



ORKUSTOFNUN
JARÐHITAEILD

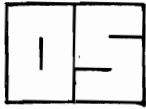
Laugaland í Holtum

JARÐHITAKÖNNUN OG BORUN HOLU 3

LÚÐVÍK S. GEORGSSON
HAUKUR JÓHANNESSEN
MARGRÉT KJARTANSDÓTTIR
EINAR GUNNLAUGSSON

OS JHD 7802

JAN.1978



ORKUSTOFNUN
JARÐHITAEILD

Laugaland í Holtum

JARÐHITAKÖNNUN OG BORUN HOLU 3

LÚÐVÍK S. GEORGSSON
HAUKUR JÓHANNESSON
MARGRÉT KJARTANSDÓTTIR
EINAR GUNNLAUGSSON

OS JHD 7802

JAN.1978

Efnisyfirlit.

1.	Inngangur	bls.	1
2.	Jarðfræði	"	1
3.	Jarðhiti og fyrri boranir	"	3
4.	Viðnámsmælingar		
	4.1 Framkvæmd mælinga	"	4
	4.2 Túlkun mælinga	"	5
	4.3 Niðurstöður viðnámsmælinga	"	6
5.	Segulmælingar	"	8
6.	Hola 3		
	6.1 Borun holu 3, 1977	"	10
	6.2 Jarðlög í holu 3	"	11
	6.3 Viðnámsmæling í holu 3	"	12
7.	Efnagreiningar á vatni frá Laugalandi í Holtum	"	13
8.	Niðurstöður borunar holu 3 og framhaldsaðgerðir	"	15
9.	Samantekt	"	18
10.	Heimildir	"	19
	Myndaskrá og myndir	"	20
	Viðauki 1. Viðnámsmælingar: Mæli- aðferðir, staðsetning mælinga og mæliferlar	"	35
	Viðauki 2. Segulmælingar: Mæliferlar	"	43
	Viðauki 3. Lýsing jarðlaga í holu 3 og holu 2	"	46

1. Inngangur.

Hreppsnefnd Holtahrepps fór fram á borun við Laugaland í Holtum í bréfi dagsettu 5. nóvember 1976. Sumarið 1976 voru gerðar viðnámsmælingar á nokkuð stóru svæði umhverfis Laugaland og í áttina að Helli og síðastliðið sumar var nokkrum mælingum bætt við, til að fylla inn í þá mynd sem fengist hafði. Snemma árs 1977 voru gerðar allítarlegar segulmælingar við Laugaland, til að reyna að finna gang, misgengi eða sprungu, sem uppstreymi heita vatnsins væri e.t.v. tengt. Auk þess voru tekin vatnssýni úr holu 2 og þau efnagreind. Í framhaldi af þessu var staðsett borhola (hola 3) og hún boruð um mitt sumar 1977. Árangur varð minni en vonir stóðu til hvað vatnsmagn snertir, en hár hiti í holunni kom á óvart. Í þessari greinargerð verður gerð úttekt á þeim athugunum sem fram hafa farið og þeim niðurstöðum sem borun holu 3 gaf. Að lokum verður rætt um þær aðgerðir sem til greina koma í sambandi við frekari vatnsöflun.

2. Jarðfræði.

Laugaland í Holtum er í elsta hluta s.k. Hreppamyndunar sem er spilda úr jarðlögum með norðlægum halla milli gosbeltanna á Suðurlandi. Opnur í þennan forna berggrunn eru mjög strjálar austan Þjórsár (sbr. mynd 2.1) og reyndar hverfur hann endanlega undir laus jarðlög og grágrýtishraunlög við Laugaland, og er einungis þekktur í borholum þar fyrir austan (Hella, Stórólshvoll og Vestmannaeyjar). Þessi elsti hluti Hreppamyndunarinnar er frá upphafi íslenzka ísaldartímans, eða um 2.5 - 3.0 milljónir ára gamall. Frá Hvalfjarðar og Borgarfjarðar-svæðinu er þekkt, að móberg og jöklaset eru fremur lítið

áberandi í berglögum af þessum aldri, en verða miklu fyrirferðarmeiri ofar í jarðlagastaflanum í yngri myndunum. Má því telja víst, að berglög, sem borað er í við Laugaland, séu lítt frábrugðin venjulegum tertíerum hraunlagastafla með sínum rauðu millilögum. Sú reynsla hefur fengist, að jarðhitinn sé tengdur sprungum eða göngum á svæðum þar sem þannig hagar til, og vatnsöflun sé helst fólgin í því að hitta með borun slíka vatnsleiðara, sem eru næstum lóðréttir. Skiptir þá mestu máli að glöggva sig sem best á legu sprungna og ganga, halla jarðlaga og eðli brotahreyfinga, ekki síst á svæði eins og þessu, mitt í jarðskjálftabelti Suðurlands.

Jarðlagahallinn í Holtum er mismikill. Vestan við Laugaland er hann $4-8^\circ$ til NV, en í kringum Guttormshaga um $10-12^\circ$. Ekki er vitað um hallann á jarðhitasvæðinu við Laugaland, en hann er sennilega norðvestlægur, og líklega svipaður og við Sumarliðabæ, Efrihamra og Flagbjarnarholt.

Gangar sjást fáir í Hreppamynduninni í Holtum. Þeirra var leitað með segulmælingum við Laugaland (sjá aftar í skýrslunni). Stefna þeirra ganga, sem fundist hafa, er NA-SV. Í Holtum má greina þrjár misgengis- og sprungustefnur: $N0-10^\circ A$, $N60^\circ A$ og $N20-40^\circ A$. Tvær fyrsttöldu sprungustefnurnar eru líklega afleiðing láréttra skerkrafta, sem enn eru virkir og leiða af sér stórskjálftana sunnlensku. $N20-40^\circ A$ -stefnan gæti verið eldri.

Laugaland er innarlega í grunnu sundi eða dalverpi sem hefur meginstefnuna $N60^\circ A$ og opnast í vestur. Allt umhverfis eru grágrýtisholt, leifar samfelldrar hraunbreiðu, sem ísaldarjökklar hafa grafið og eytt. Botn lögðarinnar, sem Laugaland stendur í, nær niður úr grágrýtinu og er eldri berggrunnurinn þar hulinn um 10-20 m þykkum sand- og malarlögum.

3. Jarðhiti og fyrri boranir.

Jarðhiti finnst nokkuð víða í Ása- og Holtahreppum m.a. við Hárlaugsstaði (24-27°C), Sumarliðabæ (16-38°C) og Laugaland. Allir ofangreindir staðir hafa það sameiginlegt að liggja í beinni línu sem stefnir um N70°A. Þetta bendir til, að uppstreymið sé tengt sprungu eða misgengi með þessari stefnu. Við Laugaland kemur jarðhiti upp á um 600 m langri línu sem stefnir N70°-75°A. Jarðhita-staðirnir eru sýndir á mynd 5.1. Á Laugalandi kemur vestasta volgran, merkt 4 á mynd 5.1, upp í skurðbakka líðlega 300 m vestur af skólanum. Hún er um 13°C heit en rennsli er lítið. Um 50 m norðan við skólann koma upp nokkrar volgrur (3) í mýri. Þar bræðir af svæði sem er um 20 m í þvermál. Hóla 1 var boruð á þessum stað árið 1946. Fyrir 1946 var mestur hiti í volgrum um 38-43°C. Veturinn 1976-1977 mældist mestur hiti á yfirborði um 20°C. Um 150 m norðaustan við skólann er dý í mýri (2) og er hiti þar nú um 10-15°C en mældist áður allt að 26°C. Rétt norðan við dýið var hola 2 boruð árið 1963. Nyrsta volgran (1) á hitalínunni er um 50 m austan við holu 2 og í landi Götu. Volgran er í skurðbakka en næsta lítið rennsli er úr henni nú. Jón Sólmundsson mældi þar 29°C hita í septembermánuði 1961.

Í jarðskjálftanum 1896 er þess getið, að volgra hafi komið upp í Hallstúni og hefur hún líklega verið á sömu sprungu (Þorvaldur Thoroddsen, 1899 og 1905).

Fyrst var borað á Laugalandi árið 1946 (hola 1). Holan varð 91 m djúp og úr henni komu að sögn Jóns Sólmundssonar 3 l/s af 42°C heitu vatni sem notað var í sundlaug og til upphitunar á samkomuhúsinu. Sáralitlar upplýsingar eru til um þessa holu.

Aftur var borað árið 1963 (hola 2). Hún varð 206 m djúp en er nú stífluð í 178 m. Úr henni renna um 4 l/s af tæplega 50°C heitu vatni sem notað er til upphitunar á skólahúsunum. Í holunni eru tvær megin vatnsæðar og sjást þær greinilega á hitamælingum (mynd 3.1). Efri æðin er í 81 m en sú neðri á bilinu 100-120 m. Mestur hiti í holunni mælist nú 58°C í 178 m.

4. Viðnámsmælingar.

4.1 Framkvæmd mælinga.

Með viðnámsmælingum er mælt eðlisviðnám berglaga á mismunandi dýpi. Fremst í viðauka 1 er kafli um mæliaðferðir og er þar bæði fjallað um yfirborðsmælingar og viðnámsmælingar í borholum.

Undanfarin ár hefur verið viðnámsmælt allvíða í Rangárvallasýslu og má segja að eðlisviðnám berggrunnns í sýslunni sé nú þekkt í grófum dráttum, þó að enn séu nokkrar eyður. Ekki verður hér gerð tilraun til heildarúttektar og verður það látið bíða betri tíma, heldur aðeins fjallað um mælingar við og í nágrenni Laugalandis.

Hér er um að ræða 12 Schlumberger-viðnámsmælingar mældar á árunum 1976 og 1977 (RHO 1-4, RHO 6-12 og RÁ 10). Staðsetning allra mælinganna er sýnd á mynd 4.3. Nákvæm staðsetning mælinganna er ennfremur gefin í viðauka 1 í töflu 4.1 og eru notuð Mercatorhnitin í bandarísku AMS-kortunum í mælikvarða 1:50000.

4.2 Túlkun mælinga.

Hefðbundin túlkun viðnámsmælinga gerir ráð fyrir láréttri skipan viðnámslaga, þ.e.a.s. að lögin séu lárétt og með "óendanlega" útbreiðslu. Í raun er þetta ekki svona einfalt. Í fyrsta lagi eru jarðlögin yfirleitt ekki lárétt og útbreiðsla þeirra oft ekki svo mikil að hægt sé að líta á þau sem óendanleg, auk þess sem viðnámið í sama laginu getur verið nokkuð mismunandi. Í öðru lagi verður alltaf að reikna með einhverri mæliskekkju (um 5%), sem getur átt sér ýmsar orsakir, svo sem mismun í yfirborðs- viðnámi, jarðspennusveiflur o.fl. Oftast eru frávikin ekki stærri en svo að góð nálgun fæst með því að gera ráð fyrir láréttri lagskipan. Meirihluti mælinganna sem hér er fjallað um lendar í þessum flokki og verður ekki frekar rætt um túlkun þeirra.

Mælingarnar í næsta nágrenni við jarðhitann á Laugalandi sýna hins vegar flestar smátruflanir sem ekki er hægt að heimfæra á lárétta lagskipan. Þær er hins vegar hægt að skýra út frá þekkingu á yfirborðsjarðlögum og verður hér vikið nánar að því.

Eins og sagt er frá í kaflanum um jarðfræði liggur Laugaland í niðurgröfnum dalverpi sem nær niður úr grágrýtishellunni og eru allþykk set á dalbotninum. Þetta sést vel á jarðfræðikorti (sjá mynd 2.1). Allar mælingarnar við Laugaland (RH0 3,7,9 og 10) eru að hluta til uppi á grágrýtishellunni og að hluta til niðri í kvosinni. Þetta er orsök truflana á mæliferlum, því þegar straumarmarnir fara af öðru yfirborðslaginu yfir á hitt kemur hnykkur á ferlana, niður á við þegar farið er af grágrýti yfir á set, en upp á við þegar farið er af setum yfir á grágrýti.

Truflanirnar eru í flestum tilfellum aðeins bundnar við nokkra punkta á mæliferlunum, svo að við túlkun hefur hnykkjunum verið sleppt og, að því er virðist, án þess að óvissa við túlkun aukist verulega.

4.3 Niðurstöður viðnámsmælinga.

Djúpviðnám á því svæði, sem hér er fjallað um, er allbreytilegt. Syðstu mælingarnar (RHO 1,2,6,11 og RÁ 10) sýna tiltölulega lágt djúpviðnám eða um 40-50 Ω m. Svipað djúpviðnám eða jafnvel ívið lægra er einkennandi fyrir suðurhluta Rangárvallasýslu og er engin ástæða til þess að tengja þetta heitavatskerfum. Því til staðfestingar má geta þess, að viðnámsmæling (RD-3) á vesturbakka Ytri-Rangár um 500 m norðan við hitastigulsborholun á Hellu er mjög svipuð ofangreindum mælingum að öðru leyti en því, að lágviðnámið nær þar ofar í berggrunninn. Hitastigull borholunnar bendir ekki til nálægðar við heitt vatnskerfi. Hins vegar leiða vatnssýni úr holunni í ljós að seltumagn djúpvatnsins er mjög hátt eða um 1/20 af seltu sjávar. Stafar þetta trúlega af íblöndun við sjó en seltu gætir mjög í öllu borholuvatni syðst á Suðurlandsundirlendi (Kristján Sæmundsson, Skýrsla um hitastigulsboranir á árinu 1976; OS JHD 7731). Þetta er fullnægjandi skýring á þessu tiltölulega lága djúpviðnámi.

