

RAFORKUMÁLASTJÓRI  
Jarðhitadeild og  
Jarðboranir ríkisins

DJÚPBORUN Í VESTMANNAEYJUM

Eftir

Guðmund Pálmason, Jens Tómasson og Jón Jónsson (jarðhitadeild)

og

Isleif Jónsson (jarðboranir ríkisins)

Febrúar 1965

RAFORKUMÁLASTJÖRI  
Jarðhitadeild og  
Jarðboranir ríkisins

DJÚPBORUN Í VESTMANNAEYJUM

Eftir

Guðmund Pálmason, Jens Tómasson og Jón Jónsson (jarðhitadeild)

og

Isleif Jónsson (jarðboranir ríkisins)

Febrúar 1965

## EFNISYFIRLIT

	Bls.
I. Yfirlit um niðurstöður (GP) .....	1
II. Almenn jarðfræði (JJ) .....	3
III. Borun og dæling (IJ) .....	7
IV. Jarðlög holunnar (JT) .....	15
V. Vatnið í holunni (JT) .....	33
VI. Jarðeðlisfræðilegar athuganir (GP) .....	38
VII. Eftirmáli .....	43

I. YFIRLIT UM NIÐURSTÖÐUR

Skýrsla sú um djúpborun í Vestmannaeyjum, sem hér fer á eftir, er tekin saman af starfsmönnum jarðhitadeildar og jarðborana ríkisins. Jarðboranir ríkisins sáu um framkvæmd borunarinnar, en jarðhitadeildin var ráðgjafi við borunina og hefur með höndum rannsóknir á holunni.

Eins og kunnugt er var þessi djúpborun gerð í þeim tilgangi að kanna hvort unnt væri að afla neyzluvatns fyrir Vestmannaeyjar. Tilraunir með grunnar borholur í þessu skyni höfðu ekki borið tilætlaðan árangur, og var þá hafizt handa um djúpborun með Norðurlandsbornum til að fá endanlega úr því skorið, hvort von væri á vatni úr dýpri bergmyndunum undir eyjunum. Fyrirfram var slíkt engan veginn talið vonlaust, og með tilliti til hins mikla kostnaðar við vatnsleiðslu úr landi var talið rétt að reyna þetta.

Hér á eftir verða raktar höfuðniðurstöður þessarar borunar eins og þær liggja fyrir í dag, en nánari greinargerðir eru í köflum þeim, sem fara hér á eftir.

Borað var niður á 1565 m og er þessi hola sú þriðja dýpsta á landinu. Athugun á jarðlögum sýnir, að Vestmannaeyjamyndunin svonefnda, sem er úr gosbergi, nær niður á 177 m. Sú myndun er vafalaust gegnsósa af sjó. Þar fyrir neðan taka við þykk setlög, sem í stórum dráttum ná niður á um 820 m. Úr þessum setlögum er lítil von að vatn fáist. Á um 820 - 1070 m koma basaltlög með allmiklu af millilögum, þar sem ekki er vonlaust, að vatnsæðar kunni að leynast, enda mun það vatn, sem komið hefur úr holunni við dælingu, hafa komið frá 820 - 900 m dýpi. Frá 1070 m til 1330 m eru basaltlög án verulegra millilaga og þar fyrir neðan aftur basaltlög með allmiklu af millilögum. Ekki eru miklar líkur fyrir vatnsæðum í þessum neðri myndunum vegna þrýstings og aldurs, en það er þó ekki fullkannað enn.

Er borað hafði verið niður á 898 m var gerð tilraun til dælingar úr holunni og fékkst um 0,7 l/sek rennsli. Efnagreining á vatninu benti til þess, að það væri blandað sjó, en ísotópagreining benti hins vegar til, að hér væri um jarðvatn að ræða svipað og er á landi. Á þessu stigi er spurningunni um uppruna þessa vatns enn ósvarað og frekari rannsókn þörf.

Að lokinni þessari borun er ekki hægt að segja, að hún hafi borið jákvæðan árangur. Setlögin í efri hluta holunnar reyndust þykkri en búizt hafði verið við, en úr þeim er vonlítið að fá vatn. Ekki eru líkur á, að önnur staðsetning holunnar hefði breytt neinu um niðurstöður, og því virðist ekki ástæða til að bora aðra holu í sama skyni.

Þær áætlanir um framhaldsrannsóknir á holunni, sem gert er ráð fyrir á næstunni, eru í stuttu máli sem hér segir. Fengin verður ný dæla til prófunar á holunni og standa vonir til að hún verði komin í febrúar-marz. Einnig er væntanlegur nýr rafstrengur til ýmissa athugana í holunni, og áhald til sýnishornatöku af vatni á mismunandi dýpi hefur þegar verið smíðað. Bæði á undan og eftir dælingartilraunum er áformað að taka vatnssýnishorn af mismunandi dýpi til efna- og ísotópagreiningar, svo og að gera mælingar á hita, eðlisviðnámi, jarðspennu og e.t.v. fleiru í holunni. Vonast er til þess, að þessar rannsóknir gefi upplýsingar um hugsanlegar vatnsæðar og skýri það ósamræmi, sem fram hefur komið í efnainnihaldi og ísotópasamsetningu þess vatns, sem áður hefur fengið úr holunni.

## II. ALMENN JARÐFRÆÐI

Allt frá upphafi byggðar í Vestmannaeyjum hefur þar verið nokkur hörgull á neyzluvatni.

Með síaukinni fólksfjölgun og tilkomu vatnsfreks iðnaðar hefur spursmálið orðið meir og meir aðkallandi.

Af þessum ástæðum var þegar 1957 hafizt handa um tilraunir með að bora eftir köldu vatni á Heimaey. Það ár munu hafa verið boraðar 7 holur, sú dýpsta 98,5 m djúp. Samkvæmt skýrslum virðast 5 af þessum holum hafa verið boraðar á hrauni en tvær utan við það. Hraunin sem hér er um að ræða eru komin frá Helgafelli og virðast hafa fyllt skarð milli Sæfjalls að sunnan og Dalfjalls-Hár að norðan. Ekki virðist ólíklegt, að fyrstu gosin á þessum stað hafi verið neðansjávar. Víst er a.m.k. að hvergi sér undirlag hraunanna við Urðir austan á eyinni og ekki að vestan heldur fyrir en **sunnarlega** undir Ofanleitishamri, en þar liggja hraunin ofan á lagskiptum sandsteini. Engin millilög eru sýnileg í þessum hömrum, en neðst og efst í hverjum hraunstraumi er gjall, sem myndar þá einskonar millilög þar sem hvert hraunflóðið hefur runnið yfir annað, sennilega með stuttu millibili.

Af þessum orsökum virðist ljóst að sjór muni falla meir eða minna beint inn í þessi gjallkenndu lög, og er því við búíð að hans gæti jafnvel þvert gegnum hraunið frá Urðum til Ofanleitishamars.

Vegna þess hvað hraunin eru ung, laus við millilög og því óþétt hripar allt vatn, sem á þau fellur fljótlega niður og þar sem gjallkennd millilög eru í hraununum blandast þetta vatn fljótlega sjó.

Þó má að sjálfsögðu reikna með að lag af fersku vatni sé ofan á sjónum, en það er vafalaust mjög þunnt. Þetta er í samræmi við reynslu af borununum 1957, en þær gáfu þegar bezt

lét nokkuð af fersku vatni fyrst, en þegar meira var dælt kom sjór í holurnar.

Út frá neikvæðri útkomu af borununum 1957 var vikið að því hvort hugsanlegt væri að fá mætti ferskt vatn í Eyjum með því að bora mikið dýpra.

Með bréfi, dags. 11.11. 1962, leitaði bæjarstjóri Vestmannaeyja álits Jarðhitadeildar á þessu máli.

Álit deildarinnar, sem sent var bæjarstjóra með bréfi, dags. 27.11. 1962, var í stuttu máli sem hér segir:

Það virðist fræðilega séð ekki útilokað að mögulegt sé að fá ferskt vatn undir Vestmannaeyjum. Sá möguleiki byggist á því að hugsanlegt er, að samfelld berglög (basalt) nái ofan af landi (Rangárvöllum) og út undir eyjarnar, sem þá væru myndaðar ofan á slíkum berglögum. Skilyrði fyrir því að svona berglög flytji vatn eru í fyrsta lagi þau, að þau séu ekki það gömul að bæði basaltlögin sjálf og millilögin milli þeirra séu orðin svo fyllt af "sekúnderum mínerölum", sem myndast hafa í þeim á löngum tíma, að bergið í heild sé orðið þétt.

Í öðru lagi verða þau að vera heilleg og ekki skorin af sprungum eða misgengjum. Þriðja skilyrðið er svo að þétt lög séu ofan á hinum vatnsleiðandi lögum þannig að sjór nái ekki niður í þau.

Reynslan er sú, að tertiera basaltmyndunin, sem meginhluti Vestur-, Norður- og Austurlands er byggður úr, sé yfirleitt orðin svo þétt, að vonlaust geti talist að vinna úr henni verulegt magn af köldu neyzluvatni.

Um yngri berglög er nokkuð öðru máli að gegna. Í hinni svokölluðu hreppamyndun, sem talin er vera frá því seint á tertíer og/eða snemma á kvarter, eru mikil millilög úr sandsteini og völubergi. Þetta kemur fram m.a. í gljúfri Hvítar neðan við Gullfoss.

Um hreppamyndunina er að öðru leyti það að segja, að hún er ráðandi bergmyndun um Hreppa og Biskupstungur. Hún kemur fram vestan Ölfusár m.a. við brúna báðum megin við Suðurlandsveg. Hún virðist líka koma fram í farvegi Þjórsár austan megin, við brúna. Það austasta sem til myndunarinnar sést, það kunnugt er, kemur fram við Rauðalæk og Ytri Rangá.

Þess má þó geta að við Valagjá, sem er sprengigígur norðaustur af Heklu, koma fyrir molar úr bergi, sem virðist tilheyra hreppamynduninni, en það þýðir að hún mundi vera þar undir. Það er athyglisvert að berglögum hreppamyndunarinnar hallar norðvestur allt frá Ölfusá og a.m.k. langt upp eftir Hreppum, en austan Þjórsárdals tekur þeim að halla í öfuga átt þ.e. suðaustur.

Báðum megin virðist því lögum hreppamyndunarinnar halla inn undir hinar ungu eldfjallamyndanir á Reykjanesskaga og þar norðaustur af annars vegar en hinum megin eldfjallabeltisins, sem liggur um landið þvert og sem byrjar að vestan með Heklu-svæðinu. Það mætti samkvæmt þessu teljast ekki ólíklegt, að hreppamyndunina sé að finna í djúpinu undir móbergsmýndun þeirri er Eyjafjallajökull hvílir á, en sé svo, mætti líka gera ráð fyrir að hún gæti náð út undir Vestmannaeyjar.

Eitt af einkennum hreppamyndunarinnar eru tiltölulega þykk millilög milli basaltlaganna. Þessi millilög eru með ýmsu móti, en oft eru það völubergslög (konglomerat) og sandsteinslög greinilega mynduð af framburði straumvatna. Slík lög má sjá m.a. í gljúfri Hvítar eins og áður er getið. Jökulbergslög (tillit) eru einnig í þessari myndun. Ekki er mér kunnugt um að kalt vatn sé nokkurs staðar unnið úr berglögum þessum. Hins vegar er í þeim svo mikið af heitu vatni víðs vegar, að það er fyllilega ljóst að ástand berglaganna er víða þannig, að vatn getur streymt um þau.

Væri því hreppamyndunin undir Vestmannaeyjum, næði óslitin upp á land og væri lík að gerð því sem hún er víðs vegar annars staðar, þá væru fengin þau skilyrði sem þarf til að ferskt vatn gæti verið undir eyjunum.



Það var þessi möguleiki sem hafður var í huga þegar lagt var út í djúpbörun í Vestmannaeyjum. Gert var í upphafi ráð fyrir að bora niður í 1000 - 1500 m dýpi.

Um staðsetningu borholunnar er þetta að segja: Þar sem gos þau er síðar byggðu upp Helgafell að öllum líkindum byrjuðu sem neðansjávargos, virtist ekki ólíklegt að undir hraununum væru lög af "pyroklastika", þ.e. gjalli, vikri og ösku. Þau gætu jafnvel verið nokkuð þykk og vafalaust í þeim sjór.

Þegar hér við bætist neikvæður árangur af fyrri börunum var ákveðið að vera utan við hraunin. Með það fyrir augum að sem þægilegast væri að virkja holuna ef til kæmi, var ákveðið að hafa hana sem næst bænum, og var henni því valinn staður austan undir Há sunnan við Skiphelli. Ekki virðist ástæða til að ætla, nú þegar börun er lokið, að verulegur munur hefði orðið á árangri þó borað hefði verið á öðrum stað.

Mynd 2.)

RAFORKUMÁLASTJÓRI  
Jarðhitadeild

Vestmanneyjar

4.2'65 JJ/SB

Tnr 8

J- Vestmanneyjar

Fnr - 6954

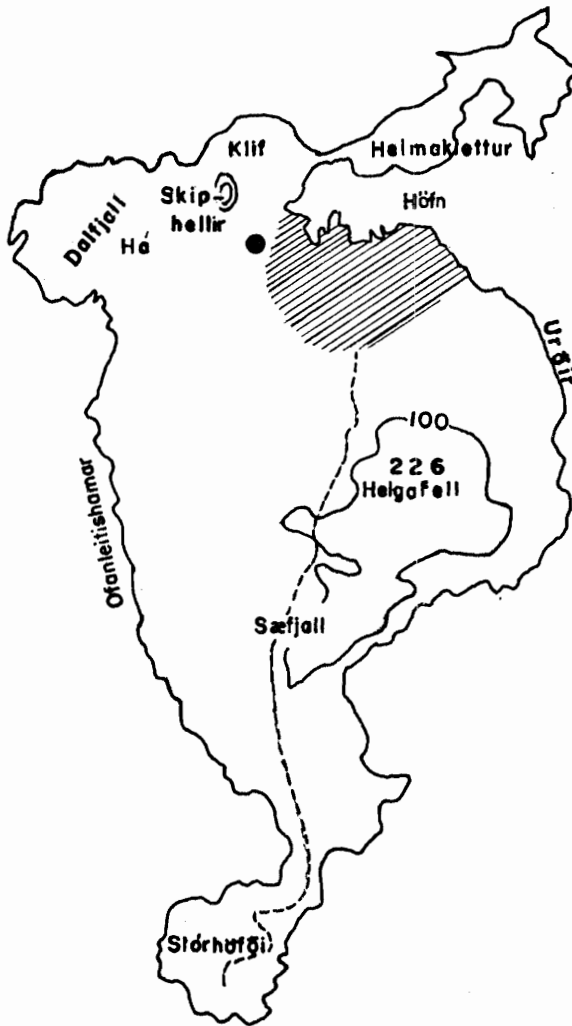
● Borholo



ELLIDAEY



BJARNAREY



HEIMAEY



SUÐUREY

Isleifur Jónsson

### III. BORUN OG DÆLING

Síðari hluta árs 1963 kom fram sú hugmynd að bora eftir drykkjarvatni í Vestmannaeyjum dýpra en áður hafði verið reynt.

