangi.



Mynd (f). III.-áfangi.



Mynd (g). IV.- áfangi.



Mynd (h). V.- áfangi.



Hefja þarf þegar viðræður við LV/RARIK um sölu og afhendingu á afgangskraftu í Vestmannaeyjum. Að samningar náist, er forsenda þess að ráðist verði í II.-V.-áfangi hér að framan.

Ef dæling heits vatns úr hrauninu reynist erfiðleikum háð, er rekstur varmadælu, sem framleiddi grunnorku FJAVE, 30 GWh á ári og nýtti varma úr gufu frá hrauninu hagkvæmur kostur.

Ef samningar við LV/RARIK næðust ekki um sölu og afhendingu á afgangskraftu í Vestmannaeyjum, er varmadæla, sem nýtti varma úr sjónum og framleiddi 55 GWh á ári, og svartolíuketill, sem framleiddi 5 GWh á ári, hagkvæmur kostur, sjá mynd (c) í þessum kafla.

Ef rekstur kolaketils þætti álitlegur kostur fyrir FJAVE, er ástæða til að kanna hagkvæmni þess að framleiða raforku fyrir RV og varma fyrir FJAVE í sambyggðu kolaorkuveri.

Álitlegur kostur virðist vera fyrir bæjarfélagið, ef um semdist, að nýta að vissu marki þá afgangskraftu, sem til fellur hjá fiskiðnaðarfyrirtækjum bæjarins. Ástæða er því til að FJAVE taki upp viðræður við Fiskimjolsverksmiðjuna í Vestmannaeyjum (FIVE) og Fiskimjolsverksmiðju Einars Sigurðssonar (FES) um möguleika á samvinnu um framleiðslu á gufu og rafmagni með svartolíu eða kolum fyrir verksmiðjurnar, RV og FJAVE.

Brennsla á sorpi í sorpbrennsluveri í Vestmannaeyjum, þar sem varminn yrði nýttur fyrir FJAVE er áhugaverður orkuöflunarkostur, ef um semst við þann aðila sem reka myndi verið. Flutningur á sorpi úr landi til brennslu og nýtingar í Eyjum er athyglisverður möguleiki. Þannig yrði Vestmannaeyjakaupstaður miðstöð sorpeyðingar byggðanna við suðurströndina. Þær 16 GWh, sem áætlað er að sorpbrennsluverið geti framleitt á ári, gætu lengt þann tíma, sem með viðunandi móti væri hægt að nýta hraunhitann.

Í Eldfellinu eða rötum þess er án efa geymdur mikill varmi, sem mun haldast þar um allan tíma. Kostnaður við nýtingu þess varma miðað við núverandi þekkingu á eðli hitadreifingarinnar í kringum Eldfellið verður tiltölulega hár í samanburði við aðra valkosti. Ekki er hægt að segja nánar til um vinnsluáferð eða kostnað fyrr en að undangengnum allkostnaðarsömum rannsóknum.

Útreikningar á hagkvæmni vindmylla grundvallast á vindmælingum frá Stórhöfða umreiknuðum til að gilda á Eldfellshrauninu. Vilji menn treysta þær forsendur nánar, þurfa að fara fram vindmælingar á hrauninu í nokkur ár."

### 3. Árangur rannsóknarborana í hraunið.

Ein leið sem um var fjallað byggðist á hugmyndum um heitt vatn sem safnast hefði í neðri hluta nýja hraunsins, og berg næst undir hrauninu, er hitnað hefði með varmaleiðingu frá bráðnu hrauninu sem yfir liggur. Reikningar sýndu að undir hrauni sem nær 50 m þykkt, ættu um 30 m bergsins næst botninum að hafa hitnað svo, að þar væri nú vatn við suðumark. Heitt vatn, sem stæði þannig í hrauninu og berginu undir því, væri varmanáma, sem hagkvæmt yrði að virkja með dælingu upp um borholur. Ef slíkt vatnslag hefði 1 km<sup>2</sup> víðáttu og um 50 m þykkt á suðumarkshita, holrými um 5% í berginu, yrði vatnsforðinn um  $2,5 \times 10^6$  m<sup>3</sup>, eða álíka að magni og það vatn sem þyrfti til hitunar bæjarins í 3 ár. Áður en þessi forði næðist aftur, færi þó að dragast inn kaldara vatn eftir sprungum. Í þessum reikningum var gert ráð fyrir nær kyrrstæðu vatni í berginu, áður en dæling byrjaði. Enda þótt vitað væri að sjávarfalla gætti í hrauninu var talið að bergið væri nægilega þétt til að deyfa kælandi strauma af þeirra völdum. Mat á hagkvæmni sýndi að þessi leið, dæling á heitum sjó úr hrauninu og nýting varma hans í varmaskiptum, var til muna ódýrari kostur en aðrir svo lengi sem hiti vatns úr hrauninu héldist yfir 60°C.

Á fundi í iðnaðarráðuneytinu þann 6. mars 1987 kynnti nefndin Albert Guðmundssyni, þáverandi iðnaðarráðherra, þessar hugmyndir sínar og aðrar meginniðurstöður, og fól hann nefndinni að kanna með rannsóknarborunum, hvort dæling heits vatns úr hrauninu væri raunhæfur kostur. Skýrsla um árangur þessara borana fylgir hér sem Viðauki I, en helstu niðurstöður fara hér á eftir.

Fyrri borholan (VG-6) var boruð á austasta virkjunarreit FJAVE (4.3), sjá mynd 1 í Viðauka I. Landhæð við holu VG-6 er um 72,5 m en sjávardýpi fyrir gos var talið 20-40 m. Vatnsborð í holunni er við sjávarmál en heillegt hraun nær niður á 88-90 m dýpi. Undir því kom í gjall eða sand og var borun hætt í 96,5 m. Efst í holunni er jafn hiti um 88°C vegna uppstreymis gufu sem kemur inn í holuna við neðri enda fóðurrörs í 37,4 m dýpi. Neðan þess kólnar holan og er um 67°C við sjávarmál. Neðan vatnsborðs fellur hiti hratt með dýpi og er kominn undir 25°C í 90 m. Vatnslag með hærri hita en 40°C er aðeins um 10 m þykkt. Innan heillegs hrauns eru veggir holunnar tiltölulega þéttir en lekt verður greið þegar komið er í gjallið neðan við 90 m. Dæling úr holunni mundi að líkindum draga mest inn í botni og hiti vatns sem upp kæmi yrði undir 25°C. Líklegt er að dæla mætti um 50 l/sek með fárra metra niðurdrætti.

Síðari holan (VG-7) var boruð nærri gossprungunni norður af Eldfellsgíg, sjá mynd 1 í Viðauka I. Landhæð þar er um 71,5 m. Holan er um 40 m vestan sprungunnar, um 80 m innan við gömlu ströndina, þar sem landhæð fyrir gos var um 10 m. Botn nýja hraunsins virtist vera á um 59 m dýpi í holunni. Eldra berg þar undir var laust og gjallríkt. Vatnsborð reyndist við sjávarmál en borað var í 100 m dýpi. Hraunið hafði ekki verið kælt með vökvun fyrir borun á þessum stað

en efri hluti þess hefur kólnað af úrkomu auk varmaleiðingar. Hiti í holunni er verulega truflaður vegna kælingar í borun og hræringar skolvökva innan holunnar. Ljóst er þó að berghiti, sem er um 100°C efst í holunni, vex snögglega, þegar kemur niður á 34 m, nær hámarki yfir 360°C á 52-56 m, en lækkar svo ört til botns nýja hraunsins, þar sem hann er um 250°C. Í gamla berginu fellur hiti enn hratt með dýpi. Hann er nærri 100°C í vatnsborði við sjávarmál á 71 m dýpi en er kominn í 40°C í 83 m og nærri 25°C í 100 m. Vatnslag heitara en 40°C er hér um 10 m þykkt. Dæluþrófun á þessari holu (Sæþór L. Jónsson, Guðni Axelsson og Hrefna Kristmannsdóttir, 1987) sýndi að bergið undir nýja hrauninu er vel lekt og ná mætti 50 l/sek úr holunni með nokkurra metra niðurdrætti. Hiti vatnsins yrði um 30-35°C í fyrstu en færi líklega lakkandi með lengri dælingu. Selta vatnsins er svipuð og í sjó. Súrefni er verulega lægra en í sjó, en þó í nægilegum styrk til að valda örri tæringu á stáli. Styrkur járn og mangans er verulega hærri en í sjó. Búast má við nokkrum rekstrartruflunum vegna útfellinga á járn samböndum.

Sjávarfalla gætir í holu VG-7. Sveifla vatnsborðs í holunni er um 30% af sveiflu í sjó við ströndina en kemur fram um 150 mínútum seinna en í sjó. Tengsl í vatnsleiðni við sjó virðast því greið. Vatnsborð í holu VG-6 sveiflast einnig af völdum sjávarfalla en nákvæm skráning hefur ekki verið gerð.

Ljóst er af niðurstöðum þessara borana, að þær vonir, sem menn höfðu um vinnslu 60-100°C heits vatns úr botni hraunsins eða bergi undir því, hafa brugðist. Reikningar á hita í kyrrstæðu vatni bentu til þess, að vatn gæti verið á suðumarki í efstu 50 m neðan vatnsborðs á um 1 km<sup>2</sup> svæði. Niðurstöður borananna sýna hins vegar, að straumar af völdum sjávarfalla eru svo sterkir, að þeir hafa náð að skola þessum varma burt að mestu.

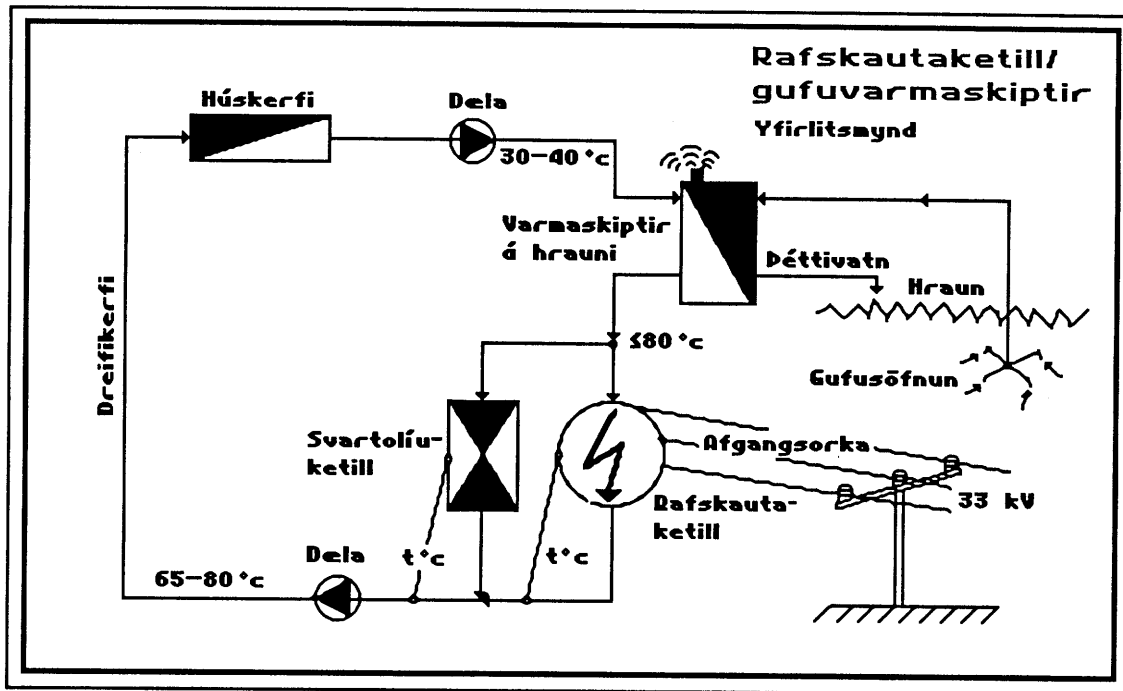
Vatnslag heitara en 40°C er tæplega 10 m þykkt. Sá hluti bergsins, sem hefur greiðasta vatnsleiðni, er jafnframt kaldastur. Því verður meðalhiti þess vatns, sem dælt er úr holum, ekki hærri en 25-35°C. Athyglisvert er að sömu niðurstöður fengust í holu VG-6, sem er í 600 m fjarlægð frá sjó og eingöngu í nýju hrauni, og í holu VG-7, sem er 850 m frá sjó og inni á gamla landinu, rétt við gossprunguna og 500 m frá miðju Eldfellsgígsins. Skýra mætti kælingu í holu VG-6 þannig, að sjór hafi með tíma kælt ysta kraga nýja hraunsins og sé almennt kominn undir hraunið, þar sem borholan stendur. Auk þess gæti afrennsli frá vökvunarsvæðinu, sem þarna var rekið, hafa flýtt fyrir kælingu neðri hluta hraunsins. Þessar skýringar eiga ekki við holu VG-7, þar sem ekkert hafði verið vökvað fyrir borun. Sjávarstraumar í gamla berginu virðast nægilega sterkir til að kæla sjálfa gossprunguna á þessum stað. Til þess að berg haldi hita sínum í návist slíkra strauma, þarf það að vera vel þétt. Af því leiðir hins vegar, að borhola í þétt bergið mundi ekki ná úr því umtalsverðu vatni. Líkur á því að finna umtalsverðan, og vinnanlegan heitan vatnsforða virðast hverfandi við þessar aðstæður. Þykkt og víðátta vatnslags með eftirsóknarverðum hita er aðeins brot af því sem vænst var, og erfitt verður að komast hjá blöndun við kaldara vatn við langvarandi vinnslu.

#### 4. Núverandi kostir í orkuöflun og samanburður á hagkvæmni þeirra.

Í ljósi þeirra upplýsinga sem fengust við borun rannsóknarholanna í hraunið og tilraunadælingu úr annarri þeirra, er ljóst að ekki er unnt að mæla með nýtingu þess vatns eins og hún var hugsuð í skýrslu Nr. 87-4. Þar af leiðandi falla út nokkrir af þeim kostum sem helst þóttu koma til greina samkvæmt mynd 44 í skýrslu Nr. 87-4.

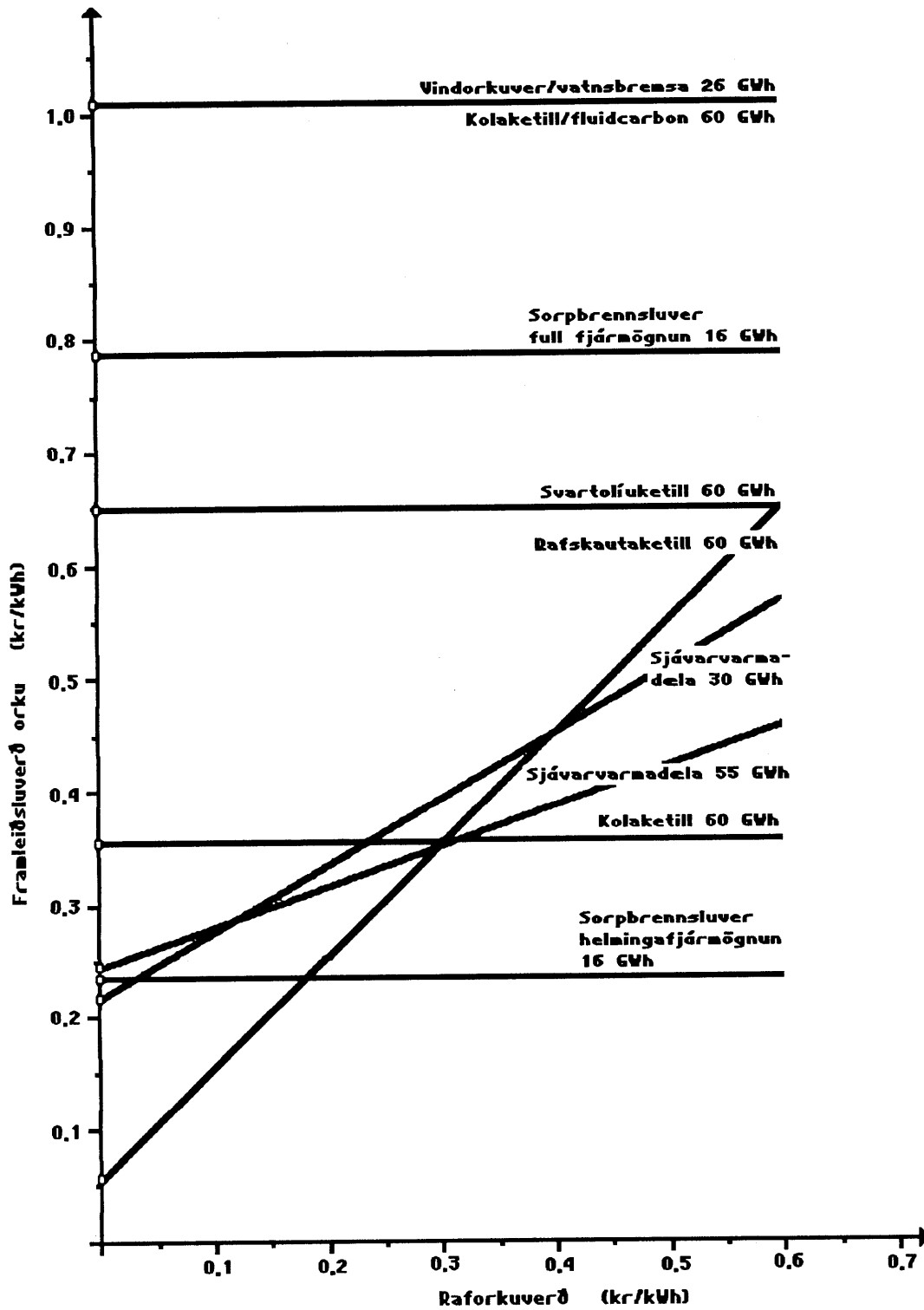
Hagkvæmni þess að nýta 40°C heitt vatn fyrir varmadælur byggðist á því að hluti virkjunarkostnaðar hefði verið afskrifaður á tímabili hærri vatnshita. Vegna óvissu um endingu 25-35°C vatnshitans úr hrauninu er óvarlegt að leggja í stofnkostnað við búnað sem miðar að nýtingu þessa vatns.