Nærri Laugalandi verður veruleg breyting á eðlisviðnámi berggrunnsins og hækkar djúpviðnám upp í um 100 Ω m (RHO 3, 9 og 10). Svæðið er á mörkum yngra og eldra bergs, þ.e.a.s. við suðausturmörk Hreppamyndunar, og um leið norðan við það svæði þar sem seltu gætir að einhverju ráði.

Viðnámssnið sýnir breytingu eðlisviðnáms með dýpi eftir sniðlínu. Viðnámssnið B-B' (sjá mynd 4.4) liggur frá Laugalandi suður fyrir Litlutungu og er lega sniðlínu sýnd á mynd 4.3 (Ath. að dýptarskali sniða er ýktur um helming miðað við lengdarskala). Þetta snið sýnir vel þessa breytingu í djúpviðnámi sem sagt hefur verið frá hér að ofan. Ekki var tengt á milli mælinga RHO 3 og 11, þar sem ekki er ljóst hvar þar á milli og hvernig djúpviðnámsbreytingin verður.

Það er ljóst af viðnámssniði B-B', að ekki er unnt að tengja jarðhitasvæðið við Laugaland víðáttumiklum lágviðnámslögum. Þetta sést betur á viðnámssniði A-A' á mynd 4.5, en það liggur frá Sumarliðabæ í vestri, austur undir Pulu og er lega sniðlínu sýnd á mynd 4.3. Um lágviðnámið við Sumarliðabæ og Lýtingsstaði (RÁ 10 og RHO 6) var rætt hér að ofan. Við Laugaland er djúpviðnámið eins og áður getur mun herra eða um 100 Ω m og hækkar það enn til austurs. Athyglisvert er þó að mæling RHO 3, sem er staðsett rétt norðan holu H-2, þ.e.a.s. alveg ofan í jarðhitinum, sýnir heldur lægra viðnám (82 Ω m) en mælingar RHO 7,9 og 10 (100-110 Ω m) og gætir þarna líklega áhrifa jarðhitans og bendir þetta til einhvers en þó óverulegs lárétts vatnsrennslis.

Þegar á heildina er litið má þó segja, að viðnámsmælingarnar gefi til kynna, að jarðhitinn við Laugaland sé dæmigerður sprungu- eða gangajarðhiti eins og t.d. víðast í Borgarfirði og að um tiltölulega takmarkað vatnskerfi sé að ræða.

Að borun holu H-3 lokinni var holan viðnámsmæld, um það verður fjallað í kaflanum um borun holunnar.

5. Segulmælingar.

Í febrúar 1977 voru gerðar ítarlegar segulmælingar á um 0,25 km² svæði umhverfis jarðhitann við Laugaland. Tilgangur mælinganna var að kanna til hlítar hvort ekki mætti finna einhverja samsvörun milli línulegra frávíka í segulsviði berggrunnnsins og uppstreymis heita vatnsins. Notaður var róteindarsegulmælir (Geometrics 1) og nemi hafður í um 2.5 m hæð yfir jörðu. Alls voru mældar 24 samsíða mælilínur 180-480 m langar með stefnu rétt vestan við norður, eða hornrétt á jarðhitalínuna. Fjarlægð milli mælilína er 25 eða 50 m en 5 m milli mælipunkta á mælilínu. Staðsetning mælilína er sýnd á mynd 5.1. Á myndinni er ennfremur sýnd dreifing jarðhita og borholur.

Áður en rætt er um niðurstöður mælinganna er rétt að fjalla aðeins um mæliaðferðina. Styrkleiki og stefna segulsviðs jarðar eru mjög breytileg. Þegar hraunkvika storknar segulmagnast bergið í sömu stefnu og í réttu hlutfalli við ríkjandi segulsvið. Með segulmælingum má því kanna segulfrávik er stafa frá berggöngum eða innskotslögum, en berginnskotin eru oft öðruvísi segulmögnum en bergið umhverfis þar sem þau myndast seinna. Sömuleiðis er hægt að finna misgengi eða brot í berggrunninum ef segulmögnum efstu hraunlaganna sitt hvoru megin misgengisins er ólík. Fjarlægð nemans frá berginnskotinu eða misgenginu skiptir miklu máli og minnkar frávíkið með vaxandi fjarlægð. Mælieiningin er ky og algengt frávik frá meðalsviði fyrir gang sýnilegan á yfirborði er nokkur ky, ef nemi er staðsettur yfir ganginum, en frávíkið minnkar fljótt er gangurinn fjarlægist. Sömuleiðis minnkar frávíkið mjög með aukinni þykkt lausra yfirborðslaga. Mynd 4.1 C sýnir hugmyndina að baki segulmælingum.

Einstakir mæliferlar eru birtir í viðauka 2 en til að fá góða heildarmynd af svæðinu var meðfylgjandi jafnsegulkort gert, sjá mynd 5.2. Jafnsviðslínur eru dregnar með 0.5 ky þéttleika, til skiptis heildregnar línur og brotnar. Fletirnir á milli heildregnu línanna eru síðan skyggðir þannig að styrkur segulsviðs minnkar með aukinni skyggingu. Á segulkortinu má því rekja frávik frá meðalsviði frá einni mælinínu til annarrar og auðveldara er að átta sig á því hvað veldur þeim. Eins og fram kemur hér á undan raða jarðhitastaðirnir sér á beina línu með stefnu $N70-75^\circ A$. Með hliðsjón af frásögninni um jarðhitann, sem kom upp við jarðskjálftana 1896, við Hallstún má ætla að heita vatnið komi upp á misgengi eða sprungu með stefnu $N70-75^\circ A$. Ekkert segulfrávik fannst sem kom heim við þetta. Hins vegar komu fram tvö greinileg neikvæð (öfug), línuleg frávik eða lægðir. Annað þeirra og það sterkara stafar af öfugt segulmögnum berggangi sem hefur stefnuna $N45-50^\circ A$ (gangur 1). Gangurinn sker jarðhitasprunguna nákvæmlega í jarðhitastað þeim sem merktur er nr. 2 á mynd 5.1 en hliðrar sér þar um 40 m til norðvesturs og heldur síðan áfram með svipaða stefnu. Hitt segulfrávik hefur stefnuna $N60^\circ A$. Hvort þetta er gangur er erfitt að segja til um, en þó virðist það líklegt (gangur 2). Hann sker jarðhitasprunguna skammt vestan við H-1 og jarðhitastað nr. 3. "Gangurinn" virðist enda eða hliðrast út fyrir segulkortið skammt sunnan við jarðhitastað nr. 4 og ekki er heldur ljóst hvað gerist eftir að hann sker hinn ganginn. Meðalstyrkleiki segulsviðsins er 52-53 ky, sem bendir til rétt segulmagnaðs bergs á yfirborði.

Út frá þessum mælingum má draga þá ályktun að aðfærsluæð jarðhitasvæðisins sé misgengi eða sprunga en ekki gangur. Hins vegar virðist heita vatnið eiga auðveldari uppleið þar sem gangarnir skera misgengið. Á þetta alla vega við gang 1 en jarðhitastaður 2 er nákvæmlega í skurðpunkti

jarðhitalínunnar og gangsins. Hola H-2, sem er gjöfulasta borholan á svæðinu og liggur um 25 m norðan við jarðhita- stað 3, er boruð beint ofan í þennan gang þar sem hann hliðrar sér en þar sem slíkt gerist er bergið oft opnara (brotnara) en annars staðar.

Hvað gang 2 viðvíkur þá liggur hann aðeins 20 m norðan við holu H-1 og jarðhitastað 3 og er því vel hugsanlegt að hann hjálpi þar eitthvað til, en ekki er hægt að fullyrða neitt um slíkt.

6. Hola 3.

6.1 Borun holu 3, 1977.

Í kjölfar þeirra athugana, sem lýst hefur verið hér á undan, var hola 3 staðsett. Gengið var út frá því, að uppstreymið væri tengt sprungu eða misgengi, og að hola 2 hefði skorið það á bilinu 80-120 m. Hola 3 var því staðsett norðan við jarðhitalínuna og ívið lengra frá henni en hola 2, í þeim tilgangi að skera sprunguna á meira dýpi. Borun hófst 21-6-77 en lauk 19-7-77 og var jarðborinn Narfi notaður til verksins. Borað var með 15" krónu í 16.2 m. Úr því var borað með 7 7/8" krónu. Borun gekk vel í 980 m en úr því varð vart við hrún í 920-975 m. Steypt var í kaflann frá 884.2 m niður í 932.6 m og tókst að komast fyrir hrunið. Borað var í 1308 m.

Aður en steypt var í hrunið var loftdælt í 5 klst. og stengurnar hafðar í 84 m. Rennsli var 12 l/sek og hita- stig 44°C og hélzt hvorutveggja stöðugt allan tímann. Strax að lokinni dælingu var hitamælt (mynd 6.1). Þá var pakkari settur niður í 272 m. Pökkunin tókst ekki eins

vel og til var ætlast, þar sem nær helmingur af vatninu lak upp með pakkaranum. Þó er augljóst að neðan 275 m er holan torgæf. Á meðan á þökkun stóð jókst rennsli heldur upp úr holu 2.

Bormenn urðu ekki varir við æðar í borun, en fljótlega fóru að renna um 2 l/sek af 35°C heitu vatni upp úr holunni. Skolvatnið hitnaði um 7°C þegar farið var niður í gegnum æðina í 910 m. Við steypingu minnkaði rennsli upp úr holunni niður í 1 l/sek. Í lok borunar var pakkari settur í 52 m en hann sprakk áður en nokkrar niðurstöður fengust. Til eru tvær hitamælingar (mynd 6.1) úr holunni, önnur gerð í borun eftir loftdælinguna og hin nú í haust. Á þeim sést að minnst sex vatnsæðar eru í holunni í 50-70 m, 105-110 m, 210-215 m, 635-640 m, 820-830 m og 910-920 m, en sú síðast talda var steyppt af í borun og kemur ekki fram á seinni hitamælingunni. 17. og 18. desember 1977 var loftdælt með pressu úr holunni. Slanga var sett niður í 60 m og dælt samfelld í 31 klst (mynd 6.2). Rennsli var nær stöðugt um 3.5 l/s og hitinn um 53°C.

6.2 Jarðlög í holu 3.

Jarðlagasnið af holu 3 er sýnt í mynd 6.3 og nákvæma lýsingu einstakra laga er að finna í viðauka 3. Þar er einnig fjallað lauslega um jarðlög í holu 2.

Jarðlögin eru að mestu gerð úr basalthraunlögum. Rauð setlög eru nokkuð jafnt dreifð um staflann, en engin þeirra eru verulega þykk þótt oft sé erfitt að ákveða þykktina. Á 100-130 m dýpi er túffríkt set, sem einnig virðist vera í holu 2. Á rúmum 600 m eru 10 m af grænleitri sambreiskju og á 664-682 m dýpi er móbregsbreksía og í henni má sjá fersklega glerkjarna. Á 932-944 m dýpi er dólerítgangur.

Lítið er af holufyllingum en þær benda til þess, að bergið sé í mesolít/skolesít belti.

6.3 Viðnámsmæling í holu 3.

Haustið 1977 var hola 3 viðnámsmæld og samtímis var sjálfspenna (SP) mæld. Mynd 6.4 sýnir viðnáms- og sjálfspennuferlana ásamt jarðlagasniði og seinni hitamælingunni í holunni. Einnig fylgir ferill sem sýnir hitastigsbreytinguna (ΔT) en á honum koma vatnsæðarnar best fram.

Ef við víkjum að því markverðasta sem lesa má út úr mælingunum, þá er eðlisviðnámið fremur lágt, 50 Ω m að meðaltali, og litlir toppar í efstu 130 m, enda töluvert um set á þessu bili. Milli 130 og 300 m er eðlisviðnám mun herra og fara topparnir yfir 400 Ω m. Jarðlagasniðið sýnir lagskipt basalt og táknar hver toppur á viðnámsferlunum trúlega eitt slíkt hraunlag. Efri vatnsæðarnar virðast fylgja millilögum eða setum. Neðan 300 m lækkar eðlisviðnámið aftur og er yfirleitt á bilinu 40-100 Ω m niður í 1105 m en mælingarnar ná ekki dýpra. Þó kemur fram stór toppur með yfir 500 Ω m eðlisviðnámi í 645-660 m. Gæti það verið mjög torleiðandi hraunlag eða gangur og sker jarðlagasniðið ekki úr um það. Efsta vatnsæðin af neðri æðunum kemur inn ofan við þetta lag. Samkvæmt jarðlagasniði er farið í gegnum gang í um 932-944 m og gæti það átt við 5 m breiðan viðnámstopp í 940-945 m. Vatnsæðar voru einnig rétt ofan við þetta lag en þær voru steyptar af. Sjálfspennumælingin sýnir lítið markvert, þó sést vatnsæðin í 70 m óljóst en aðrar vatnsæðar ekki. Toppur er í 660 m neðan við háviðnámslagið en engin vatnsæð er þar. Hins vegar kemur steypingin mjög vel fram sem toppar í 910 og 920 m.

7. Efnagreiningar á vatni frá Laugalandi í Holtum.

Meðfylgjandi tafla (tafla 7.1) sýnir þær efnagreiningar sem til eru á vatni frá Laugalandi í Holtum. Elsta sýnið er frá 1968 og er úr holu 1, en hin fjögur sýnin eru djúpsýni úr holum 2 og 3 og voru þau tekin á þessu ári.