Við nánari athugun var talið ólíklegt að 500 m hola myndi nægja og var þess vegna ákveðið að nota Norðurlandsborinn frá byrjun.

Undirbúningur verksins hófst í janúar 1964. Valinn var staður fyrir borinn og síðan sendur höggbor til að bora efstu metrana niður í fast berg. Fyrst var sandur niður í 7 m dýpi, síðan kom móberg. Höggborinn boraði niður í 14 m dýpi en fór svo í önnur verk. Höggborinn vann að boruninni 4. - 7. febrúar. Norðurlandsborinn kom til Vestmannaeyja 14. febrúar með m/s Árvakur.

Uppsetning mastursins hófst 17. febrúar. Gerð var áætlun um framkvæmd verksins, dags. 4. marz 1964, þar sem skýrt er frá því, hvernig áformað er að bora holuna.

Áætlunin fer hér á eftir:

#### Frankvæmdaáætlun

Tilgangur borunarinnar er að ná fersku vatni með því að bora niður í þétt jarðlög djúpt í jörð "undir sjónum".

Hér verður gert ráð fyrir að til þess þurfi ef til vill að bora 1000 m eða meira. Hafa verður í huga að holan þarf að vera þétt svo að ekki komist sjór inn í hana. Verður því að gera ráð fyrir að oft þurfi að þétta hana með steypu. Einnig þarf að vera hægt að setja niður fódurpípur, ef ekki tekst að þétta holuna með steypu.

Það er því áriðandi að velja hæfilega vídd á holunni í upphafi.

Átlunin er að fylgja eftirfarandi áætlun um holuvídd og fóðrun:

	Vídd holu	Fóðurrípa
1. Bora niður á fast 10 - 15 m	14"	
2. Fóðra niður á fast 10 - 15 m		13 3/8"
3. Bora í gegnum efstu lögin ca. 70 m	12 1/4"	
4. Fóðra af lek lög 50 - 80 m		9 5/8"
5. Bora niður í þétt lög 150 - 200 m	8 3/4"	
6. Fóðra eftir þörfum ca. 150 - 200 m		7"
7. Bora áfram ca. 500 m	6 1/4"	
8. Ef nauðsyn krefur má nú fóðra með 143/134 mm pípum en ekki er gert ráð fyrir að gera það, nema það reynist alveg óhjá- kvæmilegt, vegna leka í holu, sem ekki tekst að þétta.		143/134
9. Bora eins langt og talið verður rétt ca. 1000 - 1500 m	5 1/8"	

Auk þessa er gert ráð fyrir að taka kjarna með 116 mm kjarna-  
krónu öðru hverju alla leið í botn.

Augljóst er að oft þarf að taka ákvarðanir um það, hvort  
fóðra skal holuna, steypa í leka eða bora áfram. Það verður  
því nauðsynlegt að fylgjast alveg sérstaklega vel með hvernig  
borunin gengur.

Ef borunin heppnast og ósalt vatn fæst úr miklu dýpi, verður  
að gera ráð fyrir, að það þurfi að dæla því úr holunni.

Hér verður því að hafa í huga strax í byrjun, að afköst bor-  
holudælu fara eftir þvermáli hennar. Til dæmis eru afköst  
dælu, sem kemst í 143/134 mm fóðurrípu mest um 7 l/sek, en  
dæla sem kemst í 7" fóðurrípu gefur mest um 14 l/sek. Ef

árangur fæst með þessari borun er sennilegt, að fleiri holur verði boraðar seinna. Þá má endurskoða þessa áætlun um holu-  
vídd og fódöringu eftir því sem reynsla þessarar holu gefur  
tilefni til.

Þessari áætlun var fylgt vel, og reyndist hún passa ágætlega  
við þær aðstæður, sem þarna eru.

Borun hófst 27. febrúar 1964 og var byrjað á að þétta efsta  
hluta holunnar og fódöra með 13 3/8" fódörpípu. Síðan var  
borað með 12 1/4" krónu niður í 82 m.

Á þessum kafla var borað í gegnum mörg hraunlög. Var oft  
mikill leki og þurfti oft að steypa í holuna til að þétta  
hana. Fódörað var með 9 5/8" fódörpípu niður í 74 m dýpi.

Nú var borað með 8 3/4" krónu niður í 191 m. Virtist þar  
komið í nokkuð hart berg, og var ákveðið að fódöra holuna með  
7" fódörpípum.

Þessari síðustu fódöringu var lokið 23. marz.

Eftir það var holan boruð áfram með 6 1/4" krónum. Holan var  
þétt eftir fódöringuna og þurfti aldrei að steypa í hana vegna  
leka.

Hinn 24. marz var tekinn kjarni um 3 m langur úr 239 - 242 m  
dýpi. 10. apríl kjarni úr 646 m dýpi ca. 1 m á lengd, og  
17. apríl kjarni úr 782 m dýpi ca. 90 cm langur.

Þegar holan var orðin um 800 m djúp fór að verða vart við  
smávegis skolvatnstap. Var það orðið um 0,27 l/sek í 840 m,  
en um 0,4 l/sek í 870 m.

Þegar holan var 898 m djúp 27. apríl bilaði fódörpípa efst í  
holunni. Borun var stöðvuð til að steypa í gatið og tókst það  
vel.

Ákveðið var að mæla hitastig í holunni og reyna dælingu úr  
henni til að sjá hvort eitthvað vatn fengist þannig. Hita-

stig var mælt með maximummæli og reyndist það vera eftirfarandi kl. 15<sup>30</sup> 29. apríl:

Við yfirborð vatns 28,5°C  
í 500 m dýpi 44°C  
í botni 898 m 59,5°C

Nú var sett dæla í holuna. Dæling hófst um hádegi 1. maí. Mælt var á 2 klst. fresti vatnsborð í holu, vatnsmagn og hitastig.

Eftirfarandi niðurstöður fengust:

Dagsetn.	klst.	Vatnsborð	Vatnsmagn	Hitastig
1.5.64	12 <sup>00</sup>	12,0 m	0,64 l/sek	24,5°C
"	14 <sup>00</sup>	12,0	0,64	26
"	16 <sup>00</sup>	12,10	0,64	28
"	18 <sup>00</sup>	12,10	0,64	29
"	20 <sup>00</sup>	12,10	0,64	30
"	22 <sup>00</sup>	12,10	0,64	31
"	24 <sup>00</sup>	12,20	0,64	31
2.5.64	2 <sup>00</sup>	12,20	0,64	32
"	4 <sup>00</sup>	12,20	0,64	32
"	6 <sup>00</sup>	12,20	0,64	32
"	8 <sup>00</sup>	12,20	0,64	32
"	10 <sup>00</sup>	12,20	0,70	33
"	12 <sup>00</sup>	12,25	0,71	34
"	14 <sup>00</sup>	12,25	0,69	34
"	16 <sup>00</sup>	12,30	0,68	34
"	18 <sup>00</sup>	12,30	0,68	34,5
"	20 <sup>00</sup>	12,30	0,68	34,5
"	22 <sup>00</sup>	12,25	0,68	35
"	24 <sup>00</sup>	12,25	0,68	35
3.5.64	2 <sup>00</sup>	12,30	0,71	35
"	4 <sup>00</sup>	12,38	0,70	35,5
"	6 <sup>00</sup>	12,38	0,71	35,5

Dagsetn.	klst.	Vatnsborð	Vatnsmagn	Hitastig
3.5.64	8 <sup>00</sup>	12,80 m	0,72 l/sek	36 <sup>0</sup> C
"	10 <sup>00</sup>	12,80	0,71	36
"	12 <sup>00</sup>	12,90	0,72	36,5
"	14 <sup>00</sup>	13,00	0,73	36,5
"	16 <sup>00</sup>	13,05	0,73	37
"	18 <sup>00</sup>	13,05	0,74	37
"	20 <sup>00</sup>	13,00	0,78	37
"	22 <sup>00</sup>	13,00	0,78	37,5
"	24 <sup>00</sup>	13,00	0,77	37,5
4.5.64	2 <sup>00</sup>	13,00	0,74	37,5
"	4 <sup>00</sup>	13,05	0,75	37,5
"	6 <sup>00</sup>	13,10	0,75	37,5
"	8 <sup>00</sup>	13,20	0,76	38

Á meðan dælingin stóð yfir, voru tekin sýnishorn af vatninu til rannsókna. Vatnið var með talsverðu saltbragði, og kom því strax fram sú skoðun, að hér væri um sjó að ræða.

Efnagreining sýnir, að vatnið inniheldur um helming þess klóríðmagns, sem er í sjó.

Síðastliðin 2-3 ár hafa verið gerðar mælingar á þungavatnsinnihaldi í vatni í Eðlisfræðistofnun Háskóla Íslands. Voru því send sýnishorn af vatninu frá Vestmannaeyjum til mælinga, og kom þá í ljós, að þungavatnsinnihald þess er um - 6, þ.e. 6% minna en í meðalsjó. Þetta er sama magn og finnst í uppsprettu-vatni á Suðurlandi.

Niðurstöður mælinganna eru á bls. 36 í skýrslu Jens Tómassonar um vatnið í holunni.

Með hliðsjón af þessum niðurstöðum var ekki talið vonlaust, að meira og hreinna vatn fengist með dýpri borun. Var því ákveðið að halda verkinu áfram.

Borun hófst á ný 4. maí með því að taka kjarna úr 898 m dýpi. Síðan var borað áfram með 6 1/4" krónum. Borunin gekk illa, hörð lög komu hvert af öðru, sem borinn vann mjög illa á. Hinn 1. júní var dýpið orðið 1003 m, 1. júlí 1045 m, 1. ágúst 1084 m og 1. september 1487 m.

Á þessum tíma var borun stöðvuð 13. - 21. júní vegna sumarfría og 4. - 6. og 17. - 26. júlí vegna viðgerða á bornum. Tekinn var kjarni úr 1010 m dýpi 12. júní ca. 1 m á lengd, úr 1084 m dýpi 8. ágúst ca. 75 cm langur og 7. september kjarni úr 1517 m dýpi ca. 1 m langur.

Hinn 15. september var borun hætt. Holan var þá orðin 1565 m djúp.

Þegar hætt var að bora, var dælan sett niður aftur, eftir að holan hafði verið skoluð með hreinu vatni.

Þegar hætt var að bora, stóð holan full af vatni og rann smávegis úr henni, en eftir að dæling hófst fylltist holan aldrei, vatnsborðið hélzt í ca. 8 - 10 m dýpi.

Við dælingu fékkst eftirfarandi árangur:

Dagsetn.	klst.	Vatnsborð	Vatnsmagn	Hitastig
17.9.64	2 <sup>00</sup>	16,68 m	0,35 l/sek	28 <sup>0</sup> C
"	4 <sup>00</sup>	16,83	0,35	28
"	6 <sup>00</sup>	17,00	0,34	29
"	8 <sup>00</sup>	17,16	0,36	29
"	10 <sup>00</sup>	16,70	0,34	29
"	12 <sup>00</sup>	16,70	0,34	29
"	14 <sup>00</sup>	16,60	0,34	29
"	16 <sup>00</sup>	17,20	0,34	29
"	18 <sup>00</sup>	17,25	0,34	29,5
"	20 <sup>00</sup>	17,20	0,35	29,5
"	22 <sup>00</sup>	17,36	0,36	30
"	24 <sup>00</sup>	17,66	0,36	30



Dagsetn.	klst.	Vatnsborð	Vatnsmagn	Hitastig
18.9.64	2 <sup>00</sup>	18,40 m	0,36 l/sek	30 <sup>0</sup> C
"	4 <sup>00</sup>	18,50	0,36	30
"	6 <sup>00</sup>	18,65	0,35	30
"	8 <sup>00</sup>	19,00	0,35	30
"	10 <sup>00</sup>	Dælan sett í 39 m dýpi		
"	12 <sup>00</sup>	34,00 m	0,75 l/sek	30 <sup>0</sup> C
"	14 <sup>00</sup>	38,20	0,75	32
"	16 <sup>00</sup>	38,30	0,75	34
"	18 <sup>00</sup>	38,35	0,75	34
"	20 <sup>00</sup>	38,35	0,75	34
"	22 <sup>00</sup>	38,20	0,70	34
"	24 <sup>00</sup>	38,20	0,67	34
19.9.64	2 <sup>00</sup>	38,25	0,80	34
"	4 <sup>00</sup>	38,20	0,75	34
"	6 <sup>00</sup>	38,10	0,80	34
"	8 <sup>00</sup>	38,00	0,80	35
"	10 <sup>00</sup>	37,80	0,70	35

Af framanskráðum tölum má sjá, að þegar dælan eykur afköst sín úr 0,35 l/sek í 0,75 l/sek lækkar vatnsborð holunnar úr 19 m í 34 og síðan 38 m og helst þar stöðugt. Það er því ástæða til að ætla að hægt sé að dæla meira magni úr holunni, ef dæla væri sett neðar í hana.

Það er því ætlunin að kaupa hentugri dælu og dæla með henni til að fá úr því skorið, hve mikið vatn er hægt að fá úr holunni.

Einnig er nauðsynlegt að útbúa tæki til að taka sýnishorn af vatninu í holunni á miklu dýpi. Það er öruggasta leiðin til að sjá hvort saltinnihald vatnsins, þar sem það kemur inn í holuna, er það sama og í prufum teknum við holuop, eða hvort saltmagnið vex á leið vatnsins upp í gegnum holuna.

Við samanburð á dælingu úr holunni 1. til 4. maí og 17. til 19. sept. sést að dælan gefur sama magn, en vatnsborð holunnar lækkar miklu meira í seinna skiptið.

Ástæðan getur verið sú, að fáar eða engar vatnsæðar séu á 900 - 1565 m dýpi og þær æðar sem gáfu vatnið á 830 - 900 m dýpi hafi stíflast að nokkru leyti af leðju eða svarfi undan bornum.

Holan fylltist alveg af vatni fyrst eftir að borun lauk, en eftir að dælan dró niður vatnsborðið hefur hreinsast stífla úr vatnsæðunum, og eftir það komst á nýtt jafnvægi í holunni. Vatnsborð hélzt í 8 - 10 m dýpi í holunni, en þá er vatnsborðið um 10 m yfir sjávarmáli.