Á myndum (d)-(h) hér að framan má sjá, að ef sá kostur fellur út að nýta vatn úr hrauninu með dælingu hvort heldur sem er með varmaskiptum eða varmadælu, stendur aðeins mynd (h) eftir með þeim viðbótarmöguleika að nýta áfram sem hlutaafli vatn frá gufuvarmaskiptunum á hrauni, svo lengi sem það telst vera hagkvæmt. Þetta fyrirkomulag er sýnt á mynd 1.



Mynd 1

**SAMANBURÐUR Á FRAMLEIÐSLUVERÐI ORKU  
FRÁ MISMUNANDI ORKUGJÖFUM**



Mynd 2

Á mynd 2 er sýndur samanburður á framleiðsluverði orku frá mismunandi orkugjöfum, óháð því hve stórum hluta af orkuþörf FJAVE hann getur fullnægt. Þeir kostir sem hagkvæmastir virðast vera í dag án tillits til þess hvort þeir anni allri orkuþörf FJAVE, 60 GWh eða hluta, eru sorpbrennsluver (helminga-fjármögnun), kolaketill, sjávarvarmadæla, rafskautaketill og svartolíuketill. Fer það síðan endanlega eftir raforkuverðinu hver innbyrðis hagkvæmniröð þeirra verður.

Á mynd 3 er sýndur samanburður á langtíma orkuframleiðslukostum FJAVE, miðað við að sinnt sé allri orkuþörfinni, 60 GWh á ári. Sjá má að þegar raforkuverðið er lægra en  $k_L=0,16$  kr/kWh, verður orkuframleiðsla frá rafskautakatli hagkvæmust. Þar næst sá kostur að rafskautaketill framleiddi 30 GWh og sjávarvarmadæla 30 GWh og er þá miðað við að sama raforkuverð fái til reksturs rafskautakets og varmadælu. Þá er sá kostur að framleiða 55 GWh með sjávarvarmadælu og 5 GWh með svartolíu. Síðan kemur kolaketill og þar á eftir svartolíuketill.

Þegar raforkuverðið fer yfir 0,16 kr/kWh verður sá kostur hagkvæmari en hreinn rafskautaketsrekstur, að framleiða 30 GWh með rafskautakatli og 30 GWh með sjávarvarmadælu. Jafnframt verður kolaketill hagkvæmari en rafskautaketill þegar raforkuverðið fer yfir 0,31 kr/kWh.

Eftir að raforkuverðið fer yfir 0,45 kr/kWh verður kolaketill hagkvæmasti kosturinn til 60 GWh orkuframleiðslu fyrir FJAVE. Þar á eftir sá kostur að framleiða 30 GWh með rafskautakatli og 30 GWh með sjávarvarmadælu.

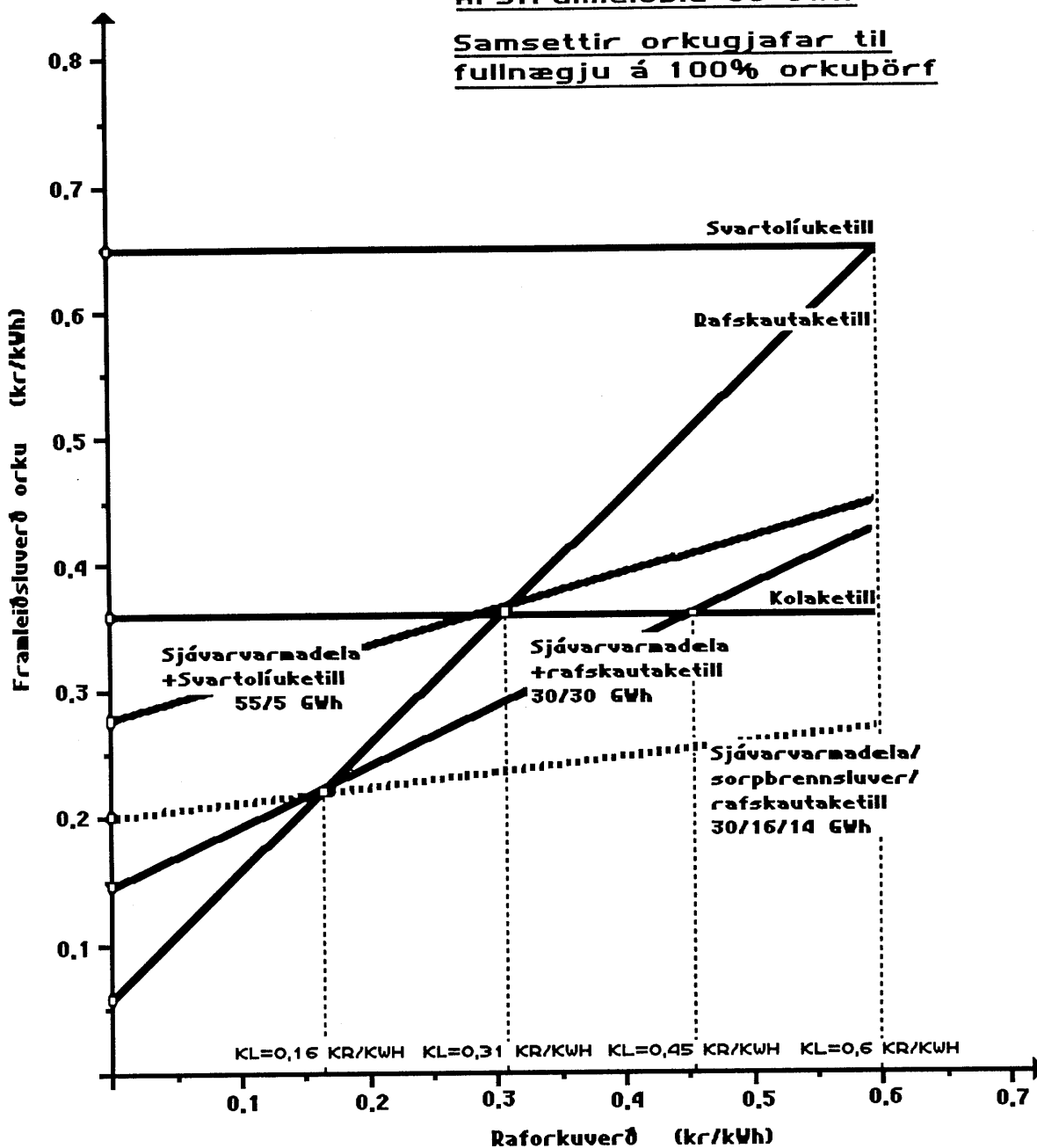
Þegar raforkuverðið fer yfir 0,60 kr/kWh verður svartolíuketill hagkvæmari orkuframleiðslukostur fyrir FJAVE en rafskautaketill.

Fyrir raforkuverð á bilinu 0,16-0,45 kr/kWh er hagkvæmast fyrir FJAVE að framleiða 60 GWh á ári með 30 GWh frá rafskautakatli og 30 GWh frá sjávarvarmadælu. Í stað sjávarvarmadællunnar, eða með henni til aukningar grunnafis, kæmi einnig til álita að framleiða 16 GWh með sorpbrennsluveri. Í dæminu sem tekið er í mynd 3 er gert ráð fyrir að FJAVE fjármagni sorpbrennsluverið að hálfu á móti bæjarsjóði og varmi frá sjávarvarmadælu og sorpbrennsluveri nýtist að fullu

### Langtíma orkuframleiðslukostir FJAVE

Ársframleiðsla 60 GWh

Samsettir orkugjafar til  
fullnægju á 100% orkuþörf



Mynd 3

## 5. Umræða um niðurstöður.

Borun tveggja rannsóknarhola í hraunið í Vestmannaeyjum og tilraunadæling úr annarri þeirra leiddi í ljós, að hiti vatns (sjávar) sem unnt yrði að ná með dælingu úr hrauninu er um 25-35°C. Þær vonir, sem menn höfðu um vinnslu 60-100°C heits vatns úr botni hraunsins eða bergi undir því, hafa brugðist. Ekki er hægt að mæla með fjárfestingu fyrir FJAVE sem miðar að nýtingu þessa vatns vegna óvissu um endingu vatnshita og kostnaðarauka vegna tæringar.

Ef FJAVE fær raforku til reksturs varmadælu á sama verði og til rafskautaketils á bilinu 0,31-0,45 kr/kWh, verður hagkvæmniröð langtíma orkuframleiðslukosta FJAVE eftirfarandi miðað við 60 GWh orkuframleiðslu á ári, sjá mynd 3.

1. Sjávarvarmadæla 30 GWh og rafskautaketill 30 GWh.
2. Kolaketill 60 GWh.
3. Sjávarvarmadæla 55 GWh og svartolíuketill 5 GWh.
4. Rafskautaketill 60 GWh.
5. Svartolíuketill 60 GWh.

Á mynd 3 er jafnframt sýnt dæmi um hagkvæmni samnýtingar orku samtals 60 GWh, frá sjávarvarmadælu (30 GWh), sorpbrennslu (16 GWh) og rafskautakatli (14 GWh). Þar er gert ráð fyrir að FJAVE fjármagni sorpbrennsluna að hálfu á móti bæjarsjóði Vestmannaeyja, sem kostar rekstur hennar.

Hver orkugjafinn, sem valinn kann að verða, gefur jafnframt kost á að nýta jafnhliða gufuvarmaskiptana á hrauni svo lengi sem það verður talið hagkvæmt.



## **VIÐAUKAR.**

- I. Borun rannsóknarhola í Eldfellshraun 1987.  
(Sveinbjörn Björnsson).....23 bls.
- II. Vestmannaeyjar. Dæluþrófun holu VG-7.  
(Sæþór L. Jónsson, Guðni Axelsson og Hrefna  
Kristmannsdóttir).....13 bls.
- III. Viðræður FJAVE um kaup á ótryggri raforku  
(Eiríkur Bogason ).....2 bls.

# **VIÐAUKI I.**

**Borun rannsóknarhola í Eldfellshraun 1987.  
(Sveinbjörn Björnsson).....23 bls.**

## Borun rannsóknarhola í Eldfellshraun 1987

### Efnisyfirlit

1. Inngangur
2. Meginniðurstöður
3. Val á borstöðum
  - 3.1 Hola VG-6
  - 3.2 Hola VG-7
4. Gangur borunar
5. Mælingar í borholum
6. Umræða um niðurstöður
7. Heimildir
8. Listi yfir myndir

### Fylgiskjöl

- F.1 Verksamningur við Jarðboranir h.f.
- F.2 Verkbeiðni til Jarðhitadeildar Orkustofnunar um dæluprófun.

## 1. Inngangur

Nefnd um orkuöflun til húshitunar í Vestmannaeyjum gerði grein fyrir fjölda leiða til orkuöflunar og mat kostnað við hverja þeirra (Iðnaðarráðuneytið, Nr. 87-4,1987). Ein leið sem um var fjallað byggðist á hugmyndum um heitt vatn sem safnast hefði í neðri hluta nýja hraunsins og berg næst undir hrauninu, er hitnað hefði með varmaleiðingu frá bráðnu hrauninu sem yfir liggur. Reikningar sýndu að undir hrauni sem nær 50 m þykkt, ættu um 30 m bergsins næst botninum að hafa hitnað svo, að þar væri nú vatn við suðumark. Heitt vatn, sem stæði þannig í hrauninu og berginu undir því, væri varmanáma, sem hagkvæmt yrði að virkja með dælingu upp um borholur. Ef slíkt vatnslag hefði 1 km<sup>2</sup> víðáttu og um 50 m þykkt á suðumarkshita, holrými um 5% í berginu, yrði vatnsforðinn um  $2,5 \cdot 10^6$  m<sup>3</sup> eða álíka að magni og það vatn sem þyrfti til hitunar bæjarins í 3 ár. Áður en þessi forði næðist aftur, færi þó að dragast inn kaldara vatn eftir sprungum.

Í þessum reikningum var gert ráð fyrir nær kyrrstæðu vatni í berginu, áður en dæling byrjaði. Enda þótt vitað væri að sjávarfalla gætti í hrauninu var talið að bergið væri nægilega þétt til að deyfa kælandi strauma af þeirra völdum. Mat á hagkvæmni sýndi að þessi leið, dæling á heitum sjó úr hrauninu og nýting varma hans í varmaskiptum, var til muna ódýrari kostur en aðrir svo lengi sem hiti vatnsins úr hrauninu héldist yfir 60°C.

Á fundi í iðnaðarráðuneyti 6. mars 1987 kynnti nefndin Albert Guðmundssyni, iðnaðarráðherra meginniðurstöður sínar, þar á meðal þessa hugmynd, og fól hann nefndinni að kanna með rannsóknarborunum, hvort dæling heits vatns úr hrauninu væri raunhæfur kostur.

Nefndin lauk upphaflegu verkefni sínu með skýrslu í apríl 1987 en þrír nefndarmanna, Guðmundur Pálmason, Sveinbjörn Björnsson og Wilhelm V. Steindórsson sáu um framkvæmd borananna í maí og júní 1987 í samráði við Eirík Bogason, veitustjóra Vestmannaeyja. Hér á eftir verður greint frá framkvæmd verksins og niðurstöðum þess.

## 2. Meginniðurstöður

Ljóst er af niðurstöðum sem fengust í tveimur rannsóknarholum, að þær vonir sem menn höfðu um vinnslu 60-100°C heits vatns úr botni nýja hraunsins eða bergi undir því, hafa brugðist. Straumar af völdum sjávarfalla eru svo sterkir að þeir hafa náð að skola burt þeim varma sem eftir var sóst. Vatnslag heitara en 40°C er tæplega 10 m þykkt. Sá hluti bergsins, sem hefur greiðasta vatnsleiðni er jafnframt kaldastur. Því verður meðalhiti þess vatns sem dælt er úr borholum ekki hærri en 25-35°C. Líkur á því að finna umtalsverðan heitan vatnsforða virðast hverfandi við þessar aðstæður. Þykkt og víðátta vatnslags með eftirsóknarverðum hita er aðeins brot af því sem vænst var, og erfitt verður að komast hjá blöndun við kaldara vatn við langvarandi vinnslu. Ennfremur má búast við rekstrarerfiðleikum og kostnaðarauka vegna tæringar og útfellinga. Hugsanlegt væri að nýta rannsóknarholurnar til að ná vatni til reksturs varmadælu. Úr hvorri holu mætti dæla um 50 l/s með fárra metra niðurdrætti á vatnsborði en lyfta þyrfti vatninu um 80 m til yfirborðs hraunsins með djúpdælu. Að svo stöddu virðast þó aðrir kostir nærtækari, svo sem volgt vatn sem kemur fram í fjöru við Skansinn.

## 3. Val á borstöðum

### 3.1 Hola VG-6

Markmið borunar var að kanna, hvort í nýja hrauninu eða eldra bergi undir því stæði heitt vatn, sem dæla mætti upp til hitunar. Borholurnar áttu að marka sem best víðáttu þess svæðis, sem líklegt væri að geymdi vinnanlegt heitt vatn. Jafnframt var til þess horft, að hitaveitan gæti nýtt holurnar síðar til þess að ná volgu vatni fyrir varmadælu. Æskilegt var að borholurnar yrðu ekki fjarri núverandi veitukerfi, til að spara kostnað í lögnum.

Ákveðið var að bora fyrstu holuna (VG-6) á vökvunarreit 4.3, (hnit X = 2915 m, Y = 5265 m) í um 72,5 m hæð y.s. (sjá mynd 1, staður B). Fyrir gos var brekka á sjávarbotni á þessum stað, dýpi 20-40 m. Fyrstu tvo sólarhringa gossins rigndi ösku og gjalli í þessa átt en hraun fylgdi fast á eftir og var komið yfir þetta svæði innan viku. Þarna mátti því búast við 20-40 m þykkt á nýju hrauni neðan sjávarborðs en heildarþykkt 90-110 m. Ein ástæða til að byrja á þessum stað var lágur hraunhiti ofan sjávarborðs. Á stöðum þar sem hraunið er nýstorknað og þurrkt ofan vatnsborðs getur berghitinn verið langt yfir 500°C og valdið erfiðleikum í borun og við rekstur djúpdælu, nema stöðugt sé kælt. Vökvun á þessum reit í rúm þrjú ár hafði kælt bergið a.m.k. niður að suðumarki.

### 3.2 Hola VG-7

Í skýrslu nefndarinnar (Iðnaðarráðuneytið, Nr. 87-4,1987) var sýnd á mynd 23 hugmynd um fjóra borstaði (sjá mynd 1). Auk staðar B sem varð hola VG-6, var rætt um borun á stað A, sem er á vinnusvæði FJAVE milli vökvunarsvæða 1 og 2. Sá staður þótti þó fullnærri sjó og var því frekar hallast að stað C, sem er á fyrsta tilraunasvæði vökvunar, rétt vestan við gossprunguna og um 70 m utan við gömlu strandlínuna. Fjórði staðurinn, sem til greina kom, var staður D í gígmynninu. Hola boruð þar mundi kanna, hvort eitlar eða innskot frá gígnum eða gossprungunni hefðu hitað berg og vatn í gígmynninu.