Sýni úr holum 1 og 2 eru mjög svipuð og er þar um svipað vatn að ræða. Ekki sést munur á vatni á 76 m dýpi og vatni af 106 m dýpi í holu 2. Vatn úr holu 3 er um 50% saltara en vatn úr holum 1 og 2. Aftur á móti er lítil munur á vatni af 105 m dýpi og vatni af 212 m dýpi í holu 3. Gæti það stafað af rennsli frá neðri vatnsæðum upp holuna. Munur á vatni af 106 m dýpi í holu 2 og 105 m dýpi í holu 3 styður þessa tilgátu. Lausleg athugun hefur leitt í ljós, að sú efnasamsetning sem fram kemur í holu 2 getur stafað af blöndun heits vatns svipaðs því sem er á 212 m dýpi í holu 3 við kalt grunnvatn. Þrátt fyrir aukna seltu í holu 3 miðað við eldri holur kemur það ekki að sök hvað varðar almenna notkun.

Kísilhiti í jafnvægi við kalsedon, en hann gefur vísbendingu um hæsta hitastig sem vatnið hefur náð á ferð sinni um iður jarðar, hefur verið reiknaður fyrir sýni úr holu 1 og 3. Í holu 1 reiknast hann 46°C en 70-77°C fyrir holu 3. Samsvarendi reikninga er ekki hægt að gera fyrir holu 2.

Alkalíhiti (Na-K-Ca-hiti) í holu 2 er 62-63°C og er það **nokkru herra en mældur** hiti þar. Í holu 3 er alkalíhitinn aftur á móti svipaður og mældur hiti eða 63-66°C. Þykir því ólíklegt að hægt sé að fá mikið heitara vatn ofan 250 m dýpis en fæst í holu 3.

Tafla 7.1 Efnagreiningar á vatni frá Laugalandi í Holtum.

	Hola 1	Hola 2	76m	Hola 2	106m	Hola 3	105m	Hola 3	212m
Sýni no.	<u>RANV00680259</u>	<u>RANV03770025</u>	<u>RANV03770026</u>	<u>RANV03770026</u>	<u>RANV10770154</u>	<u>RANV10770154</u>	<u>RANV10770154</u>	<u>RANV10770155</u>	
°C	47	50	50	50	63	63	69	69	
pH/°C	9.6				9.53/21	9.53/21	9.78/21	9.78/21	
SiO ₂	42	58.4	59.4	59.4	76.9	76.9	79.5	79.5	
B	0.62								
Na	71.0	65.4	64.0	64.0	99.1	99.1	105.8	105.8	
K	0.8	1.15	1.06	1.06	1.43	1.43	1.64	1.64	
Ca	3.1	3.4	3.1	3.1	5.8	5.8	6.3	6.3	
Mg	0.04	0.14	0.08	0.08	0.04	0.04	0.07	0.07	
CO ₂ total	27.8				34.1	34.1	21.1	21.1	
SO ₄	54.8	61.4	63.4	63.4	91.0	91.0	101.9	101.9	
H ₂ S	<0.1				<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	
Cl	39.7	44.0	46.2	46.2	64.5	64.5	76.3	76.3	
F	1.3	0.53	0.48	0.48	0.87	0.87	0.93	0.93	
Uppl. efni	219				356	356	393	393	
Eðlisviðnám		27.0	28.6	28.6	21.3	21.3	19.6	19.6	

Kalsedonhiti	46°C	77°C	70°C
Alkalíhiti	55°C	63°C	66°C

8. Niðurstöður borunar holu 3 og framhaldsaðgerðir.

Hola 3 hefur ekki skorið jarðhitasprunguna. Hún hefur hins vegar skorið berggang á 932-944 m dýpi og e.t.v. annan smágang á um 655 m. Flestar æðar, sem eru í holunni, orsakast trúlega af láréttu rennsli í millilögum út frá sprungunni og eru því torgæfar eins og raun ber vitni. Æðin á 105-110 m dýpi er í móbergsseti. Í borun varð vart við æð í um 910-920 m og rétt neðan við (í 932-944 m) er borað í gegnum gang. Það er því líklegt að þessi æð sé tengd ganginum. Skolvatnið hitnaði um 7°C er þessi æð kom inn í holuna, en því miður þurfti að steypa hana af vegna mikils hruns og er hún ekki opin lengur. Að sögn bormanna minnkaði frítt rennsli upp úr holunni úr 2 l/s niður í 1 l/s, þegar steyppt var.

Í borhléi, þegar holan var um 980 m djúp, var holan dælu- prófuð og fengust úr henni um 12 l/s af um 35°C heitu vatni með um 40 m niðurdrætti og var þá ekki búið að steypa upp í æðina á 910-920 m dýpi. Við dæluprófun eftir borun komu aðeins um 3.5 l/s upp úr holunni af 53°C heitu vatni með um 30 m niðurdrætti.

Munurinn getur stafað af tvennu. Í fyrsta lagi að æðarnar í holunni hafi þést af svarfi er borun var haldið áfram. Í öðru lagi að mest af vatninu hafi komið úr æðinni í 910-920 m, sem steyppt var af. Fyrri skýringin er mun trúlegri, sé hitamælingin, sem gerð var að fyrri loftdælingunni lokinni, athuguð (mynd 6.1). Hún sýnir nær lóðréttan hitaferil á bilinu 20-220 m þ.e.a.s. í efra æðakerfinu og er þetta dæmigerður rennslisferill. Hins vegar kemur fram kæling milli 10 og 20 m dýpis, sem sýnir að kaldara vatn á aðgang að holunni neðan fóðringu. Hitaferillinn bendir einnig til heldur tregs rennslis neðan 220 m dýpis.

Í holu 3 eru tvö vatnskerfi, hið efra er á 50-215 m dýpi og er um 60-75°C heitt, en hið neðra er á 635-920 m dýpi og er um 90-92°C heitt. Efstu 950 m í holu 3 eru því verulega truflaðir af vatnsrennsli. Á mynd 6.1 eru teiknaðar inn auk beggja hitamælinganna í holu 3 mælingar úr hitastigulsholunum á Hellu og Stórólfshvoli. Hita- stigullinn í holunum á Hellu og Stórólfshvoli er sá sami og er um 72°C/km og má líta á það sem hinn almenna hita- stigul á þessu svæði. Neðan 950 m dýpis í holu 3 er hitaferillinn beinn með hitastiglinum 36°C/km. Ef hita- ferlarnir í hitastigulsholunum og í holu 3 á Laugalandi eru framlengdir skerast þeir á 1500-1700 m dýpi (sjá mynd 6.1). Engin örugg vísbending er um að öflugar vatnsæðar sé að finna neðan við 1000 m dýpi (í holu 3), þar sem þeirra mundi gæta í hitaferlinum.

Mynd 8.1 sýnir hugsanlegt þversnið af holu 3 og jarðhita- svæðinu við Laugaland. Hóla 3 hefur náð að skera vestari ganginn (gang 2) af þeim tveimur, sem fram komu við segul- mælingar, á um 940 m dýpi og ef hola er lóðrétt hallar ganginum um 2° frá lóðréttu. Yfirleitt skera gangar hraun- lögin, sem þeir fara í gegnum, undir réttu horni. Ef svo er þarna er halli jarðlaga á Laugalandi um 2° til norðvesturs, því að gangarnir stefna í stríkstefnu jarðlaga.

Hóla 3 gefur ekki nægilegt vatnsmagn í núverandi ástandi. Í holunni eru eins og að ofan greinir tvö vatnskerfi. Neðra vatnskerfið virðist vera mjög torgæft eftir þökkuninni að dæma og er ólíklegt að hægt sé að lífga upp á það með frekari þökkun. Hins vegar bendir allt til þess, að hægt sé að auka verulega rennsli úr efra kerfinu með frekari þökkun, ef æðarnar hafa stíflast af svarfi.

Tveir kostir eru því fyrir hendi. Annar er sá að fódra holu 3 í tæpa 50 m og reyna að skola svarfið út úr æðunum í efra vatnskerfinu með pökkun og auka þannig rennslið. Búast má við, að um 60-70°C heitt vatn fáist með dælingu. Telja má nokkuð víst að með þessu móti megi fá nægilegt heitt vatn fyrir skólann og næstu bæi en nauðsynlegt verður að setja djúpdælu í holuna þar sem kerfið er þrýstingslítið í þessari holu.

Hinn kosturinn er að nýta neðra kerfið. Litlar sem engar líkur eru á því að það sé nýtanlegt í holu 3 og verður því að bora nýja holu og reyna að ná vatninu á 700-1000 m dýpi og 90-92°C heitu. Æskilegt væri, að sú hola skæri misgengið eða sprunguna á þessu dýpi til að ná vatninu. Halli sprungunnar er hins vegar ekki þekktur, nema að því leyti sem hola 3 segir til um. Trúlegast er þó að sprungan sé annað hvort lóðrétt eða hornrétt á jarðlög þ.e.a.s. halli um 2° til suðurs en þetta er þó engan veginn víst og gæti henni hallað meira til suðurs. Hins vegar er ljóst að eystri gangurinn (gangur 1) er í beinu sambandi við jarðhitann. Til þess bendir bæði vatnið í holu 2 og staðsetning austasta jarðhitastaðarins í landi Nefsholts (jarðhitastaður 2). Öruggara væri því að miða nýja holu við að skera þennan gang á umræddu dýpi rétt við sprunguna. Þetta þýðir, ef miðað er við þann jarðlagahalla sem reiknaður var út hér að framan, að ný borhola yrði staðsett skammt sunnan við skurðpunkt gangs og sprungu. Áður en sú hola yrði staðsett, verður að hallamæla holu 3 til að staðfesta útreiknaðan jarðlagahalla.

9. Samantekt.

1. Jarðlög við Laugaland eru frá síðasta hluta tertíer eða upphafi ísaldar. Vatnsrennsli er því líklega tregt um þessi jarðlög og borholur torgáfar, sem boraðar eru í þau.
2. Yfirborðsjarðhiti virðist tengdur sprungu eða misgengi sem stefnir um N70°A.
3. Viðnámsmælingar gefa til kynna að jarðhitasvæðið við Laugaland sé dæmigerður sprungu- og/eða misgengisjarðhiti og að um tiltölulega þröngt vatnskerfi sé að ræða.
4. Segulfrávik sem tengja má misgengi eða sprungu fannst ekki með segulmælingum, en hins vegar fundust tveir gangar sem skera hitalínuna og virðist sá eystri þeirra auðvelda uppstreymi heita vatnsins.
5. Í holu 3 eru tvö vatnskerfi, efra kerfið sem er á 50-220 m dýpi og 60-75°C heitt og neðra kerfið sem er í 635-920 m og er um 90-92°C heitt. Mestur hluti vatnsins kemur úr efra kerfinu.
6. Flestar æðarnar í efra kerfinu eru í setlögum en í neðra kerfinu kemur a.m.k. ein æð fram við gang.
7. Holan sker ekki misgengið eða sprunguna.
8. Engin örugg vísbending er um öflugar vatnsæðar neðan við 1000 m dýpi í þessari holu.
9. Til frekari vatnsöflunar að Laugalandi í Holtum er lagt til að annað hvort verði hola 3 fóðruð í tæpa 50 m og pakkað á efra kerfið og fengist þá trúlega nóg vatn fyrir skólann með djúpdælingu úr þeirri holu. Hinn möguleikinn er að bora nýja holu í þeirri von að betra samband fáiast við neðra kerfið en engin trygging er fyrir því að góður árangur náist.

10. Heimildir.

Kristján Sæmundsson, 1970: Interglacial lava flows in the lowlands of Southern Iceland and the problem of two-tiered columnar jointing. Jökull, bls. 62-77.

Þorvaldur Thoroddsen, 1899 og 1905: Landskjálftar á Íslandi. Hið íslenska bókmenntafélag, Kaupmannahöfn. 269 bls.

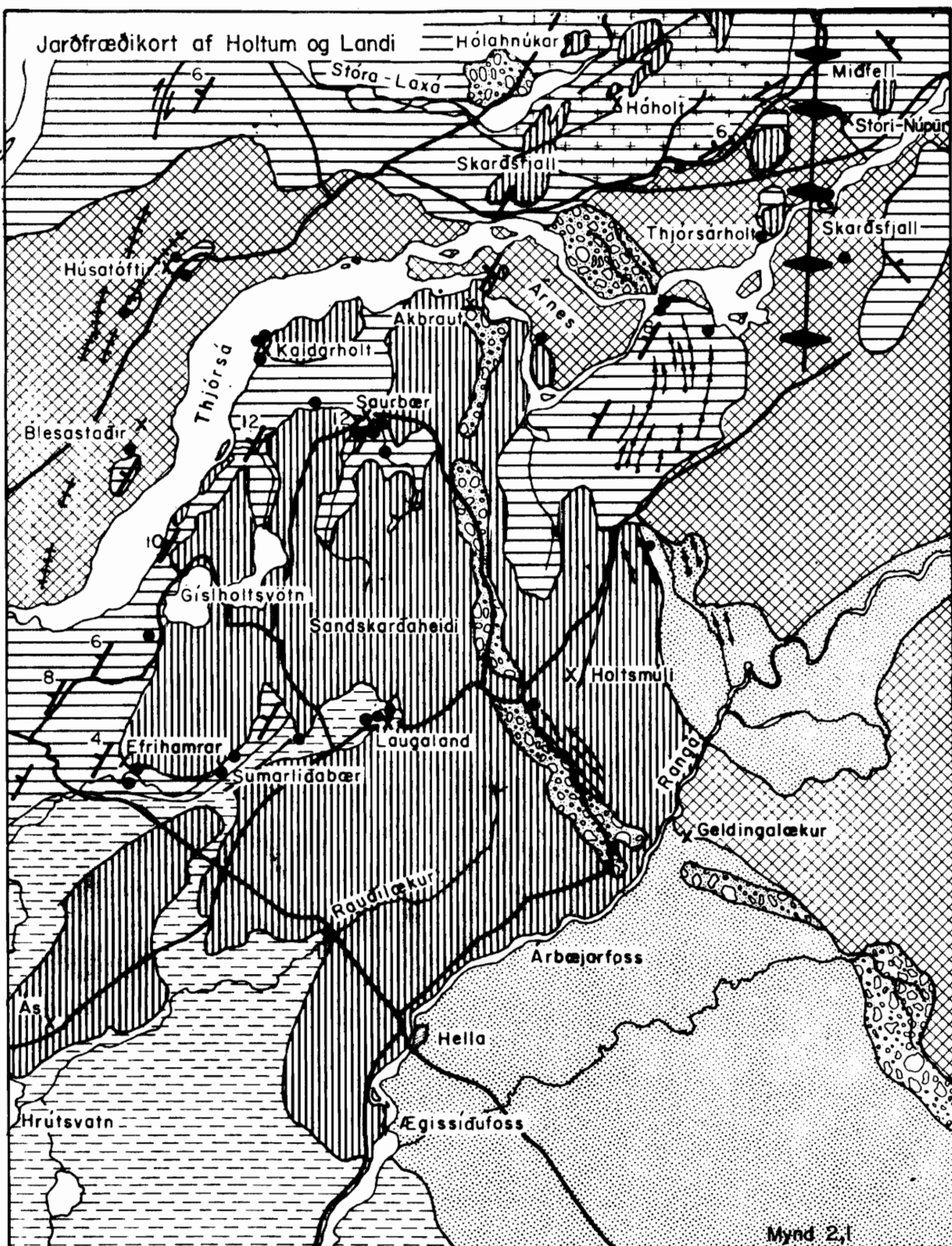
Hvera- og laugabók Jóns Sólmundssonar (handrit).