Skýringin er sennilega sú, að á meðan borun stóð yfir, hafa æðarnar ofan við 900 m dýpi stíflast af borleðju og svarfi, en aðrar æðar opnast, sem gefa smávegis vatn með hærri þrýstingi, sem nægir til að skila vatninu upp úr holunni. Þegar dæling hefst aftur, opnast hluti af æðunum, sem gáfu í fyrri dælingunni, og eftir það hélzt vatnsborð holunnar eins og áður í 8 - 10 m dýpi. Vatn úr æðum með hærri þrýstingi seitlar þá yfir í þær, sem lægri þrýsting gefa. Ef vatnsborðið væri dregið lengra niður, t.d. í 100 m, má ætla að fleiri æðar opnuðust og færu að gefa vatn. Þetta er það sem áformað er að gera, þegar dælan kemur.

#### Yfirlit yfir borunina

Endanleg gerð holunnar er sem hér segir.

Fóðringar:

1.	13 3/8"	pípa	12,5 m
2.	9 5/8"	"	74 m
3.	7"	"	197 m

Þvermál holu eftir fóðringar er 6 1/4" (um 160 mm) alla leið í botn 1565 m.

Borunin gekk vel fyrst í stað allt niður fyrir 800 m, en eftir að kom í harðari lög fór að ganga mjög hægt.

#### IV. JARÐLÖG HOLUNNAR

##### Vinnuaðferð

Borinn malar bergið, sem borað er í gegnum niður í svarf, sem er dælt upp með vatni eða leðju. Þegar svarfið kemur upp lendir það á sigti þannig að grófari hluti svarfsins er sigtaður frá, og kemur til rannsóknar. Hin einstöku korn í svarfinu kalla ég brotkorn. Stærð brotkornanna, er frá 0,2 - 1,0 mm radius og oftast nærri stærra gildinu. Radius kornanna er miðaður við það að brotkornin séu hugsuð sem kúlulaga, en það eru þau sjaldnast. Athugun á jarðlögunum er þá fyrst og fremst athugun á borsvarfinu. Auk svarfsins segir borhraðinn nokkuð um eiginleika bergsins, sem borað er í gegnum og sömu-leiðis vatnstap, um vatnsleiðni bergsins. Þessa þrjá þætti verður að hafa í huga þegar jarðlög eru greind. Borsvarfið gefur ekki alltaf rétta mynd af jarðlögunum og verður aðallega að gæta tveggja eftirfarandi atriða í þessu sambandi.

Í fyrsta lagi eru brotkornin mjög misjöfn að þunga og stærð og koma þess vegna mishratt upp og verður því alltaf einhver blanda á milli nærliggjandi laga.

Í öðru lagi slást borstangir í holuveggina og losa efni úr þeim og blandast það svarfinu, sem borkrónan losar. Þeim mun harðara berg (því minni borhraði), sem borað er í gegnum, því meir kemur af efni frá slætti borstanganna. Þetta mætti líka segja þannig, að því meiri, sem borhraðinn er, þeim mun betri mynd gefur borsvarfið af berginu, sem borað er í gegnum. Beggja þessara atriða, sláttar borstanga og blöndunar gætir þeim mun meir, sem neðar dregur í holuna.

### Flokkun jarðlaga

Gosbergið í þessari holu er flokkað í eftirfarandi aðalflokka:

Tuff (hert gosaska), tuff breksía (hert gosaska og basalt molar), basalt (hraun) og innskot (hér oftast diabas).

Gosberginu er skipt niður í undirflokkka eftir tveimur meginreglum. Í fyrsta lagi eftir dökku fenokristöllunum, olivini og pyroxeni. Í öðru lagi eftir samsetningu plagioklasins. Flokkun eftir dökku fenokristöllunum er fyrst og fremst miðuð við það, hvort sé meira af olivini eða pyroxen-fenokristöllum í berginu. Einnig er stundum tekin samsetning pyroxensins. Þetta er kallað einkennandi mineral á mynd 4.2. Plagioklasið er samsett úr tvenns konar molekúlum; annað er kallað albit en hitt anortit. Venja er að gefa upp samsetninguna í hundraðshluta anortits í plagioklasinu, með skammstöfuninni An og tölustaf fyrir aftan, sem gefur til kynna þennan hundraðshluta. Samsetning plagioklasins er fundin með ljósbroti.

Setlögin eru sennilega mest sjávarset. Sjávarsetin efst í holunni skiptast aðallega í tvo flokka eftir útliti: Það er grátt fínt set, sem stundum slær á grænni slikju; hérna er oftast méla eða leir og brúnt tuffríkt fremur gróft set, sem oftast mundi vera skilgreint sem sandsteinn. Í þessari skýrslu kalla ég brúna tuff-ríka setið gróft set og gróft tuff-ríkt set eftir tuff magni, og það, sem ég kalla sandstein, er ennþá grófara og hef ég grun um að það sé myndað nærri landi eða á landi. Af öðrum setum er konglomerat, sem stundum er greint í undirflokkka eftir fínleika millimassans. Basaltbrotkornin í setinu hafa aðallega tvenns konar útlit (lögun); það er rúnnað eða með brotkanta. Þetta gefur til kynna kornastærðina á basaltmolunum í berginu, því að þau brotkorn, sem hafa brotkanta, hafa verið brotin úr stærri molum, en ef brotkornin eru rúnnað, kemur fram kornastærð basaltmolanna í berginu.

Þess má geta, að bergfræðileg rannsókn er miklu skemmra á veg komin á því borsvarfi, sem kom upp úr holunni fyrir neðan 1000 m dýpi en því, sem kom fyrir ofan. Til dæmis er engin þunnsneið til af borsvarfi frá ~~meina~~ dýpi en 1000 m.

### Jarðlög

Ég mun hér gera stutta grein fyrir jarðlögunum, með jarðlagaskipan (stratigrafi) fyrst og fremst í huga, og einnig nokkuð um myndun jarðlaganna. Bergfræði mun fyrst og fremst verða getið, ef hún hefur þýðingu til greiningar á milli jarðlaga.

### Dýpi 0 - 19 m

Fyrstu 14 m voru boraðir af höggbor III. Eftir borskýrslum, eru fyrstu 7 m sandur síðan móberg (tuff). Þetta tuff nær niður á 16 m dýpi síðan tekur við fjörusandur, sem nær niður á 19,2 m dýpi. Þetta er á móts við núverandi sjávarborð.

### Dýpi 19,2 - 40 m

Basalt. Lagið er að mestu gróf kristallað niður í 21 m með nokkrum glerkenndum basaltbrotkornum, en það verður gler og gjallkennt og samtímis byrjar vatnstap og í 23,2 m tapast allt vatn og var svo niður á 28 m dýpi. Þar sem ekkert vatn kemur, koma ekki heldur nein sýnishorn upp, því ekki er hægt að segja með vissu um samsetningu jarðlags eða jarðlaga á því bili. Fyrsta prufan, þegar vatnið kemur aftur upp, er frá 28 - 30 m dýpi. Það voru nokkrir basaltmolar kúlulaga með 2 - 3 mm radius. Þetta gæti verið fjörukambur, þar fyrir neðan tekur við fjörusandur, sem verður finni eftir því sem neðar dregur í lagið, sem endar á 40 m dýpi. Eftirfarandi líkan má gera sér af myndun basaltslagsins. Hraun hefur runnið út á fjöru og við snertingu þess við sjóinn í fjörunni hefur það orðið að gjallkenndu hrúðri einkum neðra borð þess. Þetta líkan myndi skýra bæði myndun glerkennda basaltsins og

vatnstapið. Einnig er næsta þekkta jarðlag fyrir neðan basaltið myndað í fjöru. Glerkennda basaltið hefur myndast þannig, að við snertingu við vatnið hefur basaltið kólnað svo snögglega, að öll kristöllun hefur stöðvast. Slíkt gjallkennt hrúður, sem myndast fyrir áhrif vatns mundi halda mjög illa vatni og mjög líklegt að vatnstapið hafi orðið í slíku hrúðri Grófa basaltið mætti einnig skýra sem innskot í gjallkennt basalt. Þann bergfræðilega mun, sem er á því grófkristallaða og glerkennda, má skýra út frá mismunandi storknunarhraða á sömu bergkvikunni.<sup>x)</sup>

Dýpi 40 - 52,25 m

Basaltlag (basalt með olivini) gegnumskorið af gangi neðan til. Talsverður munur er á samsetningu gangsins og basaltsins. Gangurinn er súrari.

Dýpi 52,25 - 55 m

Tufflag með plagioklasi, olivini og myndbreyttu gleri.

Dýpi 55 - 58 m

Hertur fjörusandur með einstökum skeljabrotum og miklu af olivini (sem brotkorn). Olivinið er sennilega þannig til komið, að sjórinn hefur brotið það út úr undirliggjandi tuffi og glerið hefur molnað fljótar niður en olivinið og flotíð í burtu með sjónum.

---

x)

Bergfræðilegur munur á glerkennda og grófkristallaða basaltinu fyrir utan grófleikann er, að það finnst súrara plagioklas í því grófa en í því glerkennda. Hins vegar eru plagioklas fenokristallarnir þeir sömu í báðum, bæði hvað stærð og samsetningu varðar. Fenokristallarnir eru í báðum með An 70 - 75, en það súrasta í grunnmassanum er með An 50. Þetta má skýra þannig, að í glerkennda basaltinu hafi súra plagioklasið ekki náð að myndast. En þegar plagioklasið kristallast getur myndast basískt plagioklas fyrst, en síðan verður plagioklasið því súrara sem kristöllunin heldur lengur áfram.

Dýpi 58 - 82 m

Myndbreytt tuff með örsmáum plagioklas listum og olivin fenokristöllum. Olivinmagnið virðist aukast með dýpinu, en myndbreytingin er mest efst og minnkar með dýptinni. Í þessu lagi fannst salt.

Dýpi 82 - 112 m

Tuff með fenokristalla af olivini, plagioklasi og pyroxeni og plagioklaslista og brúnu gleri, sem er að byrja að myndbreytast (ferska glerið hefur ljósbrot  $n = 1,600$ ) einkum efst og neðst í laginu og frá 107 m og niður í 112 m finnst ekkert af fersku gleri.

Dýpi 112 - 121,5 m

Óhertur leir með basalt molum. Mest er af basalti efst í laginu og eru basalt brotkornin með brotkanta. Það er að segja, að basalt molarnir í berginu hafa verið stærri en brotkornin, en þegar neðar dregur eru basaltbrotkornin rúnnað. Þetta er leirsteinskonglomerat, sennilega mórena.

Dýpi 121,5 - 178,5 m

Mjög myndbreytt tuff; þó finnst neðst í því ferskt gler (ljósbrot glersins  $n = 1,600$ ).

Olivinið er mest áberandi af upprunalegum minerölum, en auk þess finnast plagioklaslistar og pyroxen. En af nýmyndunar eða myndbreytingar minerölum er klorit, opal kalsedon (speriltiskur), kalkspat og zeolytar sem holufyllingar.

Dýpi 178,5 - 185,5 m

Þetta er óhertur leir með basaltmolum alveg hliðstætt laginu frá 112 - 121,5 m dýpi og mun vera mórena líka.

Dýpi 185,5 - 216 m

Lagskipt sjávarset, sennilega fín lagskipting, því það finnast lagskipt brotkorn. Það skiptast á brúna tuffríka setið og gráa fína setið. Mikið er af dýraleifum í þessu lagi.

Dýpi 216 - 229 m

Gróft tuffríkt set með basaltmolum jafnstórum og stærri en brotkornin. Basalt brotkornin eru vel rúnnað þau, sem ekki hafa brotkanta. Einstaka brotkorn af tuffi finnast í laginu, en engar dýraleifar.

Dýpi 229 - 231 m

Öhertur leir.

Dýpi 231 - 256 m

Fínkornótt grátt sjávarset með dýraleifum.

Dýpi 256 - 265 m

Innskotslag, fremur grófkristallað storkuberg, diabas.

Dýpi 265 - 285 m

Grátt fínkornótt sjávarset aðeins tuffríkara en sjávarsetið fyrir ofan innskotslagið og tuffríkast neðst. Dýraleifar.

Dýpi 285 - 290 m

Mjög tuffríkt lag með brotkornum af plagioklas og pyroxen. Tuffið virðist vera stutt aðflutt en það eru þó merki um flutning.



Dýpi 290 - 315 m

Sandsteinn, misgrófur og mistuffríkur. Ferskt gler er í 310 m dýpi (ljósbrot  $n = 1,600$ ). Basalt brotkornin eru rúnnað ofan til í laginu niður á 309 m dýpi, en þá fara þau að hafa brotfleti. Neðst í laginu eru basalt brotkornin í miklum meiri hluta og eru bæði rúnnað og með brotfleti. Miklar holufyllingar eru neðst í laginu líka. Þetta virðist vera gamall sandur, grófur neðst eða jafnvel möl, myndað á landi eða nærri landi, einkum neðsti hlutinn.

Dýpi 315 - 320 m

Grátt fínt set.

Dýpi 320 - 330 m

Efst grófur tuffríkur sandsteinn með rúnnaðum basaltmolum, en í 324 - 326 m er mikið af basaltbrotkornum með brotköntum, sennilega stórir steinar, því borhraðinn fellur mjög mikið. En það er ekki innskot eða basaltlag, sem sést á því, að basaltbrotkornin eru mjög mismunandi að allri innri gerð og geta því ekki verið komin frá sama gosbergi. Þessi tvö sandsteinslög eru mynduð á landi eða nærri. Sennilegast má setja þessa skyndilegu breytingu á afstöðu láðs og lagar í samband við ísöld eða ísaldir.

Dýpi 330 - 370 m

Misgróft lagskipt set, þar sem skiptast á með ca. 2 m bili sýnishorn með meiri hluta brotkorna af gráa fína setinu eða af brúna grófa setinu. Þó er líklegt, að lagskiptingin sé miklu þéttari en 2 m því það finnast lagskipt brotkorn, sem bendir á mjög þetta lagskiptingu, því þunnsneiðin nær yfir svo lítinn hluta bergsins, og þegar hittist á nokkur lagskipt brotkorn í þunnsneið, má ætla að þetta sé mjög algengt fyrirbrigði. Fremur lítið er af holufyllingum nema í efstu 10 m, er þar mikið af kalkspati í því grófa. Einnig var á 765 m dýpi mikið af kalkspatholufyllingum. Nokkuð er af dýraleifum í þessu lagi.

### Dýpi 370 - 383 m

Sandsteinn með mikið af basaltmolum. Eykst basaltið eftir því sem neðar dregur í lagið og er næstum eingöngu basalt í neðstu 4 m. Megnið af basaltbrotkornunum eru rúnnað, en nokkur eru með brotkanta. Þetta hefur verið grófur sandur upp undir malargrófleika. Myndunarsaga þessan sandsteinslags mun vera lík og sandsteinslaganna fyrir ofan, það er að segja, breyting á afstöðu láðs og lagar í sambandi við ísöld.

