

ORKUSTOFNUN
Jarðhitadeild

RANNSÓKNIR Á JARÐHITA Á LAUGALANDI, HÖRGÁRDÁL

Eftir

Kristján Sæmundsson
Sigurð Benediktsson
Þorstein Thorsteinsson
Ísleif Jónsson

Ágúst 1971.

RANNSÓKNIR Á JARÐHITA Á LAUGALANDI, HÖRGÁRDAL

Eftir

Kristján Sæmundsson
Sigurð Benediktsson
Þorstein Thorsteinsson
Ísleif Jónsson

Agúst 1971.

Efnisyfirlit.

Inngangur (K.S.)	bls.	3
1. Yfirlit yfir jarðhita í Eyjafirði (K.S.)	"	4
2. Jarðfræði Laugalandssvæðisins K.S.	"	5
3. Jarðeðlisfræðilegar rannsóknir (K.S. S.B.)	"	7
4. Jarðlög í borholunum vatnsæðar og hiti (K.S.)	"	9
5. Þrýstiprófanir á holum 3 og 4. (Í.J.)	"	13
6. Borun holu 2,3 og 4 (S.B.)	"	14
7. Dæluprófanir (Þ.Th.)	"	16
8. Árangur borananna og tillögur um áframhald á rannsóknum (K.S.)	"	19

Myndaskrá.

1. Jarðhiti í Eyjafirði	Fnr. 10032
2. Jarðfræðikort af Laugalandi	
3. Lengdarmælingar	- 10037
4. Dýptarmælingar	- 10034
5. Segulmælingar	
6. Jarðlagasnið af holu 2	- 7495
7. - " - - - 3	- 9762
8. - " - - - 4	- 9763
9. Hitamæling í holu 2	- 8135
10. - " - - - 3	- 10017
11. - " - - - 4	- 10033
12. - " - - - á Akureyri	- 6842
13. Borun holu 2	- 10035
14. - " - - 3	- 10030
15. - " - - 4	- 10031
16. Prepara m mæling í holu 3	- 9637
17. Vatnsstaða og vatnsmagn hola 2,3 og 4	- 9663
18. Afstöðumynd	- 9638
19. Reiknuð vatnsstaða	- 9667
20. Tillaga um dýptarmælingar 1971	- 10036

Inngangur.

Fyrri part árs 1970 voru boraðar tvær holur á Laugalandi í Hörgárdal. Áður höfðu verið boraðar á svæðinu tvær holur og höfðu báðar gefið allgóða raun. Í álitargerð Orkustofnunar frá 7.11.1969 var lagt til, að áðurnefndar tvær holur yrðu boraðar, til að fá endanlega skorið úr því, hvort Laugalandssvæðið gæti staðið undir hitaveitu fyrir Akureyri, en árangur fyrri borana benti til þess að svo gæti verið, þar sem allmargar vatnsaðar fundust á 250 m kafla í holu 2.

Árangur borananna varð að tvennu leyti neikvæður. Bæði reyndist um mun minna vatnsmagn að ræða á jarðhitasvæðinu en fyrstu boranir bentu til og jafnframt varð kostnaður við boranirnar óhóflega hár. Sumarið og haustið 1970 voru gerðar jarðfræðirannsóknir og jarðeðlisfræðilegar mælingar á svæðinu svo og dæluprófun á holunum. Frá þessum athugunum er greint í skýrslunni og er niðurstaðan sú að Laugalandssvæðið geti ekki staðið undir hitaveitu fyrir Akureyri. Á grundvelli þess sem vitað er um jarðhita í Eyjafirði almennt eru loks gerðar tillögur um yfirborðsrannsókn á svæðinu frá Laugalandi í Hörgárdal að Hrafnagili í Eyjafirði.

1. Yfirlit yfir jarðhita í Eyjafirði.

Jarðhiti er útbreiddur í Eyjafirði eins og meðfylgjandi kort sýnir (1.mynd). Á því eru sýndir jarðhitastaðir ásamt mældu hitastigi við yfirborð eða borholu. Einnig er sýndur s.k. kísilhiti, en hann finnst með mælingu á kísilsýruinnihaldi heita vatnsins og sýnir hæsta hitastig, sem vatnið hefur náð niðri í jarðhitasvæðinu. Þessar tölur hefur Stefán Arnórsson látið í té.

Á kortinu eru þeir staðir auðkenndir, þar sem örugglega hefur tekizt að finna samband á milli uppstreymis heita vatnsins og berggangs, eða bergganga.

Heita vatnið, sem fram kemur á þessu svæði, hefur upphaflega fallið sem regnvatn á hálandissvæðunum í kring og sífast niður í berggrunninn. Hitastigull á svæðinu er hár eða um $60^{\circ}\text{C}/\text{km}$, þannig að 1000 - 1500 m djúprennslí (miðað við sjávarmál) nægir til að vatnið nái þeim hita, sem algengastur er í hverum og laugum á svæðinu. Berggöngur skera þvert í gegnum jarðlögin og kunna að verka sem hindrun á heitavatnsrennslið, ellagar leiðari, séu þeir sprungnir og glufóttir. Meðfram slíkum berggöngum leiðist heita vatnið upp til yfirborðs í gegnum hraunlagastafla, sem annars er þéttur vegna útfellinga og ummyndunar. Lárétt rennsli út frá göngunum virðist mjög takmarkað og má útfrá vinnslutæknilegu sjónarmiði líta á hvern gang eða þéttan gangasveim, sem sjálfstætt vatnskerfi.

Áður en borað var á Laugalandi voru þar 30° - 45°C heitar laugar í völubergslagi við árbakkann. Nokkuð ber þar á útfellingum og samlímingu af völdum kísils. Kísilhrúður finnst í brekkunni ofan við þjóðveg um 500 m utar, en ekkert heitt vatn kemur þar upp nú. Í kísilhrúðrinu er mikið um gróðurleifar þ.á.m. f.ör eftir birki. Um aldur hrúðursins

er það eitt vitað að það er eldra en öskulagið H4 (4.400 ára) sem þýðir, að það er myndað á fyrri helmingi nútímans.

2. Jarðfræði Laugalandssvæðisins.

Jarðhitasvæðið hjá Laugalandi er á spildu úr SA-hallandi basaltmyndun, sem er tertíer að aldri. Berggrunnur í hliðinni ofan við Laugaland er mjög hulinn lausum jarðmyndunum, þó gægjast kollar á basaltlögum þar fram á nokkrum stöðum. Góðar opnur eru meðfram Krossastaðaá og Grjótgarðslæk. Norðan Hörgár er fátt um opnur í berggrunn fyrir en hátt í fjallshliðinni, að undanskildum klapparbríkum ofan við Björg. Með athugun á jarðlögum í mörkinni og samanburði við borkjarna úr holu 1 hefur fengið allgóð mynd af jarðfræði svæðisins.

Á 2. mynd er sýnt jarðfræðikort af næsta nágrenni jarðhitasvæðisins ásamt þverskurði. Neðstu sýnileg jarðlög eru dílótt basaltlög ofan við Björg (norðan Hörgár) sem má rekja upp í gilin upp af Brekkubæjunum.

Þessi sama **styrpa** kemur fram í borholunum á Laugalandi, þar sem dílótt basalt nær niður í um 100 m dýpi og liggur ofan á tveimur dulkornóttum, þéttum hraunlögum samtals 30 m þykkum. Þar sem halli jarðlaganna er um 10° SA nægir hallinn einn til að skýra hæðarmuninn beggja vegna Hörgárdals, (sbr. þverskurðinn) og er því ólíklegt að misgengi sé eftir endilöngum dalnum eins og stundum hefur verið nefnt. Dílóttu hraunlögin sjást hvergi ofanjarðar sunnan Hörgár. Meðfram Grjótgarðslæk og í Krossastaðagili var athugaður tæplega 400 m þykkur hraunlagastafli, sem allur heyrir yfir dílóttu basaltið efst í borholunum. Neðstu 240 m eru þétt, dulkornótt basaltlög, 17 talsins, með rauðum leirkenndum millilögum ofan á gjallkarga. Holufyllingar í þeim eru aðallega kvarzsteinar. Neðsta lagið í Krossastaðagili er mjög þykkt eða rúmir 40 m og má rekja það yfir í Grjótgarðslæk út eftir hliðinni.

Næstu 60 m eru úr dflóttu basalti og ólífín basalti með seólítum, alls 7-8 hraunlög, þá syrpu má einnig rekja nokkuð áleiðis út hliðina.

Efstu lögin sem skoðuð voru í Krossastaðagili eru 80 m af þéttu, dulkornóttu basalti, sem myndar þykk hraun með gjallkarga og rauðu, leirkenndu seti á milli laga. Ofan á efsta hrauninu er 15-20 m þykkt setlag úr sandsteini og völubergi. Því má fylgja sem slakka langleiðina út á Moldhaugaháls, en austan í honum sést lagið aftur í ca 280 m hæð fyrir ofan Garðshorn. Þau leiðarlög, sem fundust í þessum 400 m þykka berglagakafli var reynt að nota til að finna og mæla stærð misgengja. Það gekk þó mjög illa þar sem opnur eru slæmar í hliðinni norðaustur frá Krossastaðagili. Vísbending um misgengi fannst á tveim stöðum, á báðum stöðunum með stefnu rétt austan við norður. Þessir staðir eru í hliðinni sunnan við hverahrúðrið austan við Laugaland (sig 5-10 m) og rétt vestan við háðxlina á Moldhaugahálsi (sig um 10 m). Allmargir berggangar fundust bæði í Krossastaðagili og meðfram Grjótgarðslæk, og á einum stað í hliðinni ofan við Laugaland, þar fannst einnig með segulmælingu gangur, sem stefnir á heitu lindirnar neðan við Laugaland.

Stefna ganganna er oftast $N 10^\circ - 20^\circ A$, en allmargir gangar fundust einnig sem stefndu $N 10^\circ V$.

Í 250 m hæð í Krossastaðagili fannst 12 m þykkur margklofinn gangur með stefnu $N 10^\circ A$ og við hann smá misgengi þar sem sigið var austan megin. Hugsanlega nær þessi gangur norður að Laugalandi. Gangarnir standa sem næst hornrétt á lögin, sem þeir skera og hallar því nokkrar gráður til vesturs.

Jarðlög á Laugalandssvæðinu hafa ummyndast nokkuð fyrir áhrif jarðhita, sem var útbreiddur í berggrunni svæðisins áður en rofs byrjaði að gæta til muna (þ.e. áður en dalirnir grófust).

Um er að ræða s.k. lághitaummyndun sem leiðir m.a. til nýmyndunar seólíta og kvarzsteina í basalhraunum. Með vaxandi dýpi og hita eykst ummyndunin og berglögin þéttast af útfellingum í holum og sprungum, þannig að mjög dregur úr vatnsgengni þeirra. Á svæðinu frá Árskógsströnd og inn með Eyjafirði að vestan nær s.k. mesólít - skólesít - zóna (kennd við seólítana mesólít og skólesít) upp í ca. 250 m hæð yfir sjó. Í þessari seólítazónu er bergið orðið svo þétt, að um vatnsstreymi er tæpast að ræða nema um einstaka opnar sprungur eða glufur. Gangar og misgengi, sem áður var minnst á, sjá um vatnsleiðara af þessu tagi.

3. Jarðeðlisfræðilegar rannsóknir.

Sumarið 1970 voru gerðar rafleiðnimælingar og segulmælingar á Laugalandssvæðinu til nánari könnunar á legu og lögun jarðhitasvæðisins. Niðurstöður lengdarmælinga eru sýndar á 3. mynd. Alls var mælt eftir 9 línum, sem lagðar voru í dalstefnuna. Bil á milli mælilína var minnst 50 m en mest um 200 m sitt hvoru megin Hörgár. 50 m voru á milli mælipunkta. Bil á milli straumpóla var valið 600 m en 200 m á milli spennupóla. Með því móti var mælt n.k. meðaltal á eðlisviðnámi berglaga niður á um 150-200 m dýpi. Eðlisviðnámið er háð hita í þeim bergmassa, sem mælingin nær til (hálfkúla með ca. 150-200 radius) og gefur því upplýsingar um dreifingu jarðhitans ofarlega á uppstreymissvæðinu.

Út frá lengdarmælingunum reyndist unnt að teikna viðnámskort af jarðhitasvæðinu (3. mynd) og eru þar sýndar 130 Ω m, 160 Ω m og 200 Ω m jafnviðnámslínur. Innan 130 Ω m línunnar er laugasvæðið neðan við Laugaland. Þessi lína afmarkar svæði, sem er langdregið í stefnu N 10° A. Við laugasvæðið á sér stað hliðrun til austurs, sem sést greinilega á legu 160 Ω m jafnviðnámslínunnar. Lega jafnviðnámslínanna norðan laugasvæðisins bendir til, að uppstreymisæð heita vatnsins liggi áfram norður yfir Hörgá í stefnu N 10° A. 300 m austar kemur fram önnur viðnámslökkun niður fyrir 130 Ω m og stefnir á holu 4. Mun hún einnig standa í sambandi við rennsli heits vatns í gangi eða sprungu. Kísil-

hrúðrið, sem áður var minnst á, er rúmum 150 m austar. Þar kemur ekki fram viðnámslækkun.

Hitastig í borholum 1 - 3 á 150 - 200 m dýpi er nálægt 80°C. Tiltölulega há gildi eðlisviðnámsins á laugasvæðinu benda til, að vatn með þessum hita nái skammt út frá sjálfri uppstreymisæðinni ofan við 200 m dýpi. Til hins sama bendir það, hversu mjótt svæðið er, sem lögstu gildin koma fram á. Séu lengdarmælingarnar bornar saman við hliðstæðar mælingar frá Dalvík og Siglufirði kemur á óvart, að lögstu gildin á Laugalandi skuli vera hærri en á þessum stöðum þar sem vatnshiti er þó mun lægri. Skýringin mun vera sú, að rúmmál heits bergs ofan 200 m er miklu minna á Laugalandi en á Dalvík og Siglufirði þar sem lárétts rennslis gætir all mikið út frá göngum eða gangasveimum á litlu dýpi. Á Laugalandi er hins vegar aðeins einn skýrt afmarkaður gangur á laugasvæðinu þar sem gegnumrennslisli á sér stað aðallega neðan 200 m, en einungis lítið uppstreymi til yfirborðs.

Lauslegir útreikningar hafa verið gerðir á vatnsmagni, sem þarf að renna um jarðhitasvæðin á Siglufirði, Dalvík og Laugalandi til að hita upp það rúmmál bergs, sem virðist út frá lengdarmælingum og borholumælingum afbrigðilega heitt. Útreikningar sem þessir eru að vísu mjög óvissir, en niðurstöður þeirra benda til, að magnið sé sambærilegt á þeim öllum, af stærðargráðu innan við 50 l/sek.

5 dýptarmælingapróffilar voru mældir á Laugalandsvæðinu. Niðurstöður eru sýndar á 4. mynd. Hvergi mældist verulega lágt viðnám. Mæling D₁ ofan við laugasvæðið þar sem þess hefði helzt verið að vanta er of stutt. Hátt botnviðnám í þessum mælingum bendir til, að í löngum prófflum gæti áhrifa frá köldu bergi utan við þröngar uppstreymisæðar. Mæling D₃ við hverahrúðrið bendir til jarðhita neðan við 300 m dýpi.

Ein dýptarmæling var gerð hjá Djúpárbakka, á stað þar sem grunur lék á jarðhita. Niðurstaða varð lík og á Hörgár-eyrum neðan við Stóra Dunhaga og mun þar tæpast um útbreiddan jarðhita að ræða. Loks var ein dýptarmæling gerð austan við Lónsbrúna inn við Akureyri, en þangað stefnir gangasveimurinn í Glerárgili. Niðurstaða þeirrar mælingar bendir til jarðhita.