Þegar ljóst varð með borun VG-6, að sjór hafði þar náð að kæla berg að mestu undir sjávarborði, voru hugmyndir um borstaði teknar til endurskoðunar. Æskilegt þótti að bora holu VG-7, þar sem mestar líkur voru taldar á jákvæðum árangri. Sá staður ætti að vera sem lengst frá núverandi strönd. Ef borað væri inni á gamla landinu, þar sem hraunið hafði ekki verið kælt með vökvun, væri líklegt að botn nýja hraunsins væri um 500°C heitur og berg þar undir hefði hitnað með varmaleiðingu frá nýja hrauninu. Ofan vatnsborðs mundi hiti í gamla berginu ekki nýtast, en bestar aðstæður ættu að vera nærri gömlu strandlínunni, þar sem eldra berg með vatni er í snertingu við nýja hraunbotninn. Í öðru lagi var ekki vitað hvort gossprungan hefði haldist heit vegna gasuppstreymis. Til að kanna það ætti holan að vera nærri gossprungunni. Í þriðja lagi kom til greina að treysta fremur á hita frá innskotum undir gígnum og bora sem næst honum. Þar kom til greina staður D eða staður E (sjá mynd1) sem þótti hentugri sem borstaði og var auk þess nær gossprungunni. Ekki hafa orðið nein umbrot við gíginn sem gætu bent til þykkra innskotseitra á borð við þykkt hraunsins sjálfs. Líklegt er að innskot hafi ruðst undir vesturbarm gígsins og valdið framskriði hans í gosinu. Þykkt þess innskots er þó tæplega margir tugir metra. Vegna óvissu um tilvist stærri innskota þótti réttara að láta holu VG-7 kanna, hvort heitt vatnslag hefði myndast undir hrauninu vegna varmaleiðingar um botn hraunsins. Til þess þótti álitlegast að bora við gömlu strandlínuna sem næst gossprungunni. Ef heitt vatn stæði undir gígnum, mundi það dragast að þessari holu við langvarandi dælingu. Holu VG-7 var því valinn staður með hnit  $X=3387$  m,  $Y=5382$  m í um 71,5 m hæð y.s. (sjá mynd 1). Fyrir gos var landhæð á þessum stað um 10 m samkvæmt korti. Staðurinn er um 80 m innan við gömlu ströndina. Farið var svo langt frá fjörumörkum til að forðast grjóturð undir hömrum á gömlu ströndinni. Staðurinn er um 40 m vestan við gossprunguna. Fyrstu daga gossins hlóðust þarna upp gjallhaugar við sprungubarminn en síðar var þessi staður í meginstraumi hrauns frá Eldfellsgígnum og ekki var vitað, hvort sá straumur hefði megnað að ryðja með sér gjallinu.

Þessi borstaður er á austurmörkum þess svæðis sem kælt var með dælingu á sjó á dögum gossins. Hraunið hefur ekki verið kælt með vökvun fyrir varmaskipta en hefur orðið fyrir eðlilegri kælingu af völdum úrkomu auk varmaleiðingar. Búist var við um 100°C niður á um 40 m dýpi þar sem hiti stjórnað af gufu frá úrkomu. Neðan þess kæmi í nýstorkið þurrt hraun með hita sem gæti verið allt að 600°C á 50 m dýpi en færi síðan lækkandi vegna varmaleiðingar til botns hraunsins.

Nokkur óvissa var, hvort borun yrði erfið í þessum heita kafla, en miðað við fyrri reynslu af borunum þótti líklegt að halda mætti hita í holunni niðri með nægilegri kælingu. Erfiðara gæti hins vegar orðið að eiga við gjallhauga undir hrauninu og ofan á gamla berginu.

#### 4. Gangur borunar

Nefndarmenn leituðu aðstoðar hjá vinnslutæknideild Jarðhitadeildar um gerð verklýsingar fyrir borun holanna. Sverrir Þórhallsson, verkfræðingur veitti þessa aðstoð. Vegna fyrri reynslu starfsmanna Jarðborana h.f. við borun í Eldfellshraunið, jafnt bráðið sem storkið, var leitað samninga við Jarðboranir h.f. um framkvæmd borverksins og undirritaður verksamningur sem hér fylgir (sjá Fylgiskjal 1). Borstjóri var Karl Steinberg Steinbergsson en yfirverkstjóri Guðmundur Sigurðsson. Notaður var borinn Glaumur.

##### 4.1 Borun holu VG-6

Gangur borunar holu VG-6 er sýndur á mynd 2 og gerð hennar er lýst á mynd 3. Grafið var um 5,8 m fyrir 16" yfirborðsfóðringu og borkjallara. Stálhólkur, um 2 m í þvermál, var notaður í veggkjallarans. Borað var með 12 1/4" tannhjólakrónu og nýrri tegund gelblöndu frá 5,8 m. Berg var fremur laust en hola lekalaus niður í 33,8 m. Í 35 m fór berg að harðna. Í 37,4 m brotnaði neðri endi á drifstöng (kelly). Meðan á viðgerð stóð var holan fóðruð með 10 3/4" í 37,4 m og fóðring steypt. Áfram var borað með 8 5/8" lofthamri í 72,5 m en þar var búist við vatnsborði. Holan var nú lek og nokkur hættu á hrúni. Því var steypt í holuna og steypan boruð úr með 6 3/4" lofthamri og dýpkað í 94 m. Ekki bar á innstreymi vatns fyrr en í 83 m. Bergið var heillegt en tók að linast í 88,5 m og komið var í gjall eða sand í 90 m og grjót í 94 m. Hamarinn festist um stund þar niðri og svo aftur í upptekt á 88-89 m. Þegar hamarinn losnaði úr festu var rýmt með 9 7/8" lofthamarskrónu. Gekk það vel niður í 56-57 m en þá var krónan orðin tannlaus á ysta hring. Skipt var yfir í 9 7/8" tannhjólakrónu með rýmara og holan rýmd til botns. Komið var niður úr heillegu bergi í 88,5 m en þaðan í 92 m var borað í lausu bergi. Skipt var í 6 3/4" tannhjólakrónu og borað með geli í 96,5 m en hrún var töluvert og stóð holan ekki opin nema í 92 m. Hún var þá hreinsuð með lofti í 96,5 m og borun hætt. Þar sem hiti mældist lágur og fór lækandi til botns var ákveðið að fresta niðursetningu á raufuðum leiðara. Hraun ofan 88 m virtist svo heillegt að ekki var talin hættu á hrúni úr veggjum.

#### 4.2 Borun holu VG-7

Gangur borunar holu VG-7 er sýndur á mynd 4 og gerð hennar er lýst á mynd 5. Grafið var fyrir borkjallara og 16" yfirborðsfóðringu niður á 4,5 m. Byrjað var að bora með 15" tannhjólakrónu og gelblöndu. Berg fór að harðna í 7,8-8 m og varð vel hart í 10 m. Fóðurrör 13 3/8" sem setja átti í holuna reyndust með of mikla veggþykkt fyrir 12 1/2" lofthamar. Því var ákveðið að styrkja vegg holunnar með steypu en hætta við þessa fóðringu. Holan var boruð áfram með 12 1/2" lofthamri í 53,1 m. Í 26,8 m fór að bera á hita og voru vatn og sápa notuð til kælingar. Þegar kom niður fyrir 34 m fór jörð að rjúka á borstaðnum. Í 53 m var berg brunakennt og stóð illa. Kúpling borsins bilaði og þegar viðgerð hennar lauk reyndust borhamar og rýmari fastir. Dregið var upp um 7 m en festa var enn á rýmara. Vatn var látið renna um plastslöngu niður að rýmara um nótt og morguninn eftir var hann laus. Hugsanlegt er að berg á þessu dýpi hafi náð að hitna verulega meðan á viðgerð kúplingar stóð og kæling með vatni um nóttina hafi hjálpað. Önnur skýring væri að vatnið hefði skolað rusli af rýmaranum. Nú var skipt yfir í 12 1/4" tannhjólakrónu og borað frá 46,4 m með geli í 67,4 m. Bergið virtist mest brunagjall, stóð vel með gelinu en ekkert svarf kom upp. Holan var nú fóðruð með 10 3/4" og fóðring steipt í neðri enda. Áfram var borað með 6 3/4" lofthamri í 86,6 m en bergið var ruslkennt og stóð illa. Því var skipt yfir í 9 7/8" tannhjólakrónu og rýmara. Holan var rýmd úr 67,4 m og borað í 100,5 m. Í holuna var settur leiðari 8 5/8" sem stóð á botni og náði upp í 53,5 m dýpi. Efstu 15,4 m eru óraufaðir. Borstengur voru settar niður í botn í leiðaranum og lofti dælt en ekkert kom upp.

Við fyrstu tilraun til dælingar úr holunni (Sæþór Jónsson o.fl. 1987) slitnaði dælustrengur og dælan féll til botn. Við fiskun kom allur leiðarinn upp úr holunni en var látinn aftur niður.

#### 5. Mælingar í borholum

Hiti var mældur í báðum rannsóknarholunum þegar færi gafst í borun og eftir að henni lauk. Til mælinga var notaður rafviðnámsmælir RH 52 frá JHD OS, nema annars sé getið. Mynd 6 sýnir hitamæliferla úr holu VG-6. Mæling 1, (2.6.) er gerð inni í stöngum. Borað dýpi var 94 m en lofthamar í 88-89 m. Kvöldið áður var dælt a.m.k. 20-30 m<sup>3</sup> af vatni og leðju niður í holuna til að losa borinn úr festu. Ofan vatnsborðs (um 73 m) voru hitagildi óstöðug. Borun holunnar í 96,5 m lauk 4.6. Mælingar 2, 3 og 4 eru gerðar 9., 10., og 11.6 og 5. mæling 15.6. Þá er gufa tekin að streyma inn í holuna neðan fóðurrörs í 37,4 m. Hiti í vatnsborði (72,5m) er um 60°C en um 18°C í botni. Mæling 6 er gerð 20.6. Hiti hefur hækkað í 67°C í vatnsborði en er enn um 19°C í botni.



Myndir 7 og 8 sýna hitamæliferla úr holu VG-7. Mæling 1 (14.6.) er gerð þegar borað dýpi var um 53 m en borinn hafði verið fastur á 46-48 m frá því kvöldið áður. Um nóttina rann vatn úr 1" plaströri sem náði niður á 46 m. Auk þess rann vatn úr 3" slöngu niður um stengur. Mælt var strax eftir að stengur voru teknar upp. Mæling 2 (15.6.) er gerð að morgni. Daginn áður var hola fóðruð í 67 m og neðri endi fóðringar steypdur. Vatn rann í holu utan á fóðurröri um nóttina til kælingar. Vatnsborð var í 59 m sem talið er yfirborð lands undir hrauninu fyrir gos. Mæling 3 (15.6.) er gerð seinni hluta sama dags, þegar borað hafði verið í 86,6 m með 6 3/4" lofthamri og tekið var upp til að skipta yfir í 9 7/8" tannhjólakrónu og rýmara. Mæling 4 (16.6.) er gerð inni í stöngum. Kvöldið áður var borað og rýmt í 87,6 m dýpi. Vatnsborð er í 71-72 m. Vatn rann utan á fóðurröri til kælingar um nóttina. Mæling 5 var gerð 23.6. en borun í 100 m lauk 16.6. Vatn hafði runnið úr 1" plaströri utan á fóðurröri til að halda þar hita niðri fram á 20.6. Auk þess var holan kæld við fiskun dælu 16.-20.6.

Mæling 6 er gerð 8.7. og við hana er notaður hitaspennumælir (Chrome-Alumel) sem náði niður á 65 m dýpi. Áður hafði verið reynt að mæla með rafviðnámsmæli OS eins og í fyrri mælingum en við þá tilraun skemmdist kapallinn og virtist bráðna í háum hita á 50 m dýpi. Ekkert vatn hafði runnið í holuna síðan 20.6. Í efsta hluta holunnar ræðst hiti af gufu og er um 100°C. Í 32 m kemur í berg með þurri gufu og hiti rís bratt í 280°C á fjórum metrum. Hæstur hiti um 340-360°C mælist á bilinu 50-57 m. Vegna raka frá skolvatni og kælivatni er líklegt að hiti í holunni mælist verulega lægri en ótruflaður berghiti. Við botn hraunsins mælist hiti um 250°C en hitamælirinn náði ekki niður að vatnsborði sem er í 71-72 m. Mæling 7 varð gerð með rafviðnámi 10.7. Holan var kæld frá kvöldi 8.7. með vatni sem rann utan á fóðurröri, um 25-30 l/mín úr 3/4" slöngu. Þetta var gert til að geta mælt dýpra en hitaspennumælir komst. Kælingin hefur lækkað hita ofan 60 m niður fyrir 50°C en hiti í 74 m rétt undir vatnsborði mælist 76,5°C. Þaðan kólnar hins vegar til botns og hiti í 100 m er aðeins 21,5°C. Mæling 8 (14.7.) var einnig gerð með rafviðnámi á meters bili frá 70-90 m. Hiti er svipaður og 10.7. enda kæling á fóðurröri. Þennan dag var fylgst með vatnsborði í 10 stundir. Háflóð mældist kl. 10:19 í 70,43 m en háflóð í Vestmannaeyjahöfn var kl. 8:04. Fjara mældist kl. 16:30 í 71,16 m.

Kæling var nú tekin af fóðurröri. Síðasta mæling í holunni, nr. 9 (10.8.) var gerð með 130 m löngum hitaspennumæli. Hún sýnir lægri hita ofan vatnsborðs en mæling 7 (8.7.). Í vatnsborði mælist nú 100°C hiti en hann fellur hratt með dýpi, er kominn í 40°C í 83 m og 28°C í 95 m.

## 6. Umræða um niðurstöður

Landhæð við holu VG-6 er um 72,5 m en sjávardýpi fyrir gos var talið 20-40 m. Vatnsborð í holunni er við sjávarmál en heillegt hraun nær niður á 88-90 m dýpi. Undir því kom í gjall eða sand og var borun hætt í 96,5 m. Efst í holunni er jafn hiti um 88°C vegna uppstreymis gufu sem kemur inn í holuna við neðri enda fóðurrörs í 37,4 m dýpi. Neðan þess kólnar holan og er um 67°C við sjávarmál. Neðan vatnsborðs fellur hiti hratt með dýpi og er kominn undir 25°C í 90 m. Vatnslag með hærri hita en 40°C er aðeins um 10 m þykkt. Innan heillegs hrauns eru veggir holunnar tiltölulega þéttir en lekt verður greið þegar komið er í gjallið neðan við 90 m. Dæling úr holunni mundi að líkindum draga mest inn í botni og hiti vatns sem upp kæmi yrði undir 25°C. Líklegt er að dæla mætti um 50 l/s með fárra metra niðurdrætti.

Síðari holan (VG-7) var boruð nærri gossprungunni norður af Eldfellsgíg. Landhæð þar er um 71,5 m. Holan er um 40 m vestan sprungunnar, um 80 m innan við gömlu ströndina, þar sem landhæð fyrir gos var um 10 m. Botn nýja hraunsins virtist vera á um 59 m dýpi í holunni. Eldra berg þar undir var laust og gjallríkt. Vatnsborð reyndist við sjávarmál en borað var í 100 m dýpi. Hraunið hafði ekki verið kælt með vökvun fyrir borun á þessum stað en efri hluti þess hefur kólnað af úrkomu auk varmaleiðingar. Hiti í holunni er verulega truflaður vegna kælingar í borun og hræringar skolvökva innan holunnar. Ljóst er þó að berghiti, sem er um 100°C efst í holunni, vex snögglega, þegar kemur niður á 32 m, nær hámarki yfir 360°C á 52-56 m, en lækkar svo ört til botns nýja hraunsins, þar sem hann er um 250°C. Í gamla berginu fellur hiti enn hratt með dýpi. Hann er nærri 100°C í vatnsborði við sjávarmál á 71 m dýpi en er fallinn í 40°C í 83 m og nærri 25°C í 100 m. Vatnslag heitara en 40°C er hér um 10 m þykkt.

Dæluprófun á þessari holu (Sæþór Jónsson o.fl., 1987, sjá Viðauka II) sýndi að bergið undir nýja hrauninu er vel lekt og ná mætti 50 l/s úr holunni með nokkurra metra niðurdrætti. Hiti vatnsins yrði um 30-35°C í fyrstu en færir líklega lækkingu með lengri dælingu. Selta vatnsins er svipuð og í sjó. Súrefni er verulega lægra en í sjó, en þó í nægilegum styrk til að valda örri tæringu á stáli. Styrkur járns og mangans er verulega hærri en í sjó. Búast má við nokkrum rekstrartruflunum vegna útfellinga á járnsamböndum

Sjávarfalla gætir í holu VG-7. Sveifla vatnsborðs í holunni er um 30% af sveiflu í sjó við ströndina en kemur fram um 150 mínútum seinna en í sjó. Tengsl í vatnsleiðni við sjó virðast því greið. Vatnsborð í holu VG-6 sveiflast einnig af völdum sjávarfalla en nákvæm skráning hefur ekki verið gerð.

Ljóst er af niðurstöðum þessara borana, að þær vonir, sem menn höfðu um vinnslu 60-100°C heits vatns úr botni hraunsins eða bergi undir því, hafa brugðist. Reikningar á hita í kyrrstæðu vatni bentu til þess, að vatn gæti verið á suðumarki í efstu 50 m neðan vatnsborðs á um 1 km<sup>2</sup> svæði. Niðurstöður borananna sýna hins vegar, að straumar af völdum sjávarfalla eru svo sterkir, að þeir hafa náð að skola þessum varma burt að mestu. Vatnslag heitara en 40°C er tæplega 10 m þykkt. Sá hluti bergsins, sem hefur greiðasta vatnsleiðni, er jafnframt kaldastur. Því verður meðalhiti þess vatns, sem dælt er úr holum, ekki hærri en 25-35°C. Athyglisvert er að sömu niðurstöður fengust í holu VG-6, sem er í 600 m fjarlægð frá sjó og eingöngu í nýju hrauni, og í holu VG-7, sem er í 850 m frá sjó og inni á gamla landinu, rétt við gossprunguna og 500 m frá miðju Eldfellsgígsins. Skýra mætti kælingu í holu VG-6 þannig, að sjór hafi með tíma kælt ysta kraga nýja hraunsins og sé almennt kominn undir hraunið, þar sem borholan stendur. Auk þess gæti afrennsli frá vökvunarsvæðinu, sem þarna var rekið, hafa flýtt fyrir kælingu neðri hluta hraunsins. Þessar skýringar eiga ekki við holu VG-7, þar sem ekkert hafði verið vökvað fyrir borun. Sjávarstraumar í gamla berginu virðast nægilega sterkir til að kæla sjálfa gossprunguna á þessum stað. Til þess að berg haldi hita sínum í návist slíkra strauma, þarf það að vera vel þétt. Af því leiðir hins vegar, að borhola í þétt bergið mundi ekki ná úr því umtalsverðu vatni.

Líkur á því að finna umtalsverðan heitan vatnsforða virðast hverfandi við þessar aðstæður. Þykkt og víðátta vatnslags með eftirsóknarverðum hita er aðeins brot af því sem vænst var, og erfitt verður að komast hjá blöndun við kaldara vatn við langvarandi vinnslu.