### Dýpi 383 - 400 m

Lagskipt sjávarset tufffátækt og nokkru fínna efst en neðar í laginu. Öll basaltbrotkorn, sem finnast eru rúnnað. Það er lítið af holufyllingum í þessu lagi.

### Dýpi 400 - 420 m

Tuffríkt gróft set og tuffríkast neðst. Megnið af tuffinu virðist vera komið frá sama gosi, en þó er þetta ekki upprunalegt tufflag. Megnið er í grófum brotkornum með nokkrum rúnnaðum tuffkornum í hverju brotkorni (merki um flutning). Nokkur brotkorn af tuffi með pyroxeni sem eina mineralið.<sup>x)</sup> Þetta lag mun þannig til orðið, að öskugos mun hafa orðið á því svæði, sem setið er komið frá, þá verður setið mest aska fyrst eftir gosið, en smá minnkar og blandast öðru efni.

### Dýpi 420 - 437 m

Venjulega gráa fína sjávarsetið fyrstu metrana en frá 425 - 427 m er það nokkru grófara og ríkara af tuffi og basalti. Basaltbrotkornin flest rúnnað eða með einn eða tvo brotkanta. Fyrir neðan 427 m er gráa fína sjávarsetið niður á 437 m dýpi.

---

x)

Þetta virðist vera mjög basískt tuff. Það fannst ferskt gler í því. Hafði það ljósbrot  $n = 1,608$ . Ljósbrot plagioklasins  $n_x = 1,570$ ,  $n_z = 1,580$ , An 75 - 80 og magnesíumríka pyroxenið  $n_x = 1,68$  og  $n_z = 1,702$ .

Dýpi 437 - 444 m

Brúnt tuffríkt, gróft set.

Dýpi 444 - 490 m

Mest gráa fína sjávarsetið, en eitthvað misgróft en lítið af tuffi. Allmikið af dýraleifum.

Dýpi 490 - 510 m

Gróft mjög froðukennt dökkt ekki mjög tuffríkt set fyrstu 10 m. Síðari 10 m eitthvað tuffríkari og lagskipt, það finnast lagskipt brotkorn.

Dýpi 510 - 550 m

Brúnt tuffríkt glansandi froðukennt sjávarset með örþunnum lögum af gráa fína sjávarsetinu.

Dýpi 550 - 572 m

Lagskipt sjávarset. Það er að segja fundist hafa lagskipt brotkorn, þar sem skiptast á gráa fína sjávarsetið og brúna grófa tuffríka sjávarsetið. Ofan til ber mest á gráa sjávarsetinu, en neðantil ber meira á því brúna. Það er nokkuð mikið af holufyllingum, kalkspati og zeolytum. Gæti verið að eitthvað af kalkspatinu væru skeljar en annars hafa engin merki um dýr fundizt í þessu lagi.

Dýpi 572 - 578 m

Leirsteinskonglomerat. Brotkorn af gráu leirkenndu seti og basalti. Basaltbrotkornin hafa mörg brotkanta. Basaltbrotkornin eru mjög mismunandi að innri gerð og geta ekki verið komin frá sama gosbergi. Þetta getur verið mórena, ísaldarmyndun.

Dýpi 578 - 610 m

Efstu 5 m mjög tuffríkir, en síðan tekur við lag, þar sem gráa sjávarsetið er ríkjandi þó með verulegu magni af brúna tuffríka setinu og nær þetta niður á 599 m dýpi. Þar er um það bil 2 m lag af gráa fína sjávarsetinu. En þar fyrir neðan tekur við mjög tuffríkt set niður á 610 m dýpi.

Dýpi 610 - 616 m

Óhert leirlag.

Dýpi 616 - 670 m

Þetta er fremur grófkristallað storkuberg með plagioklasi og pyroxeni sem aðal minerölum, auk þess olivin, magnetit og myndbreytt mineral.

Líklega er þetta innskotslag og benda eftirfarandi atriði til þess að svo sé:

1. Sjávarset bæði fyrir ofan og neðan lagið. Reyndar er ekki öruggt, að setið fyrir neðan storkubergslagið sé sjávarset, en þó er það líklegast að svo sé.
2. Grófleiki storkubergsins er meiri en vanalegt er í basalti, einnig er það mjög jafn gróft. En í basaltlögum er bergið oft mismunandi grófkristallað (til dæmis gjallkennt efst og neðst).
3. Þetta lítur út sem eitt lag hvað borhraða varðar einnig er og allt storkubergið bergfræðilega eins.

Það er þó ekki alveg víst, að þetta sé eitt lag, því eftir sýnishornunum að dæma eru þetta tvö lög sundurskilin af þunnu leirlagi á 651 m dýpi. Í sýnishornum frá 651 m dýpi er bara óhertur leir, einnig í næsta sýnishorni á eftir frá 653 m dýpi er mikið af óhertum leir. Í slíkum óhertum leirlögum er borhraðinn margir m/klst, en hér er borhraðinn 0,25 m/klst eins og annars staðar í innskotinu. Mér finnst

helzt tvennt koma til greina til að skýra þetta. Í fyrsta lagi, að á þessu dýpi hafi verið leirfyllt sprunga, þó hvergi það víð, að borkrónan hafi ekki að einhverju leyti verið í innskotslaginu. Í öðru lagi, að borstengurnar hafi slegið stórann klump úr óhertu leirlagi fyrir ofan innskotslagið.

#### Dýpi 670 - 683 m

Fremur grófkornótt set, sem verður tuffríkara eftir því sem neðar kemur í lagið.

#### Dýpi 683 - 688 m

Leirsteinskonglomerat. Brotkorn af gráum leirkenndum massa og basalti. Basaltið eykst eftir því sem neðar kemur í lagið. Basaltbrotkornin eru með brotkanta en mjög mismunandi að innri gerð og geta því ekki verið komin frá sama gopsbergi. Þetta mun vera mórena.

#### Dýpi 688 - 700 m

Myndbreytt tufflag. Tuffið er með brúnt "gler" plagioklas og titanaugit, glerið hefur mjög lágt ljósbrot.<sup>x)</sup> Það eru nokkur basaltbrotkorn í tuffinu. Þau virðast hafa sama uppruna og tuffið, þar sem basaltið inniheldur sömu mineröl og það.

#### Dýpi 700 - 725 m

Holufylltur sandsteinn með opal sem bindiefni eða kalkspat, en dreifikornin af tuffi, basalti, plagioklasi og pyroxeni. Talsvert er af basaltbrotkornum með brotkanta einn eða fleiri. Þetta hefur myndast á landi eða nærri landi.

---

x)

Í myndbreytta glerinu er ljósbrotið frá 1,470 - 1,490 opal, einnig sjást í tuffinu myndbreytt mineröl. Plagioklasið er frekar súrt, súr labrador, (An 55).

Dýpi 725 - 732,5 m

Storkuberg, annað hvort hraun eða innskot. Storkubergsbrotkornin eru misgrófkristölluð. Þau grófustu eru ekki eins gróf eins og brotkornin í innskotslögunum ofar í holunni, svo er nokkuð af glerkenndum storkubergsbrotkornum en öll brotkornin virðast vera eins að samsetningu, titanaugit-basalt. Ef litið er á lögin fyrir ofan og neðan sem landmyndun, þá er ekki óeðlilegt að líta á þetta sem basalt.

Dýpi 744 - 760 m

Efst er sandsteinn mjög líkur og sandsteinninn fyrir ofan basaltlagið nema hvað bindiefnið er mest af grænleitu isotropu geli (litaður opall), auk þess er kalkspat og zeolytar sem bindiefni. Eftir því sem neðar dregur í lagið verður það fínkornóttara, þéttara og tuffríkara.

Dýpi 744 - 760 m

Virðist vera mjög sprungið holufyllt basalt (titanaugit-basalt) og mjög mismyndbreytt.

Það finnast basaltbrotkorn með brúnu gleri, sem stundum virðist vera flögulaga. Þetta getur bent til þess, að þetta sé bólstraberg. Það mun einkum vera basaltið með brúna glerinu, sem hefur myndbreytt því það finnast millistig á milli brotkorna með næstum bara brúnu gleri og mjög myndbreyttra brotkorna. En basaltið, sem hefur náð að kristallast hefur staðið betur af sér myndbreytinguna. Þetta mun orsök þess, að basaltið er mjög mismyndbreytt. Sprungur, myndbreytingar og leirfyllingar aukast eftir því sem neðar dregur. Holufyllingar eru kalkspat og zeolytar.

Dýpi 760 - 790 m

Tuff breksía eða agglomerat. Brotkorn eru tvenns konar, úr basalti og tuffi. Það er til kjarni úr þessu lagi um 1/2 m á lengd. Hann er úr tuffi með stórum basaltmolum upp í 10 cm

í þvermál. Basaltnolarnir hafa stundum rúnnaða kanta, sem getur bent á einhvern flutning. En basaltnolarnir og tuffið hafa sömu minerala, titanaugit og plagioklas (labrador) og verður að gera ráð fyrir því, að þeir séu komnir frá sama gosbergi og þetta sé tuff breksía, en gosefnin hafi eitthvað skolast til eftir gosið.

Basaltið eða bólstrabergslagið fyrir ofan breksíu geta verið frá sama gosi. Þau eru mineralogiskt eins (gosminerölin eru þau sömu). Þetta getur allt tilheyrt gosi, sem byrjað hefur neðansjávar, en ef til vill byggt sig upp úr sjónum líkt og nú átti sér stað í Surti.

#### Dýpi 790 - 823 m

Fremur fínt set en eitthvað misgróft. Ef til vill eitthvað lagskipt með basaltnolum bæði minni og stærri en brotkornsstærð. Það er mjög áþekkt fína sjávarsetinu ofar í holunni. Ekki hafa þó fundizt dýraleifar, en þær hafa bara fundizt í hluta af sjávarsetinu. Neðstu 5 m í þessu seti eru sandsteinn nokkuð öðruvísi að ytra útliti en set, sem hefur komið upp úr holunni áður. Sandsteinninn brotnar í flögulaga brotkorn. Sum þeirra eru rauðbrún að lit eftir útfellingu (af hematiti). Einnig er sandsteinninn nokkuð öðru vísi samansettur en setin ofar í holunni, meira af plagioklasi og pyroxeni. Þessi sandsteinn gæti verið myndaður á landi en að öðru leyti mun setlagið vera myndað í sjó.

#### Dýpi 823 - 850 m

Tvö basaltlög, titanaugit basalt með litlu millilagi af rauðbrúnum sandsteini. Millilagið er í 835 m dýpi.

#### Dýpi 850 - 871 m

Konglomerat niður á 865 m með fremur grófum millimassa. Þó er eitthvað af fínum leir í millimassanum. Basaltnolarnir hafa verið stærri en brotkornin því þeir eru með brotkanta en þeir eru svo mismunandi, að þeir geta ekki verið frá sama

gosbergi. Fyrir neðan 865 m ber mest á rauðbrúnum sandsteinsbrotkornum einnig er talsvert af basaltbrotkornum.

Í þessum sandsteinsbrotkornum fannst einn dýrasteingerfingur, en ekki er þar með sannað að lagið sé myndað í sjó, því brotkornið með steingerfingnum getur verið komið frá slætti stanganna einhversstaðar ofar í holunni. Þetta mun vera mórena sennilega að mestu leyti mynduð á landi, en sandsteinninn gæti að einhverju eða öllu verið myndaður í sjó, en nærri landi.

#### Dýpi 871 - 895 m

Titanaugit basalt, glerkennt og að nokkru leyti mjög myndbreytt og leirfyllt. Það finnst brúnt gler í basaltinu. Þetta gæti verið bólstraberg.

#### Dýpi 896 m

Lítið lag af rauðbrúnum flögóttum sandsteini.

#### Dýpi 895 - 965 m

Titanaugit basalt lög með sandsteinsmillilögum. Basaltið er lítið, sem ekkert myndbreytt, en mjög mismikið af holufyllingum í því.

#### Dýpi 964 - 974 m

Basaltbrotkorn flest með brotkanta og með mjög mikið af holufyllingum. Brotkornsstærðin er hér ekki nema ca.  $1/4$  -  $1/2$  af venjulegri brotkornsstærð, svo þetta gæti verið grófur sandur, þó að brotkornin hafi brotkanta. Basaltbrotkornin eru mjög mismyndbreytt, en öll eru þau titanaugit-basalt. Í staðinn fyrir að skýra þetta sem holufylltan grófan sand eða mól, mætti skýra þetta sem bólstraberg eða mjög gjallkennt hraun, sem hefði splundrazt fyrir áhrif vatns.



Dýpi 974 - 986 m

Fínt lagskipt set en tufffátækt. Neðst í laginu er sandsteinn. Þetta er mjög líkt sjávarsetum, en engar dýraleifar hafa fundist í laginu.

Dýpi 986 - 1030 m

Titanaugit basaltlög með nokkrum millilögum.

Dýpi 1030 - 1074 m

Basaltlög, sem innihalda olivin (ekki vitað hvort olivinmagnið er það mikið, að rétt væri að kalla þetta olivinbasalt). Eitt millilag á 1050 m dýpi.

Dýpi 1074 - 1103 m

Fínkornótt basalt með grænum pyroxeni. Það eru tvö svolítið mismunandi lög.

Dýpi 1103 - 1125 m

Basalt með grænum pyroxeni og olivini; mun minna er af olivini en af pyroxeni.

Dýpi 1125 - 1151 m

Leirfyllt basalt með olivini. Leirfyllingarnar gætu verið gamalt gler, sem hefur myndbreyzt. Þetta getur þá verið tuff-breksía eða bólstraberg.

Dýpi 1151 - 1327 m

Basaltlög án nokkurra millilaga, oftast basalt, sem inniheldur olivin, en pyroxen er þó meira áberandi en olivinið.

### Dýpi 1327 - 1373 m

Efst er sandsteinslag um 1-2 m á þykkt, svo er basaltlag niður á 1345 m, þar er smá millilag, síðan annað basaltlag niður á 1373 m.

### Dýpi 1373 - 1410 m

Fínkornótt set mjög áþekkt fínkornóttu sjávarsetunum ofar í holunni. Setlagið er annaðhvort gegnumskorið af þremur göngum ofarlega í laginu eða það eru steinar, sem liggja í fínkornótta sjávarsetinu. Eg mun ekki ræða hvort er líkleggra á þessu stigi málsins, því áframhaldandi rannsóknir munu kannski svara þessu með nokkurri vissu.

### Dýpi 1410 - 1565 m

Basaltlög með nokkrum millilögum. Einu nokkuð þykku.