Rúnar I. Sigfússon, 1975: Viðnámsmælingar í nágrenni Hellu sumarið 1975. Skýrsla Orkustofnunar OS JHD 7549.

MYNDASKRÁ

Myndanr.	Texti	Teikninr.
2.1	Jarðfræðikort af Holta- og Landmannahreppi	16471
3.1	Hitamæling úr holu 2	15614
4.1	Skýringarmynd um mæliaðferðir við jarðhita- leit	14495
4.2	Uppsetning til viðnámsmælinga í borholum	16020
4.3	Staðsetning viðnámsmælinga og -sniða	16419
4.4	Viðnáms-snið B-B´	16420
4.5	Viðnáms-snið A-A´	16421
5.1	Staðsetningarkort segulmælinga við Laugaland	15325
5.2	Segulkort af Laugalandi	15328
6.1	Hitamælingar úr holu 3 og hitastigulsholum á Hellu og Stórólshvoli	16430
6.2	Loftdæling í holu 3 1977-11-17/18	16431
6.3	Jarðlagasnið af holu 3	16476
6.4	Viðnáms- og hitamælingar í holu 3 ásamt jarðlögum	16477
8.1	Afstöðumynd af holu 3	16488

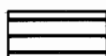
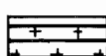




Jarðfræðikort af Holtum og Landi










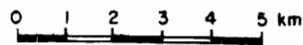
Mynd 2,1

(Kristján Sæmundsson samdi)

SKÝRINGAR

-  Hreppamyndunin
-  Jarðlög tengd Laxár-megineldstöðinni
-  Grágrýtishraun frá síðustu hyskeiðum Ísalda
-  Hraun frá nútíma
-  Fornar áreyrar
-  Önnur laus jarðlög

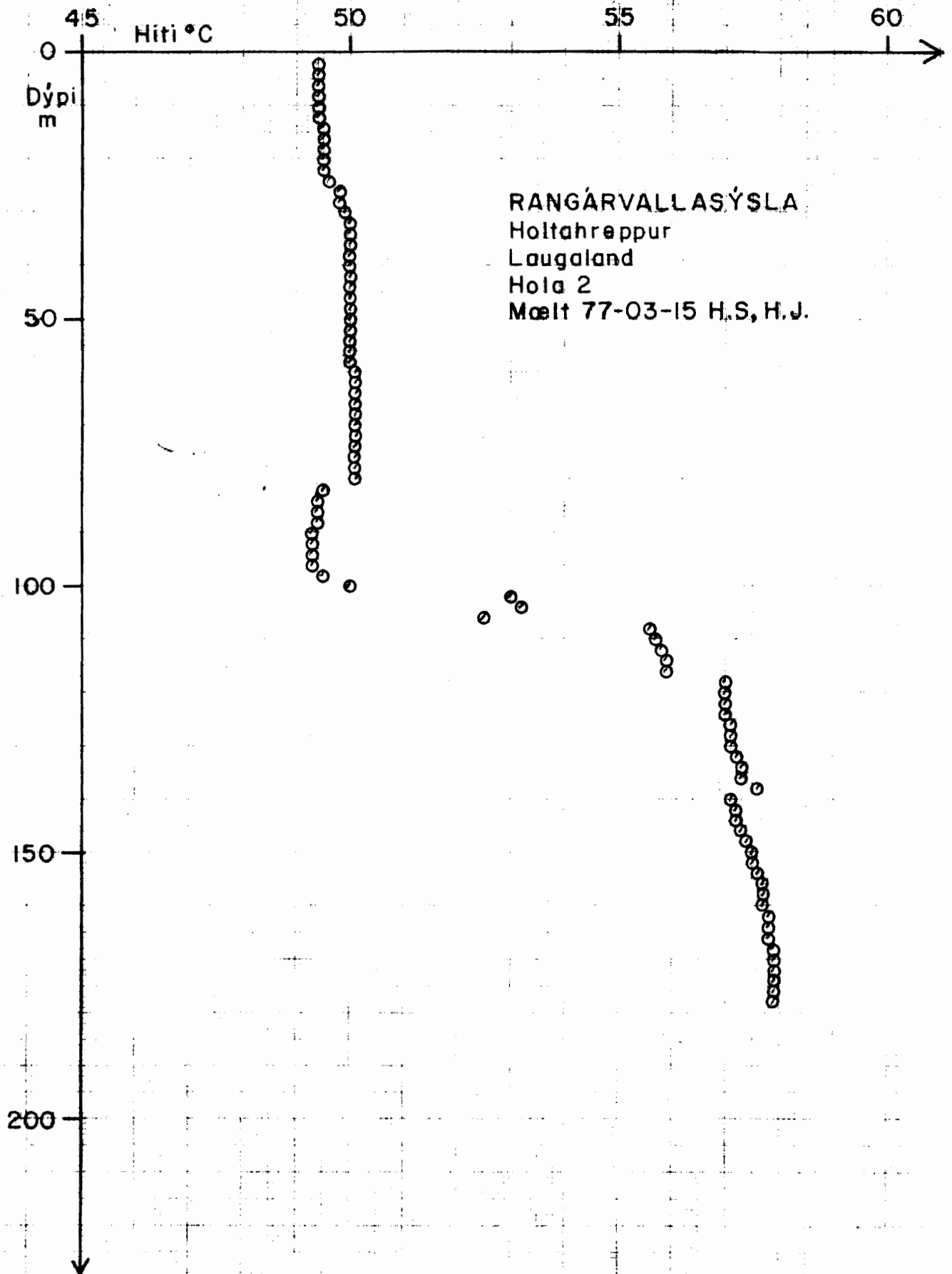
-  Ás Hreppaandhverfunnar
-  Búðaröðin
-  Strik og halli
-  Laug eða volgra
-  Bær
-  Vegur
-  Misgengi og sprunga





Hitamoelingar í borholum

Mynd 3,1



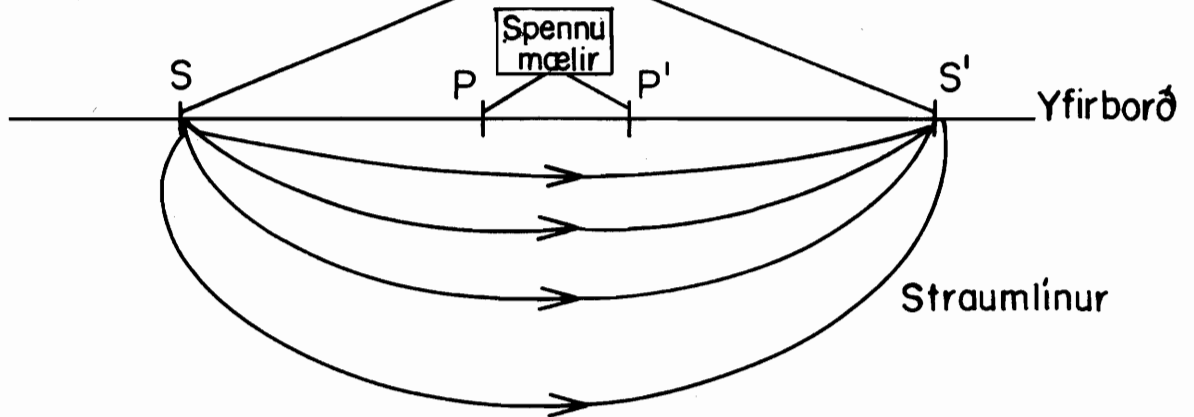
RANGÁRVALLASÝSLA
Holtahreppur
Laugaland
Hóla 2
Mælt 77-03-15 H.S, H.J.



A

Straumgjafi

Mynd 4,1



S-S' Straumskaut

P-P' Spennuskaut

B

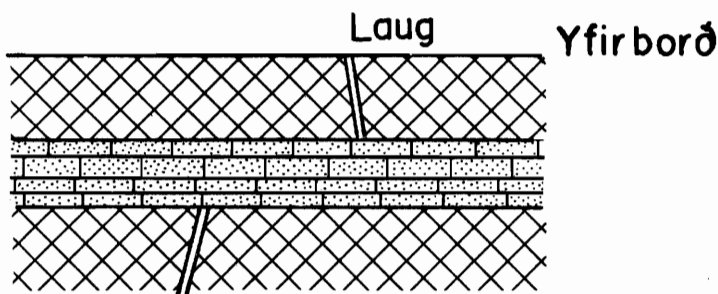


Purrt lítt vatnsgengt berg (hátt viðnám)

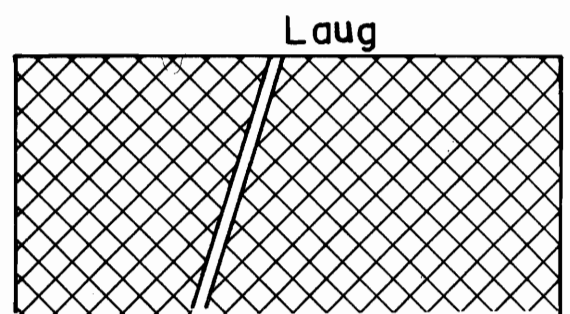
// Uppstreymisrás



Vatnsgengt berg með heitu vatni (lágt viðnám)