Gerðar voru segulmælingar á svæðinu austan við Hörgá eftir lengdarmælingapróffilunum. Kemur fram í segulmælingunni allt að 4000 - 5000 ~~W~~ sveiflur þar sem farið var yfir berg-ganga, en þeir fundust 2 með segulmælingunum. Annar þeirra við ofanverða línu L₃, en hinn er alveg hulinn jarðvegi og urð, en hann stefnir beint á hitann neðan við Laugaland. Sveiflan, sem gangarnir gefa, dofna mjög, þegar kemur nær Hörgá, sennilega vegna þess að þar dýpkar mjög á fast berg. Á 5. mynd eru sýndar niðurstöður mælinganna á línuriti, og á 3. mynd er lega ganganna sýnd. Ekki verður séð, að eystri ganginum fylgi jarðhiti, hins vegar er mjög líklegt að náð samband sé á milli jarðhitans og vestari gangans. Vegna halla gangans er eðlilegt, að hann finnist á yfirborði nokkru austar en holurnar sem skera hann neðan við 400 m dýpi.

4. Jarðlög í holunum, vatnsæðar og hiti.

Á myndum 6, 7 og 8 eru sýnd jarðlagasnið af holum 2, 3 og 4, sem unnin voru eftir borsvarfi og borkjörnum, úr holu 1 (efstu 100 m). Dýlött hraunlagasyrpa er efst í öllum holunum. Vegna jarðlagahallans er botn hennar heldur neðar í holum 2, og 3 en í holu 4, sem er nyrst. Jarðlög í holunum eru sömu gerðar og þau, sem skoðuð voru í fjalls-hlíðinni upp af Laugalandi, þ.e. basalhraunlög af ýmsum gerðum. Hraunlögin eru að jafnaði gjallkænnd, efst og á milli þeirra finnst rautt leirkennt eða sandsteinskennt set. Borhraði er ávallt mun meiri í gjallinu og milli-lögunum en í innri hluta hraunlaganna. Hvergi varð vart við áberandi þykkar setlagamyndanir í holunum. Grófkornað ólífínbasalt án millilaga, sem heimfæra matti upp á dyngju-

syrpu fannst hvergi í holunum, en slík lög eru auðveld í borun og geta ráðið miklu um afköst borsins, sbr. t.d. Akranesholuna. Nálægt 400 m í holu 2 og 540 m í holu 3 kom mjög hart berg, þar sem millilög voru ekki greinanleg. Í holu 2 fannst mikið af ópal-útfellingum á þessum harða kafla, en minna var um þær í holu 3. Brennisteinskís var í svarfinu í holu 3 neðan við 540 m. Allt bendir til, að þarna hafi holurnar lent í berggangi. Hóla 3 sker hann á meira dýpi en hola 2, þar sem hún er fjærganginum, en honum hallar vestur innundir holurnar. Hóla 2 er komin í gegnum ganginn í 540 m, en hola 3 endar í ganginum.

Vatnsæðar fundust í holu 1 í 18 m dýpi, 28 m, 48 m og 106 m, og var sú stærst. Holan er 375 m djúp og engar vatnsæðar fundust neðan við 106 m dýpi. Sjálfrennsli úr holunni mældist 3,5 l/sek sumarið 1944 2 árum eftir að borun holunnar lauk. Hiti vatnsins var 78°C, en hiti í botni hafði mælt tæp 90°C.

Vatnsæðar fundust í holu 2 aðallega í 406 - 428 m, þ.e. þar sem fyrst var komið í ganginn. Eftir að komið var í gegnum hann fundust tvær vatnsæðar (í 575 og 640 m), þó mun minni. Mikill þrýstingur var á vatninu í byrjun. Í borun var skolvatnsaukningin þannig allt að 14 l/sek. Eftir 1/2 mánaðar jólafrí, er hólalán var rúmlega 800 m djúp, var sjálfrennsli úr henni um 10 l/sek. 2. sept. 1967 mældist sjálfrennsli 5,7 l/sek, 23. apríl 1968 var sjálfrennslið 5,2 l/sek og rúmu ári síðar var það komið niður fyrir 5 l/sek. Við dæluþrófun í apríl 1968 reyndist holan gefa 11,4 l/sek stöðugt rennsli við 17 m niðurdrátt. Voru út frá því áætluð hámarksafköst 18 l/sek við 35 m niðurdrátt. Áhrif dælingarinnar á holu 1 voru ekki athuguð.

Í borun holu 3 varð fljótleiga vart við samgang við holu 1. Eftir að fóðring hafði verið steypt (í rúma 80 m) var einkum um að ræða samgang í kringum 100 m dýpi. Í borun er tvívegis getið um rennsli úr holunni. Í fyrra skiptið er holan var 376 m djúp, en þá rann úr henni 0,3 l/sek af 62°C heitu vatni eftir eins sólarhrings hlé á borun.

Í seinna skiptið er holan var 523 m á dýpt en þá var rennsli úr henni 1,3 l/sek 72°C eftir tveggja sólarhringa hlé á borun.

Þegar holan var 550 m djúp var hún þrýstiprófuð. Aðeins var dælt í holuna stutta stund alls um 8 - 9 tonnum af vatni. Við 18 l/sek dælingu sýndi þrýstingsmælir litla sem enga breytingu, en við 27 l/sek dælingu myndaðist um 19 kg/cm² þrýstingur. Bakþrýstingur féll niður undir 0 svo til strax og dælingu var hætt og benti það til að holan væri þá þegar allvel opin. Greiður samgangur var ávallt við holu 1 og hefur nokkur hluti vatnsins, sem niður var dælt eflaust farið inn í æðar í kringum 100 m dýpi. Eftir að holan hittu ganginn í 540 m varð ekki vart við skolvatnsaukningu, ólíkt því sem varð með holu 2. Ástæðan gæti legið í því, að hola 2 hafi þegar valdið mikilli þrýstingslökkun á heitavatnskerfinu, sem gætir langt út frá holunni. Þrýstitilraun með þakkara var gerð í holunni, þegar borun var hætt og er niðurstöðum hennar lýst á bls. 13. Við þökkunina kom í ljós, að rennslið upp úr holu 3 kemur af meira en 255 m dýpi, þar sem það hætti um leið og þakkarinn þandist niðri í holunni. Rennsli úr holu 3 var, er borun lauk, um 3 l/sek af 80°C heitu vatni. Við borun holu 3 komu engin áhrif fram á holu 2, og er því ekki um greiðan samgang að ræða á milli þeirra gagnstætt því sem búið hafði verið við. Það var ljóst um það leyti sem borun holu 3 var að ljúka, að heita vatnið rynni upp með berggangi með dræmri vatnsleiðni milli hola 2 og 3, sem hitta ganginn á mismunandi dýpi með 45 m millibili. Var þá sýnt að minni líkur voru á því en ella, að boranirnar bæru þann árangur, sem vonast var eftir.

Hola 4 var boruð með hliðsjón af þessu og henni valinn staður 380 m norðaustur frá holu 3 niðri við Hörgá. Þess var vænt, að sú hola myndi gefa til kynna lárétt rennsli þvert á sprungustefnu ef nokkurt væri og jafnframt sýna hvers vænta mætti með borunum við aðra ganga eða sprungur þarna nærri.

Við staðsetningu holunnar hafði verið tekið mið af sprungu og hverahrúðri uppi í hliðinni ofan þjóðveggar. Í viðnámsmælingum (sbr. 3. mynd), sem gerðar voru síðar, kom fram viðnámslægð, sem bendir til jarðhita og er tengd sprungunni, en nær ekki niður að holu 4. Vegna óvissu um árangur af þessari holu var horfið frá því að bora hana í vinnsluvídd. Borun var hætt, er holan var 711 m djúp og við þökkun reyndist hún alveg þétt utan hvað lítil vatnsæð fannst í kringum 80 m.

Hitamælingar voru ekki gerðar á meðan borun holu 3 stóð yfir, og holan var fyrst hitamæld í botn þann 11.2. 1971 tæpu ári eftir að borun lauk (10. mynd). Hiti fer fyrst yfir 90° í 600 m og er 92 1/2°C í botni. Hiti í 300 m er 88°C en þaðan lækkar hann jafnt niður í 80°C í toppi. Hitamælingin gefur til kynna æðar í 150 m, 250 m og 575 m. Miðað við holu 2 er hola 3 nokkru kaldari efst, vegna þess að þar koma í hana æðar með innstreymishita undir 90°C. Botnhiti í báðum holunum er sá sami.

Í borun var fylgzt allvel með hita í holu 4 (sbr. 11. mynd). Hitaaukning á fyrstu 300 m benti til, að 90°C hita yrði náð í kringum 650 m dýpi. Það fór þó mjög á annan veg, því að neðan við 300 m varð hitaaukningin miklu hægari, sem þó varð ekki ljóst fyrr en í hitamælingu, sem gerð var eftir að borun lauk. Hitastigullinn neðan við 300 m er einungis 64°C/1000 m. Til samanburðar má nefna, að 100 m djúp hitastigulshola inni í bæ á Akureyri, sem telja má upplýsandi um hitastigul utan jarðhitasvæða á Eyjafjarðarsvæðinu gaf einnig 64°C/1000 m (12. mynd). Hin öra hitaaukning ofantil í holunni stafar sennilega af nálægð við jarðhita sem fram kom í eystra lágviðnámsbeltinu, en einnig virðist lárétt rennsli út frá ganginum við holur 1 - 3 koma til greina sbr. vatnsborðshækkun í holu 4 við dæluprófun holu 3. Þess er ekki að vanta, að vatn með nýtanlegum hita fáist í næsta nágrenni við holu 4, en lággildissvæðið í hliðinni ofan við mætti kanna sérstaklega með rannsóknarborun þar.

5. Þrýstiprófun á holum 3 og 4.

Hola nr. 3 er 667 m djúp. Holan er fóðruð í 85 m með 9 5/8" casing og síðan boruð með 6 1/4" krónu. Prófunin var gerð 14. marz 1970. Notaður var pakkari sem er 5 3/4" að utanmáli.

Pakkarinn var settur í 255 m dýpi. Dælt var fyrst rólega á meðan þrýstingurinn var að hækka. Síðan var dælt stöðugt í 1 klst 50 mín um 18,5 l/sek móti 60 kg/cm² þrýstingi. Þegar dælingin hafði staðið í 110 mín losaði pakkarinn og var dælingu þá hætt og pakkarinn tekinn upp. Þegar pakkarinn var losaður rann smávegis upp úr holunni fyrstu mínúturnar en hætti svo. Áætlað magn af vatni sem dælt var niður er 130 tonn en upp rann ca. 0,5 tonn af vatni eftir þökkun. Eftir þökkun var dælt í holuna lokaða í 3 1/2 klst.

Dælt var 25 l/sek móti 20 kg/cm² þrýstingi alls um 320 tonnum af vatni. Fylgst var með hitastigi vatnsins úr holu 2 á meðan á þökkun stóð í holu 3. Ekki kom fram nein breyting.

Þessi tilraun bendir til að hola 3 geti gefið nokkuð vatns-magn með dælingu líklega 10 - 15 l/sek eftir því hve vatns-borðið er dregið langt niður.

Dælan verður að vera innan í fóðurpípunni í 85 m dýpi eða ofar.

Hola nr. 4 er 711 m djúp 6 1/4" í þvermál. Prófunin fór fram þann 3. júlí 1970. Notaður var pakkari með 5 3/4" utanmál. Pakkari var settur í 540 m dýpi og var niður-setningu lokið kl. 14⁴⁰. Dælt var niður vatni með um og yfir 100 kg/cm² þrýstingi.

Þrýstingurinn steig mjög hratt þótt dælan væri keyrð rólega með aðeins ca. 16 slög á mínútu.

Dælt var niður ca. 7 l/sek í 10 mínútur með 110 kg/cm² þrýstingi en var þá hætt að dæla.

Þegar dælan var stöðvuð, féll þrýstingurinn hægt niður í 85 kg/cm², en stóð síðan óbreyttur í 5 mínútur. Þá opnuðum við út í kórinn og slepptum þrýstingnum af.

Þessi tilraun sýnir að bergið er alveg þétt neðan við 540 m og ekkert vatn kemur í holuna frá 540 til 711 m dýpi. Þessi þrýstingur 110 kg/cm² nægir alls ekki til að sprengja bergið, en á hins vegar að vera nægur til að opna æðar, sem fyrir eru í holunni.

Pakkarinn var nú tekinn upp og síðan settur aftur niður. Nú var pakkað í 270 m dýpi. Dæling hófst kl. 19⁰⁰ og var dælt rólega eins og áður með 110 kg/cm² í ca. 3 mínútur en þá skreið pakkarinn upp undan þrýstingnum og var dælingin þá stöðvuð. Þrýstingurinn hélzt ca. 80 kg/cm² og féll mjög hægt.

Það er því ljóst eftir þessar tilraunir, að holan gefur ekkert vatn neðan við 270 m dýpi. Var þá strax ákveðið að hætta boruninni á þessum stað og flytja borinn í næsta verk. Eftir er að hitamála holuna nákvæmlega, þegar hún hefur verið óhreyfð í nokkrar vikur.

6. Borun holu 2, 3 og 4.

Á meðfylgjandi myndum nr. 13, 14 og 15 er sýndur gangur borunar fyrir borholur nr. 2, 3 og 4, boraðar með Norðurlandsbor. Enn fremur er þar sýndur snúningshraði, álag á borkrónu og borkrónunotkun.

Fyrir borholur nr. 3 og 4 voru gerðar boráætlanir byggðar á fyrrri borunum. Við borun á holu nr. 2 var meðalborun um 20 m á dag frá 20 m til 446 m dýpis en 19,4 m á dag frá 446 m til 746 m dýpis. Borað var með 8 3/4" borkrónu frá 20 m niður í 446 m. Meðalálag var um 5 tonn á borkrónu, sem er um 28% af æskilegu álagi miðað við að um lint berg sé að ræða, en 16% af æskilegu álagi miðað við

hart berg. Frá 446 m til 745 m dýpis var borað með 6 1/4" krónu, með 4,4 tonna álagi á borkrónu að meðaltali, sem er um 35% af æskilegu álagi miðað við lint berg en 19,6% af æskilegu álagi miðað við hart berg. Ending á borkrónum var góð í holu 2, hvergi undir 40 m á borkrónu og fór allt upp í 111 m á borkrónu mest.

Hola þrjú er boruð með 12 1/4" borkrónu niður í 85 m dýpi. Samkvæmt áætlun var gert ráð fyrir að borhraði yrði um 9,6 m á dag að meðaltali frá 0 m niður í 100 m dýpi. Í reynd var borhraðinn ekki nema 5,6 m á dag frá 0 m niður í 85 m dýpi. Hér er litlu álagi á borkrónu um að kenna. Álag á borkrónu vex frá einu tonni upp í 4 tonn á fyrstu 20 metrunum og síðan upp í 5 tonn eftir að 42 m dýpi er náð. Fimm tonna álag á 12 1/4" borkrónu samsvarar ekki nema 20% af æskilegu álagi miðað við að um lint berg sé að ræða og um 11% af æskilegu álagi fyrir hart berg. Borað var með 6 1/4" krónu frá 85 m niður í 668 m dýpi. Meðalálag var 5 tonn, sem er um 40% af æskilegu álagi miðað við lint berg og um 22% af æskilegu álagi fyrir hart berg. Áætlaður borhraði var 22,5 m á dag frá 100 m niður í 750 m en reyndist vera 36 m á dag frá 85 m til 196 m og 29 m á dag frá 196 m niður í 520 m. Í 540 m dýpi er komið í gang eins og sést á jarðlagasniðinu. Borhraðinn fellur niður í 10 m á dag að meðaltali vegna aukinnar hörku bergsins. Ending borkróna fór allt niður í 6 m borun á borkrónu. Meðalborhraði fyrir alla holuna var 17,2 m á dag þegar töfum er sleppt. Áætlunin gerði ráð fyrir meðalborhraða 19,3 m á dag.