### Stutt jarðsögulegt yfirlit

Meginstefnan í jarðsögu þessa svæðis, sem holan liggur í, er jarðsig, þar sem upphleðslan á nýjum jarðlögum er ýmist meiri eða minni en sigið. Sigið er miðað við sjávarborð á hverjum tíma, en það þarf ekki alltaf að vera eins, ísaldir hafa áhrif bæði til lækkunar og hækkunar sjávarborðs. Jöklarnir binda mikið vatn og lækka þannig sjávarborðið, til dæmis mundi sjávarborð hækka um 30 m, ef allir núverandi jöklar bráðnuðu. Hækkun sjávarborðsins skeður í lok ísalda. Það skeður á þann hátt, að landið þrýstist niður undan fargi jöklanna, þannig að sjórinn gengur langt upp fyrir venjuleg sjávarmörk. Hæstu sjávarmörk hér á landi eftir síðustu ísöld liggja í rúmum 100 m yfir núverandi sjávarborði.

Jarðlögin neðst í holunni benda til þess að þá hafi verið nokkurn veginn jafnvægi milli sigs og upphleðslu. Þar eru basaltlög með millilögum. En sigið hefur verið meira en nýmyndanir, þegar stóra setlagið frá 1373 - 1410 m hefur

myndast, ef ekki nein truflun á sjávarstöðunni hefur átt sér stað. Síðan virðist aftur komast á jafnvægi á milli sigs og nýmyndunar og það koma basaltlög með millilögum. En fyrir ofan 1327 m og allt upp í 1050 m hefur upphleðslan verið örvari en sigið, en þar eru basaltlög án millilaga. En frá 1050 m og allt upp í 870 m eru basaltlög með millilögum og einu talsvert stóru frá 986 - 964 m, sem kannski hefur að einhverju leyti sezt til í sjó. Frá 870 til 856 m er setlag sem sennilega er að mestu sezt á landi, mórena með sandsteini neðst, sem kann að hafa verið eitthvað í sjó. Fyrir ofan mórepuna eru tvö basaltlög með millilagi.

Í jarðlögnum frá 823 m til 744 m eru bæði merki um landsig og einnig hvernig upphleðsla nýrra jarðlaga hefur orðið svo ör, að aftur hefur byrjað jarðlagsmyndun á landi. Sigið hefur gerzt hægt, fyrst myndast sandsteinn, sem er myndaður nærri landi eða á landi, sem gengur svo yfir í fínt set sem er myndað í sjó. En eitt gos hleður síðan upp svo miklu af jarðefnum, að aftur byrjar nýmyndun jarðlaga á landi. Jarðlögin upp í 700 m geta verið mynduð á landi eða að minnsta kosti mjög nærri landi. Lögin þar fyrir ofan og upp að innskotinu er ekki eins víst með. Neðst er tuff, sem ekki er hægt að segja, hvort hefur myndast í sjó eða á landi. Fyrir ofan tufflagið er leirsteinn konglomerat mjög líkt þeim leirsteins-konglomeratum, sem eru ofar í holunni og eru sennilega mynduð í sjó. En svo kemur fremur gróft setlag og ekki nein víska fyrir því, hvort það er myndað í sjó eða á landi.

Frá 670 m til 616 m dýpi er innskotslag, sennilega gangur, sem hefur skorið þvert í gegnum (set) jarðlögin.

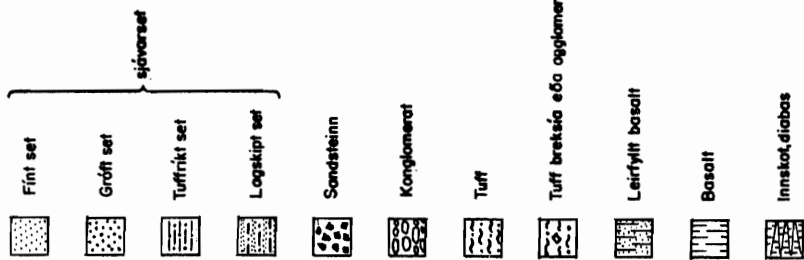
Fyrir ofan ganginn (616 m) er mest sjávarsetslög upp í 177 m. Og þau lög, sem ekki eru sjávarset eru sennilega mynduð í sambandi við ísaldir, með breytingu sjávarborðs, en ekki vegna upphleðslu upp fyrir sjávarborð.

Þegar jarðlögin fyrir ofan 177 m dýpi hafa myndast hefur raskast jafnvægi sigs og upphléðslu og land hlaðist upp í eldgosum. Þessa jarðlagamyndun væri hægt að kalla Vestmannaeyjamyndunina. Neðra borð Vestmannaeyjamyndunarinnar, er um 50 m fyrir neðan sjávardýpið umhverfis Vestmannaeyjar. Það má skýra þannig að um 50 m setlag hafi myndast á landgrunninum út af suðurströndinni, síðan Vestmannaeyjamyndunin byrjaði að hlaðast upp. Til dæmis liggur Surtsey 30 m hærra upp á setinu, en Vestmannaeyjamyndunin. Surtsey hlóðst upp frá 120 m dýpi, en Vestmannaeyjar frá um 150 m dýpi.

Ekkert er vitað ákveðið um aldur ~~jarðlaga~~ í holunni. Eg geri ráð fyrir því, að þau jarðlög, þar sem merki eru um ísaldir, séu af kvarterum aldri. Neðstu ísaldarmerki í holunni eru mórenan, sem nær niður á 870 m dýpi. Ut frá þessu er hægt að álykta, að jarðlögin fyrir ofan 870 m séu að minnsta kosti af kvarterum aldri. Nú er gosbergið bæði fyrir ofan og neðan þessa neðstu mórenu eins eða að minnsta kosti mjög líkt að samsetningu, titanaugit-basalt eða tuff (sjá mynd 4.2). Ekki er óeðlilegt að líta svo á, að titanaugit-basaltið sé myndað á sama gostímabili, og þar af leiðandi, að allt titanaugit-basaltið sé frá sama jarðsögulega tímabilinu. Titanaugit-basaltið nær niður á 1030 m dýpi, má því ætla að berglögin fyrir ofan 1030 m séu af kvarterum aldri.

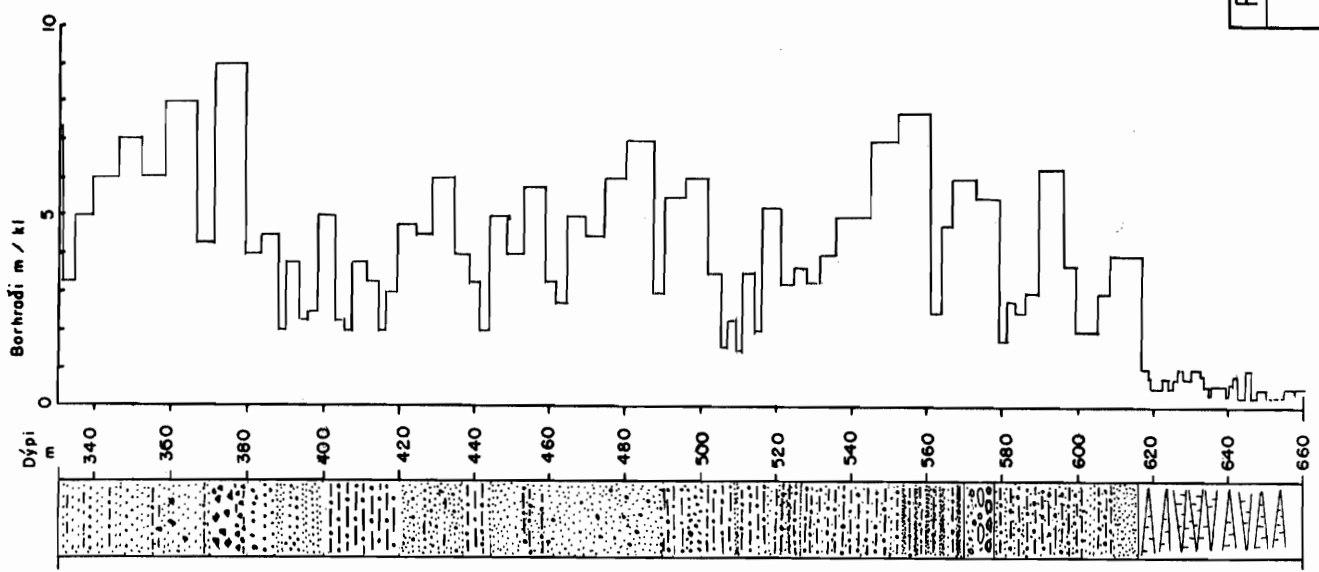
Fyrir neðan titanaugit-basaltið taka við olivinbasalt lög, sem eru mjög lík að samsetningu og ná þau niður á 1074 m dýpi. Í þessum olivin-basalt lögum er eitt setlag í 1050 m, en fyrir neðan 1074 m taka við basaltlög án nokkra millilaga allt niður á 1327 m. Ekki er óeðlilegt að hugsa sér, að þegar þessi lagbunni hlóðst upp án þess að nokkur millilög mynduðust, þá hafi landið, þar sem þessi lög voru á yfirborðinu, hlaðist upp í nokkra hæð og orðið fyrir svörfun og myndast þá rofflötur, þegar ný jarðlög setjast ofan á sorfna bergið. Aldursmunur getur því verið mjög mikill á bergi fyrir ofan og neðan roffleti, því ofan á sorfna berginu geta verið fjarlægðir fleiri hundruð metrar af jarðlögum. Eg get sem sagt hugsað mér að rofflötur sé á 1074 m dýpi og set því mörk kvarter og tertier þar.

SKÝRINGAR:

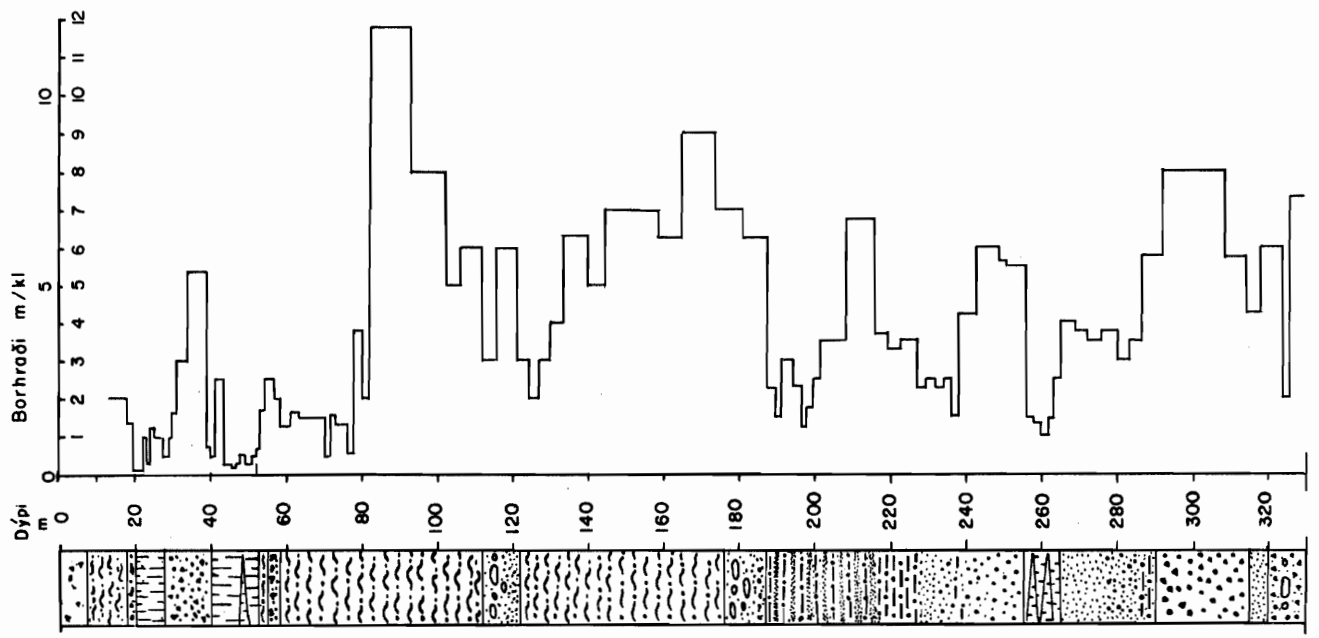


MYND 4.1

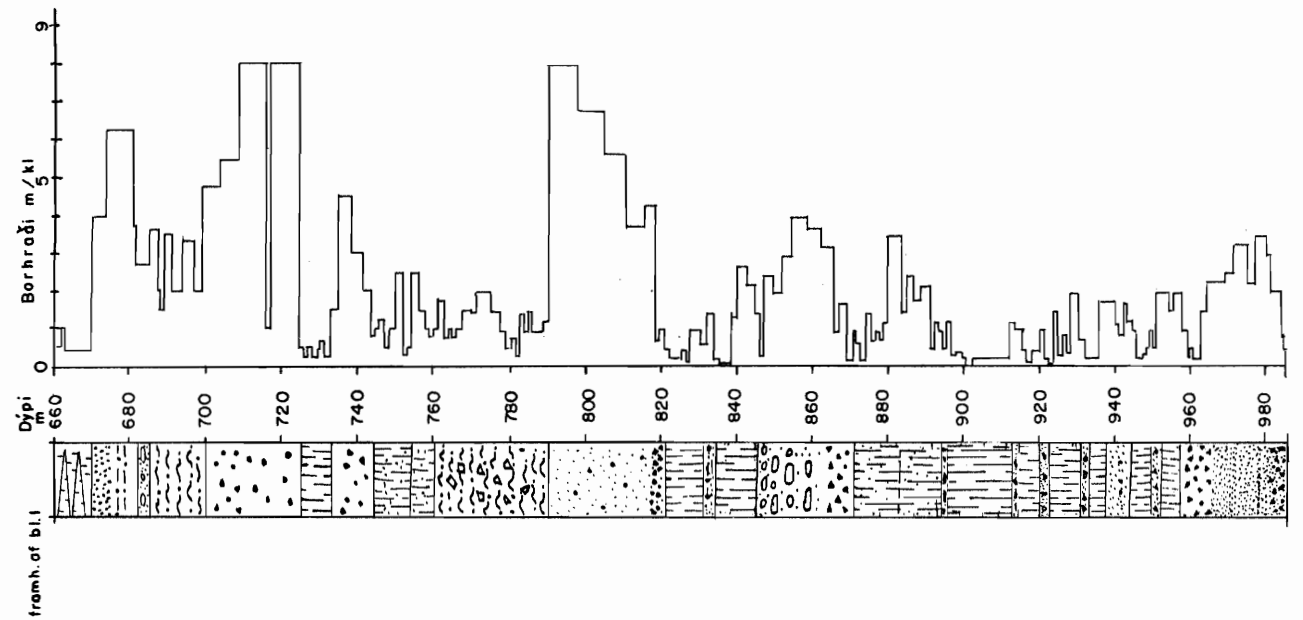
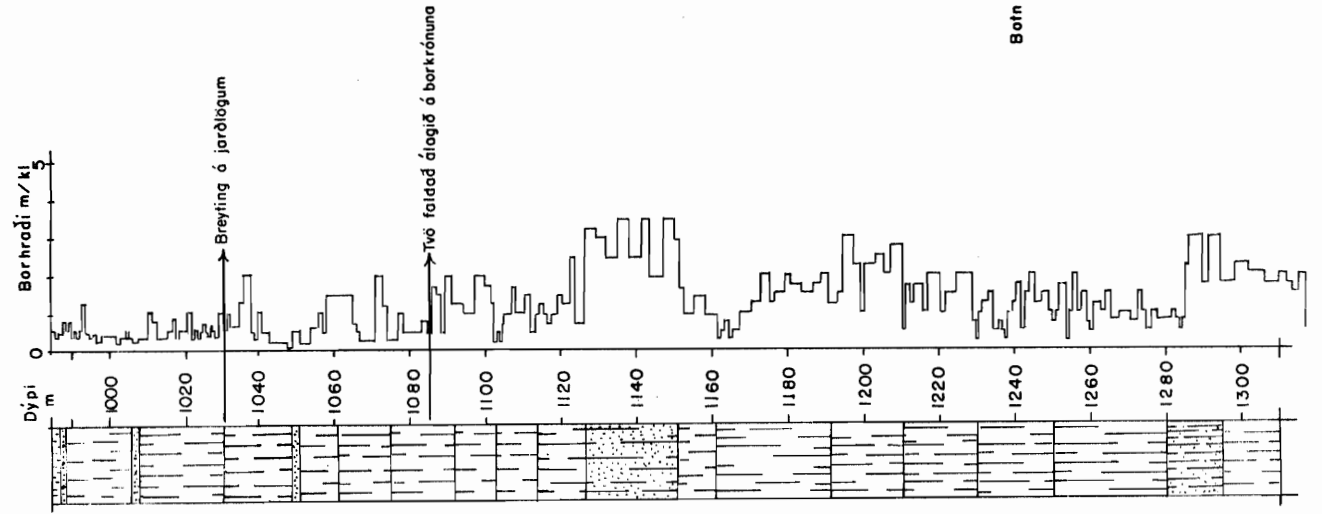
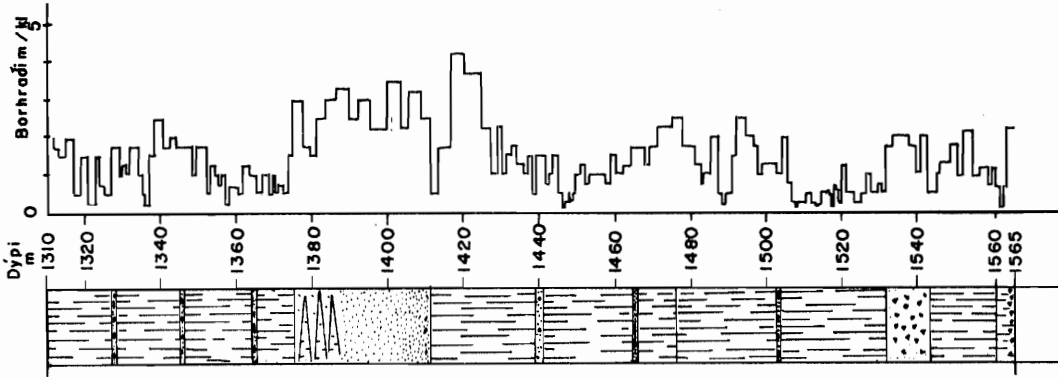
**RAFORKUMÁLASTJÓRI**  
 Borhola — Vestmannaeyjar  
 Borð 28.2—13.9.1964  
 Jarðlagamið  
 Bl. 1 of 2 J—Vestm  
 Des. 64 JT/PJ Tr. 3 Fnr. 6932



framh. ó bl. 2



18 m.y.s



MYND 4.1

RAFORKUMÁLASTJÓRI

Borhola — Vestmannaeyjar  
 Borð. 282-139.1964 Jarðlagasnið  
 Bl. 2 af 2 J-Vestm.  
 Des. 64 JT/PJ Tfr 4 FNR. 6933

Mynd 4.2 Jarðlagamyndun

Jarðsögu- leg tíma- bil	Jarðmyndun	Strand- og ísaldar- myndun	Einkennandi dökka mineralið	Samsetning af plagio- klasínu Anortit innihald	Jarðlög:  Tölurnar gefa til kynna dýpið á neðra borði jarðlagsins í metrum	
Kvarter	Vestmanna- eyja myndunin	strand-	olivín	60 - 70	7 Sandur	
		strand-			16 Tuff	
		strand-	olivín	47 - 64	19,2 Sandur	
		strand-			28 Glerkennt og sprungið basalt	
		ísaldar-			40 Sandur	
Würm ?	Sjávar- myndun	ísaldar-	olivín	50 - 64	52,2 Basalt (grágrýti) með inn- skoti	
		strand-			55 Tuff	
		strand-			58 Sandsteinn	
		strand-			112 Tuff	
Riss ?	ísaldar-	ísaldar-	olivín	70	121,5 Leirsteins konglomerat	
		ísaldar-			70	177 Tuff
		ísaldar-			185,5 Leirsteins konglomerat	
Mindel ?	ísaldar-	ísaldar-	olivín	50 - 64	256 Misgróft og mistuffríkt sjávarset	
		ísaldar-			265 Innskot diabas	
Günz ?	ísaldar-	ísaldar-	olivín	50 - 64	290 Fínt sjávarset tuffríkara og grófara neðst	
		ísaldar-			315 Sandsteinn	
Undan Günz ?	Sjávar- og land myndun	strand-	titanaugit	55	320 Fínt sjávar set	
		strand-	titanaugit	64	330 Sandsteinn	
Tertier	Land- myndun	strand-	titanaugit	64	370 Fremur fínt sjávarset	
		strand-	titanaugit	64	383 Sandsteinn	
		ísaldar	titanaugit	64	572 Misgróft og mistuffríkt sjávarset	
		ísaldar	titanaugit	64	578 Leirsteinn konglomerat	
		ísaldar	titanaugit	64	617 Lagskipt sjávarset með óhertu leirlagi neðst.	
Tertier	Land- og sjávar- myndun	ísaldar	titanaugit	64	670 Innskot diabas	
		ísaldar	olivín	55 - 70	683 Gróft set tuffríkt	
Tertier	Land- og sjávar- myndun	ísaldar	olivín	55 - 70	688 Leirsteins konglomerat	
		ísaldar	olivín	55 - 70	700 Tuff	
		ísaldar	olivín	55 - 70	725 Sandsteinn	
		ísaldar	olivín	55 - 70	732,5 Basalt eða innskot	
		ísaldar	olivín	55 - 70	744 Sandsteinn	
		ísaldar	olivín	55 - 70	760 Leirfyllt basalt	
		ísaldar	olivín	55 - 70	790 Tuff breksja	
		ísaldar	olivín	55 - 70	823 Fínt set (sjávarset)	
		ísaldar	olivín	55 - 70	850 Tvö basaltlög með sand- steins millilagi	
		ísaldar	olivín	55 - 70	870 Sandsteins konglomerat	
Tertier	Land- og sjávar- myndun	ísaldar	olivín	55 - 70	1030 Fínkornótt basalt (blágrýti) með millilögum	
		ísaldar	olivín	55 - 70	1074 Basalt (grágrýti) - lög, eitt millilag	
		ísaldar	olivín	55 - 70	1074 Rofflötur ?	
		ísaldar	olivín	55 - 70	1091 Fínkornótt basalt (blágrýti)	
		ísaldar	olivín	55 - 70	1103 Fínkornótt basalt (blágrýti)	
		ísaldar	olivín	55 - 70	1161 Tvö fínkornótt basaltlög án millilags	
		ísaldar	olivín	55 - 70	1193 Fínkornótt basalt (blágrýti)	
		ísaldar	olivín	55 - 70	1210 Fínkornótt basalt "	
		ísaldar	olivín	55 - 70	1230 Basalt (grágrýti)	
		ísaldar	olivín	55 - 70	1250 Basalt (grágrýti)	
Tertier	Land- og sjávar- myndun	ísaldar	olivín	55 - 70	1305 Basaltlög án millilaga	
		ísaldar	olivín	55 - 70	1327 Basalt	
		ísaldar	olivín	55 - 70	1365 Basaltlög með millilögum	
		ísaldar	olivín	55 - 70	1374 Basaltlag	
		ísaldar	olivín	55 - 70	1411 Fínkornótt set	
		ísaldar	olivín	55 - 70	1440 Basalt	
		ísaldar	olivín	55 - 70	1476 Basaltlag með millilögum	
		ísaldar	olivín	55 - 70	1504 Fínkornótt basalt (blágrýti)	
		ísaldar	olivín	55 - 70	1532 Basalt (grágrýti nokkuð gróft og ferskt, ekki úti- lökab að þetta sé innskot.)	
		ísaldar	olivín	55 - 70	1544 Grófur sandsteinn	
Tertier	Land- og sjávar- myndun	ísaldar	olivín	55 - 70	1560 Basalt	
		ísaldar	olivín	55 - 70	1565 Basalt, ef til vill sand- steinn neðst.	

V. VATNIÐ Í HOLUNNI

Þegar búið var að bora niður í 898 m dýpi var gert hlé á borun. Var þá dælt upp úr holunni vatni í nokkra daga. Vatnið, sem kom upp úr holunni reyndist innihalda salt. Tekin voru nokkur sýnishorn af vatninu til efnagreiningar á klórinnihaldi vatnsins. Niðurstöðurnar af efnagreiningunum eru í töflu 5.1. Klórmagnið óx frá tæplega einum þriðja af klórmagni sjávar í næstum helming af klórmagni sjávar. Sjór inniheldur 1.9 prósent klór eða 19.000 p.p.m. (parta per milljón). Hvaðan kom saltið og var þetta útpýntur sjór eða eitthvað annað? Til að svara þessari spurningu var leitað til Eðlisfræðistofnunar háskólans til að kanna þungavatnsinnihald vatnsins. Í töflu 5.1 eru niðurstöður af þungavatns-  
mælingunum ásamt klórinnihaldi vatnsins. Þungavatnsmælingin er gefin í ‰. Sjór inniheldur að meðaltali 158 p.p.m. af þungavatni (HOD mólekúlum). Þá er ‰ hlutfallslegt frávik í ‰ frá meðal þungavatnsinnihaldi í sjó. Þessar tvönnar niðurstöður, þungavatnsmælingin og klórmælingin, virðast vera mótsagnakenndar. Um leið og vatnið verður líkara sjó hvað seltu snertir, þá verður það ólíkara hvað þungavatn varðar.

Heildarefnagreining vatnsins getur sagt okkur mikið um uppruna þess. (Heildarefnagreining er ákvörðun á öllum aðalefnum í vatninu). Heildarefnagreining var gerð á því sýnishorni, sem fyrst var tekið og innihélt minnst af klóri. Niðurstöður af efnagreiningunni eru í töflu 5.2. Í henni eru þessi sýnishorn: 1) Vatn úr Vestmannaeyjaholunni, 2) sjór, 3) vatn úr borholu fremst á Reykjanesi, sem álitnið er, að sé sjór, sem hefur komið í snertingu við jarðhitann, 4) vatn úr borholu við Árbæ rétt vestan Ölfusárbrúar, 5) vatn úr borholu á Ólafsfirði.



Til að átta sig betur á skyldleika á efnasamsetningu hinna einstöku sýnishorna er reiknað út hlutfall á milli hinna einstöku efna í hverju sýnishorni (samanlagt 100). Þetta getur gefið vísbendingu um uppruna vatnsins. Til dæmis, ef sjór er þynntur út með hreinu vatni (vatni, sem engin uppleyst efni eru í), þá raskast ekki hlutfallið á milli hinna einstöku efna hvað mikið sem sjórinn er þynntur. Til samanburðar á vatninu í Vestmannaeyjaholunni við hin sýnishornin í töflu 5.2 sést að vatnið hefur líka hlutfallslega samsetningu og sjór. En vatnið úr Reykjanesborholunni, er mun ólíkara sjó, en vatnið frá Vestmannaeyjum, en þess ber þó að gæta að hitastigið er mun hærra í Reykjanes borholunni, en í Vestmannaeyjaborholunni eða yfir  $100^{\circ}$  gráður á fyrrnefnda staðnum en um  $60^{\circ}$  á þeim síðarnefnda. Tvö síðustu sýnishornin í töflu 5.2 eru tekin af handahófi af  $60 - 90^{\circ}$  heitu jarðvatni. Líkist vatnssýnishornið frá Vestmannaeyjum þessum sýnishornum í fáu.

Kemur til greina að skýra þetta misræmi á þungavatnsinnihaldi vatnsins og saltinnihaldi með endurupplausn á útfelldum söltum í jarðlögunum? Ef um slíka endurupplausn hefði verið að ræða, hefði mátt búast við meiri röskun á hlutfallinu milli hinna einstöku efna, því söltin myndu falla út á mismunandi tíma og stað, einnig eru þau mjög misleysanleg aftur. Og þá litlu hlutfallsröskun, sem hefur átt sér stað, er bezt að skýra sem efnaskipti milli vatns og bergs eftir að sjóblandan myndaðist. Hvernig á þá að skýra misræmið á milli klórinnihalds og þungavatnsprósentu? Eg held, að sú skýring verði að bíða frekari rannsókna. Einkum verður að fá að vita með fullri vissu, hvar saltvatnið kemur inn í holuna og hve há salt prósentu þess er, þegar það kemur í holuna.

Úr hvaða dýpi kom vatnið? Er nokkuð hægt að segja um úr hvaða dýpi vatnið kom, nema það hafi komið einhvers staðar fyrir ofan 900 m. En eins og nefnt var í kaflanum um jarðlögin (bls. 15) er vatnstapið mjög mikilvægur eiginleiki og segir okkur til um vatnsleiðni bergsins. Þau jarðlög, þar sem ekkert vatnstap er, leiða ekki vatn. Og þau jarðlög, sem

ekki leiða vatn geta að sjálfsögu ekki gefið frá sér vatn. Það er ekkert vatnstap fyrir neðan fóðringu fyrr á 832 m dýpi, þá er það 0,1 - 0,2 l/sek eftir borskýrslum bormanna. Það er ekki ólíklegt, að vatnstapið hafi byrjað nokkuð fyrr en tekið var eftir því og það gæti vel hafa byrjað nokkru ofar, til dæmis í sandsteininum á mótum basaltslaganna og sjávarsetsins eða jafnvel í sjávarsetinu sjálfu.