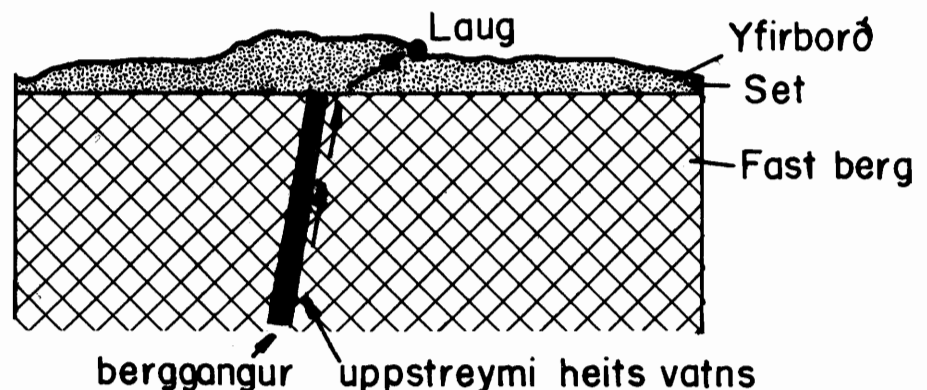


Við þessar aðstæður finnst jarðhiti auðveldlega með viðnámsmælingum



Við þessar aðstæður kemur jarðhitinn ekki fram í viðnámsmælingum

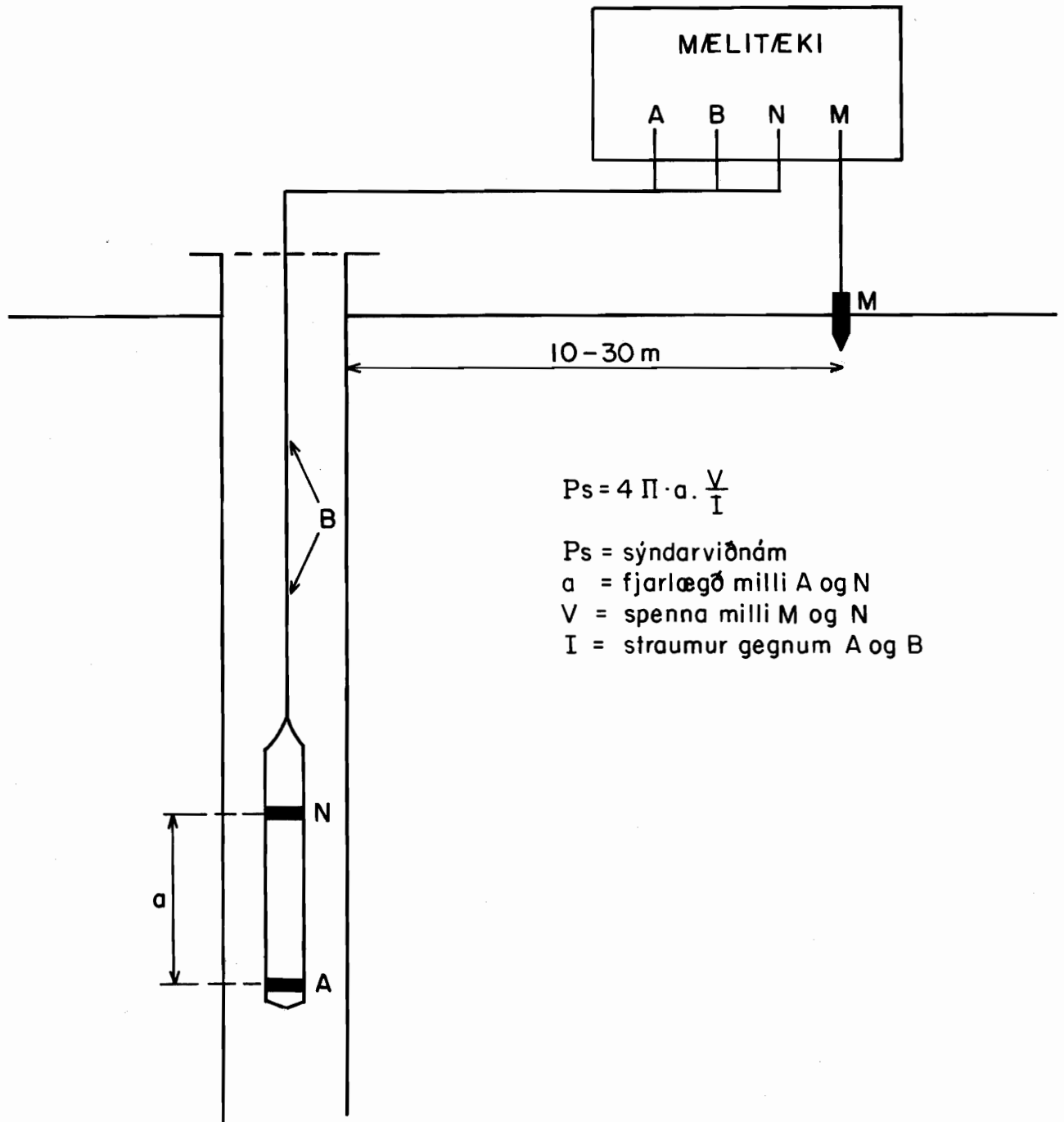
C

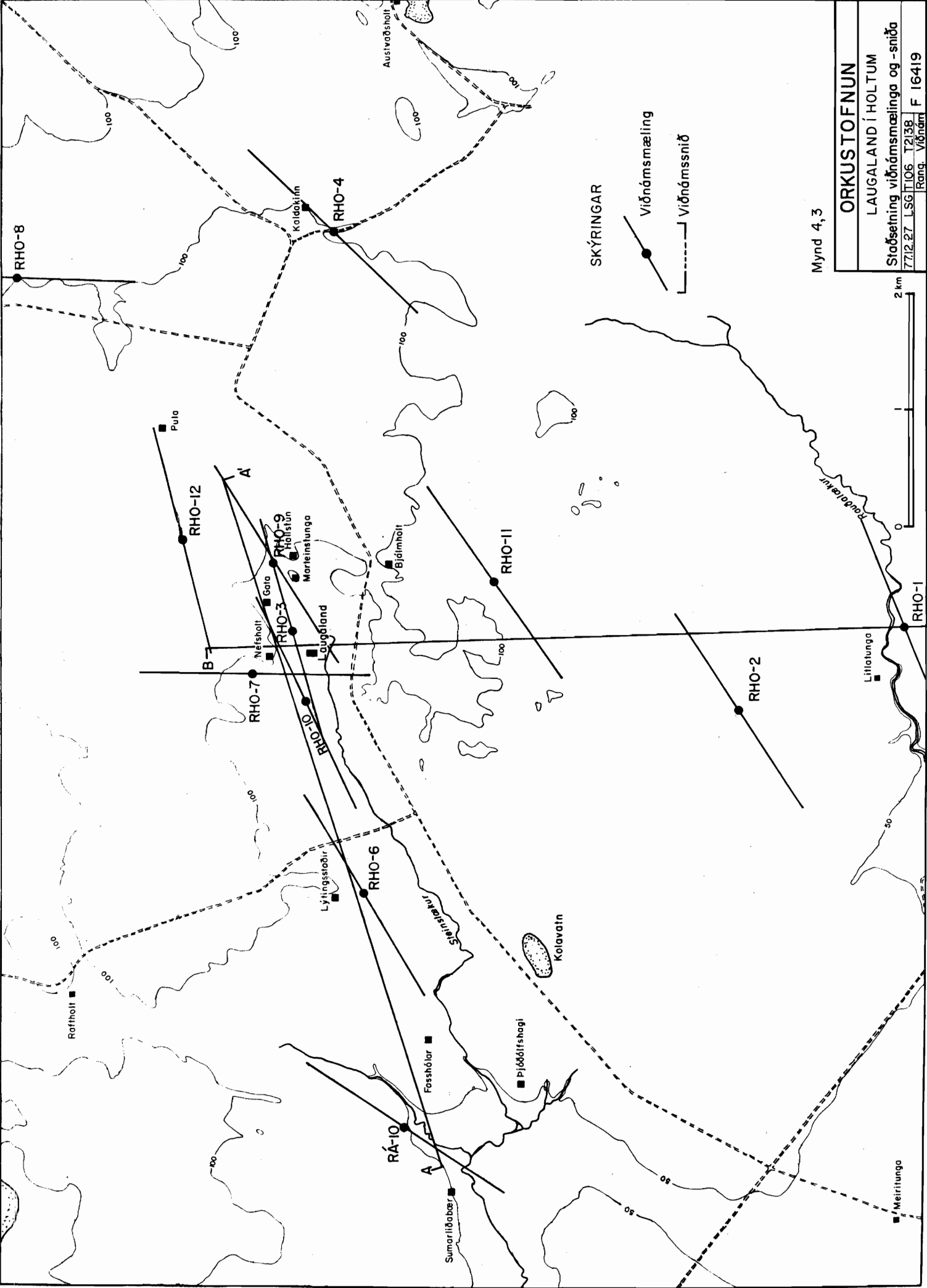




Uppsetning til viðnámsmælinga í borholum

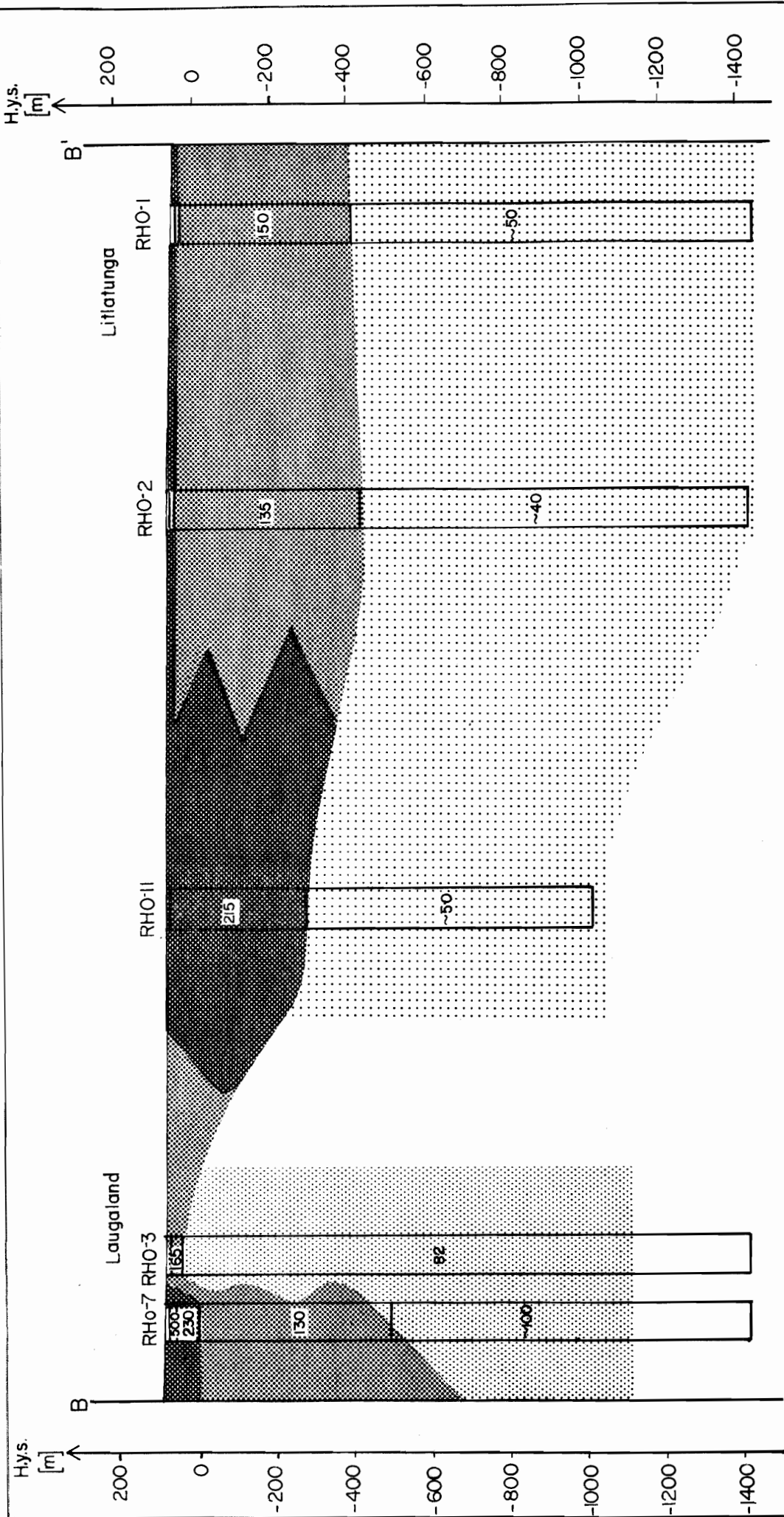
Mynd 4,2





Mynd 4,3

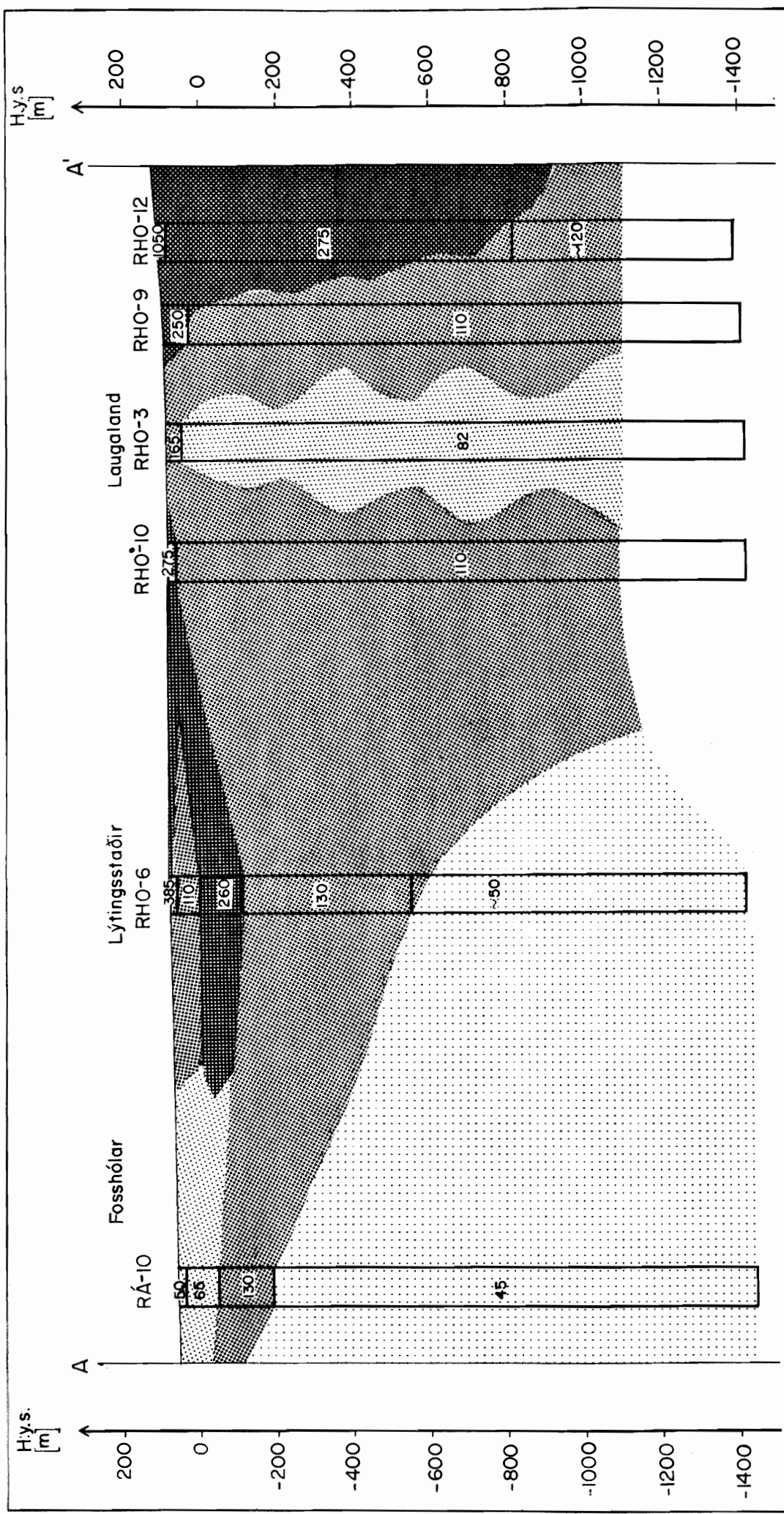
ORKUSTOFNUN	
LAUGALAND Í HOLTUM	
Staðsetning viðnámsmælinga og -sniða	
7712.27	LSG II 06 T2138
Rang	Viðnátt F 16419