Hola 4 er boruð með 12 1/4" krónu niður í 10 m dýpi, en 6 1/4" krónu frá 11 m til 711 m dýpis. Áætlaður meðalborhraði fyrir þessa holu var 20 m á dag. Borhraði varð 14,5 m á dag, að meðaltali, sem stafar af mikilli hörku í bergi á 520 til 600 m dýpi. Ending borkróna fór allt niður í 3 m í borun í 547 til 550 m dýpi. Meðal álag á borkrónu var 4 til 5 tonn niður í 335 m en 5,5 til 6 tonn

þar fyrir neðan. Sex tonna álag á 6 1/4" krónu samsvarar 48% af æskilegu álagi fyrir lint berg en 27% af æskilegu álagi fyrir hart berg.

Í áætluninni um borun á holu 3 er gert ráð fyrir því, að kostnaður við borun á 700 metra djúpri holu yrði um 4000 kr/m auk kostnaðar, sem verkkaupi greiðir beint. Kostnaður við holu 3 varð 5750 kr/m og holu fjögur 4500 kr/m auk kostnaðar, sem verkkaupi greiddi beint.

Við frekari boranir á þessu svæði væri æskilegt að gera þær breytingar á borun, að fyrstu 30 til 50 m séu boraðir með höggbor vegna hörku efstu berglaganna og lítils álags á snúningsborum í byrjun borunar. Enn fremur er æskilegt að auka álagsgetu borsins verulega. Fyrir borkrónur hefur verið fundið út í olfuborunum erlendis, að æskilegt álag, þegar borað er í lint berg, sé um 2 tonn á þvermálstommu, en 3,6 tonn þegar borað er í hart berg. Þetta samsvarar 12,5 tonna álagi fyrir hart berg. Þegar borað er með auknu álagi getur þurft að minnka snúningshraðann í hörðu bergi. Wolfm-karbíð krónur voru prófaðar við borun á holu 4, þar sem harka var mikil neðan til í holunni. Þessi prófun gaf enga endanlega niðurstöðu um gæði þessarar gerðar af borkrónum meðal annars vegna of lítils álags á þær. Þessa borkrónugerð þyrfti því að prófa frekar og þá með auknu álagi. Ekki er víst að æskilegt álag og snúningshraði, sem fundinn er erlendis við olfuboranir, henti hér á landi óbreytt. Hins vegar fæst ekki úr því skorið nema sú reynsla, sem þar hefur fengizt, sé prófuð við okkar aðstæður.

7. Dæluþrófanir.

Tvívegis hefur verið dælt til reynslu úr holunum við Laugaland. Í apríl 1968 var dælt í 2 daga með djúpdælu í 17 metra dýpi úr holu 2 og í október, 1970 með djúpdælu í 41 metra dýpi í 16 daga, úr holu 3. Sjálfrennsli úr holu 2 hefur auk þess verið mælt öðru hvoru. Það var upphaflega 12,5 l/sek í febr. '65, 5,7 l/sek 2.9. '67, 5,2 l/sek 23.4.69 og 4,5 l/sek 3.10.'70.

Dælingunni í apríl 1968 úr holu 2 er lýst í skýrslu Stefáns Sigurmundssonar (maí, 1968). Vatnsmagn var þá í byrjun 17,5 l/sek, 90°C, en minnkaði í 11,4 l/sek, 90°C, á 25 klukkustundum og helzt síðan óbreytt. Ekki reyndist unnt að mæla vatnsstöðu holunnar í dælingu, vegna þrengsla milli fóðurrörs og dælu. Það er því hugsanlegt, að vatnsmagnið hafi mælt óbreytt 11,4 l/sek eftir 25 klst dælingu, vegna þess að dælan hafi þá verið farin að taka loft og rennslismælir því ekki réttur.

Dæling í október 1970 úr holu 3 var gerð með djúpdælu í 41 m dýpi. Dælt var samtals 11000 - 12000 m³ af 81 - 82°C vatni í 16 daga, eða um 8 l/sek að jafnaði.

Fyrst í stað var dælt í fimm þrepum, 5,7 til 10,6 l/sek í um 1 klst við hvert þrep til könnunar á innstreymismótstöðu holunnar. Gert er ráð fyrir að vatnsstöðulækkun holunnar fylgi líkingunni $h = BQ + CQ^2$, þar sem h er vatnsstöðulækkun, Q er vatnsmagn en B og C stuðlar. Stuðullinn B er rennslismótstaða vatngengu jarðlaganna umhverfis holuna, háður rennsliseiginleikum jarðlaganna og óvatngengum afmörkunum, radíus holunnar og tíma. Stuðullinn C er mótstaða í holunni sjálfri og í næsta nágrenni við hana og er óháður tíma. 16. mynd sýnir niðurstöður þrepa-dælingarinnar og útreikning stuðlanna, $B = 1,33$ m/sek.l. og $C = 0,26$ m/sek.l². Vatnsstöðulækkun holunnar vegna 15 l/sek vatnsvinnslu í 1 klst yrði þannig $h = 1,33 \times 15 + 0,26 \times 15^2 = 78$ metrar.

Að þrepa-dælingunni aflokinni var dælt með sem jöfnustum afköstum, 8,0 - 8,6 l/sek, til loka dælutímabilsins, að undanskildum stuttum hléum, sem urðu vegna bilana.

Vatnsstaða holu 3 var mæld reglulega með rafmagnskapli, meðan dælt var, en síritandi vatnsstöðumælar voru í holum 2 og 4. Yfirlit yfir vatnsmagn og vatnsstöðu holu 3 og vatnsstöðu holu 2 og 4 á dælutímabilinu er sýnt á 17. mynd.

Hafa verður í huga 4,5 l/sek sjálfrennsli úr holu 2 fyrir dæluþrófun. Raunveruleg aukning vatnsvinnslu úr kerfinu vegna dælingar verður þá aðeins 3,5 - 4,0 l/sek, sem hefur orsakað 10,8 metra vatnsstöðulækkun í holu 2, 27.10. 1971, eftir 12 daga vatnsvinnslu.

Viðbrögð vatnsstöðu mælingarholanna eru í samræmi við misvægislíkingu Theis frá 1935 og benda til tiltölulega lítillyllar vatnsleiðni og þröngra afmarkana Laugalandsvatnskerfisins. Heildarvatnsleiðnin, T, var ákvörðuð eftir vatnsstöðuferlum $1,2 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{sek}$ og rýmdarstuðullinn, S, $8,0 \times 10^{-4}$. Óvatnsgengar afmarkanir, sem mynda 30° horn, eins og mynd 18 sýnir, eru í samræmi við vatnsstöðulækkun í holu 2 á dælutímabilinu og reiknuðu gildin á T og S. Holurnar, sem merktar eru S, til S₁₁ á 18. mynd, eru spegilvinnsluholur. Þeim er ætlað að eyða áhrifum óvatnsgengu afmarkananna og gera kerfið reiknislega endalaust að víðáttu.

Samkvæmt ofangreindu verður reiknuð vatnsstaða í mælingarholu í 55 metra fjarlægð frá 15 l/sek vinnsluholu + 56 metrar undir fóðurrörsbrún, eftir 200 daga vatnsvinnslu sbr. 19. mynd. Sé að auki dælt 10 l/sek úr vinnsluholu í sama kerfi í 2000 metra fjarlægð. Til þess að finna vatnsstöðu 15 l/sek vinnsluholunnar verður að bæta holumótstöðunni CQ² við ofangreindar tölur, eða 58 metrum fyrir t.d. holu 3.

Dælingin í október 1970 varð of ójöfn og tímabilið í stytta lagi til þess að gefa fullnægjandi mynd af afmörkunum vatnsgengu jarðmyndananna. Útreikningarnir breytast þó óverulega þótt gert sé ráð fyrir vatnsgengum jarðmyndunum, 100 - 150 metra á breidd, milli tveggja samhliða lóðréttra afmarkana, eins og jarðfræði og jarðeðlisfræðilegar mælingar á svæðinu gætu bent til.

Þegar litið er á hið tiltölulega litla vatnsmagn, 15 - 20 l/sek, sem unnt virðist að vinna úr Laugalandskerfinu, er rétt að hafa í huga að dæluþrófanir þar útiloka ekki möguleika á öðrum afmörkuðum vatnskerfum í nágrenni Laugalands.

8. Helztu niðurstöður og tillögur um áframhald á rannsóknum.

Eins og skýrsla þessi ber með sér, er þess ekki að vænta, að fá megi nægilegt magn af heitu vatni á Laugalandi til hitaveitu fyrir Akureyri. Vestara gangkerfið er líklegt til að standa undir 15 - 20 l/sek vatnsvinnslu til langframa. Stærð þess er einungis um 300 hektarar á yfirborði og sé gert ráð fyrir meiri dreifingu á borholum en nú er, má telja að það sé fullborað með 4 - 5 borholum í viðbót.

Annað líklega sjálfstætt kerfi nokkru austar geymir einnig heitt vatn og er líklegt, að vinnsla úr báðum komi til greina án víxlverkunar. Einungis boranir geta skorið úr um, hversu mikið viðbótarvatn má fá á þessum stað. Reynslan hefur sýnt, að boranir í gangakerfin við Eyjafjörð eru óöruggar með tilliti til að skera vatnsæðar, þótt borað sé við gang og hiti í holunum nái því sem vænt var. Stafar þetta af tregu og mjög staðbundnu rennsli í þröngum rásum gangsins, og mjög litlu láréttu rennsli í þéttum jarðlögum.

Þökkun í holum á Eyjafjarðarsvæðinu hefur hingað til ekki borið árangur í þá átt að auka vatnsrennsli. Af þessum sökum verður að gera ráð fyrir því í meiri háttar borunar-áætlun, að nokkrar af þeim holum sem átlað er að hitta á vatnsæðar, reynist það laklega, að virkjun þeirra borgi sig ekki.







Borhraði í hinum hörðu jarðmyndunum Eyjafjarðarsvæðisins er yfirleitt kringum 0,5 - 1 m á klst miðað við 4 1/4 - 6 1/4" holuvídd og Mayhew eða Norðurlandsbor. Verða holurnar því óhjákvæmilega nokkuð dýrar. Ef til vill má auka borhraðann með meira álagi og lækka þannig borkostnað eitthvað.

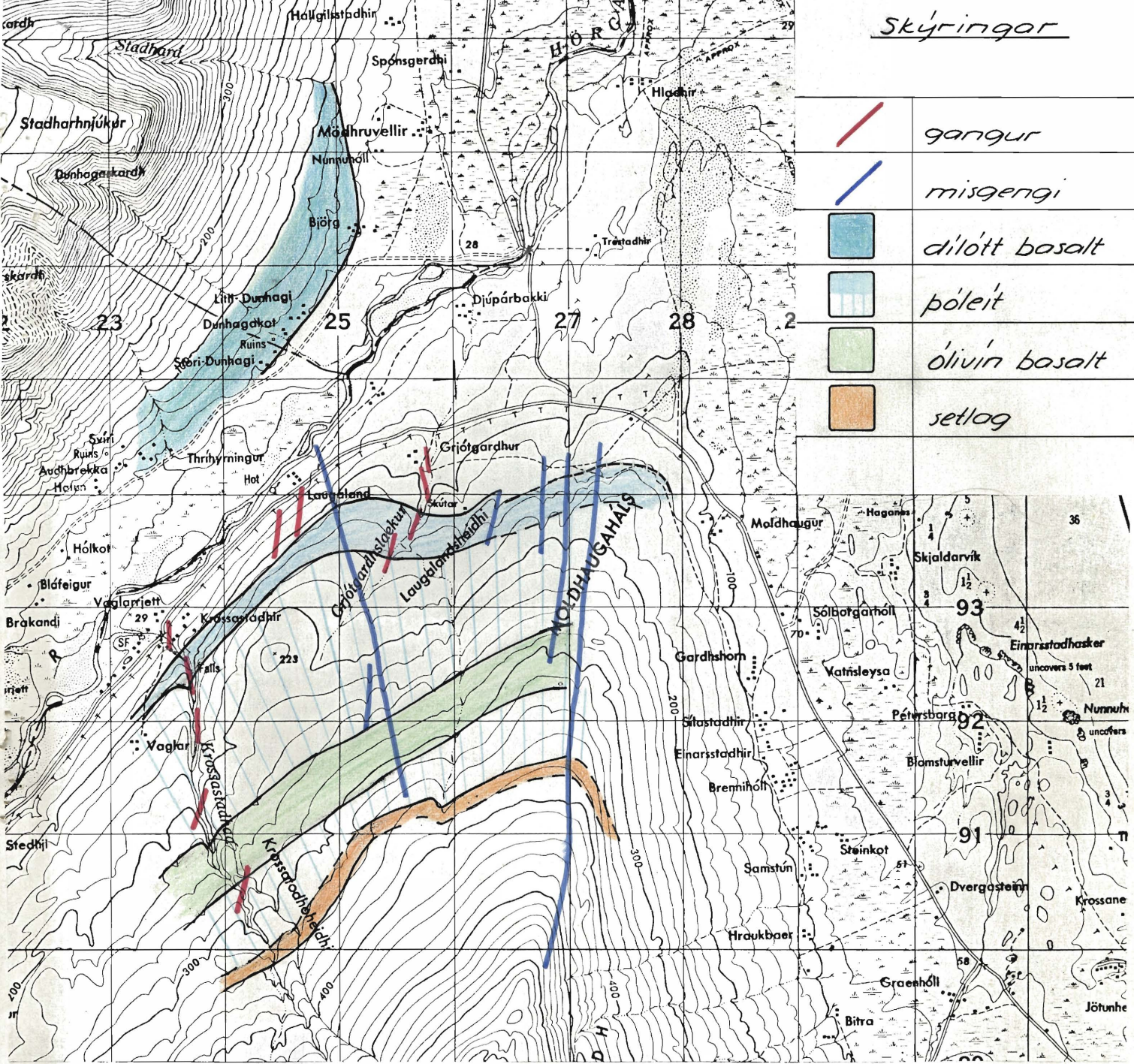
Rannsókn Laugalandssvæðisins hefur ekki gefið eins jákvæða niðurstöðu og vænt var og því nauðsynlegt að kanna líkur á öðrum nálægum svæðum.

Við leggjum til að yfirborðskönnun verði gerð á svæðinu öllu frá Laugalandi inn að Hrafnagili og þá beitt viðnámsmælingum fyrst í stað. Á 20. mynd er sýnd tillaga að staðsetningu 22 slíkra mællína. Með þessu móti fæst samanburðargrundvöllur, sem er nauðsynlegur til túlkunar á niðurstöðum mælinganna. Lengdarmælingar yrðu síðan gerðar þar sem tilefni gafist til í tengslum við segulmælingar.