Mynd 8 sýnir snið gegnum Eldfellshraun og hugsanlegt hitaástand þess í ársbyrjun 1987. Þessi mynd var í skýrslu [87-4](#) en hefur nú verið endurskoðuð í ljósi mælinga úr rannsóknarholum VG-6 og VG-7. Er þá gert ráð fyrir að hiti við botn nýja hraunsins sé neðan sjávarmáls víðast um 20-25°C. Innan gömlu strandarinnar getur botn nýja hraunsins verið 250-500°C heitur og yfirborð sjávar í berginu þar undir nærri suðumarki en strax 20 m undir sjávarborði er hiti lægri en 40°C og fer lækkandi í 25°C 30 m undir sjávarborði vegna kælandi sjávarfallastrauma í berginu.

Þegar rannsóknarholurnar voru boraðar var haft í huga að hitaveitan eða aðrir aðilar kynnu að hafa áhuga á að nýta þær til annarra nota en beinnar hitunar, t.d. í rekstri varmadælu. Ef áhugi reynist á vinnslu 25-30°C vatns mætti dæla um 50 l/s úr hvorri holu. Lyfta þyrfti vatninu um 80 m með djúpdælu. Búast mætti við rekstrartruflunum vegna tæringar í dælubúnaði. Við langvarandi dælingu ættu uppleyst efni að líkjast efnum í sjó meir og meir. Að svo stöddu virðast þó ýmsir aðrir kostir nærtækari svo sem 25°C heitt vatn sem kemur fram í fjöru við Skansinn.

## 7. Heimildir

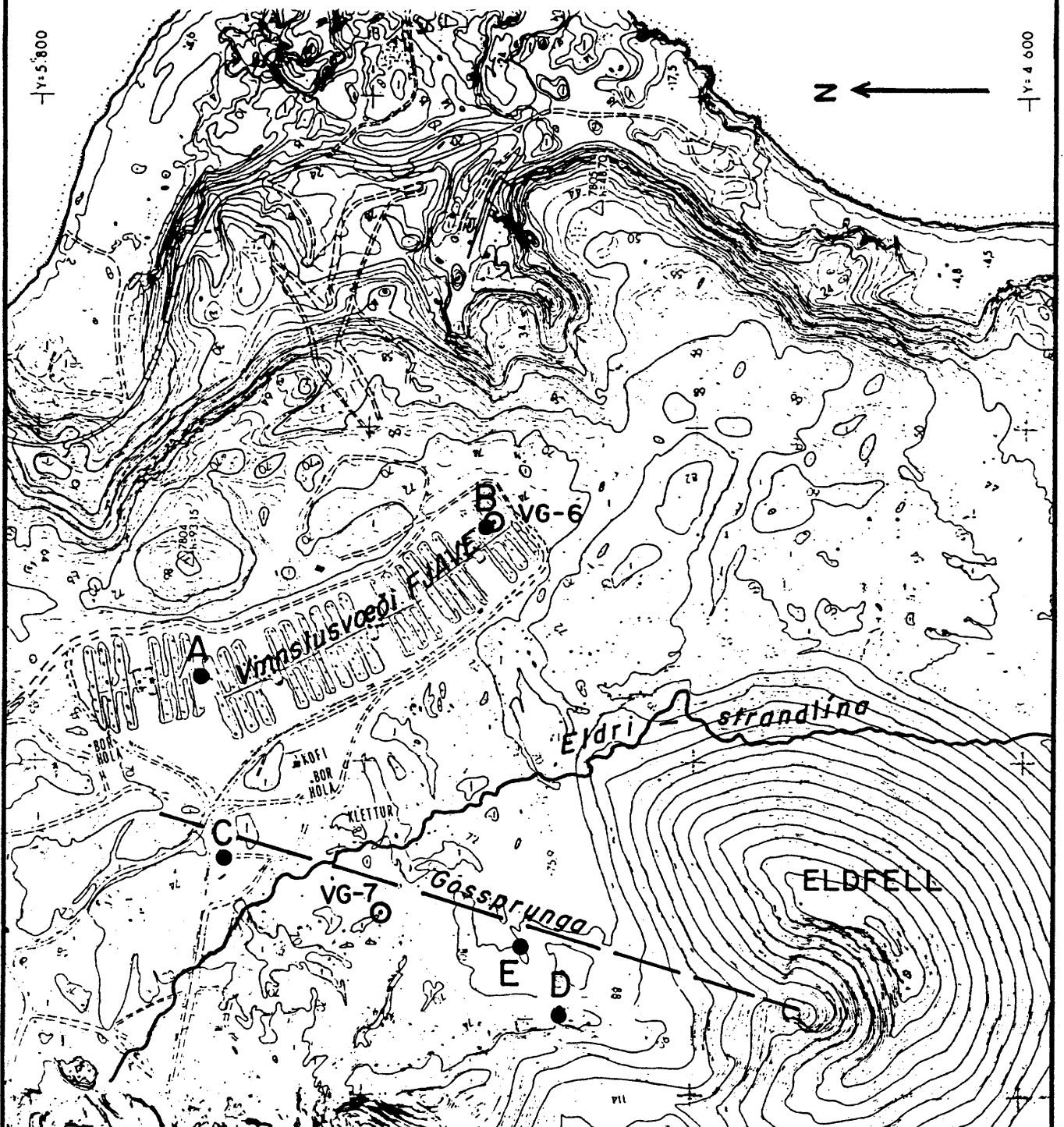
Iðnaðarráðuneytið, Nr. 87-4,1987: Orkuöflun til húshitunar í Vestmannaeyjum. Álit nefndar (Guðmundur Pálmason, formaður; Eiríkur Bogason, Sigmund Jóhannsson, Sveinbjörn Björnsson, Wilhelm V. Steindórsson og Örn Helgason). Iðnaðarráðuneytið Nr. 87-4, OS-87016/JHD-01, Apríl 1987, 154 bls.

Sæþór L. Jónsson, Guðni Axelsson og Hrefna Kristmannsdóttir:

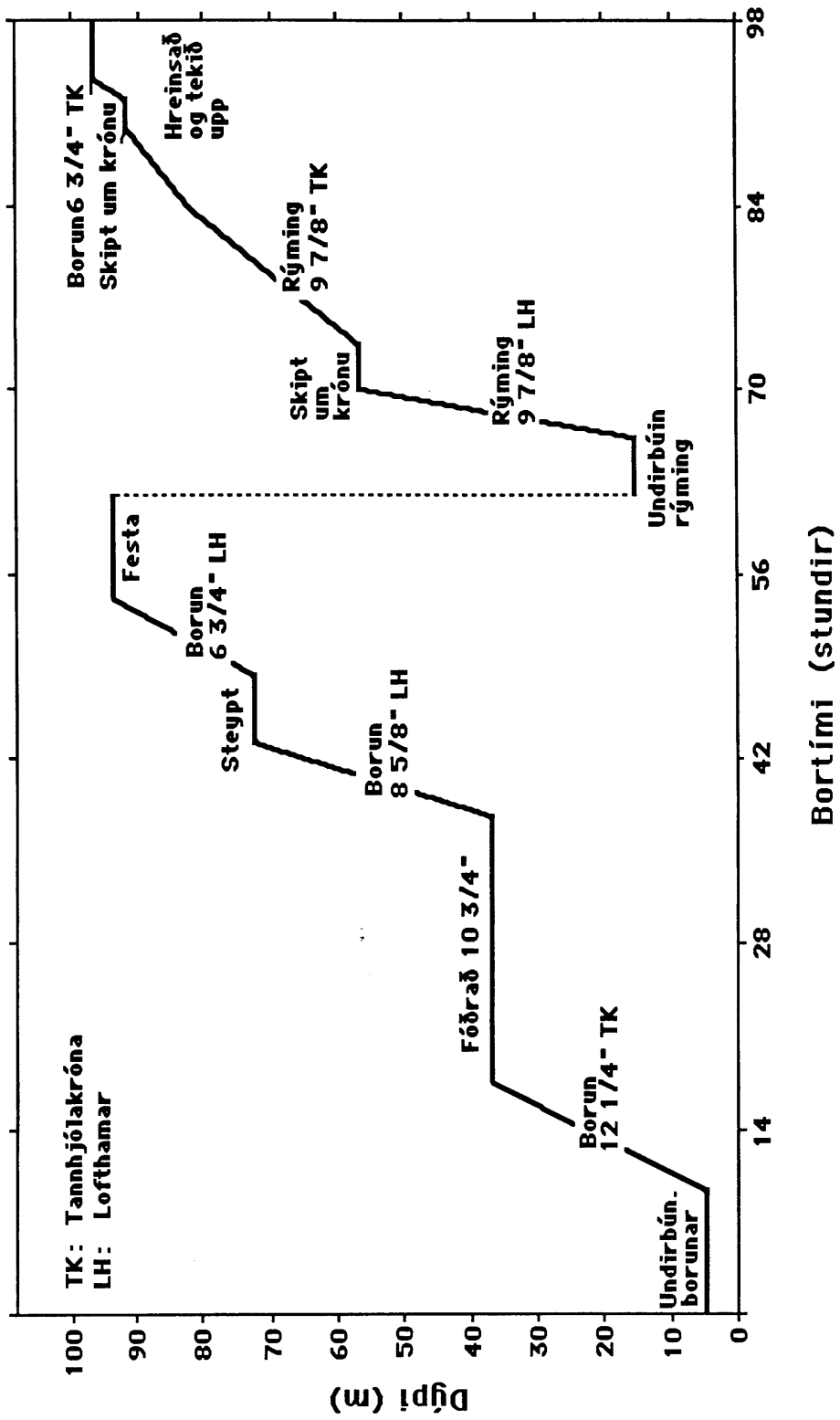
Vestmannaeyjar. Dæluþrófun holu VG-7. OS-87039/JHD-23 B, Október 1987, 13 bls.

## 8. Listi yfir myndir

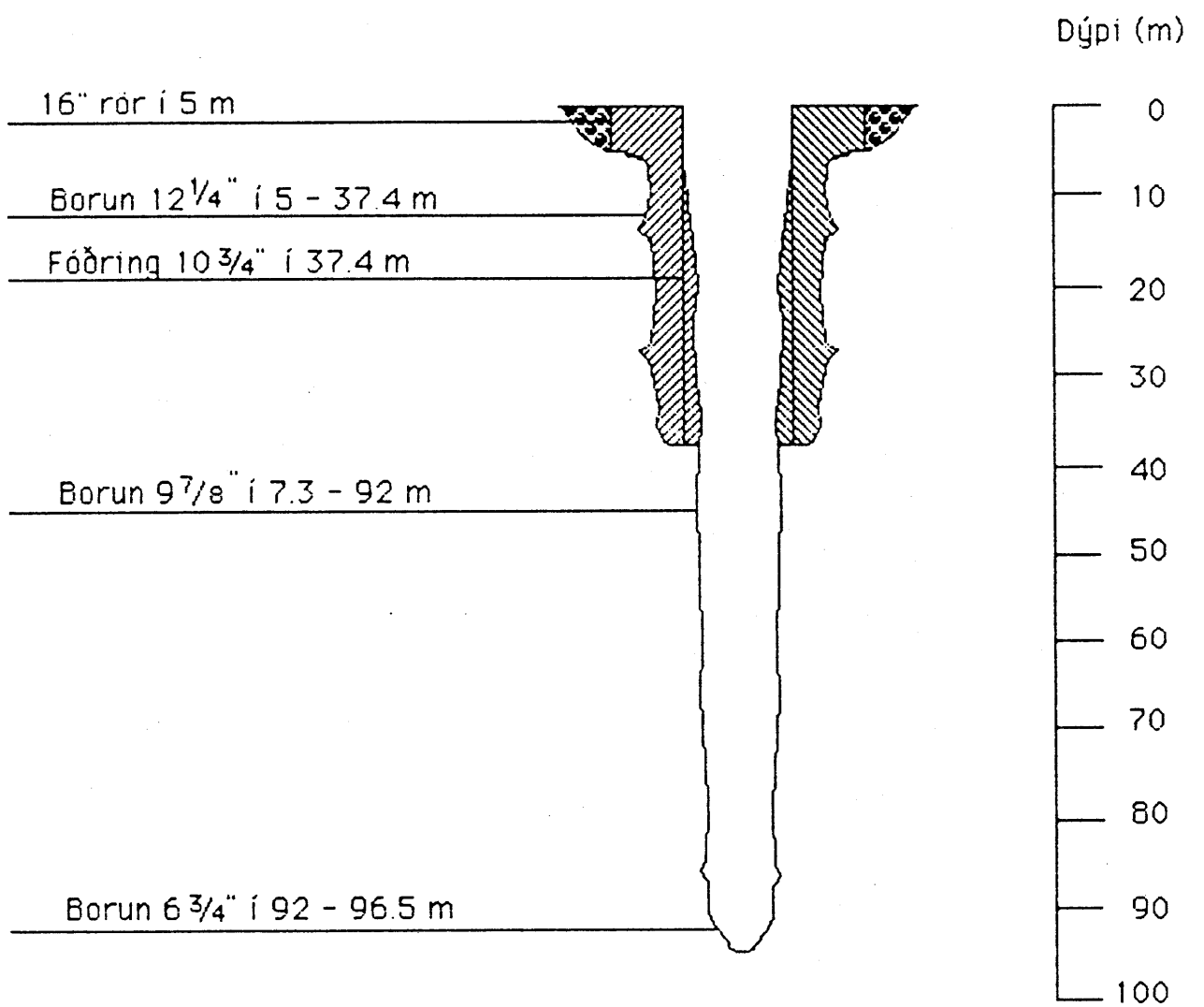
- Mynd 1. Kort af Eldfelli og austurhluta nýja hraunsins. Sýnd er lega gossprungu og vinnslu-svæðis FJAVE. Hugmyndir að staðsetningu rannsóknarhola eru táknaðar með bókstöfum A, B, C, D og E. Hóla VG-6 var boruð á stað B en hóla VG-7 við gossprunguna milli C og E.
- Mynd 2. Gangur borunar holu VG-6
- Mynd 3. Gerð holu VG-6
- Mynd 4. Gangur borunar holu VG-7
- Mynd 5. Gerð holu VG-7
- Mynd 6. Hitamæliferlar úr holu VG-6
- Mynd 7. Hitamæliferlar úr holu VG-7 (a)
- Mynd 8. Hitamæliferlar úr holu VG-7 (b)
- Mynd 9. Snið gegnum Eldfellshraun. Hugsanlegt hitaástand í ársbyrjun 1987. Endurskoðað í ljósi mælinga í rannsóknarholum VG-6 og VG-7.



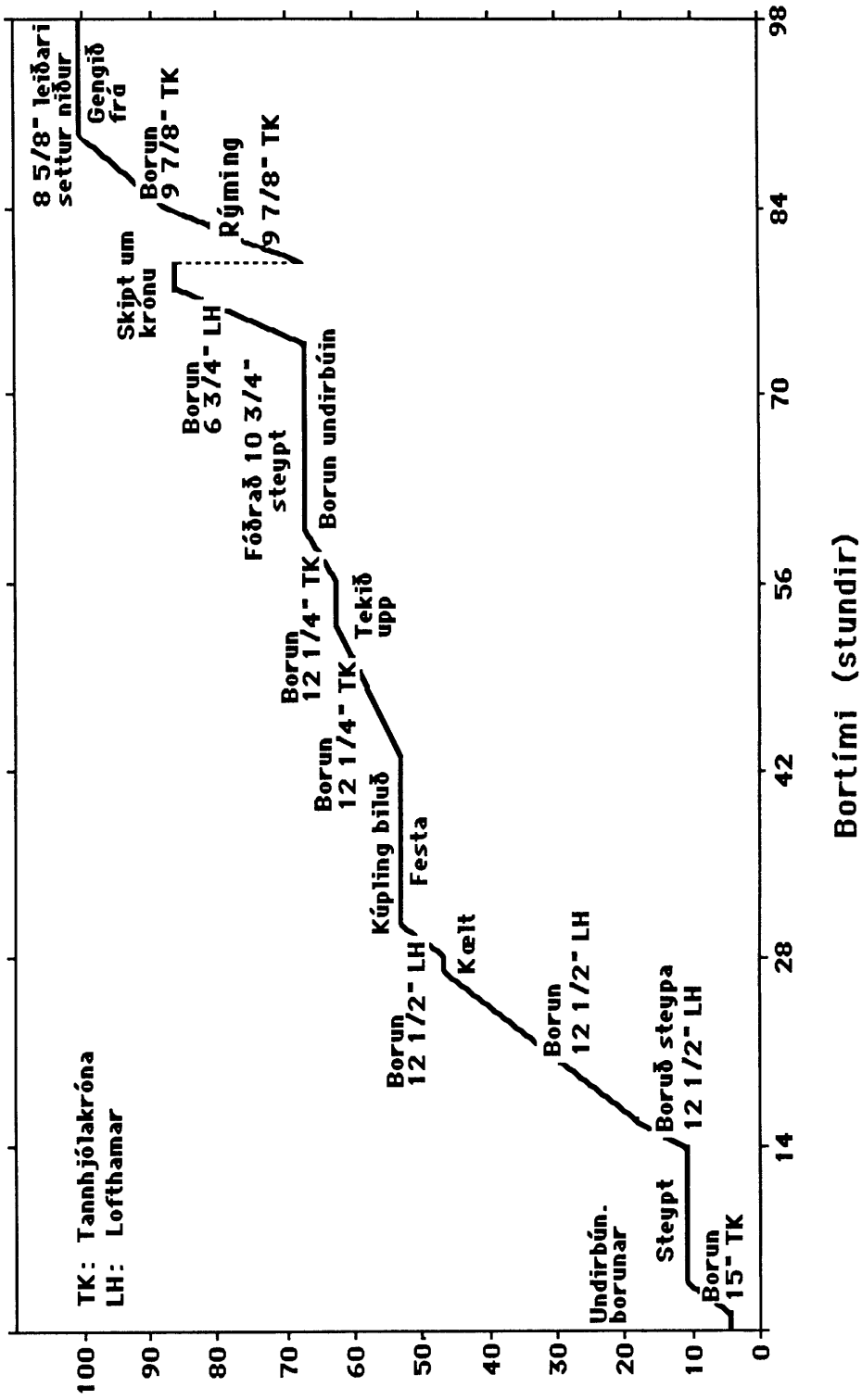
Mynd 1. Kort af Eldfelli og austurhluta nýja hraunsins. Sýnd er lega gossprungu og vinnslusvæðis FJAVE. Hugmyndir að staðsetningu rannsóknarhola eru táknaðar með bókstöfum A, B, C, D og E. Hóla VG-6 var boruð á stað B en hóla VG-7 við gossprunguna milli C og E.