Vatnið hefur sem sagt komið úr jarðlögunum á milli 800 - 900 m dýpi. En lítill hluti eða kannski ekkert af jarðlögunum, sem gefa frá sér vatn, eru mynduð í sjó. Svo það verður að teljast alveg óvíst, hvort nokkuð samband er á milli saltinnihalds vatnsins og myndunarsögu þeirra jarðlaga, sem vatnið kom úr.

T a f l a 5.1

<u>Tökustaður</u>	<u>Tökudagur</u>	<u>ð %</u>	<u>p.p.m. klór</u>
Borhola Vestmannaeyjum	29/4 '64	- 5,70	5.770
" "	30/4 '64	- 6,07	7.320
" "	1/5 '64	- 6,15	
" "	3/5 '64	- 6,15	8.400
" "	4/5 '64	- 6,31	8.540
Vatnsgeymir Vestm.	7/5 '64	- 4,37	952

---

Isotopagreining: Eðlisfræðistofnun háskólans  
Efnagreining: Atvinnudeild háskólans

T a f l a 5.2

	Vestmannaeyjar Borhola p.p.m.	Sjór p.p.m.	Reykjanes Borhola p.p.m.	Arbær Borhola p.p.m.	Ólafsfjörður Borhola p.p.m.
Uppleyst efni í vatni					
SiO <sub>2</sub>	98		543	11.4	67.2
Ca	389	400	2200	4.2	2.0
Mg	306	1272	45	0.6	0.1
Na	2889	10556	13800	94.0	36.6
K	121	380	1920	4.0	0.5
HCO <sub>3</sub>	477	140	5	38.4	21.6
SO <sub>4</sub>	549	2649	128	74.4	6.3
Cl	5770	18980	27400	48.2	8.7
Uppl. steinefni	11284	34482	47500	386.0	154.4
	%	%	%	%	%
Hlutfalls- tala hinna einstöku efna í %					
SiO <sub>2</sub>	0.9	0.0	1.2	30.1	45.6
Ca	3.7	1.2	4.8	1.1	1.4
Mg	2.9	3.7	0.1	0.2	0.1
Na	28.1	30.7	30.0	24.7	25.4
K	1.1	1.1	4.0	1.1	0.2
HCO <sub>3</sub>	4.2	0.4	0.01	10.3 (CO <sub>3</sub> )	15.2 (CO <sub>3</sub> )
SO <sub>4</sub>	5.1	7.7	0.3	19.7	4.4
Cl	54.0	55.2	59.5	12.8	7.7
Alls	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

## VI. JARÐEÐLISFRÆÐILEGAR ATHUGANIR

### Inngangur

Í október 1964 voru gerðar mælingar á hita, bergviðnámi, jarðspennu og hraða jarðskjálftabylgja í borholunni í Vestmannaeyjum. Tilgangur þessara mælinga var sá, að afla viðbótargagna um gerð og ástand þeirra berglaga, sem borað var í gegnum. Vegna þess að rafstrengur sá, sem notaður var til mælinganna, var aðeins 1330 m langur, en holan er 1565 m, reyndist ekki unnt að komast til botns að fullu. Bæði af þessari ástæðu og ýmsum öðrum er æskilegt að endurtaka þessar mælingar flestar, þegar fenginn hefur verið lengri strengur, en vonir standa til að svo verði innan skamms.

Hér á eftir verða raktar niðurstöður þessara mælinga eins og þær liggja fyrir í dag.

### Berghiti

Gerð var mæling á hita á mismunandi stöðum í holunni með termistor hitamæli. Eru niðurstöður sýndar á mynd 6.1. Að öllum líkindum er hitaástand efri hluta holunnar ennþá truflað af völdum borunar og dælingar og hitinn þar nokkru hærri en ótruflaður berghiti. Í neðri hluta holunnar, neðan við ca 800 m, er hitastigull  $0,058^{\circ}\text{C}/\text{m}$  eða  $58^{\circ}\text{C}/\text{km}$  og má gera ráð fyrir, að sá sé einnig hinn ótruflaði hitastigull í efri hluta holunnar. Hitaferillinn stefnir þá á ca  $5^{\circ}\text{C}$  á yfirborði, en ársmeðalhiti í Vestmannaeyjum er  $5,4^{\circ}\text{C}$  (árin 1931-1960). Þessi hitastigull,  $58^{\circ}\text{C}/\text{km}$ , er mjög nálægt því, sem nú er talið eðlilegt á Íslandi utan hinna eiginlegu jarðhitasvæða. Er það mjög mikilsvert frá almennu vísindalegu sjónarmiði að fá staðfestingu á þessu í svo djúpri holu, sem hér er um að ræða, en flestar eldri mælingar á hitastigli utan jarðhitasvæða eru gerðar í mun grynnri holum.

Hitinn virðist breytast tiltölulega jafnt með dýpinu, en af því má draga þá ályktun, að vatnsrennsli í berglögnum trufla ekki hitaástand bergsins að neinu verulegu leyti. Frávik frá línulegri aukningu berghitans með dýpinu stafa venjulega af vatnsrennsli í berglögnum.

Vegna áður nefndrar truflunar í efri hluta holunnar verður að telja sjálfsagt að endurtaka hitamælinguna áður en langt um líður.

### Eðlisviðnám

Lítið hefur verið gert af mælingum á eðlisviðnámi bergs í borholum hér á landi fram að þessu, og er þessi mæling því með þeim fyrstu af því tagi. Viðtækar mælingar á viðnámi bergs hafa hins vegar verið gerðar á yfirborði jarðar. Eðlisviðnámið er eiginleiki, sem tiltölulega auðvelt er að mæla og gefur mikilvægar upplýsingar um ástand bergsins og rennsli vatns í því.

Rétt þykir að skýra í stuttu máli frá framkvæmd viðnámsmælingarinnar í Vestmannaeyjaholunni. Fyrirkomulag mælingarinnar er sýnt á mynd 6.5. Tvö rafskaut  $C_2$  og  $P_2$  eru tengd við 2-leiðara streng með nokkru millibili í holunni, en tvö skaut  $C_1$  og  $P_1$  eru á yfirborði. Ýmsar aðrar uppstillingar á rafskautum má hugsa sér að nota, ef fyrir hendi er strengur með fleiri leiðurum. Föðurrörið var notað fyrir  $C_1$  en  $P_1$  var koparpóll, sem stungið var í jörðina um 10 m frá holuopi. Riðstraumur með lágrí tíðni, 3-4 rið/sek, var sendur gegnum skautin  $C_1$  og  $C_2$  og mæld spennan milli  $P_1$  og  $P_2$ . Sýna má fram á, að séu fjarlægðirnar  $C_1P_1$  og  $C_2P_2$  rétt valdar í hlutfalli við vídd holu, verður eðlisviðnám bergsins í kringum skautin  $C_2$  og  $P_2$

$$\rho = 4 \pi r \cdot \frac{V}{I}$$

þar sem  $r$  er fjarlægðin milli  $C_2$  og  $P_2$ ,  $V$  er spennan milli  $P_1$  og  $P_2$  og  $I$  straumurinn gegnum  $C_1$  og  $C_2$ . Hlutfallið  $\frac{V}{I}$  er mælt beint með viðnámstækjunum.

Niðurstöður viðnámsmælingarinnar eru sýndar á mynd 6.2. Það er einkum tvennt, sem er eftirtektarvert á þessu línuriti. Annars vegar nokkuð regluleg lækkun á viðnámi með dýpi og hins vegar fáeinir toppar, sem gefa herra viðnám en bergið í kring. Toppar niður á við, þ.e. lægra viðnám en umhverfið, virðast hins vegar ekki koma fyrir.

Hina reglulegu lækkun viðnámsins í efri hluta holunnar í setlögnum má að mestu leyti skýra með hækkun hitans. Viðnám vatns lækkar um 2-3% fyrir hverja gráðu, sem hitinn vex, en bergið fær rafleiðni sína frá vatni, sem fyllir holur þess. Með samanburði við jarðlagasnið Jens Tómassonar sést, að viðnámstopparnir stafa af basaltlögum, en þau innihalda minna vatn en millilögin. Stærsti toppurinn er tengdur basaltinnskoti, sem borað var í gegnum á 615-670 m. Er viðnám þess allmiklu herra en annarra basaltlaga og bendir það til þess, að innskotið sé mun yngra en önnur slík lög í holunni. Það er reynslupekking, að eðlisviðnám basalts fer lækkandi með vaxandi aldri, þó að fleira en aldurinn hafi þar einnig áhrif. Á ca 800 - 1100 m dýpi er allmikið af viðnámstoppum, sem sennilega stafa af basaltlögum með millilögum með lægra viðnámi. Frá ca 1100 m og niður á 1330 m er viðnámið fremur stöðugt en lágt. Samkvæmt jarðlagaathugun Jens Tómassonar eru þarna basaltlög án verulegra millilaga. Hið lága viðnám bendir til þess, að verulegur aldursmunur sé á basaltlögnum á þessu dýptarbili og þeim, sem ofar liggja.

### Jarðspenna

Um leið og viðnámsmælingin var gerð, var einnig gerð mæling á jarðspennu á ýmsum stöðum í holunni. Eru niðurstöður þeirrar mælingar sýndar á mynd 6.3. Notuð voru rafskautin  $C_2$  og  $P_1$ , sbr. mynd, og spennan  $V_{C_2} - V_{P_1}$  mæld með potentiometer.

Gera verður ráð fyrir, að verulegur hluti þessa spennununar sé snertispenna við rafskautin, og það eru því aðeins breytingarnar á jarðspennunni, sem setja má í samband við þau jarðlög, sem borað er gegnum.

Á þessu stigi liggur ekki ljóst fyrir, hvernig túlka beri niðurstöður þessarar mælingar og verður það því ekki gert hér. Sennilegt er, að óregla í jarðspennu standi í sambandi við jarðlög með mismunandi vatnsinnihaldi eða efnainnihaldi vatnsins, og eigi sér elektrókemiskar orsakir. Þetta er með fyrstu mælingum af þessu tagi í borholum hér á landi, og er rétt að endurtaka mælinguna, þegar fenginn hefur verið nýr rafstrengur til borholumælinga.

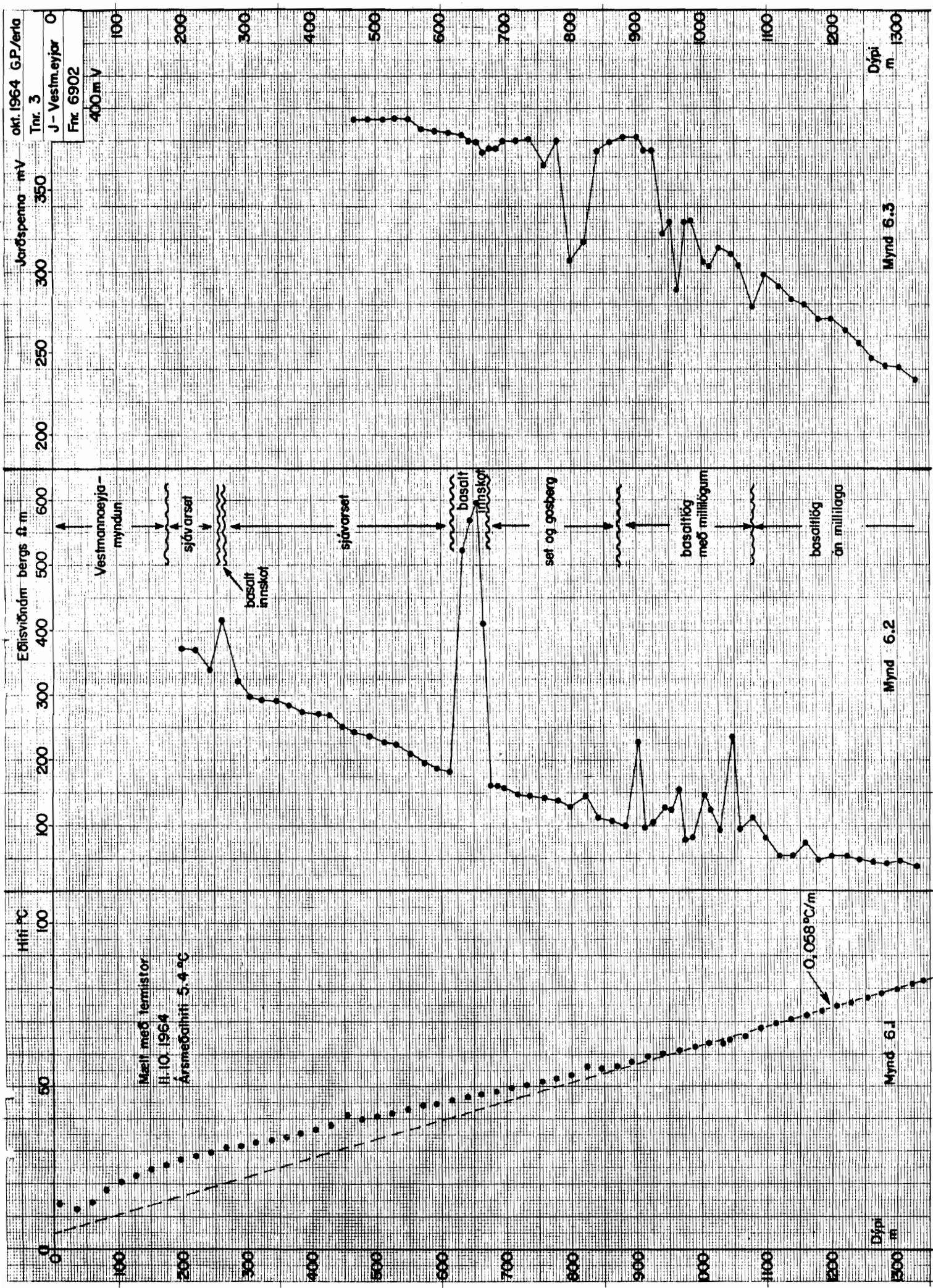
#### Jarðsveiflumælingar

Gerð var mæling á hraða jarðskjálftabylgja í holunni niður á um 900 m. Sprengt var dynamit í grunnri borholu um 100 m frá djúpu holunni og mældur útbreiðslutími bylgjanna til mismunandi staða í djúpu holunni. Þessi tími er sýndur á mynd 6.4. Jarðsveifluhraðinn er því sem næst stöðugur, um 3,3 km/sek, niður á 8-900 m dýpi, en þar fyrir neðan náðust ekki áreiðanlegar mælingar að þessu sinni.