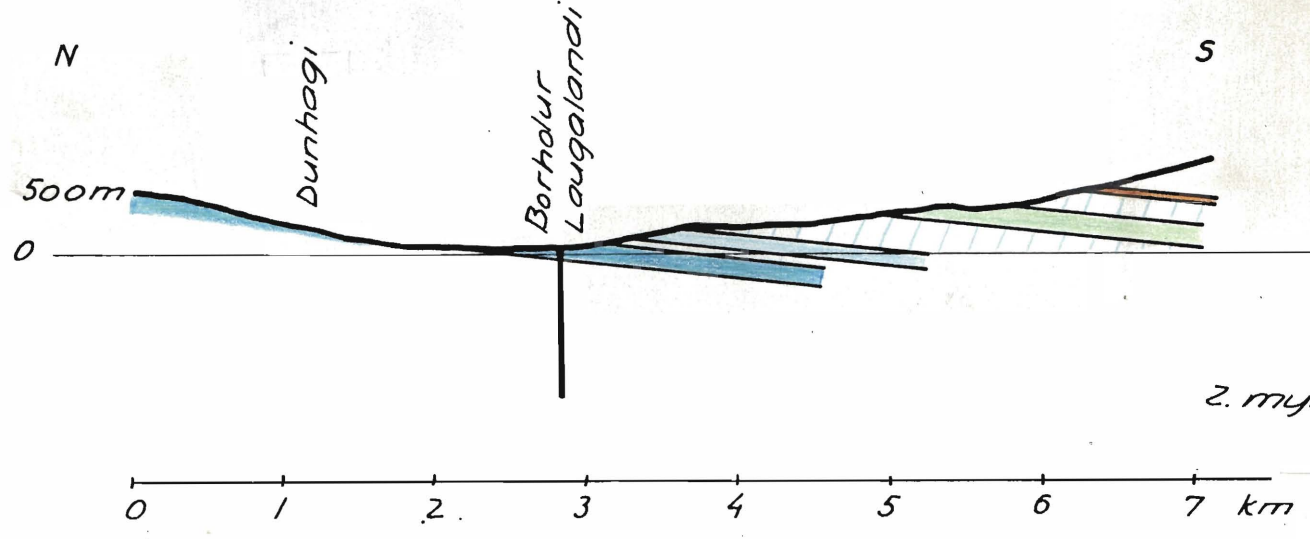
Niðurstöður slíkra mælinga, sem hér er mælt með, eru líklegar til að undirbyggja á ódýrastan hátt kvantitatíft mat á jarðhitanum á því svæði sem kemur til greina að virkja til hitaveitu fyrir Akureyri. Jafnframt yrðu þær leiðbeinandi um að velja úr svæði til rannsóknarborana.

Skýringar

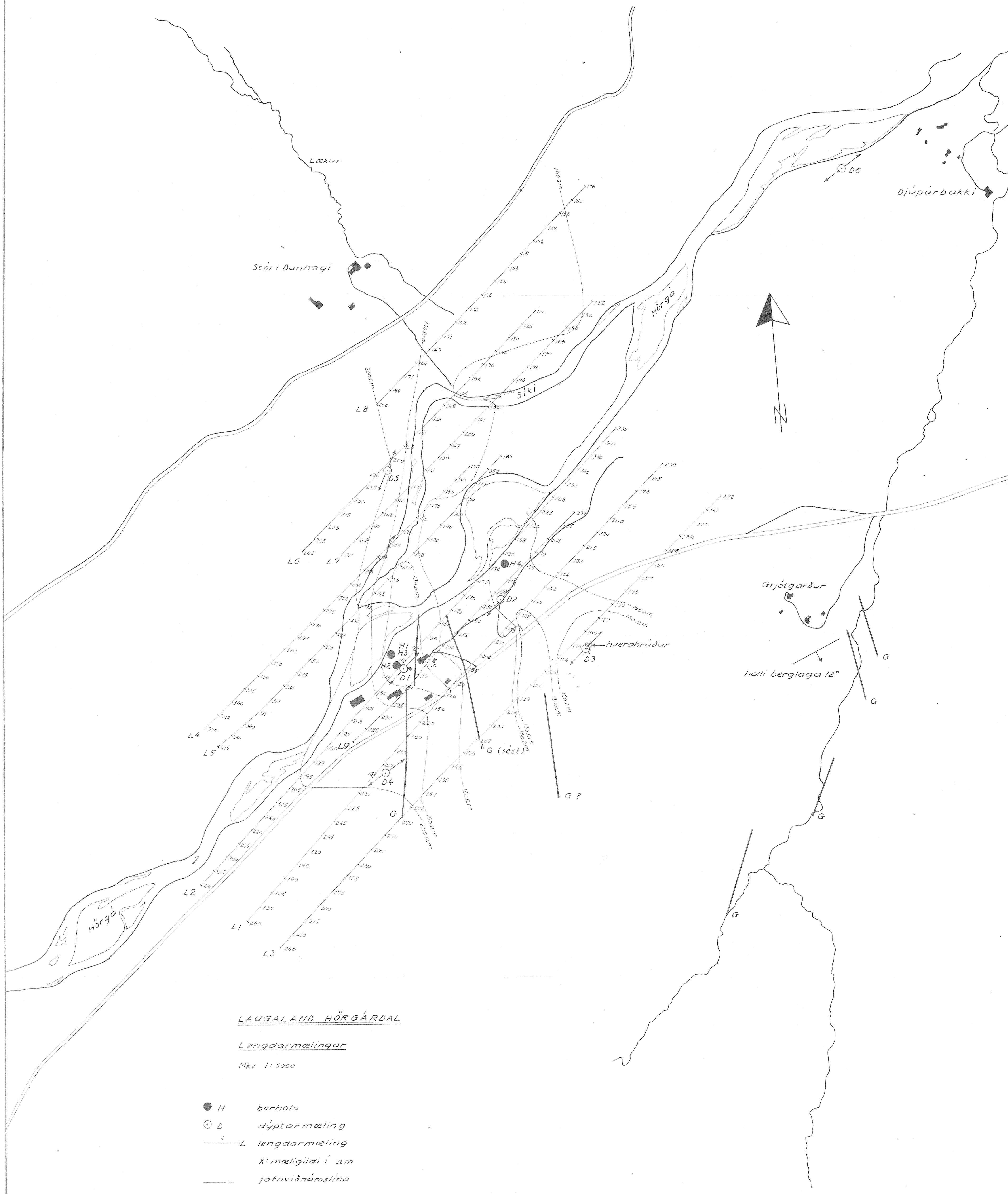
	gangur
	misgengi
	dilött basalt
	pöleit
	ólívin basalt
	setlag



Jarðfræðikort af Laugalandssvæðinu



2. mynd



LAUGALAND HÖRGÁRDAL

Lengdarmælingar

Mkv 1:5000

- H borhola
- ⊙ D dýptarmæling
- ^x— L lengdarmæling
x: mæligildi í dm
- jafnvíðnámslína
- G gangur

ORKUSTOFNUN	
Laugaland, Hörg.	29/7 '71
Lengdarmælingar	Rk/Rk
Fr. 10037	Tr. 21
J-Viðnám	J-Langal.

Laugaland Hörgárdal D1-D6

Akureyri D1

ORKUSTOFNUN
Jarðhitadeild

Laugaland Hörg. D1-D6 Akureyri D1

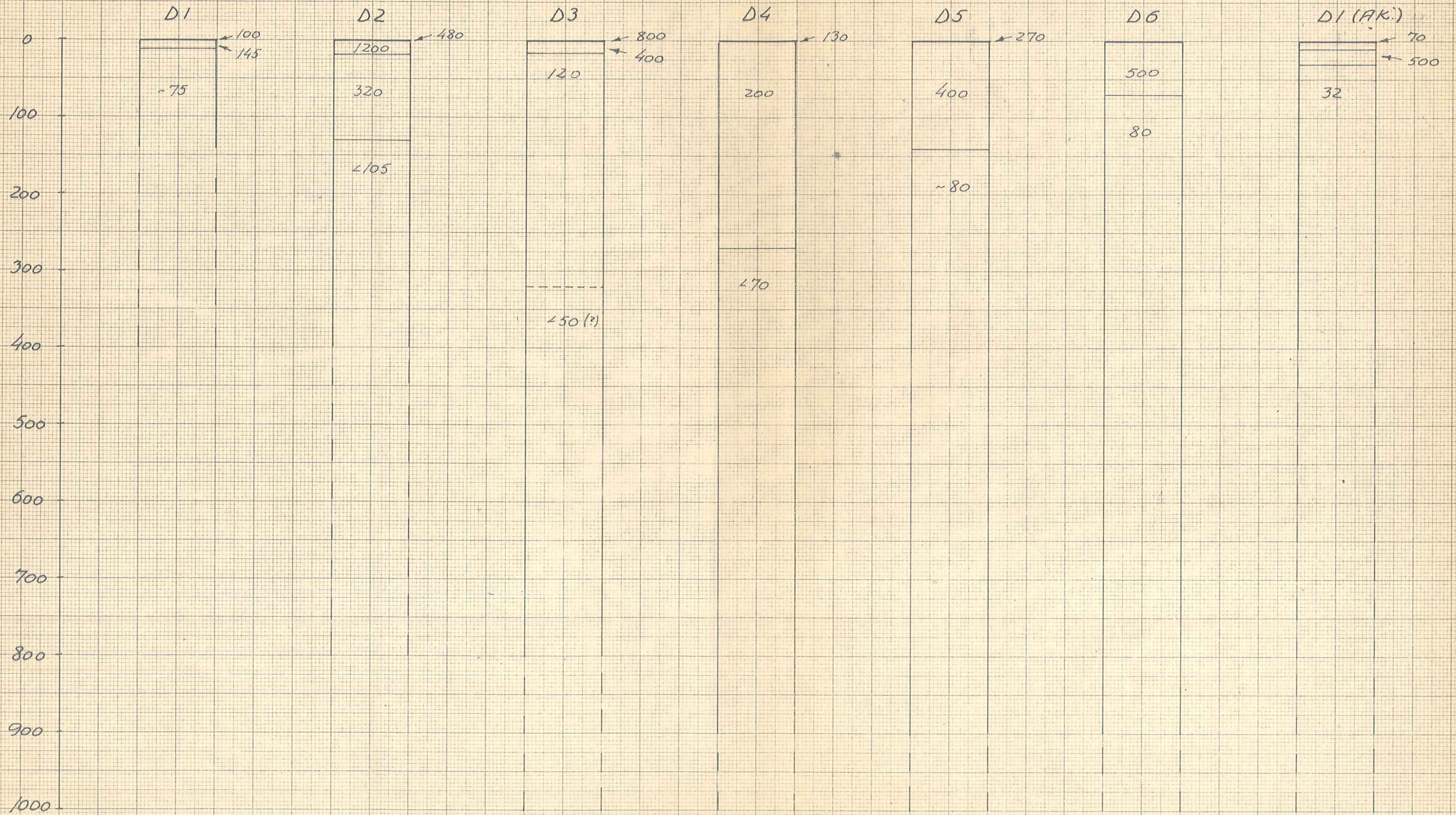
Jarðsnið, eðlisviðnámslög (Ω)

28/7'71 RK/SJ

Tnr. 23 Tnr. 761

J-Langal J-Viðn.