Mynd 2. Gangur borunar holu VG-6

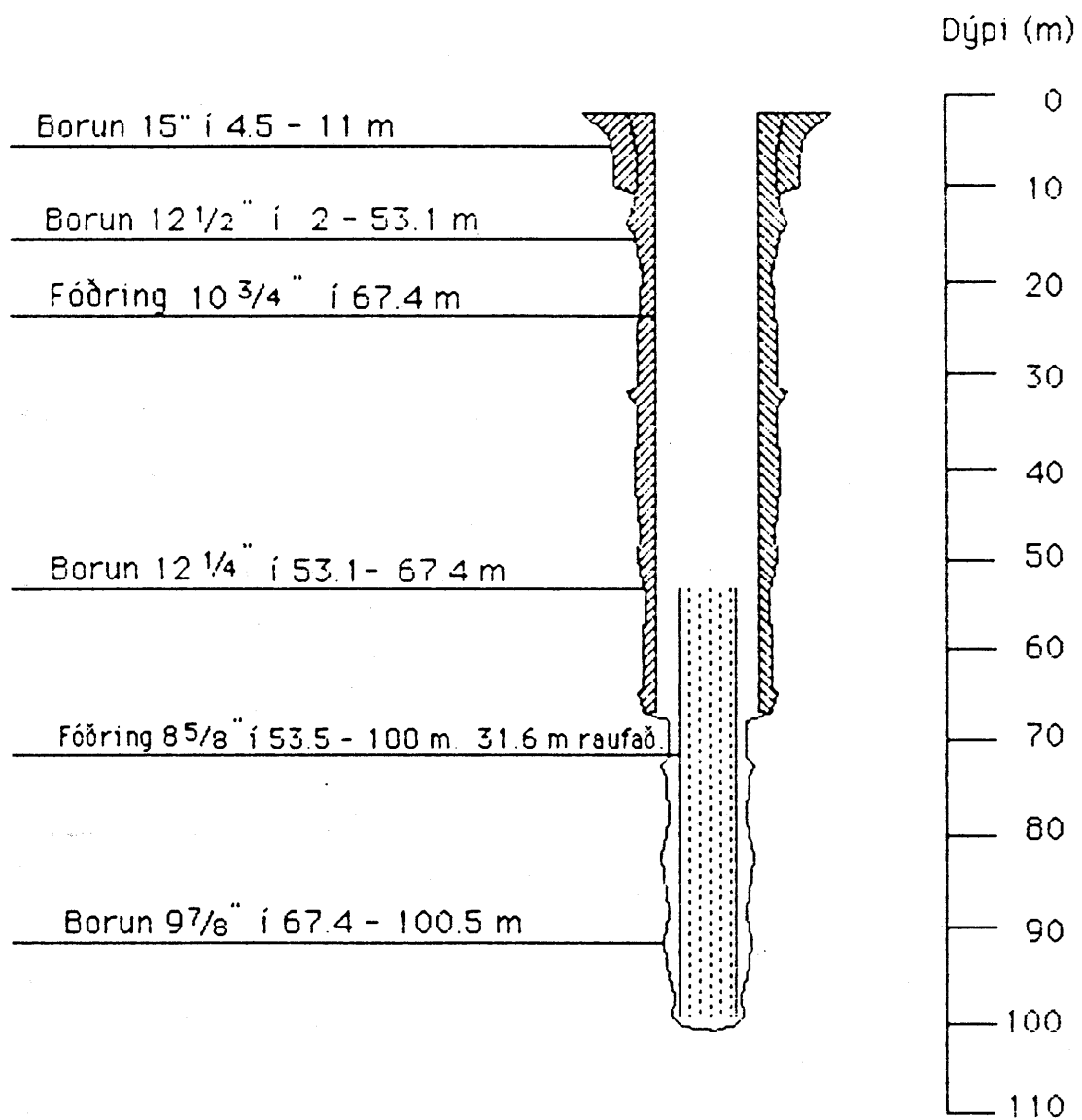


Mynd 3. Gerð holu VG-6

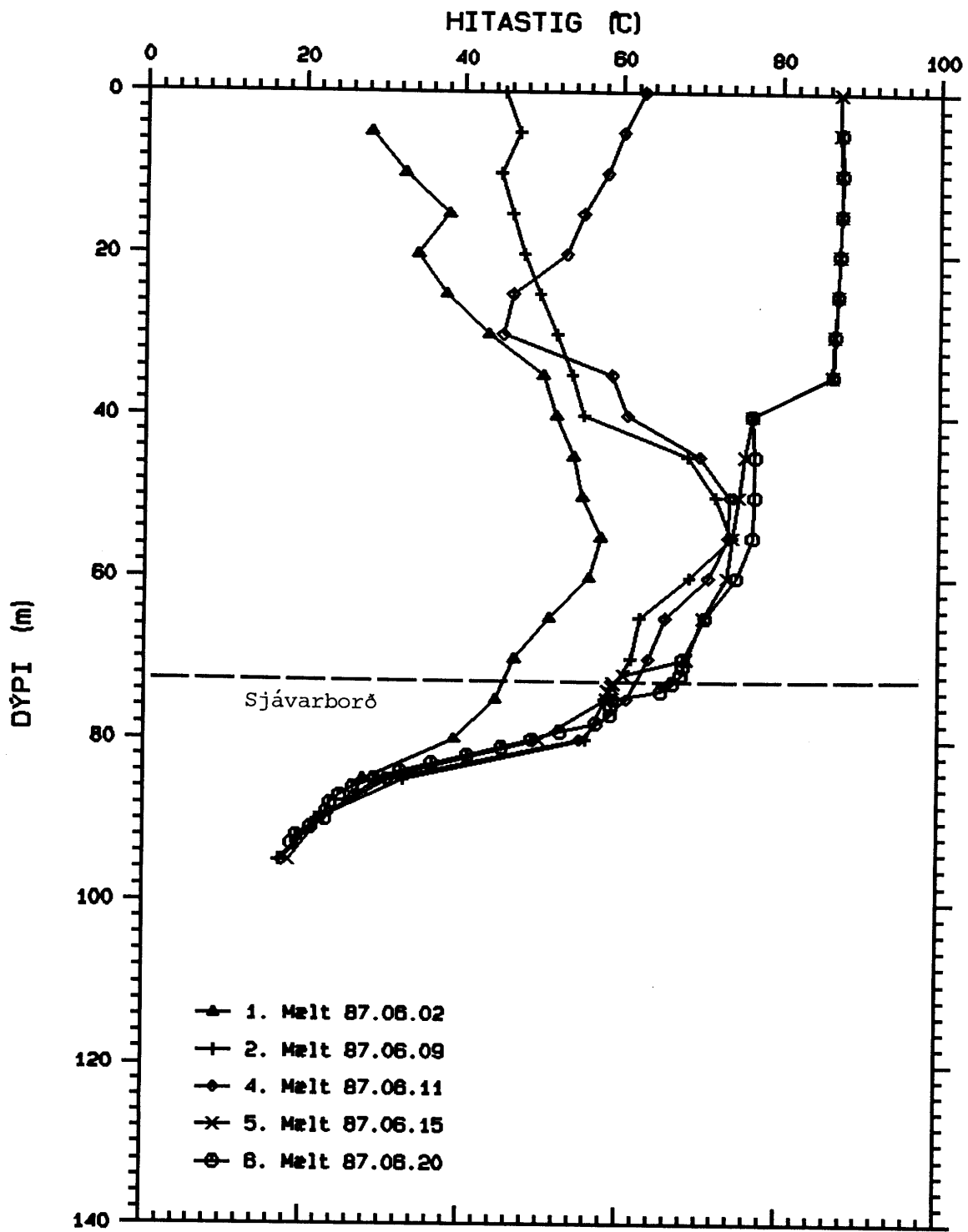


Mynd 4. Gangur borunar holu VG-7

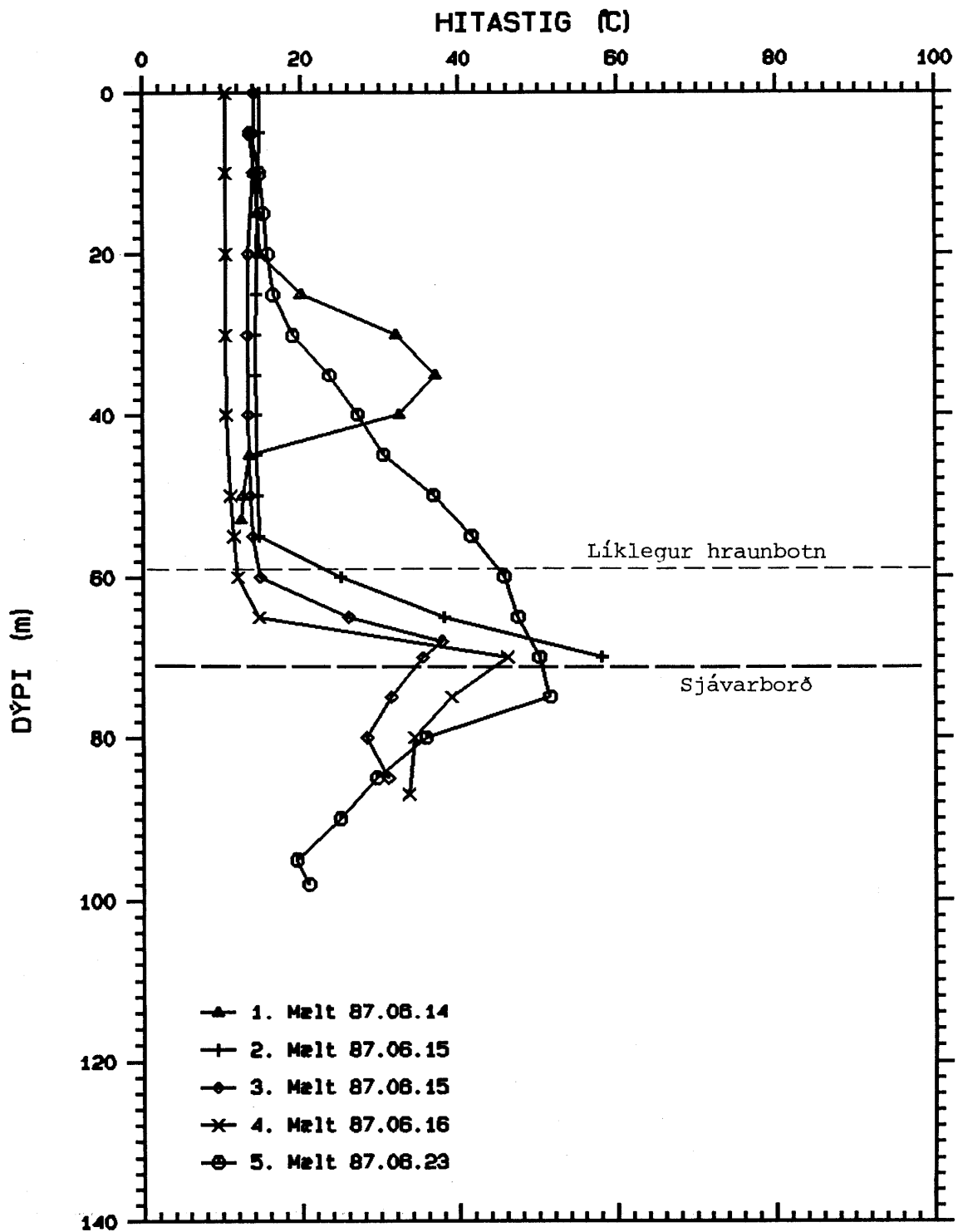




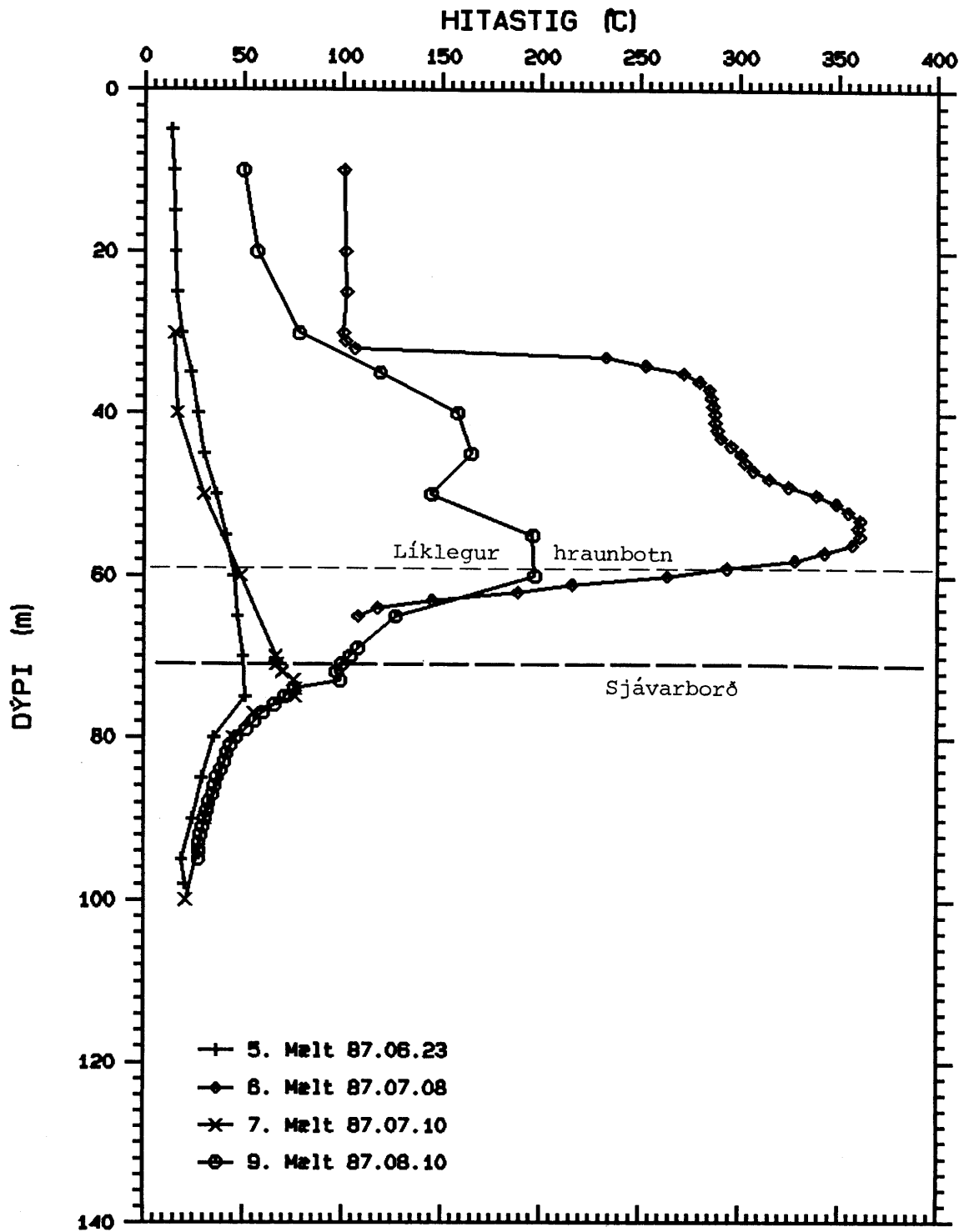
Mynd 5. Gerð holu VG-7



Mynd 6. Hitamæliferlar úr holu VG-6



Mynd 7. Hitamæliferlar úr holu VG-7 (a)

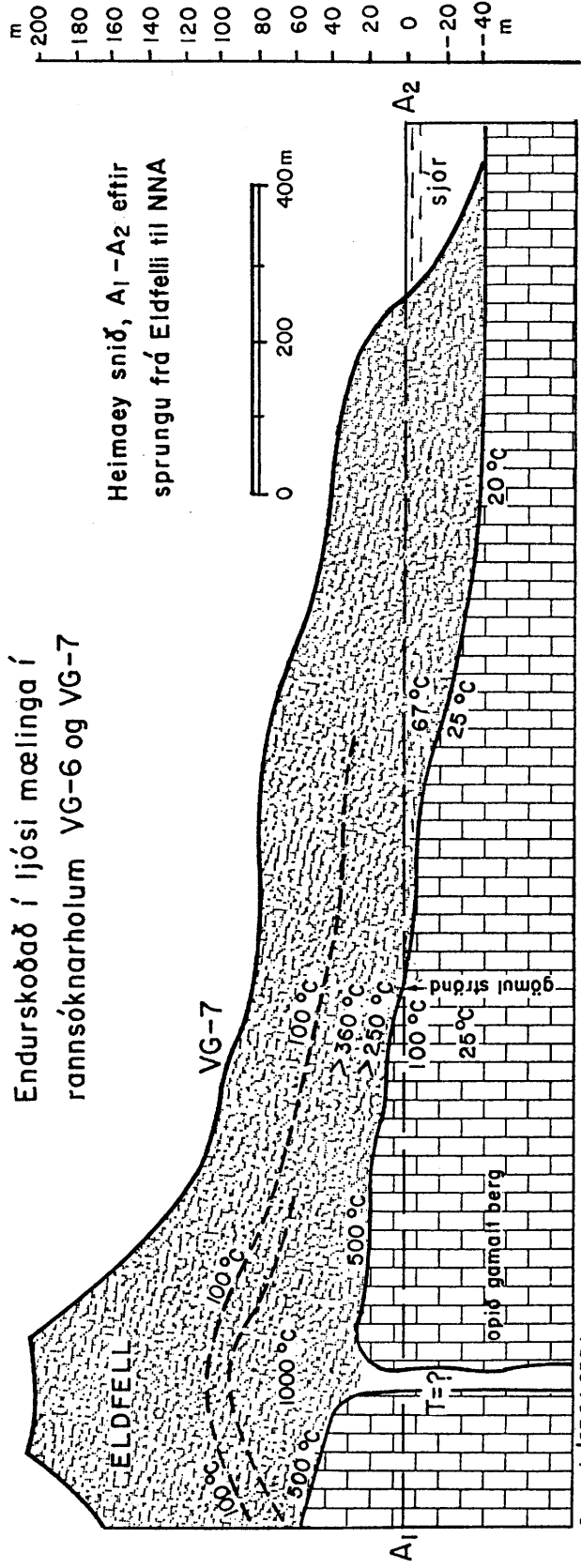


Mynd 8. Hitamæliferlar úr holu VG-7 (b)

## SNIÐ GEGNUM ELDFELLSHRAUN

Hugsanlegt hitaástand í ársbyrjun 1987

Endurskoðað í ljósi mælinga í  
rannsóknarholum VG-6 og VG-7



Mynd 9. Snið gegnum Eldfellshraun. Hugsanlegt hitaástand í ársbyrjun 1987.