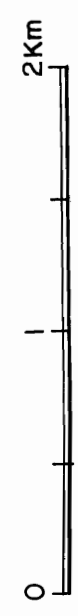
Mynd 4,4

	77.12.27 LSG/H
	T107 T2139
	Rangárv. Viðnám
	F 16420

Laugaland í Holtum, viðnámssnið B-B'

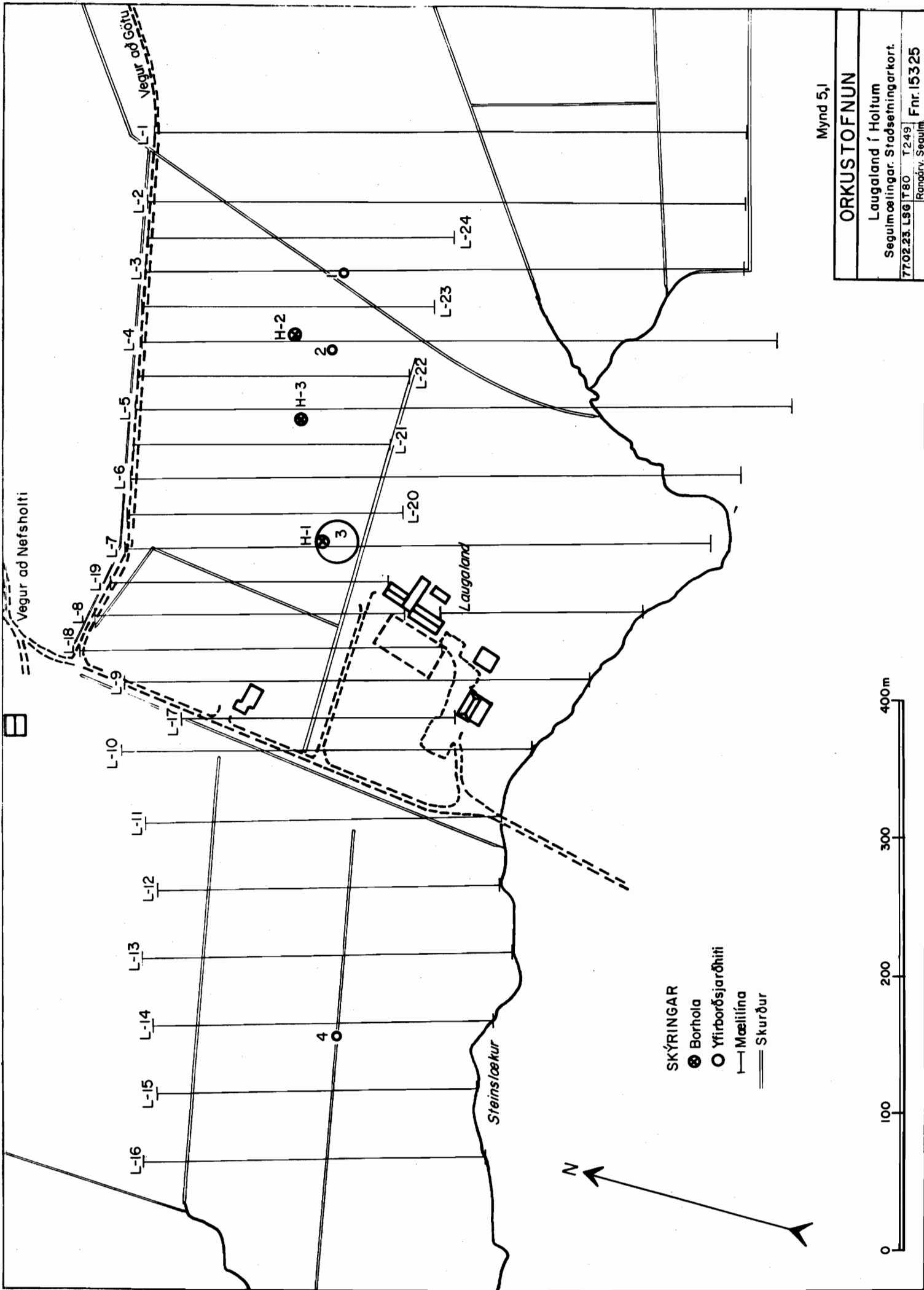


- SKÝRINGAR**
- ≤ 50 Ωm
 - 50-100 Ωm
 - 100-200 Ωm
 - ≥ 200 Ωm



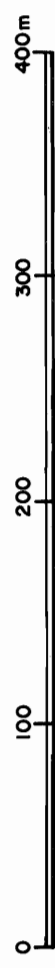
Mynd 4,5

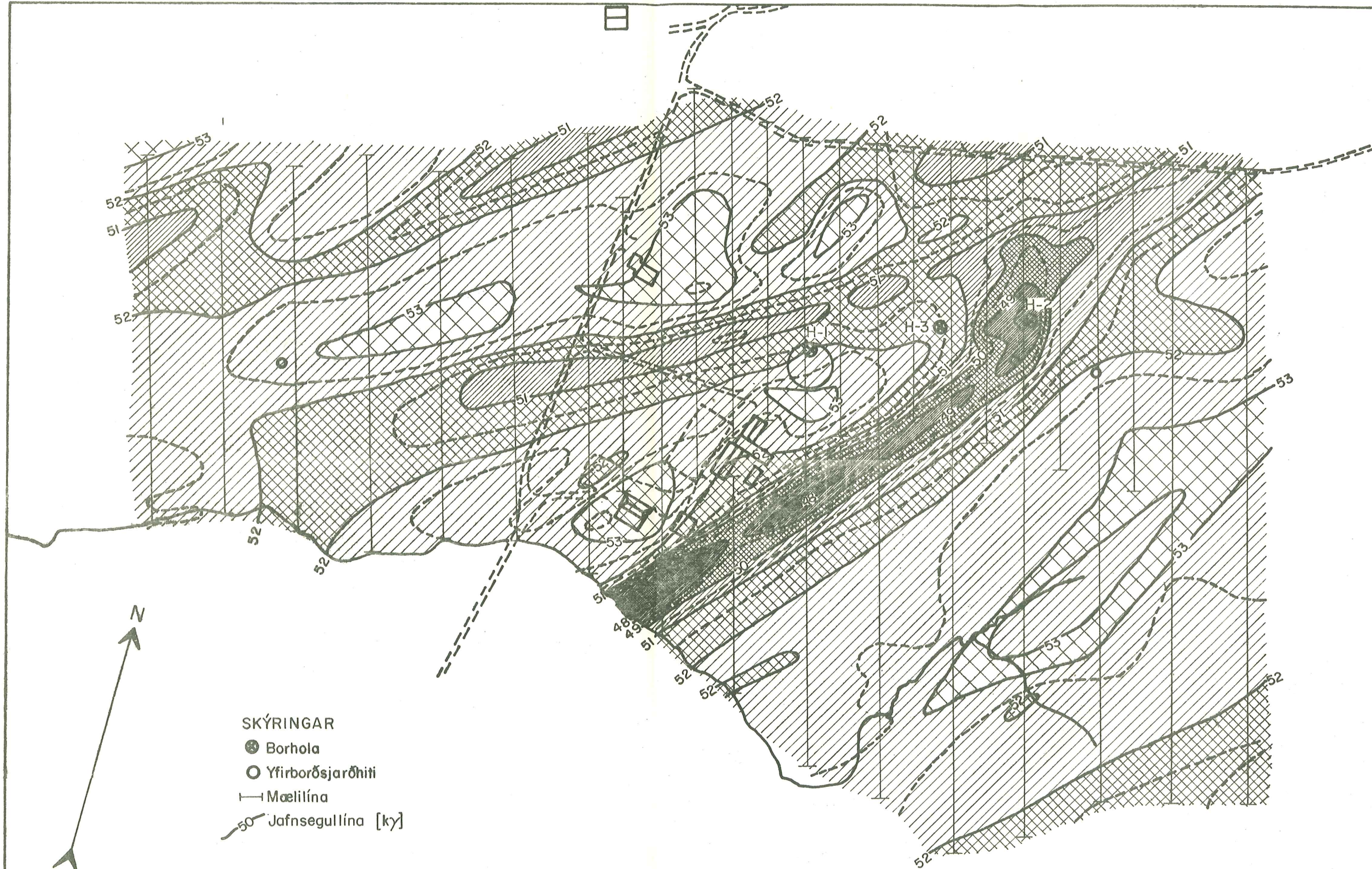
	ORKUSTOFNUN
	Laugaland í Holtum, viðnámsnið A-A'
	7712.23. LSG/H
	T108 T2140
Rangárv. Viðnám	
F16421	



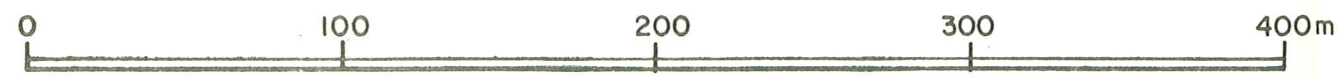
Mynd 5,1

ORKUSTOFNUN	
Laugaland í Holtum	
Segulmælingar. Staðsetningarkort.	
7702.23. LSG	T 249
Rangdr. Segulm.	Fnr. 15325





- SKÝRINGAR
- Borhola
 - Yfirborðsjarðhiti
 - Mællína
 - Jafnsegullína [kγ]