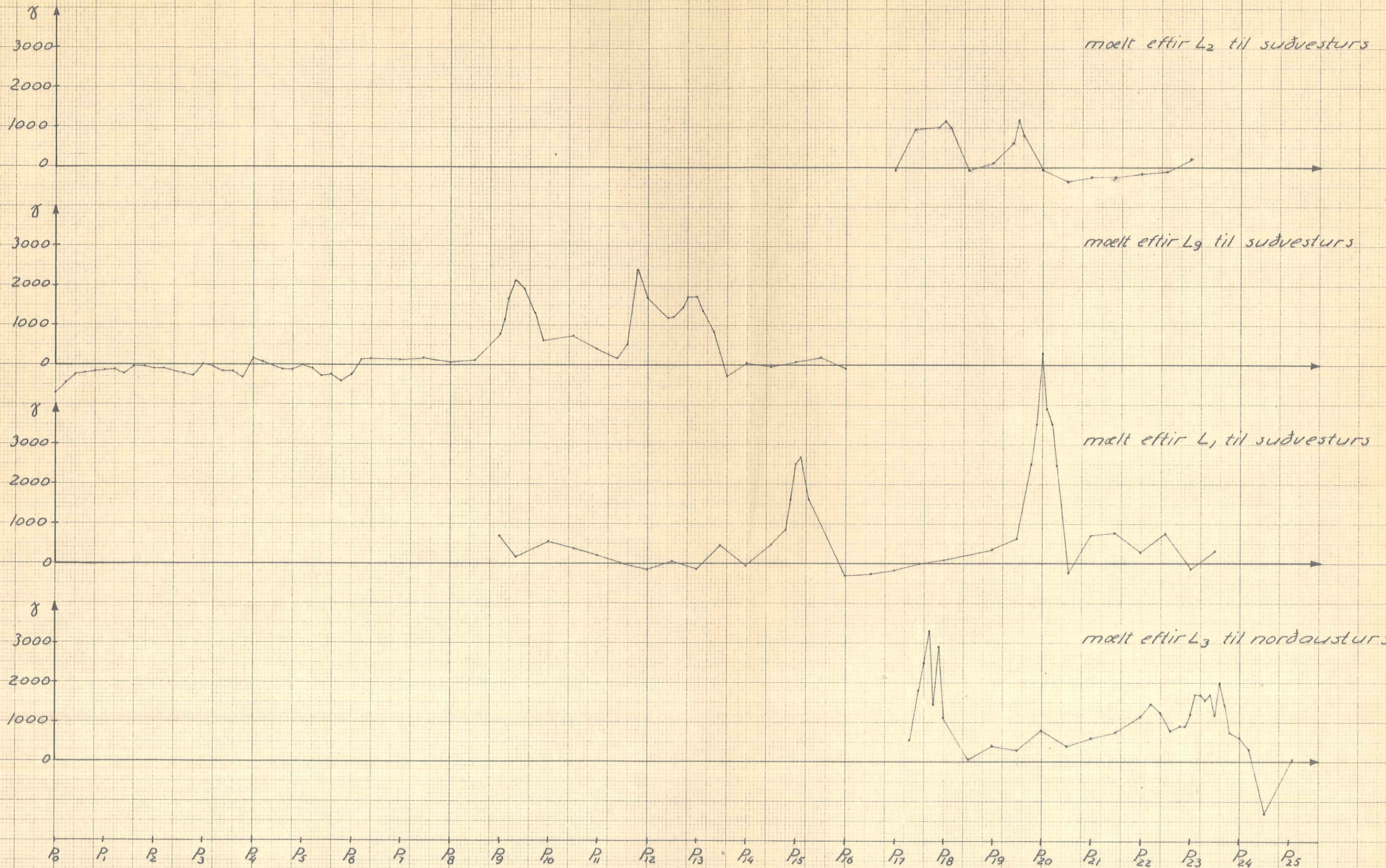
Fnr. 10034



4. mynd

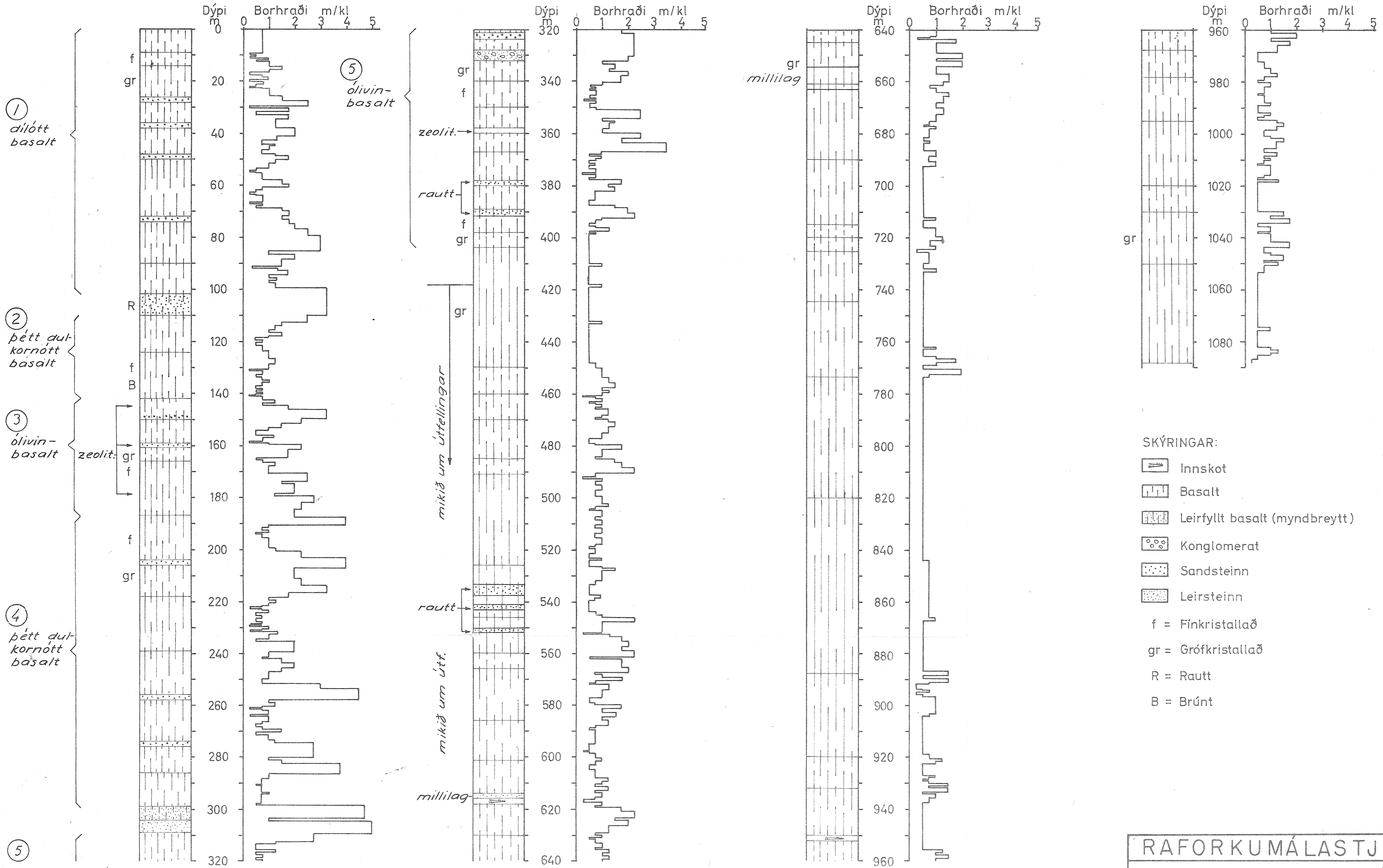
Laugaland Hörgárdal

Segulmælingar



100 skref KS

5. mynd



1
ólíött
basalt

2
þétt dul-
kornött
basalt

3
ólívin-
basalt

4
þétt dul-
kornött
basalt

5

5
ólívin-
basalt

mikið um úttellingar

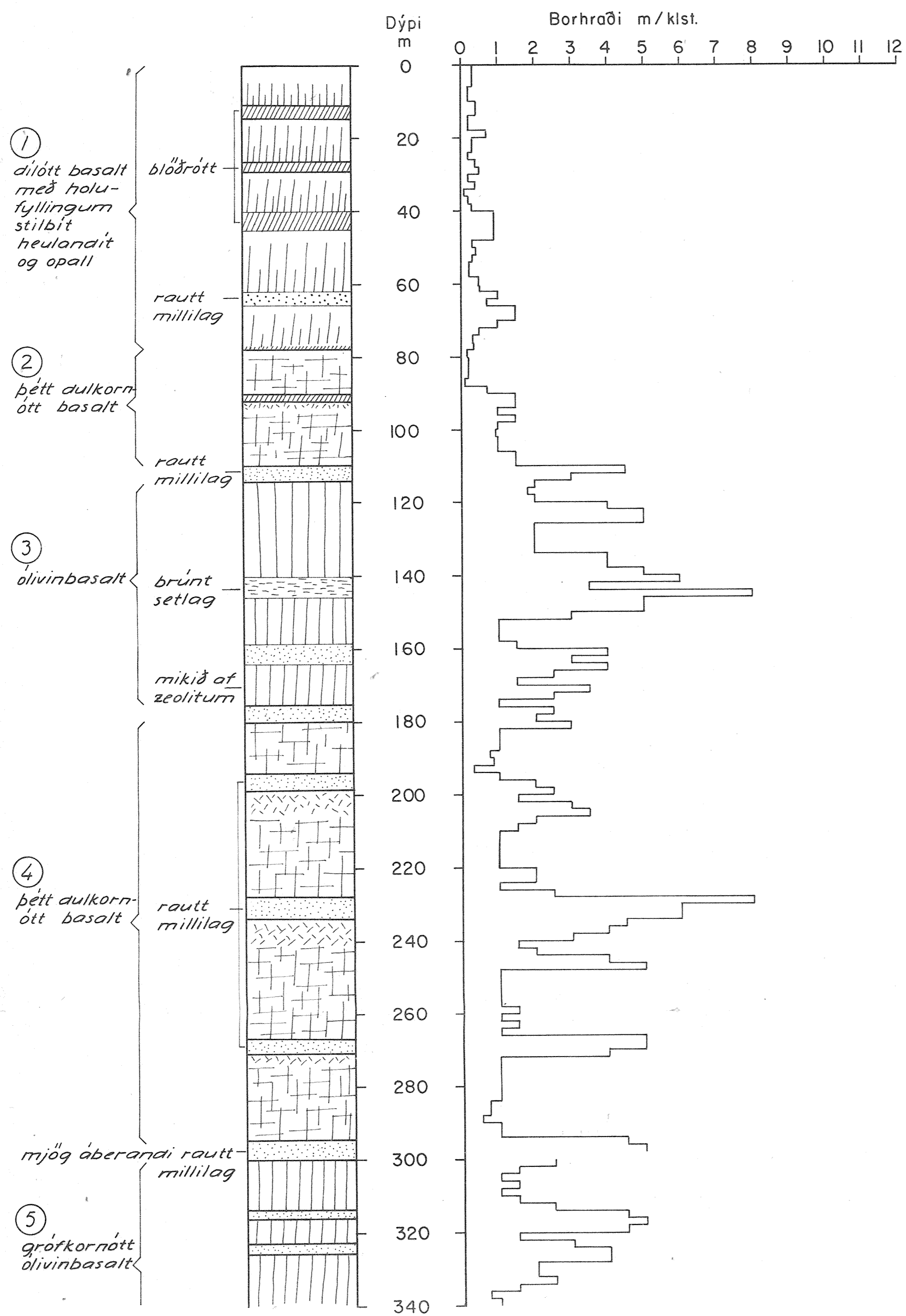
mikið um útf.

millilag

gr
millilag

- SKÝRINGAR:
- Innskot
 - Basalt
 - Leirfyllt basalt (myndbreytt)
 - Konglomerat
 - Sandsteinn
 - Leirsteinn
 - f = Fínkristallað
 - gr = Grófkristallað
 - R = Rautt
 - B = Brúnt

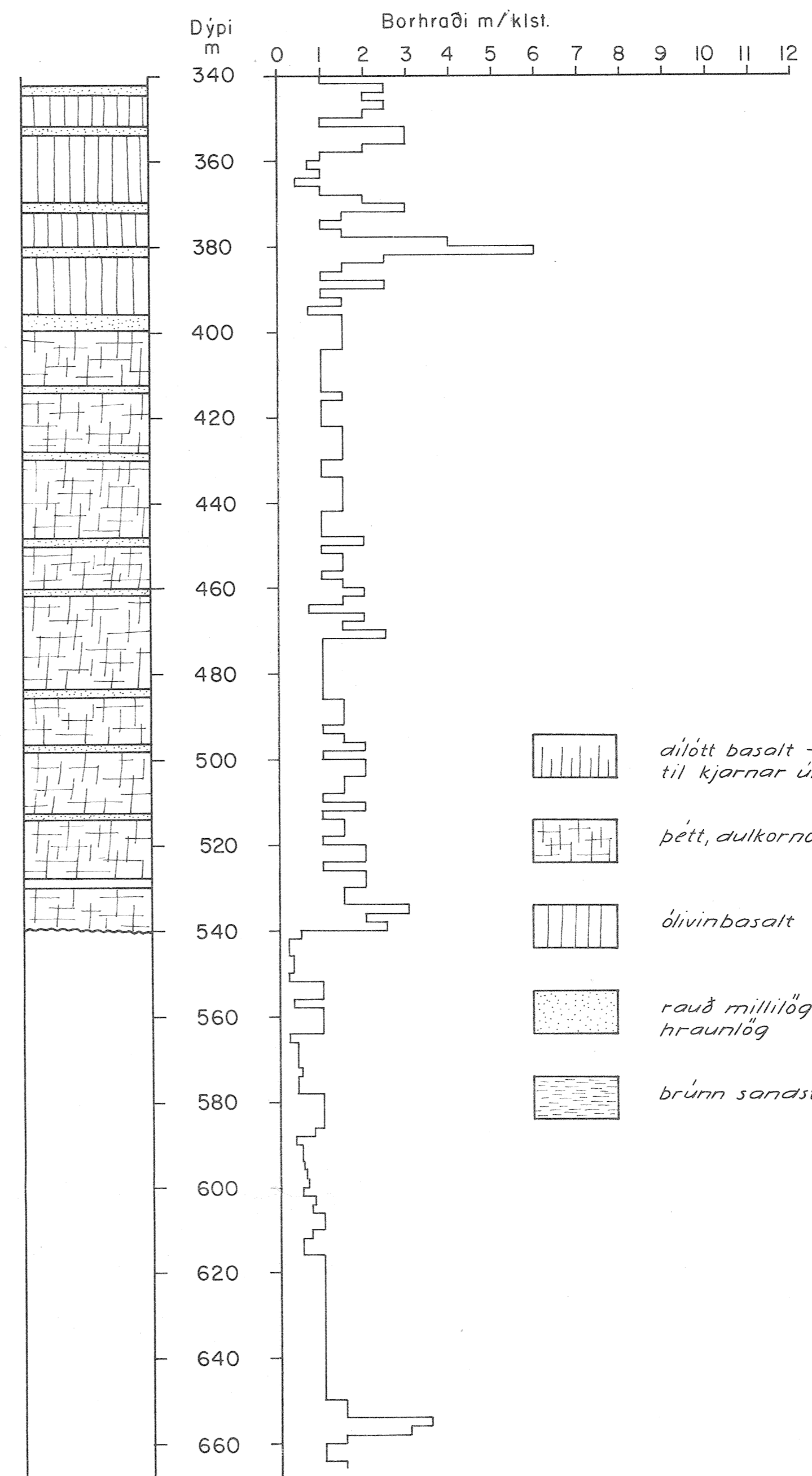
RAFORKUMÁLASTJÓRI		
Borhola L2 Laugalandi Eyjafjarðars.		
Borað 28.9.'64 - 25.2.'65		Jarðlagasnið
16.6.'66 JT/HF	J-Laugaland	Fnr. 7495
	Tnr. 5	

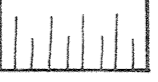






⑤ grófkornótt olivinbasalt

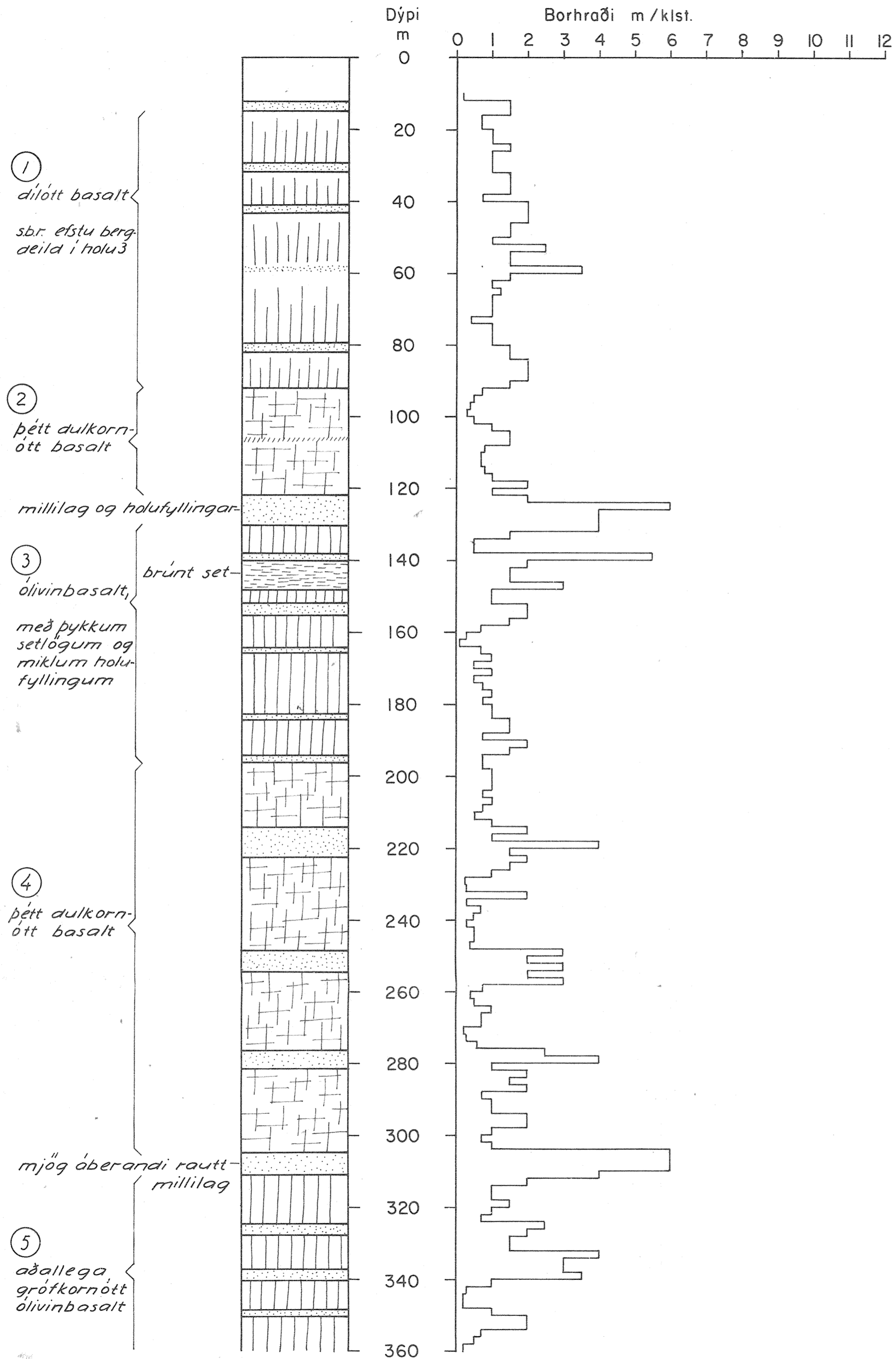
⑥ þétt dulkornótt basalt með þunnum millilögum

lagmót ekki greinanleg



-  dilótt basalt - af því eru til kjarnar úr holu 1.
-  þétt, dulkornótt basalt (póleít)
-  olivinbasalt
-  rauð millilög og gjalkennð hraunlög
-  brúnn sandsteinn

ORKUSTOFNUN Jarðhitadeild	
Laugaland Hörgárd. Hóla 3	12.171 KS/IS Tr. 15
	J-Laugal. Fnr. 9762