Endurskoðað í ljósi mælinga í rannsóknarholum VG-6 og VG-7.

## VERKSAMNINGUR

### 1. grein.

Samningur þessi er gerður milli

NEFNDAR UM ORKUÖFLUN FYRIR VESTMANNAEYJAR  
GRENSÁSVEGI 9, 108 REYKJAVÍK

sem hér eftir nefnist verkkaupi, annars vegar og

JARÐBORANA HF., GRENSÁSVEGI 11, 108 REYKJAVÍK

sem hér eftir nefnist verktaki, hins vegar.

### 2. grein.

Verktaki skal bora tvær holur með jarðbornum Glaumi í Vestmannaeyjum, í samræmi við samning þennan. Eftirtalin gögn eru hluti samningsins:

1. Verklýsing á Borun Hola í Vestmannaeyjum  
Orkustofnun, 31. mars 1987
2. Almennir útboðs og samningsskilmálar um  
verkframkvæmdir, ÍST 30, útg. 2, 1979

### 3. grein.

Greiðslur fyrir verkið:

A. Tímakostnaður fyrir bor og önnur tæki sem þarf til verksins:

1. Borleiga á hvern verkdag fyrir; borinn, dælur, lagnir, borstreng, lofthamar, öryggisloka og önnur tæki sem þarf til að ljúka verkinu samkvæmt verklýsingu, að undanskildu efni og tækjum sem sérstaklega er getið í verksamningi. Borleiga greiðist frá og með þeim degi sem bor ásamt búnaði fer í skip til Vestmannaeyja.  
Borleiga 24800 kr/d
2. Borleiga hverja klukkustund sem borinn er notaður við borun, fóðrun, rýmingu. 2480 kr/t
3. Loftpressa (750 scfm, 250 psi) í notkun. 2200 kr/t
4. Loftpressa (900 scfm, 300 psi) í notkun. 2800 kr/t

B. Vinnulaun starfsmanna:

- a) dag- og eftirvinna 531 kr/t
- b) næturvinna 802 kr/t

C. Efni sem verktaki leggur til:

Fyrir eftirtalið efni er greitt samkvæmt gjaldskrá verktaka. Kaupi verktaki efni og/eða þjónustu af þriðja aðila (sjá 4. gr) greiðist verktaka upphaflegur kostnaður að viðbættu 10% álagi.

1. Borkrónur (greitt eftir % af sliti nýrrar krónu)
2. Fóðurrör (10 3/4" fóðring ca. 30 m)
3. Efni í borleðju
4. Annað efni samkvæmt skriflegri beiðni

WR ap

D. Efni sem verkkaupi leggur til:

1. Fóðringar
2. Flánsa á holutopp
3. Sement
4. Olíu á borvélar

4. grein.

Verktaki leggur til verksins bortæki og áhöld, og ber hann ábyrgð á að þau séu í góðu ásigkomulagi og til staðar á borstað þegar á þeim þarf að halda. Skoðunarvottorð skal framvísa, áður en verkið hefst, sem sýni að álagsstengur, stýringar og tengistykki séu í góðu ásigkomulagi og ósprungin.

5. grein.

Verktaka er óheimilt að skuldbinda útgjöld hjá þriðja aðila vegna verksins, nema með skriflegu samþykki verkefnisstjóra eða eftirlitsmanns verkkaupa hverju sinni.

6. grein.

Greiðslur fari fram hálfsmánaðarlega eftir því sem verkinu miðar áfram. Um miðjan mánuð og um mánaðamót skal reikningur gerður, og skal verkkaupi hafa 15 daga til að yfirfara hann. Verkkaupi skal inna greiðslu af hendi innan 10 daga frá samþykkt reikningsins.

7. grein.

Eftirtaldir aðilar hafa umboð til að koma fram fyrir hönd verkkaupa og verktaka:

Verkefnisstjóri verkkaupa er Wilhelm V. Steindórsson  
Jarðfræðilegur ráðgjafi verkkaupa er Sveinbjörn Björnsson  
Bortæknilegur ráðgjafi verkkaupa er Sverrir Þórhallsson  
Eftirlitsmaður verkkaupa er Högni Sigurðsson  
Yfirstjórn verktaka annast Guðmundur Sigurðsson  
Borstjóri verktaka er Karl Steinberg Steinbergsson

8. grein.

Rísi mál út af samningi þessum skal reka það fyrir bæjarþingi Reykjavíkur.

9. grein.

Af samningi þessum eru gerð tvö samhljóða frumrit, eitt handa hvorum aðila.

Dags: 7. maí 1987

F. h. verktaka:

Karl Ragnars  
**VARÐBORANIR hf**

F. h. verkkaupa:

Guðmundur Pálsson

Vottar:

Einlaug Bogason  
Wilhelm V. Steindórsson

VERKBEIDNI TIL ORKUSTOFNUNAR JARÐHITAEILDAR NR. 680002-1987

Undirritaður verkkaupi,  
Nefnd um Orkuöflun fyrir Vestmannaeyjar, Grensásvegi 9, 108  
Reykjavík,  
óskar eftir að  
Orkustofnun Jarðhitadeild, Grensássvegi 9, 108 REYKJAVÍK  
framkvæmi á hans kostnað verk samkvæmt eftirfarandi skil-  
greiningum:

1. Verklýsing:

Verkefnið innifelur:

1. Dæluprófun á tveimur ca. 120 m djúpum jarðhitaholum.
2. Úrvinnslu gagna frá dæluprófun holanna og skýrslugerð.

2. Aætlaður kostnaður:

1. Dæluprófun kr 460.080

Aukakostnaður vegna flutnings tækjanna til Vestmannaeyja er ekki meðtalinn og framangreint innifelur hvorki ferðakostnað né upphaldskostnað á staðnum.

3. Gjaldskrá Orkustofnunar:

Sérfræðiaðstoð	kr á dag	11.320
Sérfræðingur á staðnum m. bíl	kr á dag	15.320
Sýnataka, úrvinnsla, greiningar	kr á sýni	11.200
Dæluprófun 10 daga	kr á holu	230.040

4. Verktími:

4.1. Aætlaður byrjunartími:	..-06-1987
4.2. Aætlaður skilatími:	..-07-1987

5 Greiðslufyrirkomulag:

Innan þrjátíu (30) daga frá skiladegi verksins skal Orkustofnun Jarðhitadeild gera verkkaupa reikning fyrir framangreindu verki.

Verkkaupi skuldbindur sig til að greiða reikninginn innan þrjátíu (30) daga frá útgáfudegi hans annars falli á upphæðina, sem útistandandi er, hæstu lögleyfðir dráttarvextir samkvæmt viðteknum reglum Seðlabanka Íslands því viðvíkjandi.

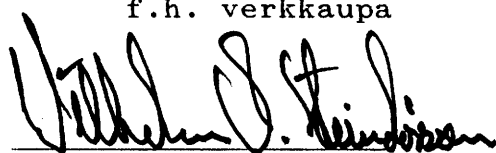
Þessu til staðfestingar eru eftirfarandi undirskriftir aðila.

Reykjavík, 26-05-1987

f.h. Orkustofnunar JHD



f.h. verkkaupa





---

**I. Sundurliðaður kostnaður við dæluprófun:**

1. Dælu- og rafstöðvarleiga	kr	45.000
2. Eldsneyti fyrir rafstöð	kr	15.000
3. Leiga gagnaskráningartækis	kr	12.000
4. Efnagreining, -taka (2xsýni)	kr	22.400
5. Eftirlit með prófun (2xd)	kr	30.640
6. Úrvinnsla og skýrslugerð	kr	45.000
7. Tækjafl. og krani v. niðurs.	kr	40.000
8. Aðkeypt þjónusta v. niðurs.	kr	20.000

---

Samtals kr 230.040

=====

# **VIÐAUKI II.**

**Vestmannaeyjar. Dæluþrófun holu VG-7.  
(Sæþór L. Jónsson, Guðni Axelsson og Hrefna  
Kristmannsdóttir).....13 bls.**

**VESTMANNAEYJAR**  
Dæluprófun holu VG-7

Sæþór L. Jónsson  
Guðni Axelsson  
Hrefna Kristmannsdóttir

Unnið fyrir Nefnd um orkuöflun í  
Vestmannaeyjum

OS-87039/JHD-23 B

Október 1987

## EFNISYFIRLIT

	Bls.
1 BORUN HOLU 7 .....	3
2 DÆLUPRÓFUN .....	3
3 EFNASAMSETNING VATNSSÝNA OG ÚTFELLING Í DÆLU .....	11
4 NIÐURSTÖÐUR .....	13

## TÖFLUSKRÁ

1 Efnainnihald vatnssýna úr sjóholu í Eldfelli .....	12
--	----

## MYNDASKRÁ

1 Staðsetning borhola 6 og 7, Vestmannaeyjum .....	6
2 Hola 7 í Vestmannaeyjum .....	7
3 Vestmannaeyjar, dæluþrófun H-7 .....	8
4 Vestmannaeyjar, dæluþrófun H-7 .....	8
5 Vestmannaeyjar, dæluþrófun H-7 .....	9
6 Vestmannaeyjar, dæluþrófun H-7 .....	9
7 Vestmannaeyjar, langtímaprófun H-7 .....	10
8 Vestmannaeyjar, langtímaprófun H-7 .....	10

## 1 BORUN HOLU 7

Hola 7 var boruð dagana 9.-25. júní 1987 (sjá mynd 2). Fyrst var 16" fódhring grafin í 4,5 m dýpi og síðan borað með 15" loftmeitli í 11 m. Steypt var í holuna upp í 2ja m dýpi og borað með 12 1/2" í 53,1 m og 12 1/4" frá 53,1-67,4 m dýpi. Neðsti hluti holunnar, 67,4-100,5 m, var boraður með 9 5/8". Fódhrað var með heilli 10 3/4" fódhringu í 67,4 m dýpi og hún steypt í neðri endann. 47 m laus leiðari, 8 5/8" x 7,6 mm, var settur niður í holuna með hengistykki sem var jafnt að þvermáli og holan (ath. í verklýsingu borunar stóð að hengistykki skyldi vera kónískt að ofan svo dælan færi auðveldar í holuna). Leiðarinn var raufaður á neðstu 31,6 metrunum.

Reynt var að setja djúpdælu í holuna þann 16. júní til að meta árangur borunnar (á meðan bormenn fóru í frí) en það mistókst þar sem dælan slitnaði í sundur þegar eftir var að setja 10 m niður af 90 m. Ástæðan reyndist gölluð smíði á nýjum dælurörum frá Vélsmíðju Sigurðar Sveinbjörnssonar. Eftir að dælan hafði verið fiskuð úr holunni, en það tók um 8 tíma með bornum, fóru nokkrir dagar í að hreinsa holuna og endurbæta sleppistykki á leiðaranum sem ekki var nógu vítt fyrir dæluna. Eftir að dælurör, öxlar og legur höfðu verið endursmíðuð og leigð dæluprep frá Hitaveitu Reykjavíkur var hafist handa við dælu-prófun.

## 2 DÆLUPRÓFUN

Að beiðni Nefndar um orkuöflun í Vestmannaeyjum var hola 7 í Vestmannaeyjum dæluþrófuð dagana 20. til 31. ágúst 1987. Fyrst var dælt úr holunni með dælu á 90 m dýpi í um 6 1/2 sólarhring, en síðan í um 5 sólarhringa með dælu á 78 m dýpi. Notuð var 12 þrepa 6" JKH Floway öxuldæla. Við þann búnað var tengt sjálfvirk gagnasöfnunartæki sem skráði dælingu, hitastig vatnsins, vatnsborð og loftþrýsting. Dælu-prófunin var tvíþætt. Annars vegar stuttar (10-56 mín.) þrepaþrófanir sem gerðar voru í þeim tilgangi að kanna viðbrögð holunnar við mismunandi dælingu (0, 8 og 16-17 l/s). Hins vegar nokkurra daga reynsludælingar, þar sem dælt var nokkurn veginn stöðugu magni, í þeim tilgangi að kanna langtíma viðbrögð hinna vatnsgæfu jarðlaga. Veruleg útfelling kalks og járns varð í dælunni þann tíma sem dælt var.

Niðurstöður þrepaþrófananna eru sýndar á myndum 3 til 6. Þar sést að við 16-17 l/s dælingu er skammtímaniðurdráttur í holunni mjög lítill, sennilega aðeins um 5-10 cm. Þó er erfitt að áætla niðurdráttinn

nákvæmlega vegna annarra vatnsborðssveiflna. En þetta lítill niðurdráttur bendir til þess að leiðni (þ.e. lekt) hinna vatnsgæfu jarðlaga næst holunni sé mjög há. Niðurdráttinn má túlka á grundvelli líkans af óendanlegum láréttum vatnsleiðara, lokuðum að ofan og neðan. Þá má skilgreina leiðnistuðul jarðlaganna

$$T = kbg/v$$

með

$$\begin{aligned} k &= \text{lekt jarðlaganna, } m^2 \\ b &= \text{þykkt vatnsgæfra jarðlaga, } m \\ g &= \text{þyngdarhröðunin} = 9,8 \text{ } m/s^2 \\ v &= \text{eðlissegja vatnsins, } m^2/s \end{aligned}$$

Þannig má áætla að

$$T > 0,1 \text{ } m^2/s$$

fyrir vatnsleiðandi jarðlöginn næst holunni. Þetta er mjög há vatnsleiðni og bendir til þess að mjög gróf jarðlög séu neðan nýja hraunsins í grennd holunnar.

Langtímaprófanir á holu 7 voru gerðar til þess að kanna hvernig vatnsborð holunnar og hitastig vatnsins breyttust við dælingu til lengri tíma. Gögnin úr langtímaprófununum eru birt á myndum 5 og 6. Í seinni prófuninni stíflaðist vatnsborðsneminn á öðrum degi, en það kemur ekki verulega að sök þar sem til eru gögn frá síðustu 1 1/2 klst prófunarinnar. Í langtímaviðbrögðum holunnar ber mest á sveiflum vegna sjávarfalla við strönd Heimaeyjar. Þessi sveifla er á bilinu 40-80 cm. Með því að bera saman sjávarfallasveifluna í holunni og við ströndina fæst að hlutfallið þar á milli sé

$$h/h_0 = 0,31 \pm 0,04$$

og að seinkun sveiflunnar sé

$$t_L = (147 \pm 12) \text{ mín.}$$

Þessar niðurstöður má nú túlka á grundvelli líkans af láréttum vatnsleiðara, lokuðum að ofan og neðan. Þá má áætla að

$$S/T = 0,03 \text{ } s/m^2$$

þar sem S er geymslustuðull jarðlaganna.

Ef gengið er útfrá því að  $S = 10^{-4}$  (samsvarar um 15% poruhluta og 100 m þykkt) fæst að

$$T = 3 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$$

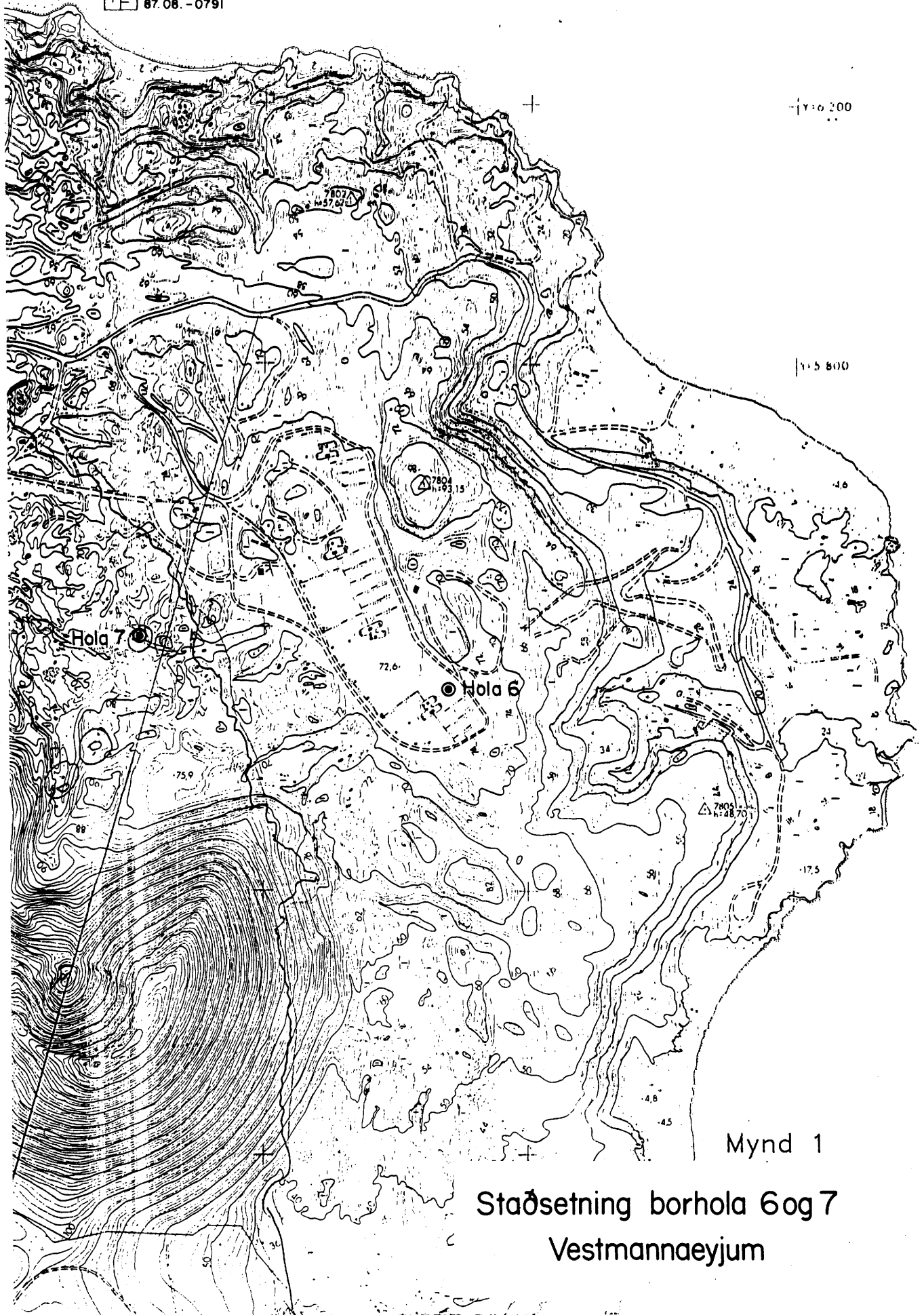
Þetta er verulega lægra gildi en áætlað var hér að ofan, enda meðaltal yfir mun stærra svæði. Hér er þó um mjög háan leiðnistuðul að ræða, en hafa ber í huga að geymslustuðullinn  $S$  er aðeins áætlaður.