Samkvæmt þeim jarðsveiflumælingum, sem gerðar hafa verið á byggingu landsins á undanförunum árum, hefur bergmyndun móbergs-svæðanna hraða um 2,5 til 3,3 km/sek, en hinna tertieru basaltsvæða 3,8 til 4,4 km/sek. Þessi tertiera basaltmyndun virðist alls staðar taka við undir móbergsmynduninni. Hraðamælingin í Vestmannaeyjaholunni og mælingar í landi undir Eyjafjöllum benda til þess, að a.m.k. 5-600 m dýpra sé niður á tertieru basaltmyndunina í Vestmannaeyjum en í landi. Ef litið er á dýptarkort af hafinu sunnan við landið sést, að um 15 km suður af ströndinni í Mýrdalnum og undir Eyjaföllunum er stallur, þar sem dýpið vex tiltölulega hratt niður á meira en 1000 m. Líkur benda til þess, að þessi stallur haldi eitthvað áfram milli Vestmannaeyja og lands lengra en séð



verður af dýptarkortinu. Mundi hann þá verka truflandi á hugsanlegar vatnsæðar í efri lögum basaltmyndunarinnar í landi og gæti valdið því, að þær næðu ekki út til Vestmannaeyja. Á mynd 6.6 er sýnt, hvernig líklegt er, að ofanefndur stallur liggi milli Vestmannaeyja og lands.



okf. 1964 G.P./erla  
 Tr. 3  
 J - Vestm. eyjar  
 Fr. 6902  
 400 m V

Mynd 6.3

Mynd 6.2

Mynd 6.1

13.II. '64 G.P./erla  
Tnr. 4  
J - Vestmannaeyjar  
Fnr. 6903

m sek.  
300

100

200

0

100

200

300

400

500

600

700

800

900

1000

1100

1200

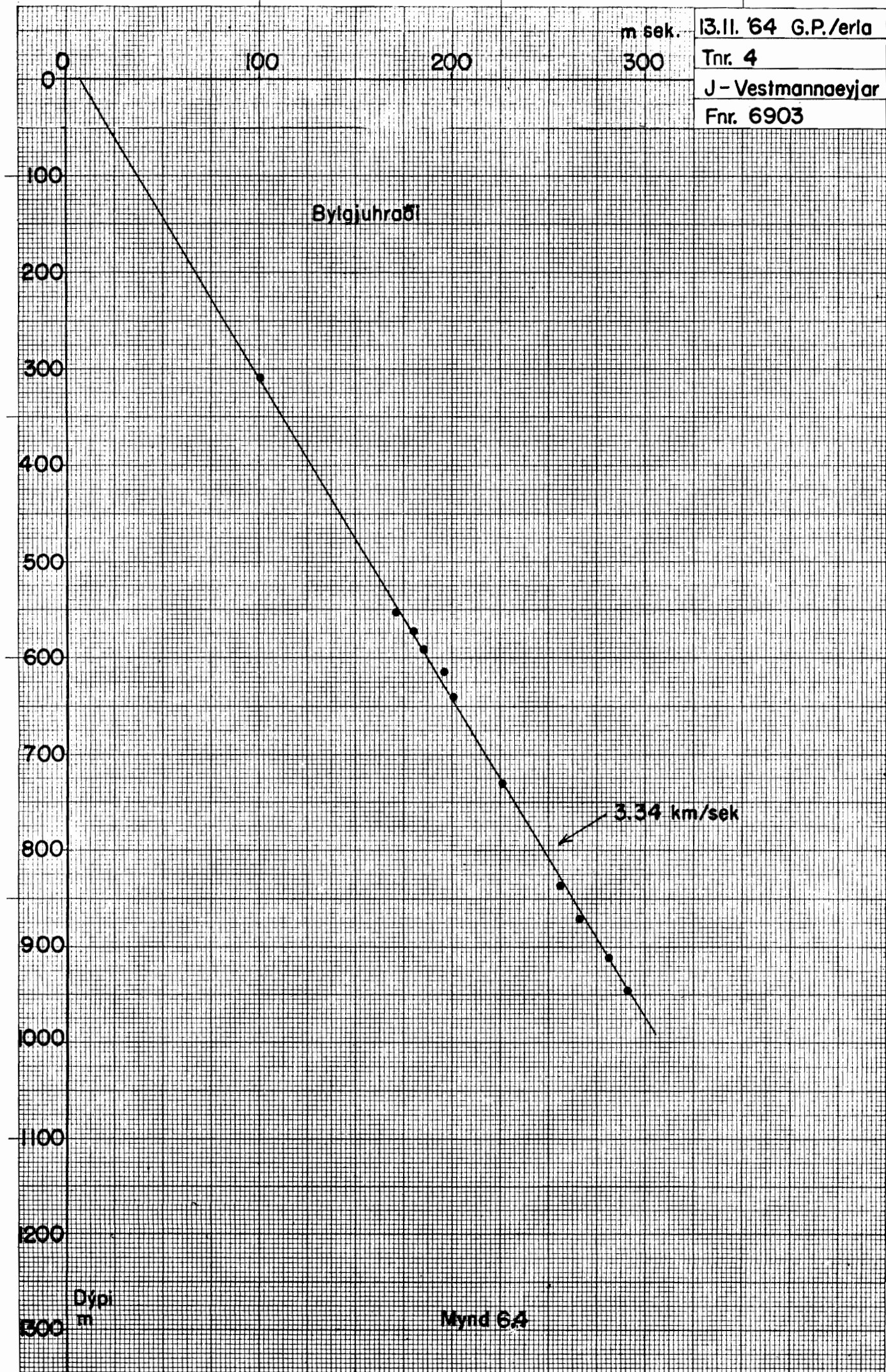
1300

Bylgjuhraði

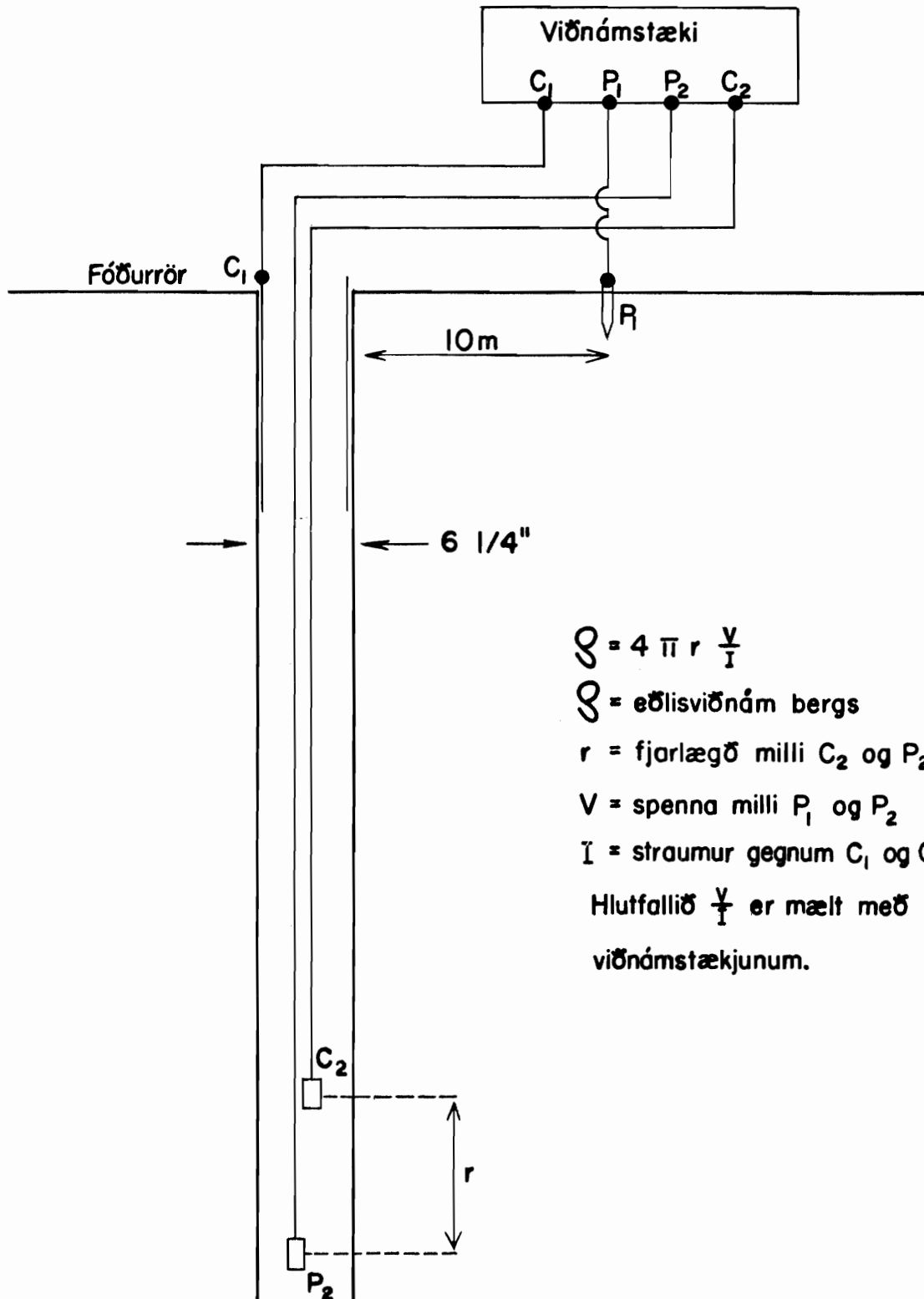
3.34 km/sek

Dýpi  
m

Mynd 6A



Mæling á eðlisviðnámi bergs  
í borholu með tveimur rafskautum.



Mynd 6.6

RAFORKUMÁLASTJÓRI  
Jarðhitadeild

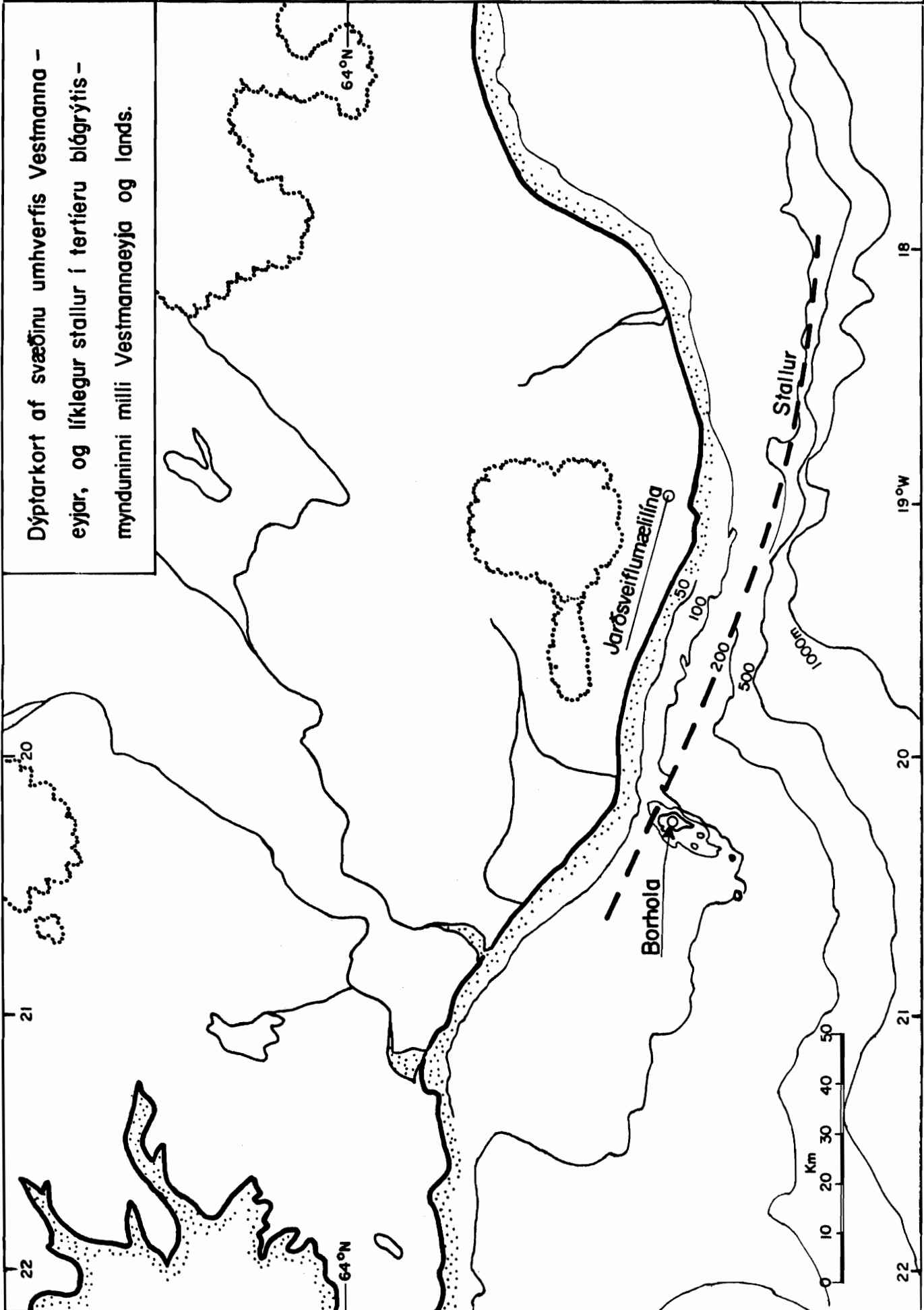
30.II. '64 G.P./erla

Tnr. 5

J- Vestmannaeyjar

Fnr. 6914

Dýptarkort af svæðinu umhverfis Vestmanna-  
eyjar, og líklegur stallur í tertíeru blágrýtis-  
mynduninni milli Vestmannaeyja og lands.



## VII. EFTIRMÁLI

Borholan í Vestmannaeyjum er sú langdýpsta, sem boruð hefur verið hér á landi utan hinna eiginlegu jarðhitasvæða. Þó að árangur borunarinnar með tilliti til vatnsöflunar verði neikvæður kemur holan samt til með að gefa ómetanlegar upplýsingar frá almennu vísindalegu sjónarmiði. Áformað er að gera ítarlega bergfræðilega rannsókn á bormylsnunni og mun hún væntanlega varpa nokkru ljósi yfir jarðsögu landsins einkum að því er snertir afstöðu láðs og lagar. Holan gefur mikilvæg gögn um hið ótruflaða hitaástand berggrunns landsins eins og búast má við, að það sé utan við jarðhitasvæðin. Þetta hefur mikla þýðingu fyrir almennar rannsóknir á eðli og uppruna jarðhitans. Samanburður á jarðlögum holunnar og því, sem vitað er um jarðlög á Suðurlandi, gefur tilefni til ýmissa spurninga um gerð berggrunnsins við suðurströnd landsins, sem hugsanlegt væri að fá svarað með jarðeðlisfræðilegum rannsóknum.

Þessi sjónarmið er vert að hafa í huga, þegar metinn er árangurinn af djúpbörnuninni í Vestmannaeyjum.