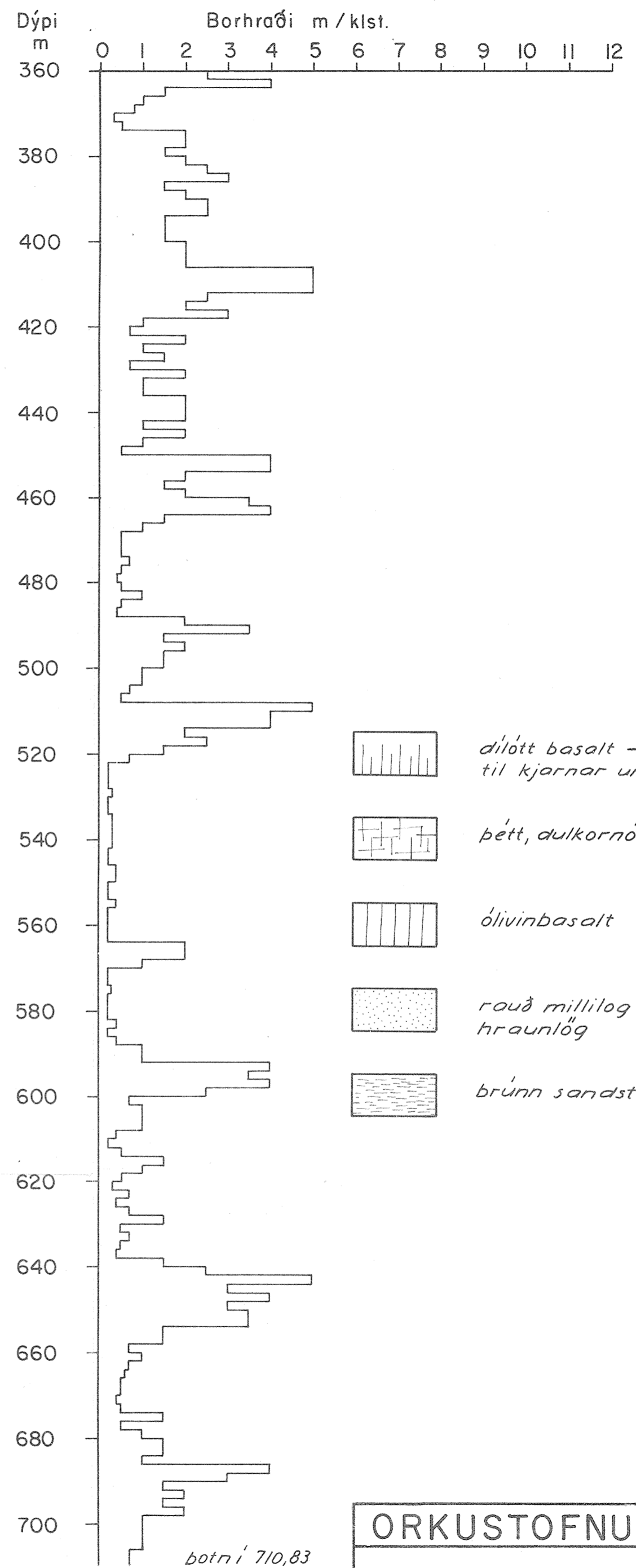


⑤ aðallega grófkornótt olivinbasalt

grófkornótt olivinbasalt

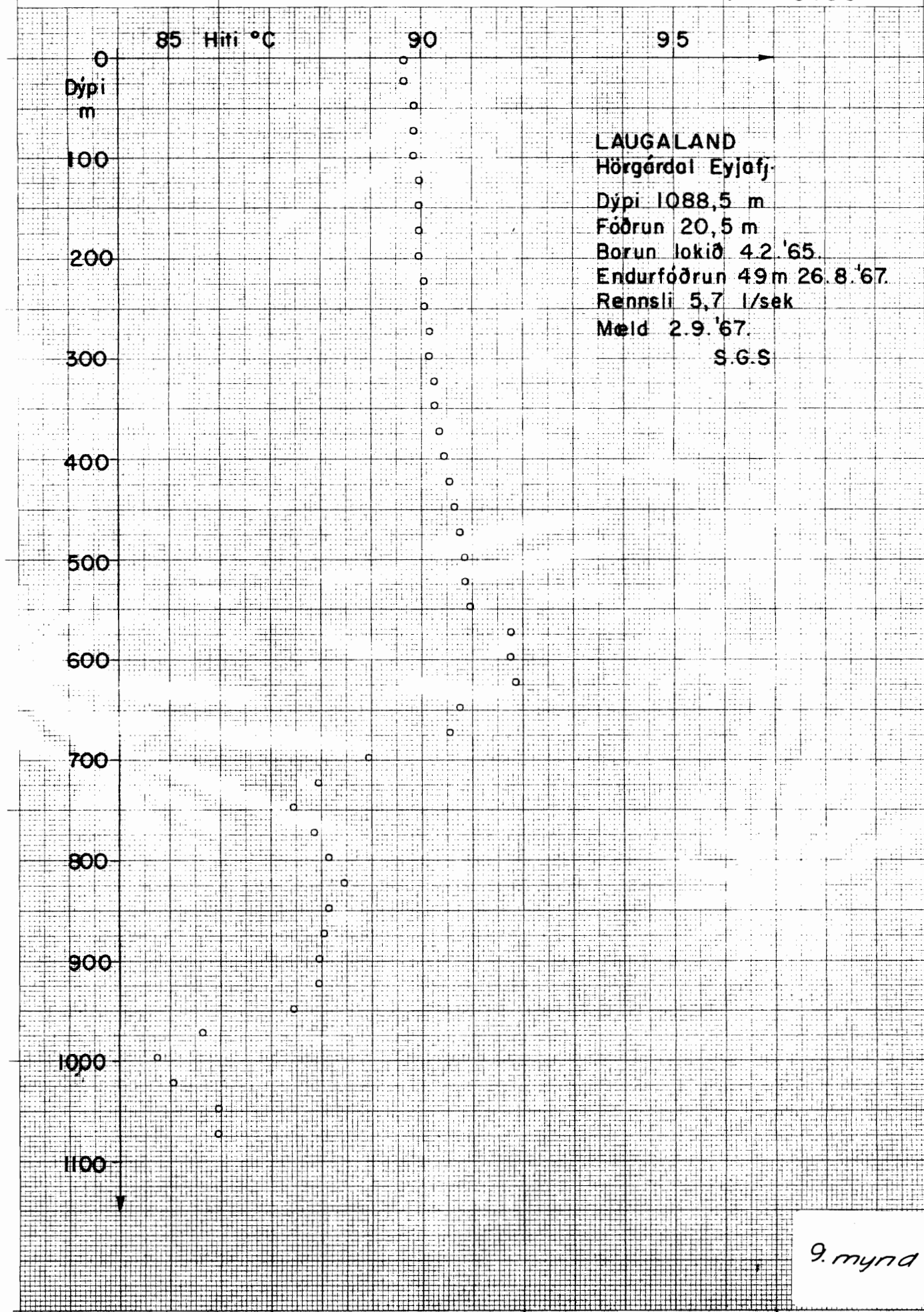
⑥ þétt dulkornótt basalt, með áberandi rauðum millilögum

áberandi rautt lag



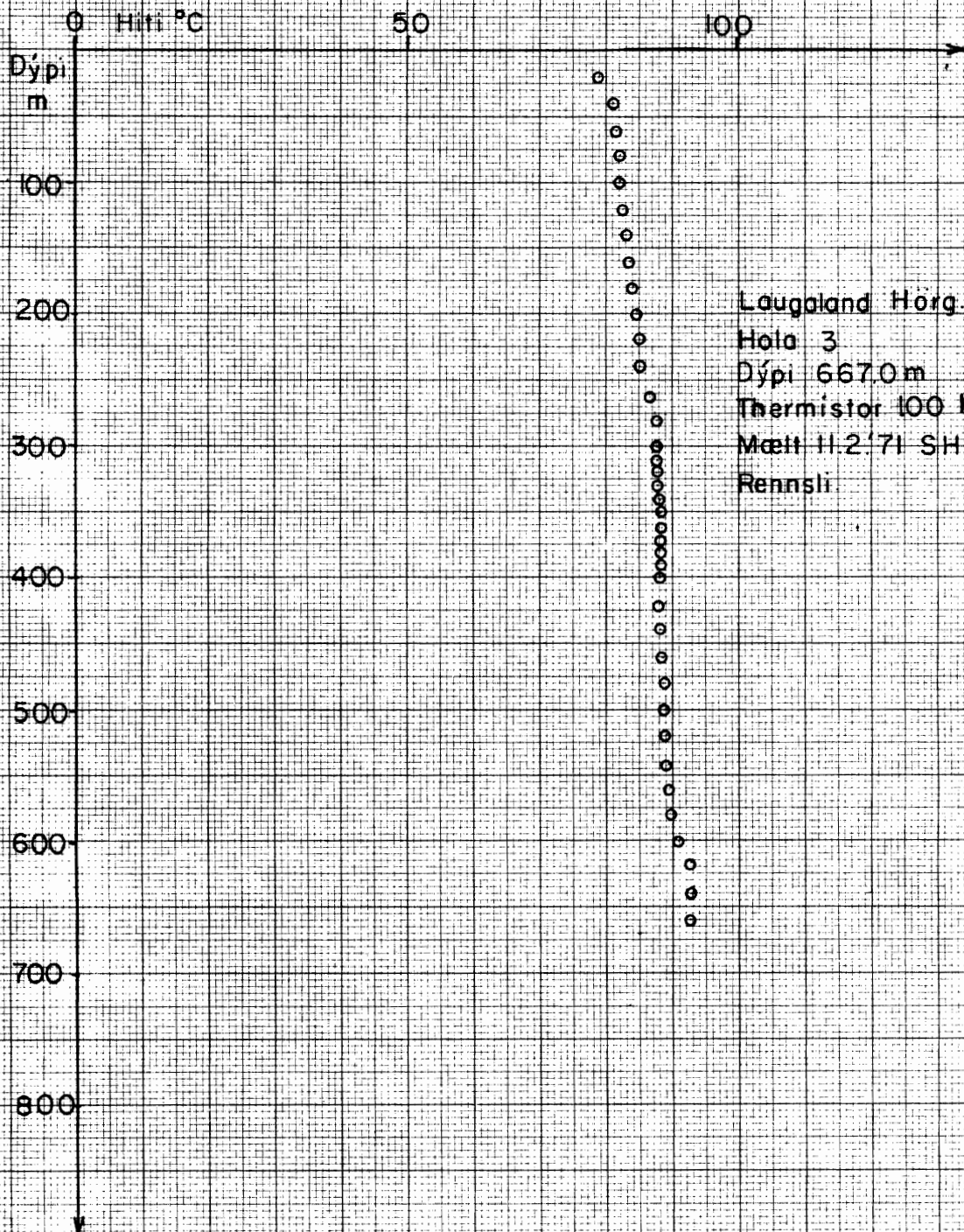
ORKUSTOFNUN Jarðhitadeild	
Laugaland Hörgárd.	12.1.71 KS/IS Tnr. 16
Hola 4	J-Laugal.
Fnr. 9763	

Hitamælingar í borholum.