Sjávarföllin gera það að verkum að erfitt er að greina langtímaviðbrögð í gögnunum á myndum 7 og 8 vegna dælingar. Í seinni prófuninni virðist vatnsborð ekki hafa lækkað, en í þeirri fyrri virðist vatnsborð hafa lækkað um 40 cm. Óvíst er hvort hér er um lökkun vegna vinnslu að ræða, mögulegt er að hún sé að hluta vegna hækkaði loftþrýstings á tímabilinu og vegna annarra vatnsborðssveiflna. Ef við á hinn bóginn göngum útfrá því að þessi 40 cm lökkun sé að einhverju leyti vegna vinnslu má áætla að leiðnistuðullinn sé

$$T > 7 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$$

Þegar dælan var á 90 m dýpi hækkaði hitastig vatnsins úr 28,5 í 29,3°C á 6 1/2 sólarhring. En er dælt var af 78 m hækkaði hitastigið í um 36°C og hélst nokkuð stöðugt í þá 5 sólarhringa sem dælt var. Eitthvað virðist staðsetning dælnnar því hafa að segja um hitastig vatnsins, en alls er óvíst að svo verði til langframa.

JHD-VT-8000-SLJ  
87.08.-0791

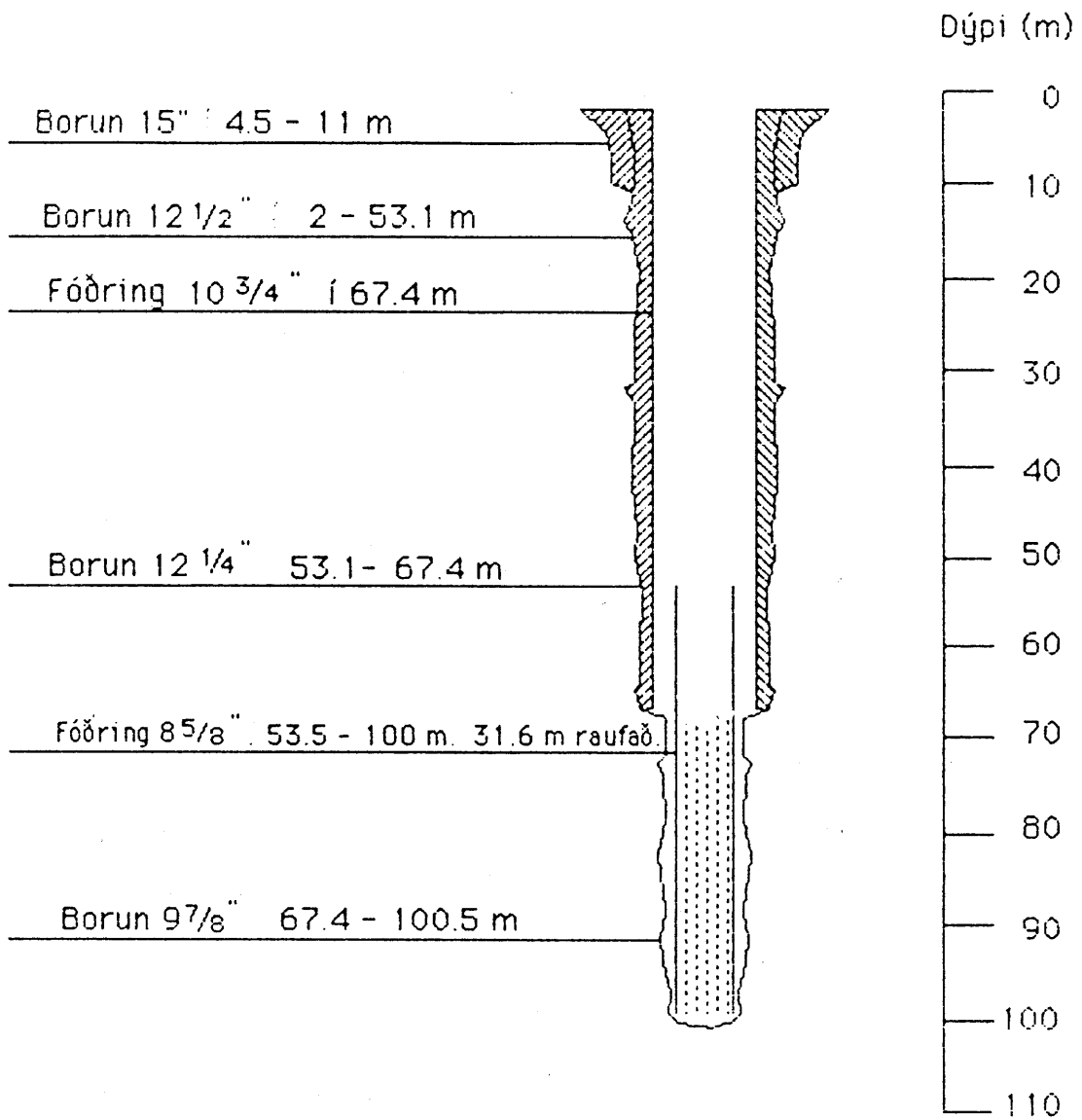


Mynd 1

Staðsetning borhóla 6 og 7  
Vestmannaeyjum



### Hola 7 í Vestmannaeyjum

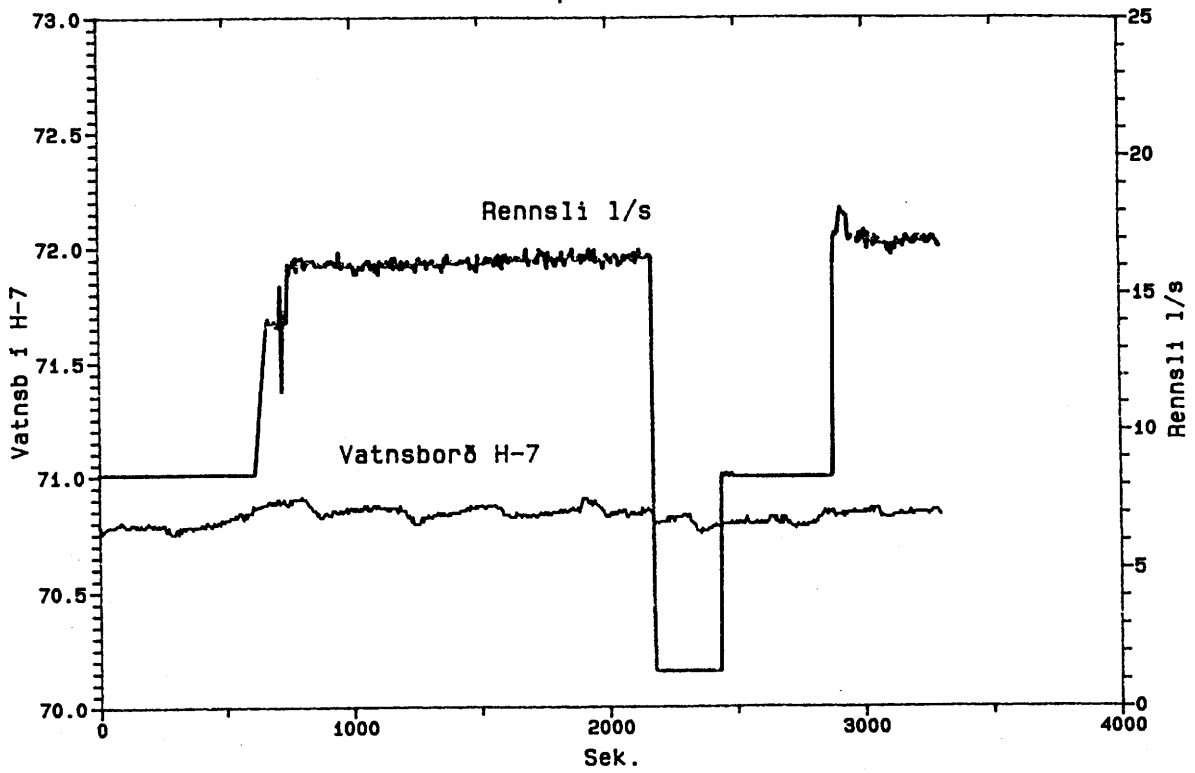


Mynd 2

JHD-VT-8000-SLJ  
87.08.XXXX.01 T

Vestmannaeyjar  
Dæluþrófun H-7

Nefnd um orkuöflun fyrir  
Vestmannaeyjar

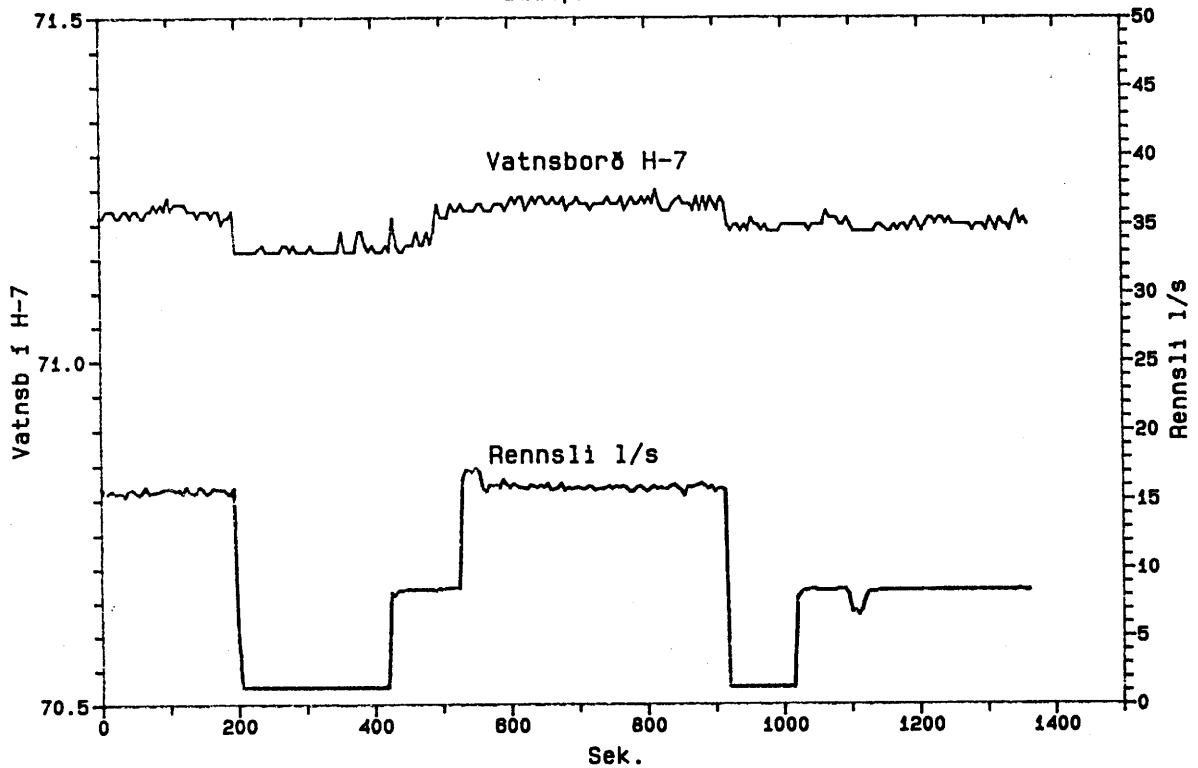


Mynd 3

JHD-VT-8000-SLJ  
87.08.0781.03 T

Vestmannaeyjar  
Dæluþrófun H-7

Nefnd um orkuöflun fyrir  
Vestmannaeyjar

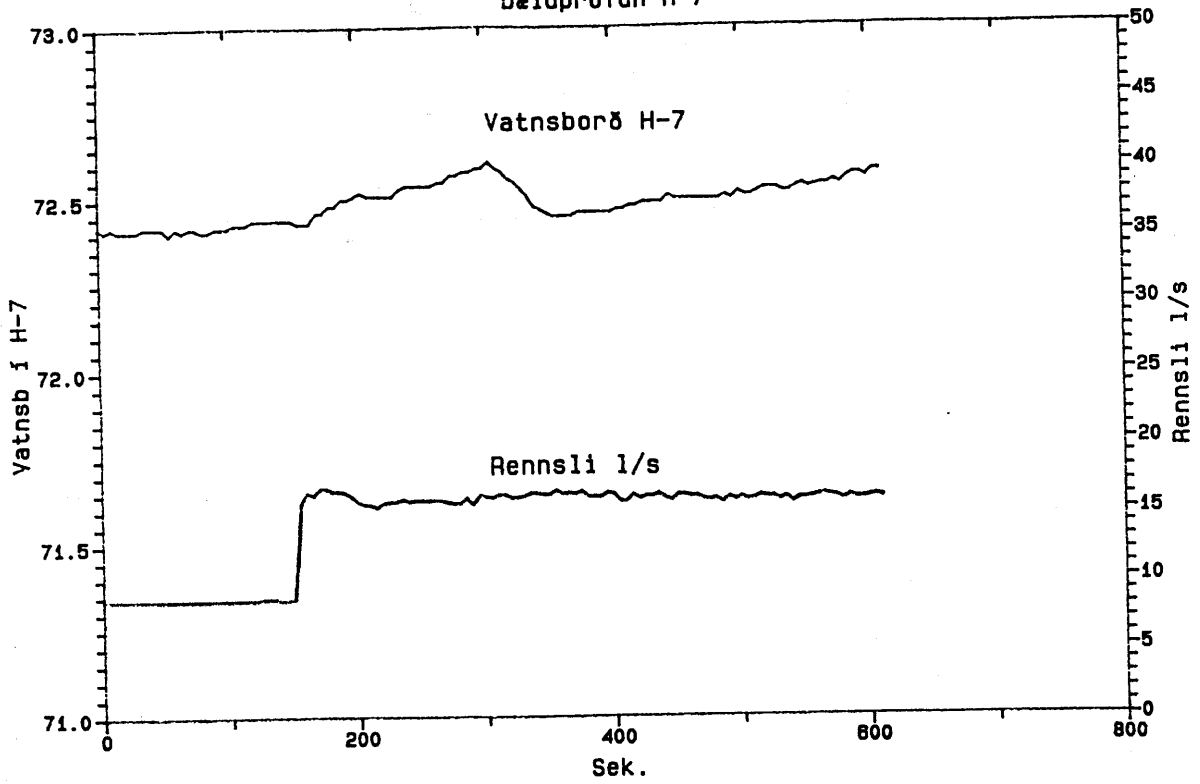


Mynd 4

JHD-VT-8000-SLJ  
87.08.0781.04 T

Vestmannaeyjar  
Dæluþrófun H-7

Nefnd um orkuöflun fyrir  
Vestmannaeyjar

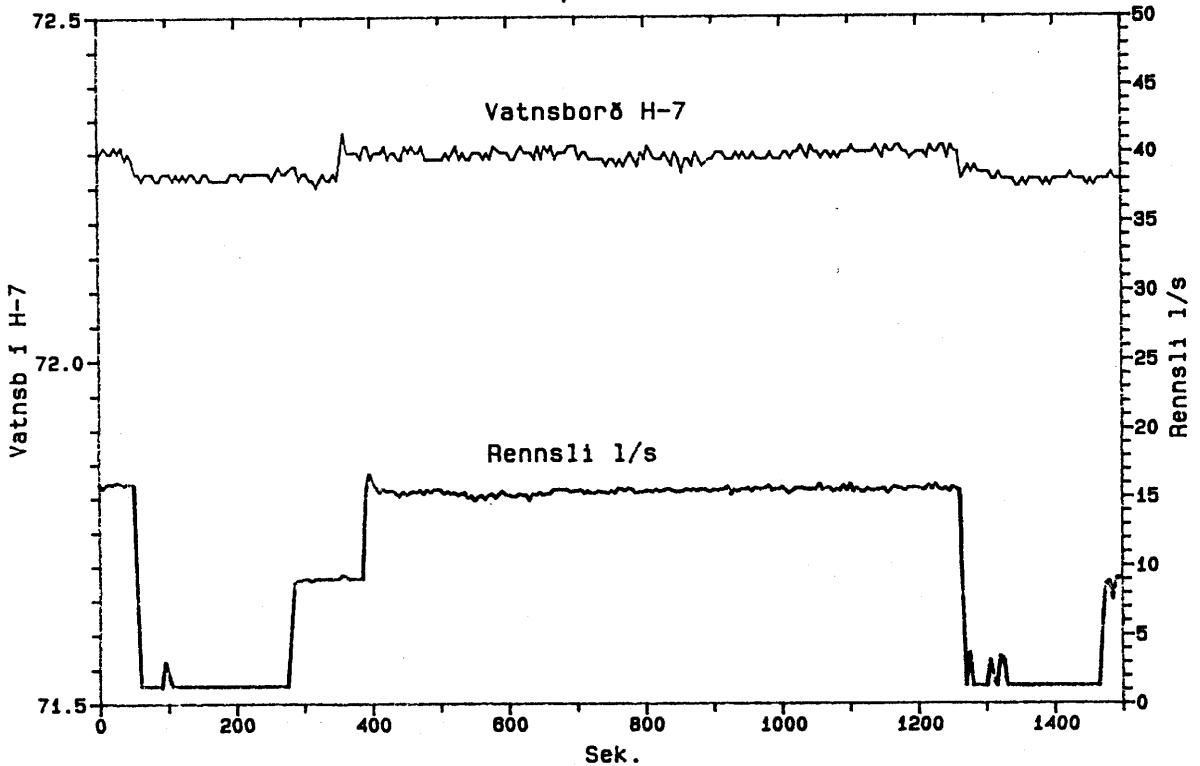


Mynd 5

JHD-VT-8000-SLJ  
87.08.0781.06 T

Vestmannaeyjar  
Dæluþrófun H-7

Nefnd um orkuöflun fyrir  
Vestmannaeyjar

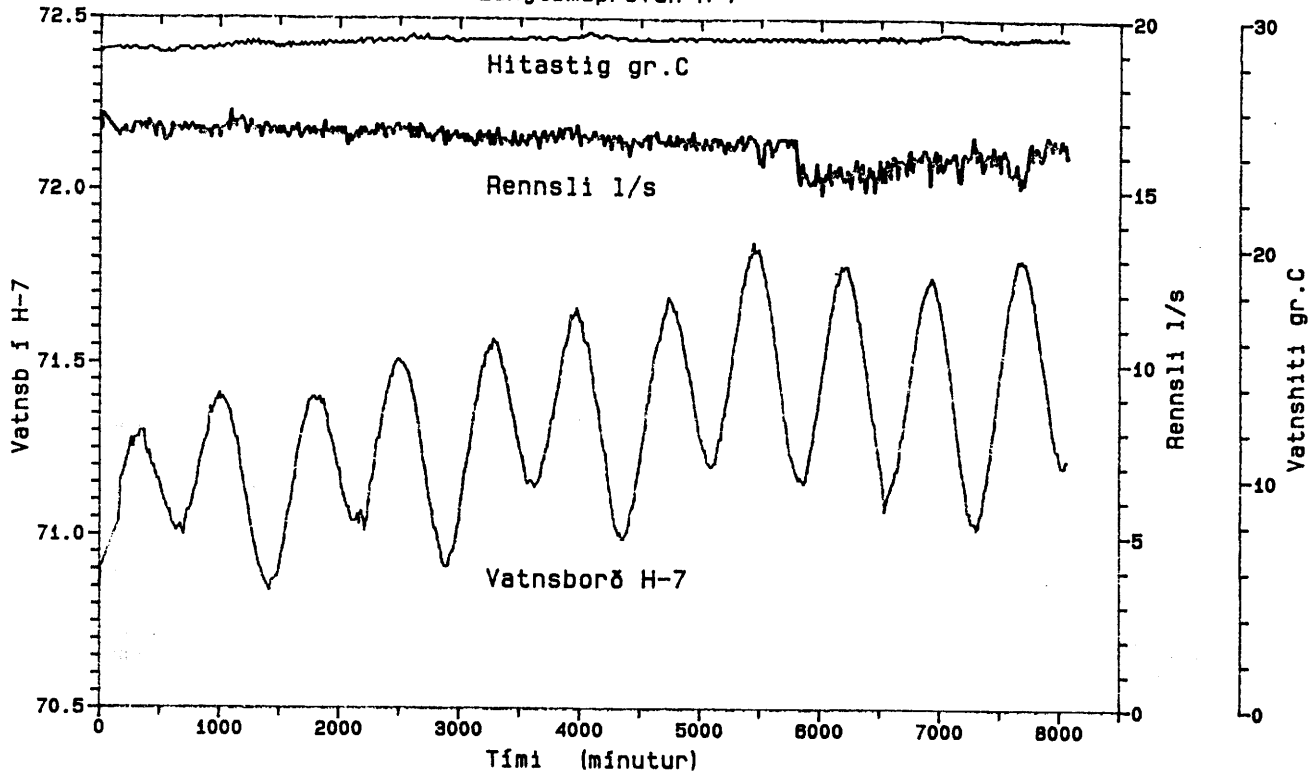


Mynd 6

JHD-VT-8000-SLJ  
87.08.0781.02 T

Vestmannaeyjar  
Langtímaþrófun H-7

Nefnd um orkuöflun fyrir  
Vestmannaeyjar

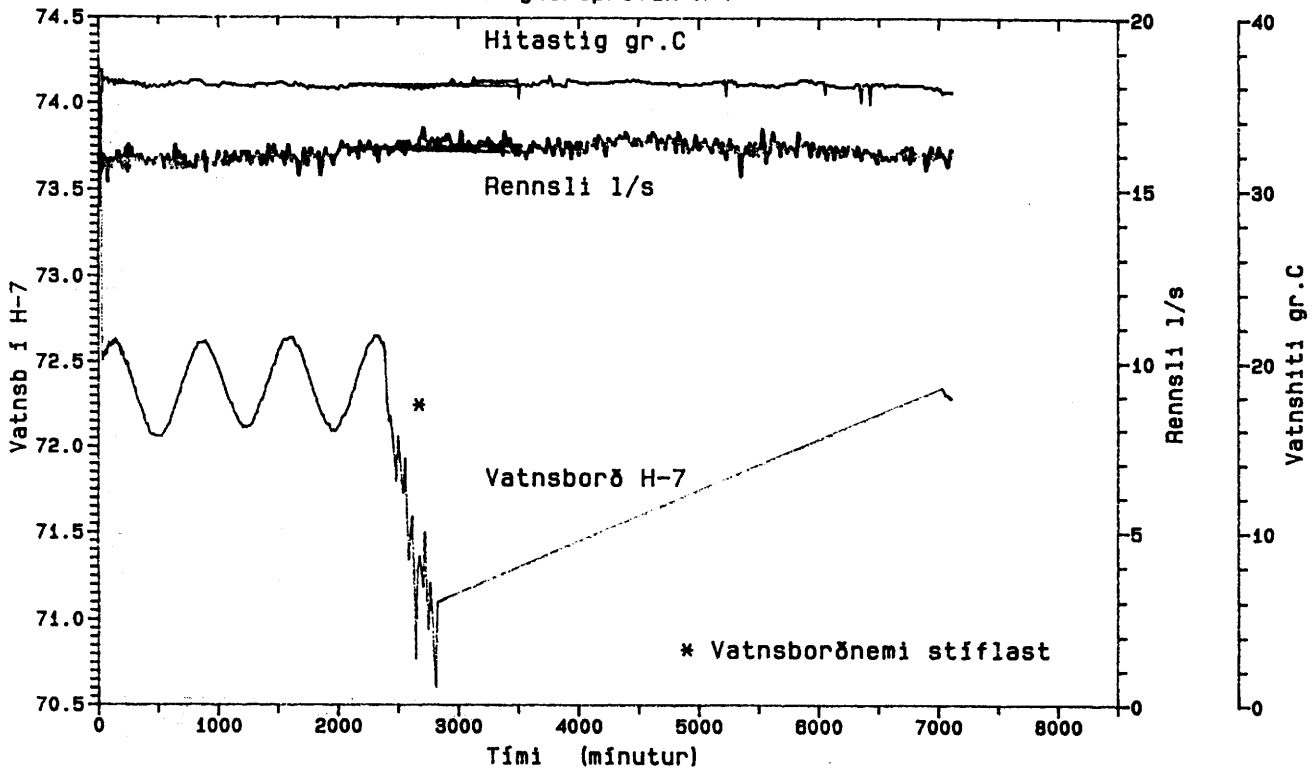


Mynd 7

JHD-VT-8000-SLJ  
87.08.0781.05 T

Vestmannaeyjar  
Langtímaþrófun H-7

Nefnd um orkuöflun fyrir  
Vestmannaeyjar



Mynd 8

### 3 EFNASAMSETNING VATNSSÝNA OG ÚTFELLING Í DÆLU

Á meðan á dælingu stóð voru tekin tvö vatnssýni úr borholunni. Það fyrra 25. ágúst og það síðara 31. ágúst. Greiningu sýnanna er ekki fulllokið vegna bilana í tækjum, en þær niðurstöður sem liggja fyrir eru í töflu 1. Til samanburðar er sýnd í töflunni meðalsamsetning sjávar með 35<sup>0</sup>/oo seltu. Selta sýnanna er mjög nálægt meðalseltu sjávar, 35,3 og 35,1<sup>0</sup>/oo. Styrkur kísils er verulega hærri en í sjó, þótt hann sé lægri en tilsvavar jafnvægisstyrk við berg við hitastig vatnsins. Sýrustig er verulega lægra en í sjó og styrkur karbónats hærri. Járnstyrkur er mjög hár í sýnunum, en er þó helmingi lægri í síðara sýninu en því fyrra. Styrkur súrefnis er lágur og margfalt lægri en metnunarmörk við hitastig vatnsins. Styrkur þess er þó það hár að vatnið er tærandi fyrir stál. Járn og manganstyrkur er mjög hár í sýnunum og gæti verið hættu á útfellingum, a.m.k. er hún veruleg ef vatnið er loftað. Styrkur þessara efna er margfaldur á við hættumörk fyrir fiskeldisvatn og tífalt hærri en leyfilegt er á neysluvatni.

Þótt mælingu á katjónum sé ekki lokið á þann hátt, sem talinn er fullnægjandi, sést af bráðabirgðagreiningu þeirra að engar verulegar breytingar hafa orðið á katjónahlutföllum miðað við sjó.

Helsta breyting sem orðið hefur miðað við sjó er að sýnin eru súrari, karbonatríkari og hafa verulegan styrk járns og mangans og talsvert hærri kísil en í sjó. Blöndun við gufu eða útskolun úr fersku hrauni getur skýrt fyrstu tvö atriðin, sem síðan valda útskolun járns og mangans. Hækkun á kísilstyrk er eðlileg afleiðing hvörfunar volgs vökva við bergið.

Verulegrar útfellingar varð vart í dælu á meðan á dæluprófun stóð. Rannsókn á útfellingunni leiddi í ljós að hún er að mestu leyti ryð en einnig er nokkurt kalk í henni.

Mæling á kalsíum í upplausn bendir til að kalk sé um eða innan við 4% af þunga útfellingarinnar.

Þessi útfelling virðist orðin til vegna fellingar á ryði og kalki við loftun á vatninu. Við loftun oxast járneið í vatninu og sýrustigsbreyting veldur kalkyfírmettun. Útfellingar og reyndar öll efnahvörf eru mjög hröð í svo söltu vatni sem þetta er. Járneið getur hafa komist í vatnið bæði úr bergi og stáli. Líklegt er að einhver hluti járnsins a.m.k. sé ætlaður úr berginu, þaðan hlýtur mestallt manganeið að komast í vatnið.

TAFLA 1 Efnainnihald vatnssýna úr sjóholu í Eldfelli

Styrkur efna í mg/kg.

Sýni Dags.	0096 870825	0097 870831	Meðalsamsetn. sjávar 35 ‰
Hiti °C	29	36	
pH/°C	7,18/22	7,05/21	8,0/25
SiO <sub>2</sub>	23,3	26,7	3,0
Na			10800
K			390
Ca			410
Mg			1290
CO <sub>2</sub> *	393	322	102
H <sub>2</sub> S	0,03	<0,03	0,0
SO <sub>4</sub>	2692	2710	2710