Mynd 5,2

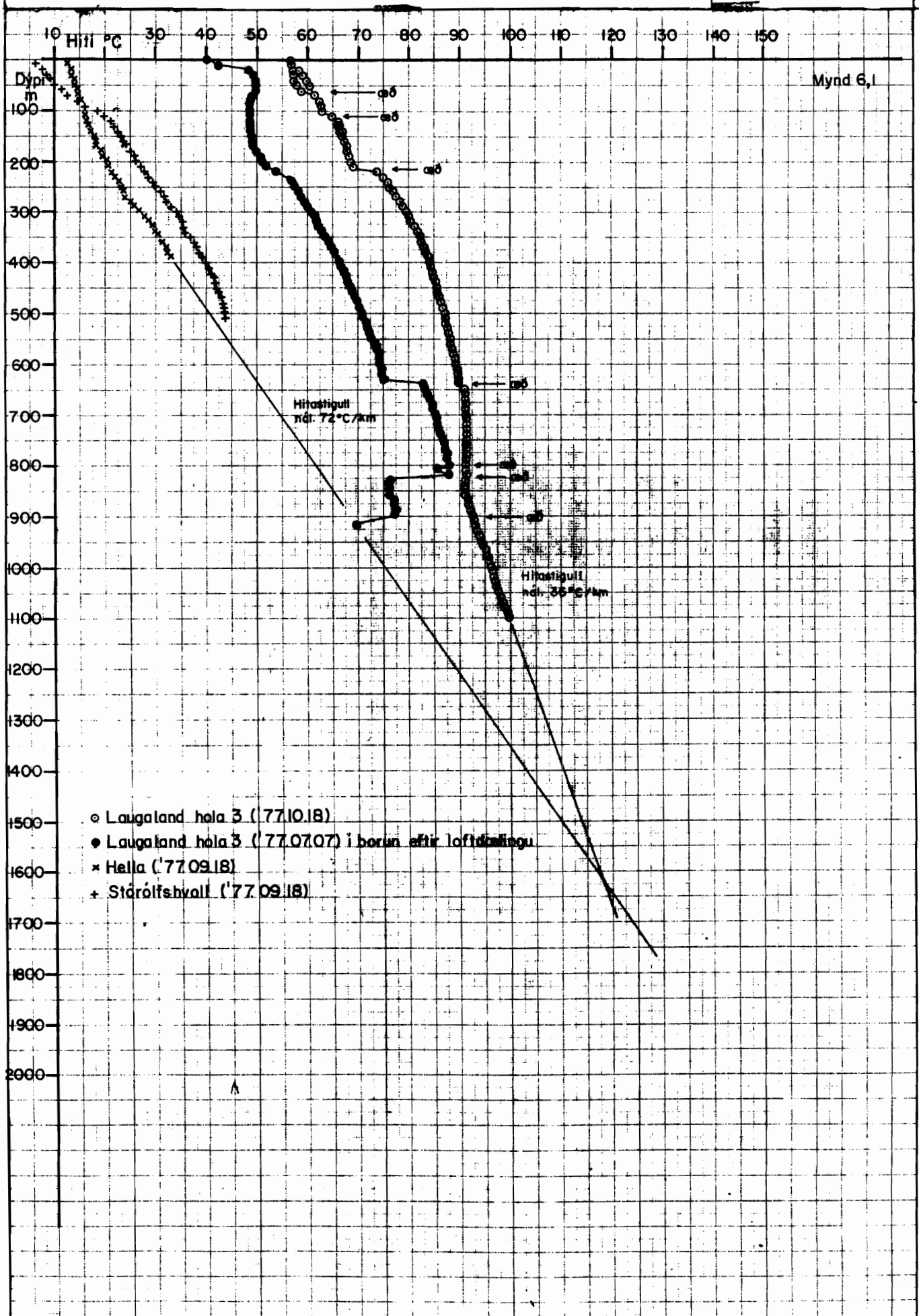
ORKUSTOFNUN

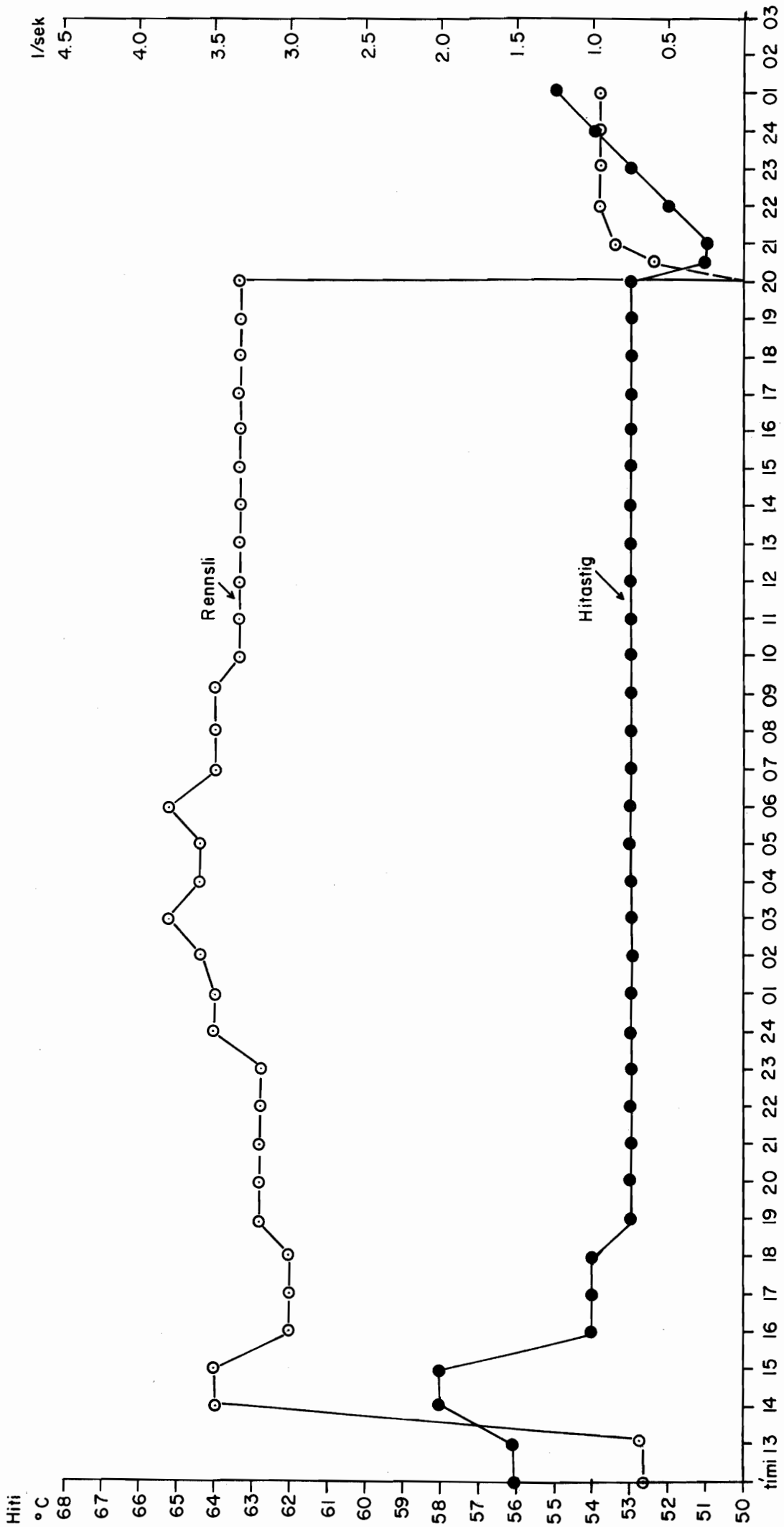
Laugaland í Holtum
Segulkort

77.02.23. LSG	T 252	T 63	Fnr 15328
Rangdy. Segulm			



Hitamælingar í borholum






1977.11.17

1977.11.18

Mynd 6,2

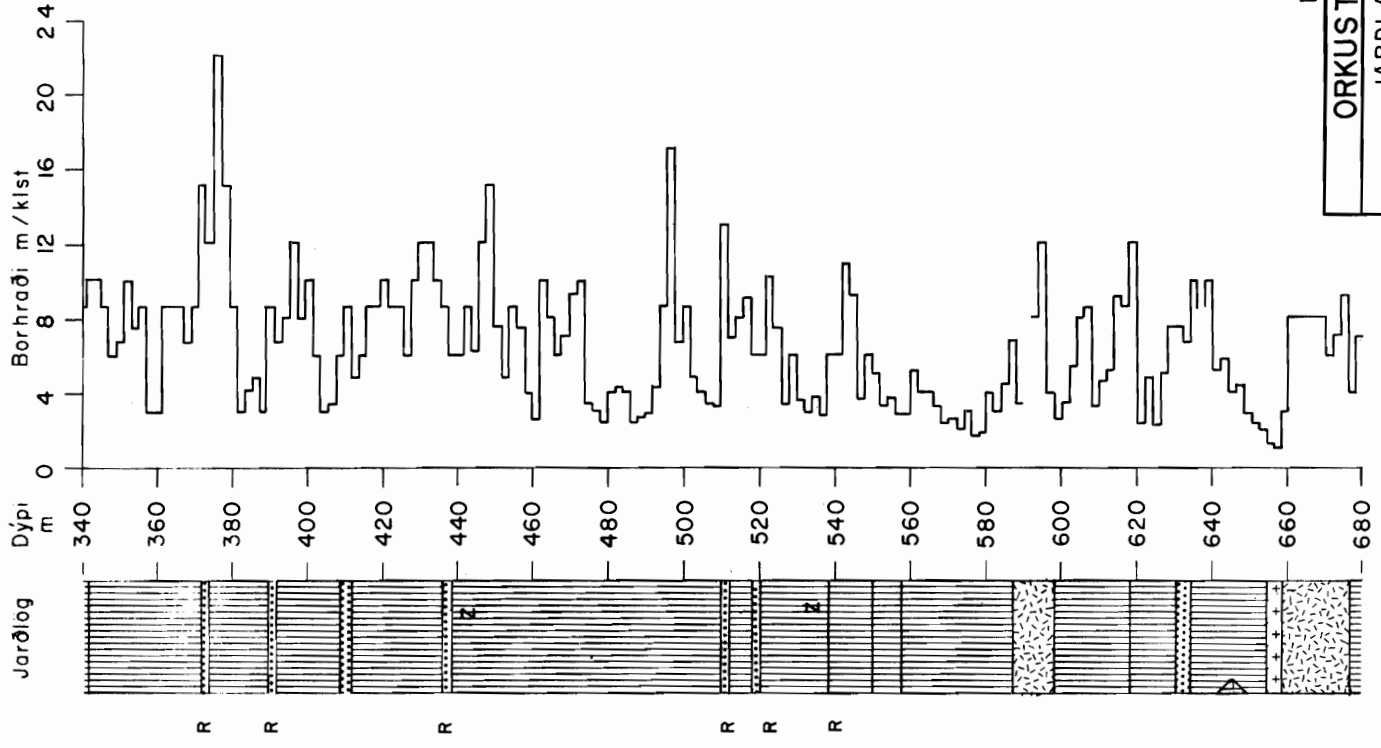
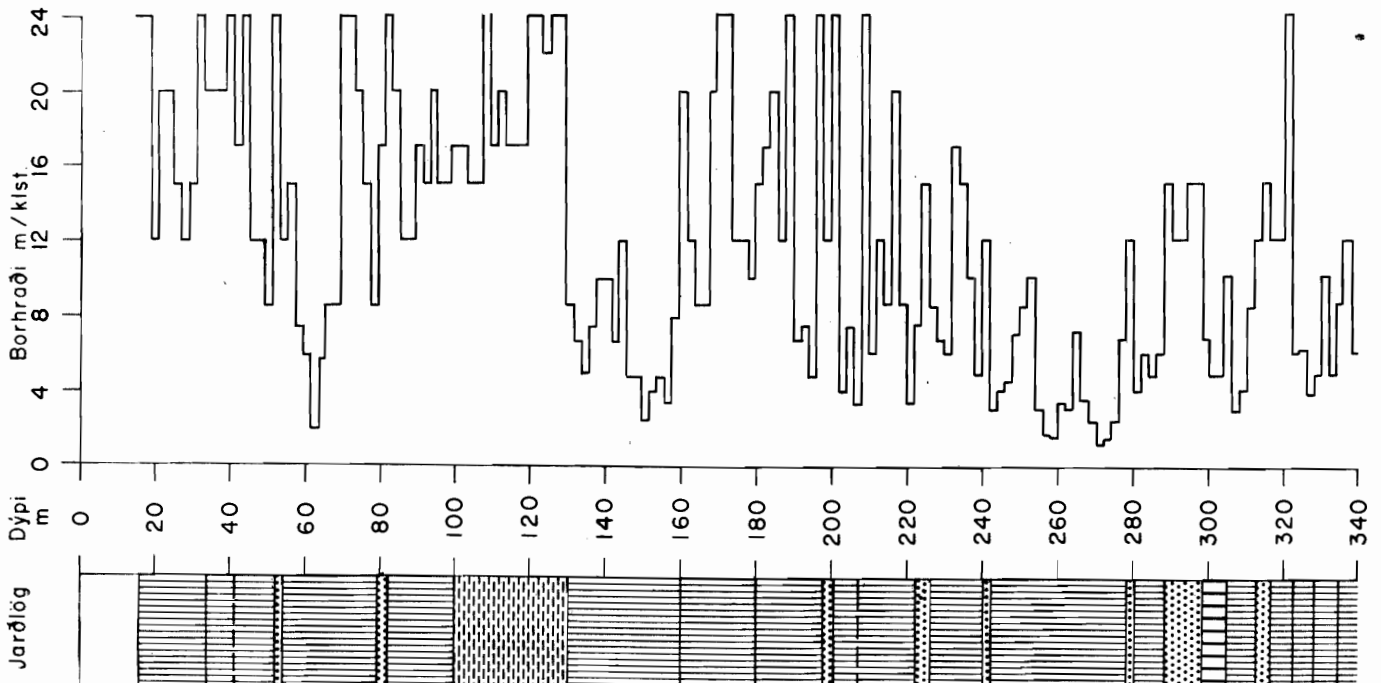
 ORKUSTOFNUN LAUGALAND Í HOLTUM Loftdæling í hól 3 1977.11.17-18	77.12.27 H.J./A.Á
	T 110
	Rangársv.s.
	F 16431