732501 - 523 A4 - 1 x 1/2 mm

Hitamæling í borholu

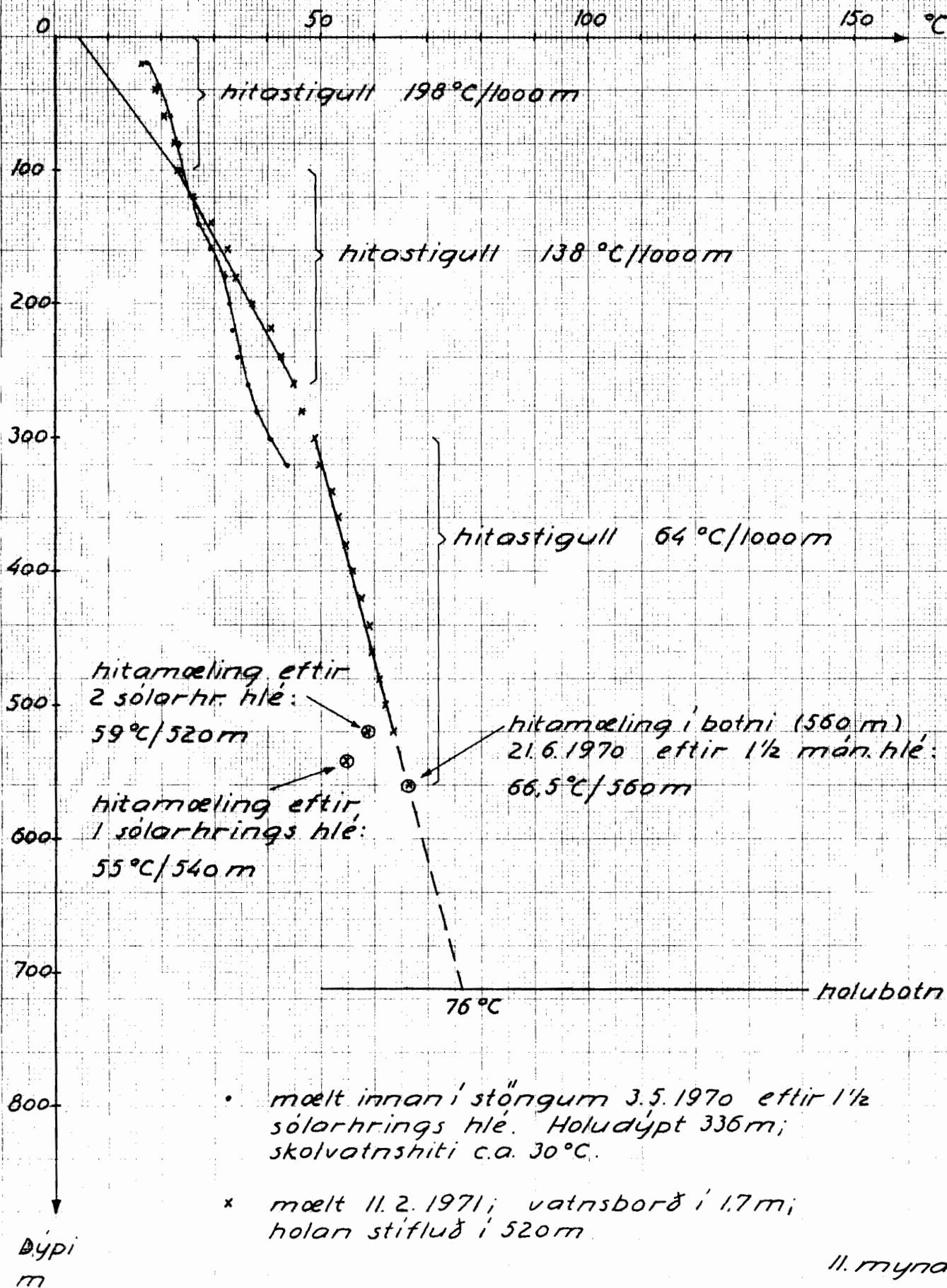


Laugaland Hörg.
Hala 3
Dýpi 667.0m
Thermistor 100 K Ω
Mætt 11.2.'71 SH
Rennsli

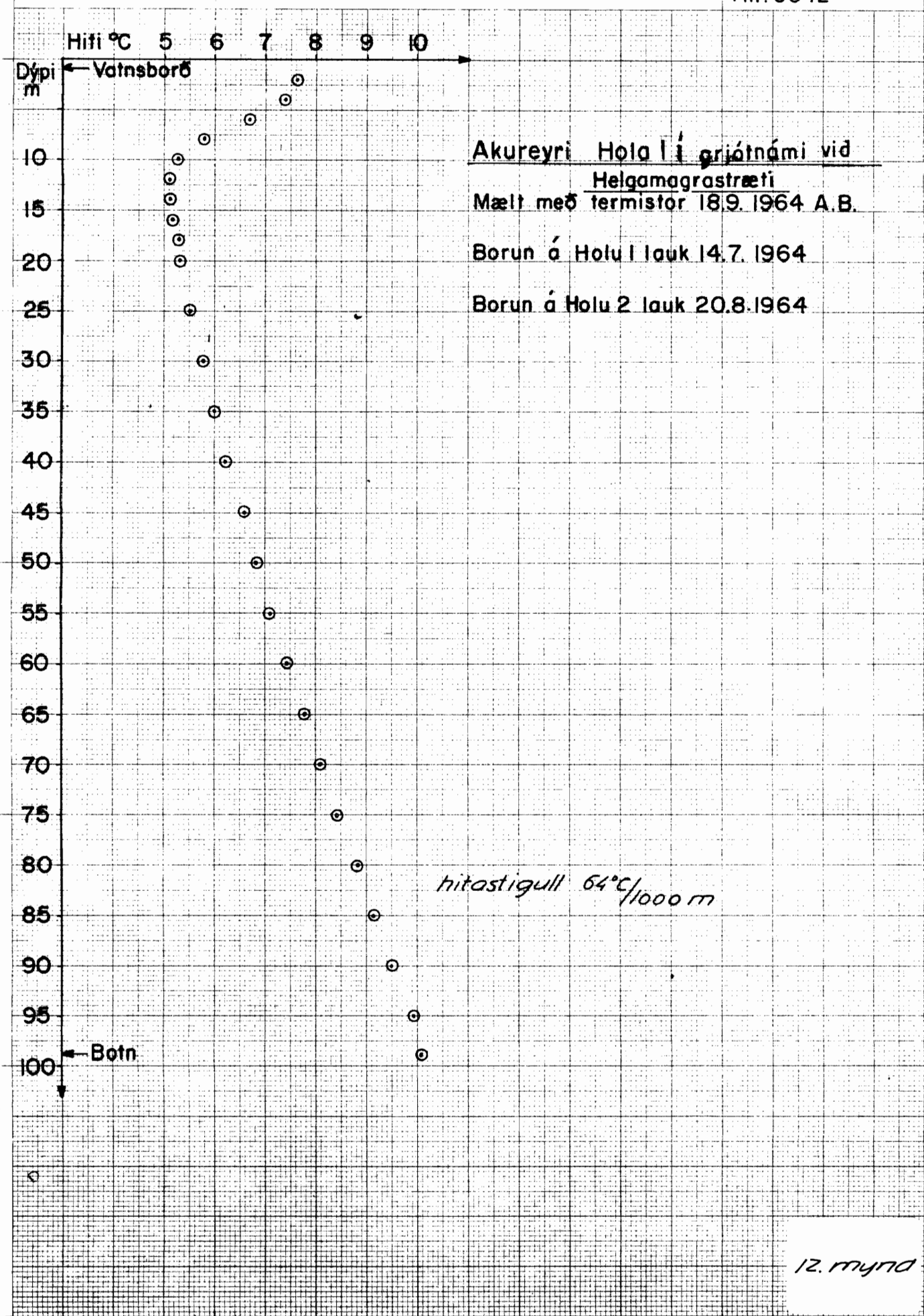
10. mynd

LAUGALAND HÖRGÁRDAL

Hitamælingar í holu 4



Hitamælingar í borholum



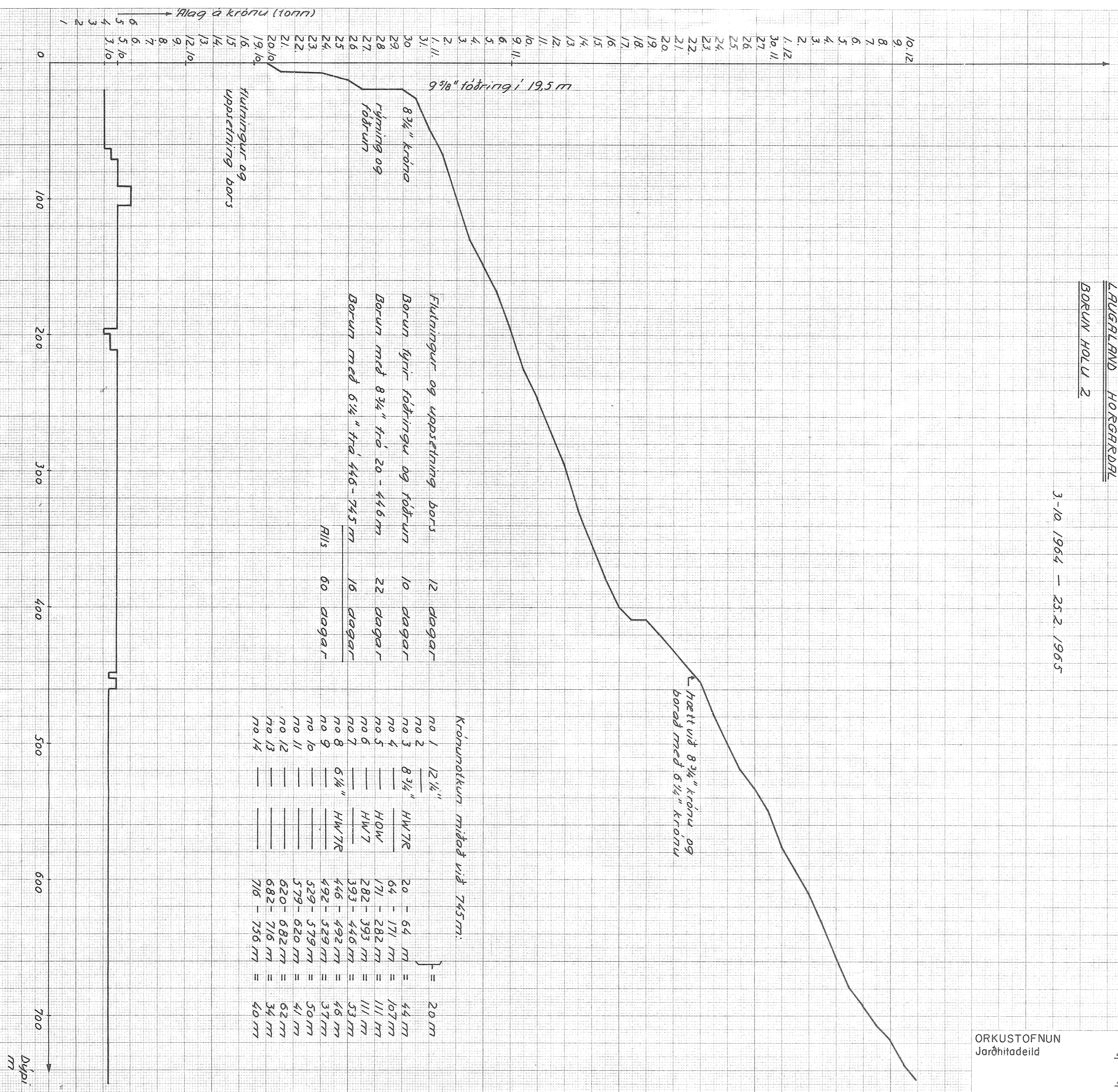
LAUGALAND HÖRGÁRDAL
BORUN HOLU 2

3-10. 1964 — 25.2. 1965

ORKUSTOFNUN
Jarðhitadeið

Laugaland Hörgárdal
Borun holu 2

28/7 '71 RK/RK
Tnr. 24 Tnr. 790
J-Laugal. J-Hitam.
Fnr. 10035



Flutningur og uppsetning bors	12 dagar
Borun fyrir fótlingu og fótun	10 dagar
Borun með 8 3/4" fót 20 - 446m	22 dagar
Borun með 6 1/4" tra 446 - 745m	16 dagar
Alls	60 dagar

Krönnutöknun miðað við 745m:

no 1	12 1/4"	HW 7R	20 - 64 m	=	44 m
no 2	8 3/4"	HW 7R	64 - 171 m	=	107 m
no 3	—	HW 7R	171 - 282 m	=	111 m
no 4	—	HW 7	282 - 393 m	=	111 m
no 5	—	HW 7	393 - 446 m	=	53 m
no 6	—	—	446 - 492 m	=	46 m
no 7	6 1/4"	HW 7R	492 - 529 m	=	37 m
no 8	—	—	529 - 579 m	=	50 m
no 9	—	—	579 - 620 m	=	41 m
no 10	—	—	620 - 682 m	=	62 m
no 11	—	—	682 - 716 m	=	34 m
no 12	—	—	716 - 745 m	=	40 m
no 13	—	—			
no 14	—	—			

LAUGALAND HÖRGÁRDAL
BORUN HOLU 3

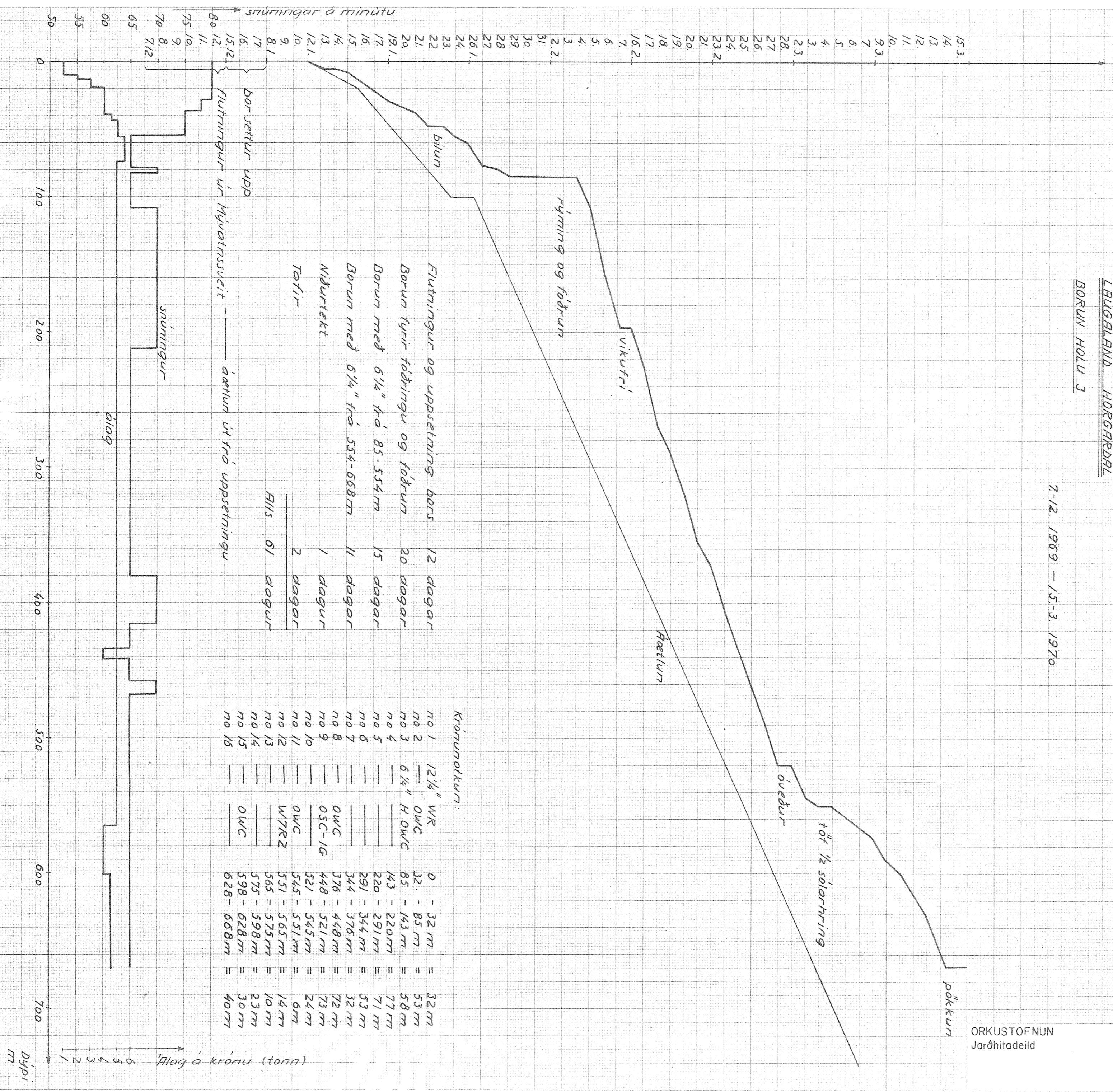
7-12. 1969 — 15-3. 1970

ORKUSTOFNUN
Jarðhitadeild

Laugaland Hörgárdal

Borun holu 3

28/7 '71 RK/RK
Tnr. 19 Tnr. 786
J-Laugal. J-Hitam.
Fnr. 10030



Flutningur og uppsetning bors 12 dagar
 Borun fyrir fóttingu og fótun 20 dagar
 Borun með 6 1/4" frö 85-554m 15 dagar
 Borun með 6 1/4" frö 554-668m 11 dagar
 Niðurtækt 1 dagur
 Töfir 2 dagar
 RÍIS 61 dagar

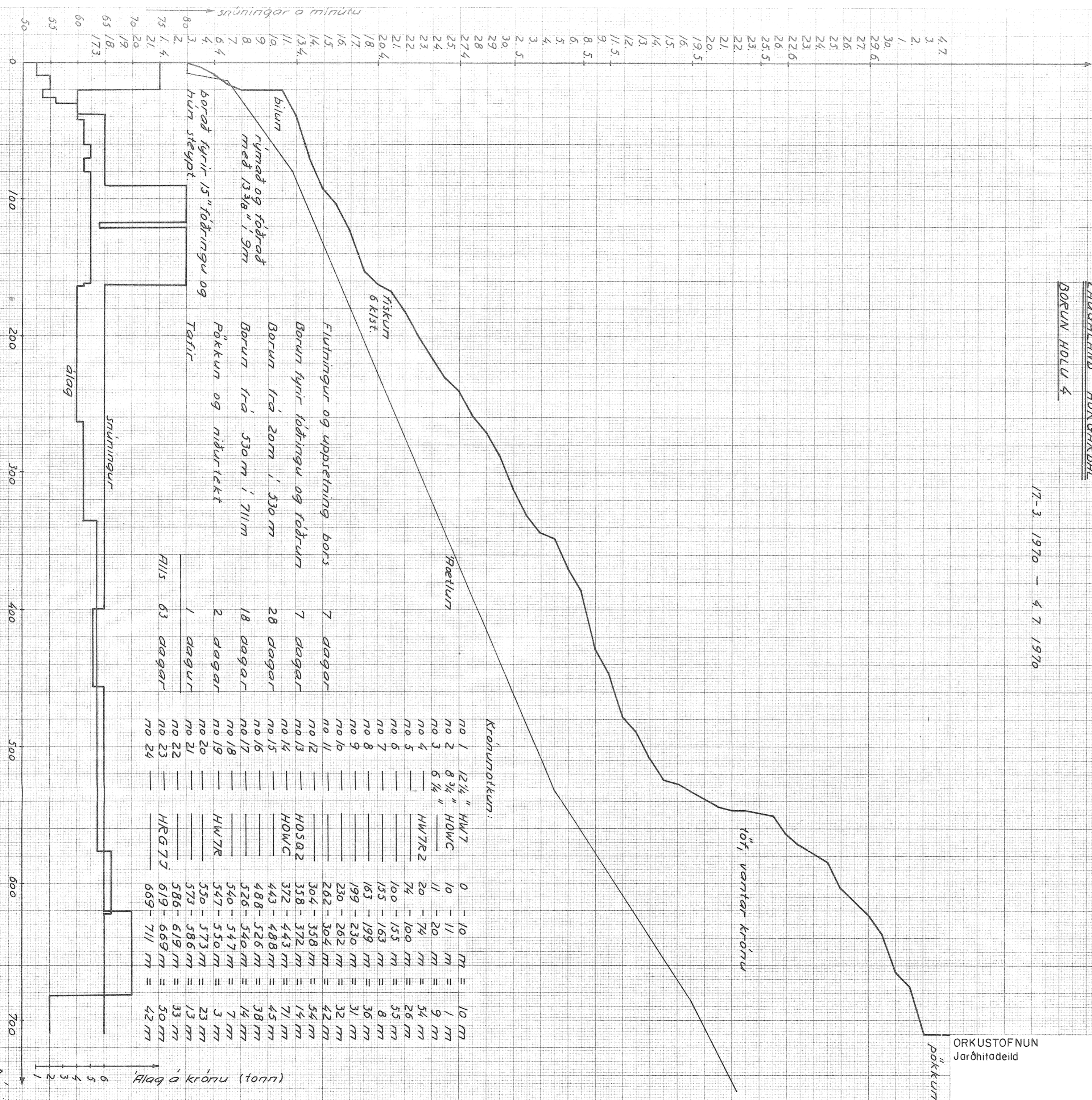
Krönnutölur:

nó 1	12 1/4" WR	0	- 32m	= 32m
nó 2	OWC	32	- 85m	= 53m
nó 3	6 1/4" H OWC	85	- 143m	= 58m
nó 4		143	- 220m	= 77m
nó 5		220	- 291m	= 71m
nó 6		291	- 344m	= 53m
nó 7		344	- 376m	= 32m
nó 8	OWC	376	- 448m	= 72m
nó 9	O5C-16	448	- 521m	= 73m
nó 10		521	- 545m	= 24m
nó 11	OWC	545	- 551m	= 6m
nó 12	W7R2	551	- 565m	= 14m
nó 13		565	- 575m	= 10m
nó 14		575	- 598m	= 23m
nó 15	OWC	598	- 628m	= 30m
nó 16		628	- 668m	= 40m