Cl	19533	19433	19400
F	1,75	1,73	1,3
Br			67
Uppl. efni	36010	35400	
Fe	23,0	12,0	0,004
Mn	5,0	4,0	
O <sub>2</sub>	0,02	0,03	
selta ‰	35,3	35,1	

\* Heildarkarbonat

#### 4 NIÐURSTÖÐUR

Meginniðurstöður dæluþrófunarinnar eru eftirfarandi

- i) Hin vatnsgæfu jarðlög neðan nýja hraunsins í holu 7 eru mjög vel vatnsleiðandi. Sennilega er leiðnistuðull jarðlaganna á bilinu

$$\tau = 10^{-3} - 10^{-1} \text{ m}^2/\text{s}$$

Erfitt er að fá áreiðanlegt mat á vatnsleiðnina vegna þess að sjávarföll yfirgnæfa niðurdrátt vegna vinnslu.

- ii) Ljóst er að niðurdráttur mun ekki takmarka það vatnsmagn sem hægt verður að fá úr holunni, heldur mun vídd holunnar og dælu-búnaður gera það. Dæla má um 50 l/s úr holu með þessum frágangi fóðringa. Búast má við því að við t.d. 15 l/s dælingu verði langtímaniðurdráttur óverulegur, eða innan við 1-2 m.
- iii) Búast má við því að hitastig vatnsins verði á bilinu 30-35°C í fyrstu, en ekki er hægt að segja til um hve lengi það muni haldast.
- iv) Selta vatnsins er nálægt seltu sjávar og búast má við útfellingum á járn-kalk samböndum við kælingu. Súrefnisinnihald vatnsins var um 30 ppb og það því tærandi á mjúkt stál.

# **VIÐAUKI III.**

**Viðræður FJAVE um kaup á ótryggri raforku  
(Eiríkur Bogason ).....2 bls.**



### Viðauki III. Viðræður FJAVE um kaup á ótryggri raforku. (Eiríkur Bogason, veitustjóri).

Á undanförunum mánuðum hafa farið fram viðræður á milli fulltrúa FJAVE og LV/RARIK. Hefur nefndin sem slík ekki tekið þátt í viðræðunum en verið upplýst um gang þeirra mála af veitustjóra í Vestmannaeyjum sem jafnframt því að vera einn af fulltrúum FJAVE í viðræðunum við LV/RARIK á sæti í nefndinni ("Nefnd um orkuöflun til húshitunar í Vestmannaeyjum").

Þannig háttar til á suðurlandi að framleiðandi raforkunnar, Landsvirkjun (LV), skilgreinir sína sölustaði við stöðvarvegg virkjana. Rafveitur sveitarfélaga verða því, annað hvort að sækja raforkuna sjálfar á þessa sölustaði, eða kaupa hana af millilið sem sér um flutninginn. Í öllum tilfellum er þessi milliliður Rafmagnsveitur ríkisins (RARIK).

Eins og kemur fram í skýrslu nefndarinnar frá því í apríl 1987 var það talið æskilegt markmið að fá gjaldskrárverð LV á ótryggri orku á Landeyjasandi, til þess að raforkan gæti talist samkeppnisfær við aðra orkugjafa s.s kol.

Fyrstu viðræður fóru fram við RARIK og kom þá strax í ljós að verðhugmyndir þeirra voru all fjarri þeim hugmyndum sem hér að framan voru nefndar. RARIK kvaðst þurfa 0,11 kr/kWh vegna flýtinga framkvæmda og 0,15 kr/kWh vegna flutningstapa þannig að heildarverð komið inn á ketil í Eyjum yrði 0,52 kr/kWh. Það var ljóst að með þessu móti gengi dæmið ekki upp, raforkukaup veitunnar yrðu rúmar Mkr 30,0 á ári.

Það varð því úr, að settar voru fram hugmyndir um það að sameina öll raforkukaup Vestmannaeyja, jafnt forgangsorku sem ótrygga orku og óska eftir beinum viðskiptum við LV. Forgangskrúkaup Rafveitu Vestmannaeyja eru um 40 GWh á ári. Á gjaldskrárverði RARIK í dag eru þetta u.þ.b. Mkr 74,0. Færu þessi kaup hins vegar fram á gjaldskrárverði LV (130 kV) lækkaði þessa upphæð í rúmar Mkr 61,0. Það hagræði sem mundi skapast í þessum viðskiptum mætti síðan nota til þess að ná niður verði ótryggu orkunnar.

Viðræðunefnd Vestmannaeyja átti sinn fyrsta fund með stórnendum LV í lok júlí og er óhætt að fullyrða að menn voru töluvert bjartsýnir í lok þess fundar.

Síðan gerist það að iðnaðarráðherra skipar nefnd sem gera skulu úttekt á raforkudreifingu landsmanna og koma með hugmyndir um framtíðar skipulag þeirra mála. Í kjölfar þessarar nefndarskipunar óskar ráðuneytið eftir því við LV að málefni einstakra aðila s.s. Vestmannaeyja séu ekki afgreidd sérstaklega. Þar með má heita að beinum viðræðum við LV hafi lokið.

Samningar halda áfram við RARIK og LV með milligöngu iðnaðarráðuneytisins. Alveg ný hlið kemur upp á málinu þegar upplýst er af hálfu ráðuneytisins að niðurgreiðslur á raforku til húshitunar fáist, verði umrædd kaup að veruleika. Sé tekið tillit til þessara niðurgreiðslna og þeirra reglna sem þeim eru settar, þá þýddi það allt að 60% lækkun á innkaupsverði. Það er ljóst að engin af þeim orkugjöfum sem við höfum möguleika á í dag getur keppt við niðurgreidda raforku, þó eru menn töluvert kvíðnir því hvað við taki verði þessar niðurgreiðslur felldar niður, einkum með tilliti til þess hve þáttur flutningstapa í verðinu er stór. Endanlegt verð inn á ketil í Eyjum lítur svona út:

Verð LV við Búrfell	0,225 kr/kWh
Flutningstöp	0,150 -
Flýtingarkostnaður	0,110 -
Félagslegur þáttur (til RARIK)	0,020 -
Niðurgr. 0,6x0,5 kr/kWh	-(0,300) -
Alls:	<hr/> 0,205 kr/kWh

Allir útreikningar eru gerðir til 30 ára þannig að kílóvattstundaverðin eru meðalverð þess tíma, því yrðu flutningstöpin fyrstu árin all verulega lægri sökum lítils álags.