Flutningur úr Myvatnssveit — dætlun úr frö uppsetningu
 snúningur
 álag
 Dýpi m

LAUGALAND HÖRGÁRDAL
BORUN HOLU 4

17-3 1970 - 4 7 1970



Krónuróttur:

no	12 1/4" HW7	10 - 10 m	10 m
no 1	HW7	0	10 m
no 2	8 3/4" H0WC	10 - 11 m	1 m
no 3	6 1/4" HW7R2	11 - 20 m	9 m
no 4	HW7R2	20 - 74 m	54 m
no 5		74 - 100 m	26 m
no 6		100 - 153 m	53 m
no 7		153 - 163 m	8 m
no 8		163 - 199 m	36 m
no 9		199 - 230 m	31 m
no 10		230 - 262 m	32 m
no 11		262 - 304 m	42 m
no 12		304 - 358 m	54 m
no 13	H05Q2	358 - 372 m	14 m
no 14	H0WC	372 - 443 m	71 m
no 15		443 - 488 m	45 m
no 16		488 - 526 m	38 m
no 17		526 - 540 m	14 m
no 18		540 - 547 m	7 m
no 19	HW7R	547 - 550 m	3 m
no 20		550 - 573 m	23 m
no 21		573 - 586 m	13 m
no 22		586 - 619 m	33 m
no 23	HRG77	619 - 669 m	50 m
no 24		669 - 711 m	42 m

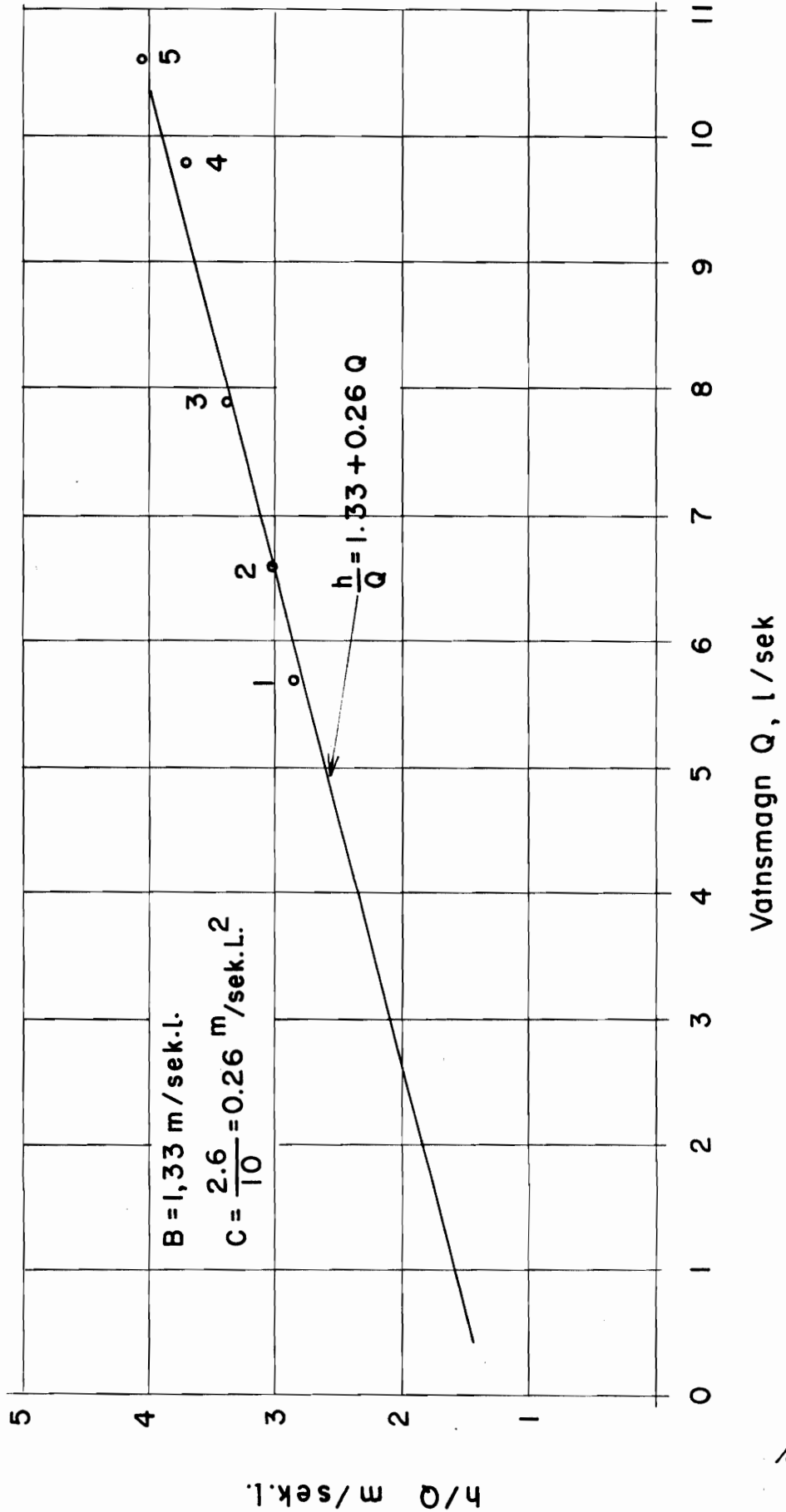
Alag á krönu (tonn)

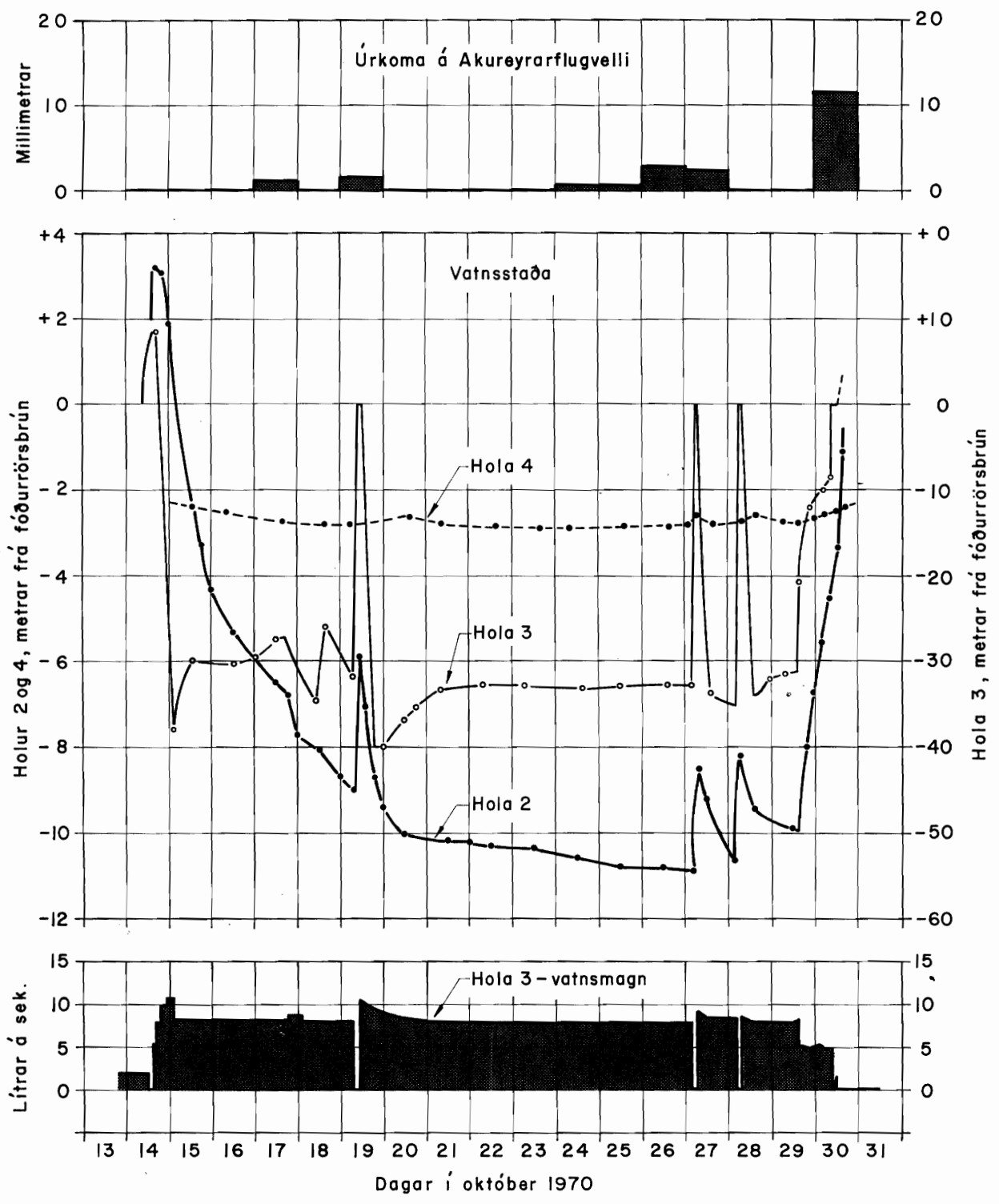
Dýpi m

ORKUSTOFNUN
Jarðhitadeild

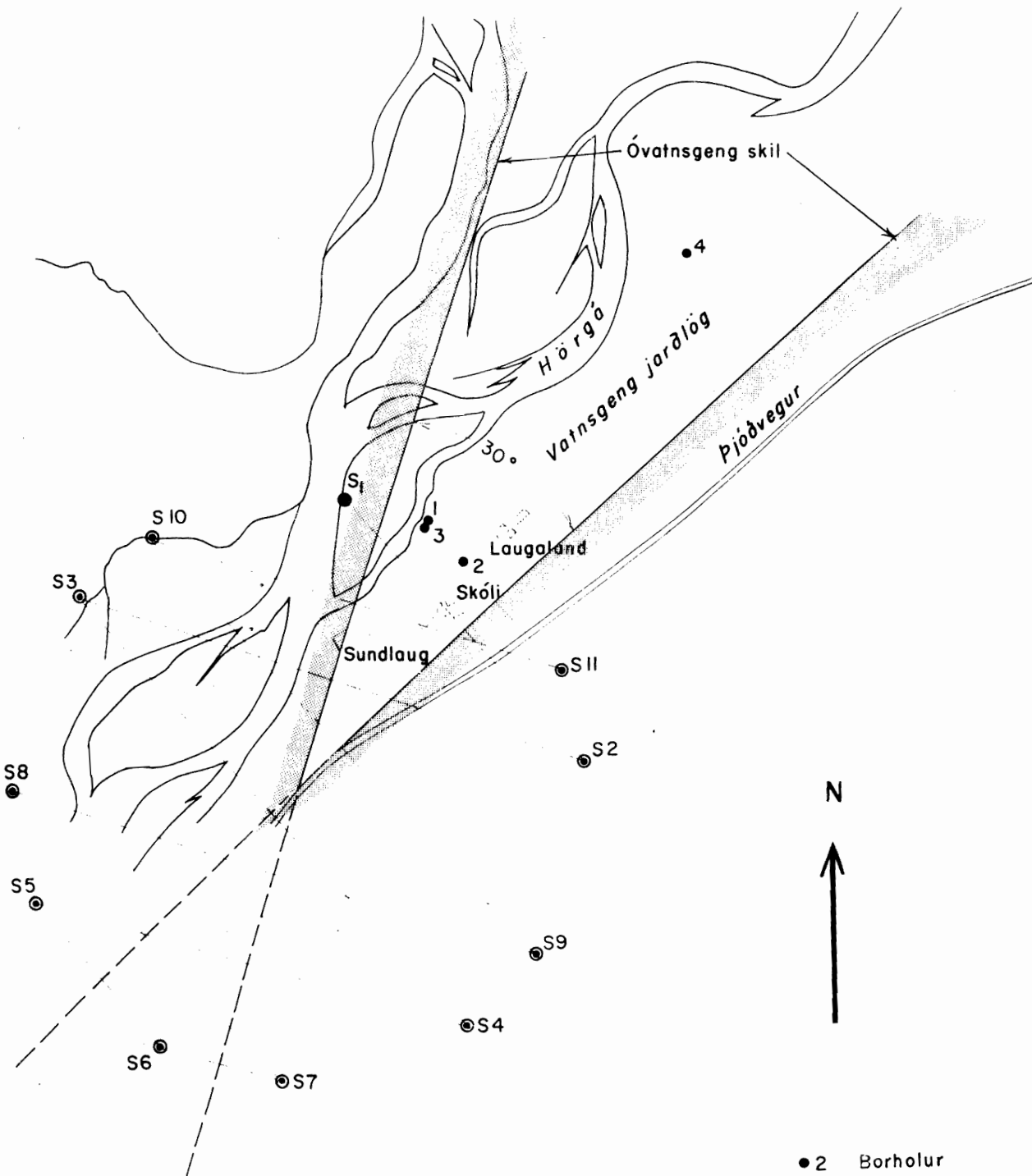
Laugaland Hörgárdal
Borun holu 4

28/7 '71 RK/RK
Tnr. 20 Tnr. 787
J-Langal J-Hitam
Fnr. 10031





17.mynd



- 2 Borholur
- ⊙ S2 Spegilholur
- M = 1:5000

ORKUSTOFNUN
 LAUGALAND í HÖRGÁRDAL.
 Aftstöðumynd.

21.11.70 Þ.Th./P
 Thr. 12
 J - Laugaland
 Fnr. 9638

18. mynd

LAUGALAND, HÖRGÁRDAL, Hóla 2

Reiknuð vatnsstaða.

$T = 12 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{sek.}$ $S = 8.0 \times 10^{-4}$