Álag og krónugerð

Föðring
OWC 381mm 356mm

J-44
200mm

Álag og krónugerð



Mynd 6,3a

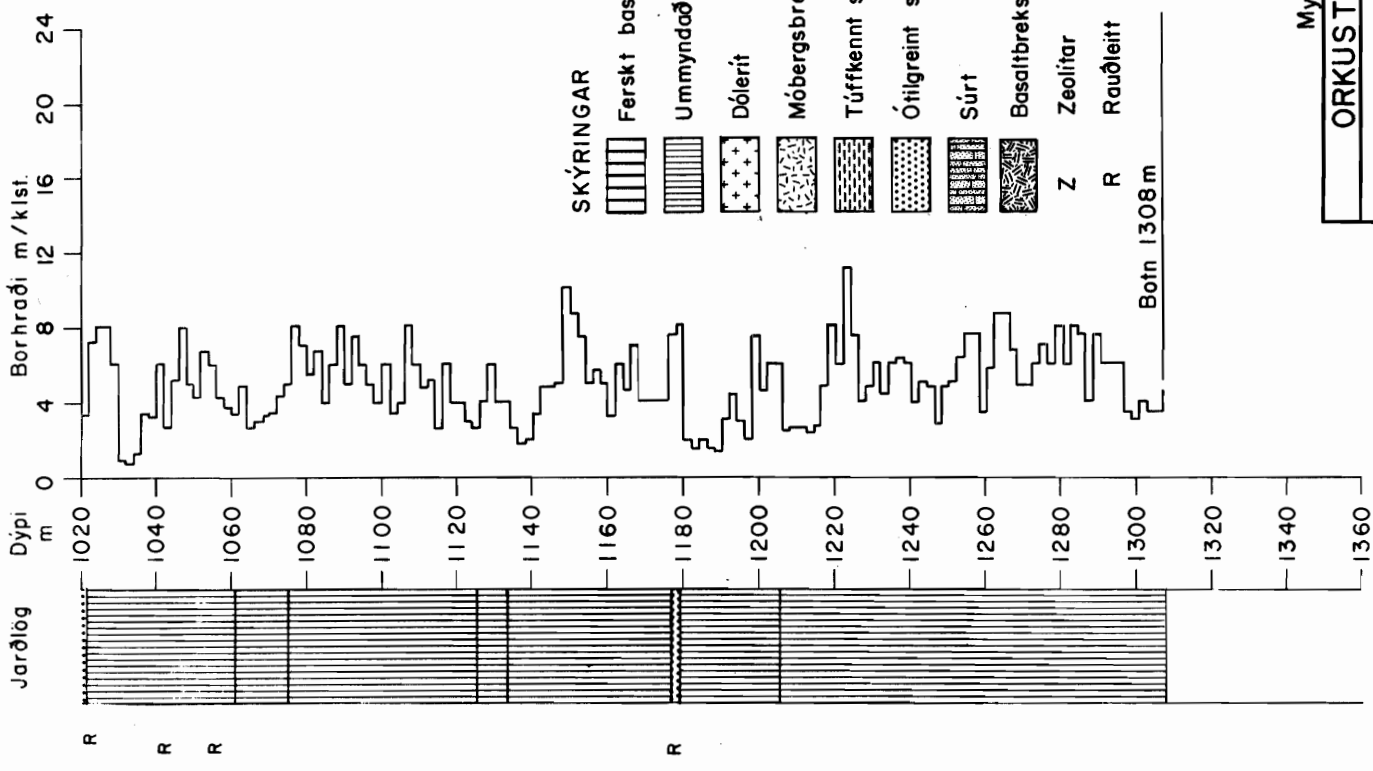
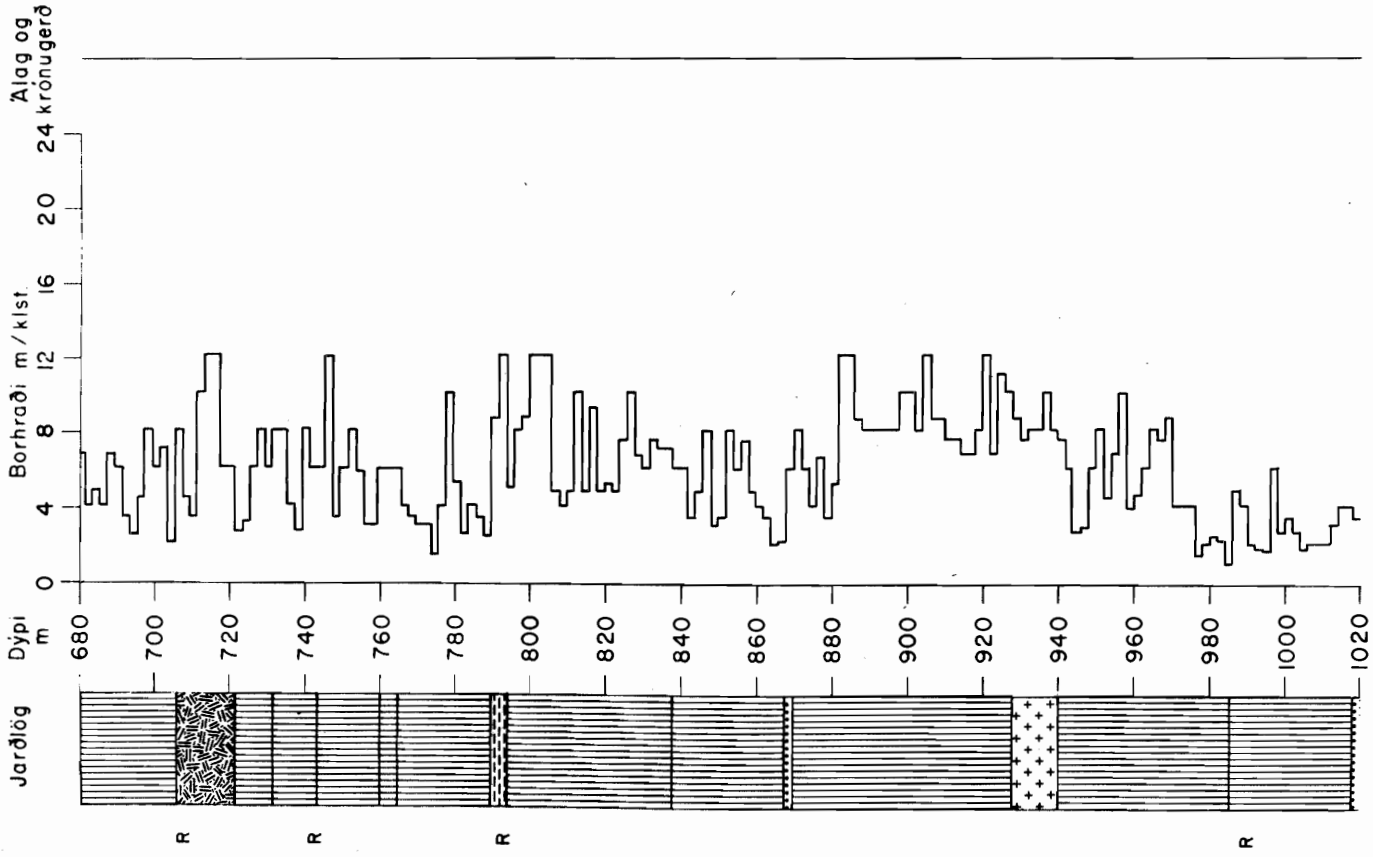
ORKUSTOFNUN

JARÐLAGASNIÐ
Laugaland Holtum H-3

T 113 Rangary.
Blað 1 af 2

F 16476

Alag og krónugerð



Jarðlög

Dýpi m

Borhraði m/klst.

24 20 16 12 8 4 0

SKÝRINGAR

- Ferskt basalt
- Ummynnað basalt
- Dólerít
- Móbergsbreksia
- Tuffkennt set
- Ótilgreint set
- Súrt
- Basaltbreksia
- Zeolítar
- Rauðleitt

Z

R

Botn 1308 m

Mynd 63b

ORKUSTOFNUN

JARÐLAGASNIÐ
Laugaland Holt um H-3

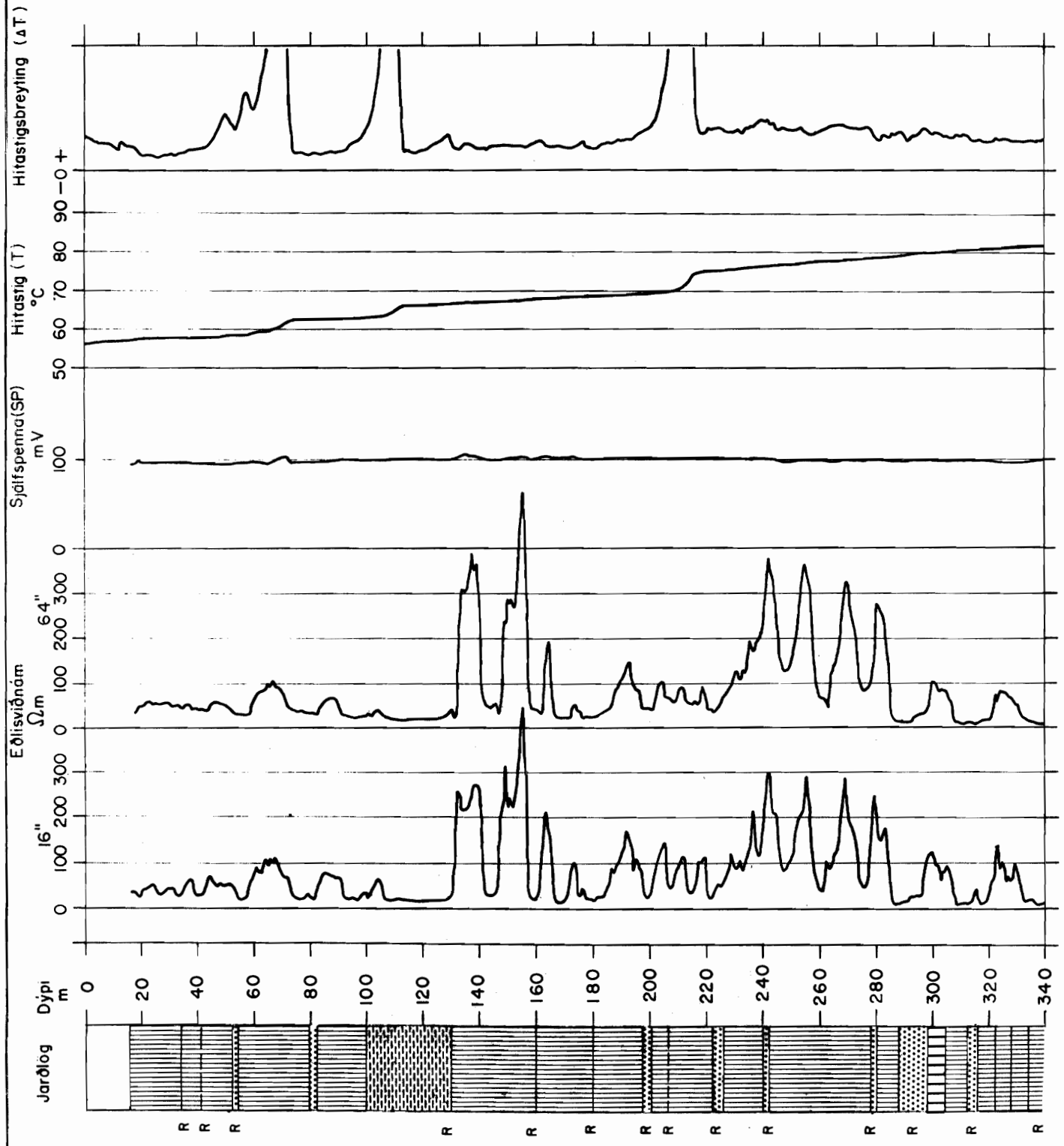
780103MK/AA T 113
Blöð 2 af 2 Rangarv. F 16476

* J-55
200 mm

Mynd 6,4a

- SKÝRINGAR:
- Ferskt basalt
 - Ummyndað basalt
 - Dólerit
 - Móbergsbreksía
 - Túffkennt set
 - Ótilgreint set
 - Súrt
 - Basaltbreksía

Z Zeólítar
 R Rauðleitt
 Mælt 1977.10.18
 Botn í 1308 m en
 mælur komust ekki
 nema í 1105 m.
 Fóðurrör 16,2 m



Mynd 6,4 b

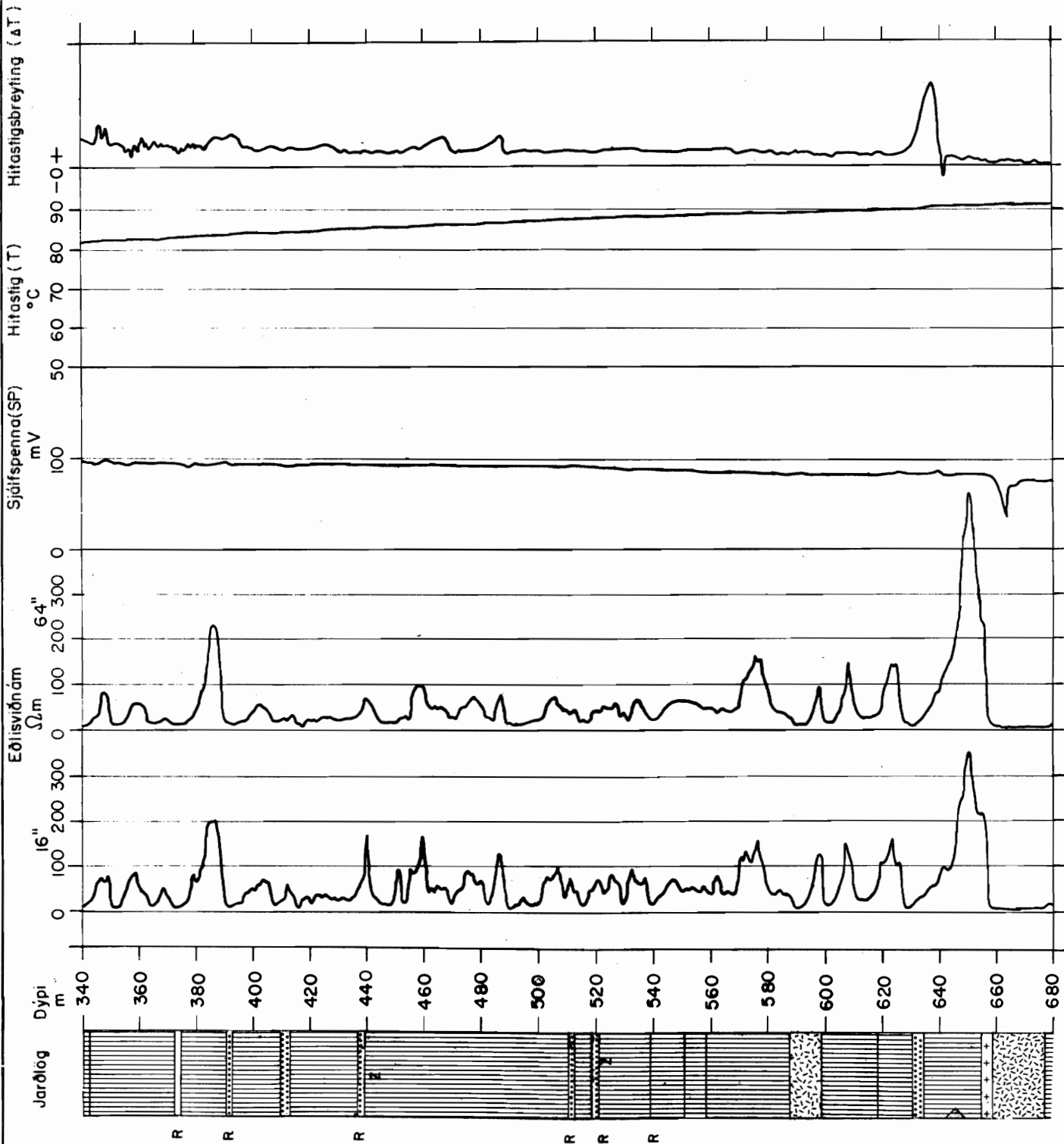
ORKUSTOFNUN

LAUGALAND í HOLTUM

Víðdæms- og hitaæðing í H-3 ásamt jarðlögum

760104 LSG/AA T 113

Blað 2 af 4 Ráðgjafi F 16 477



Mynd 6,4c

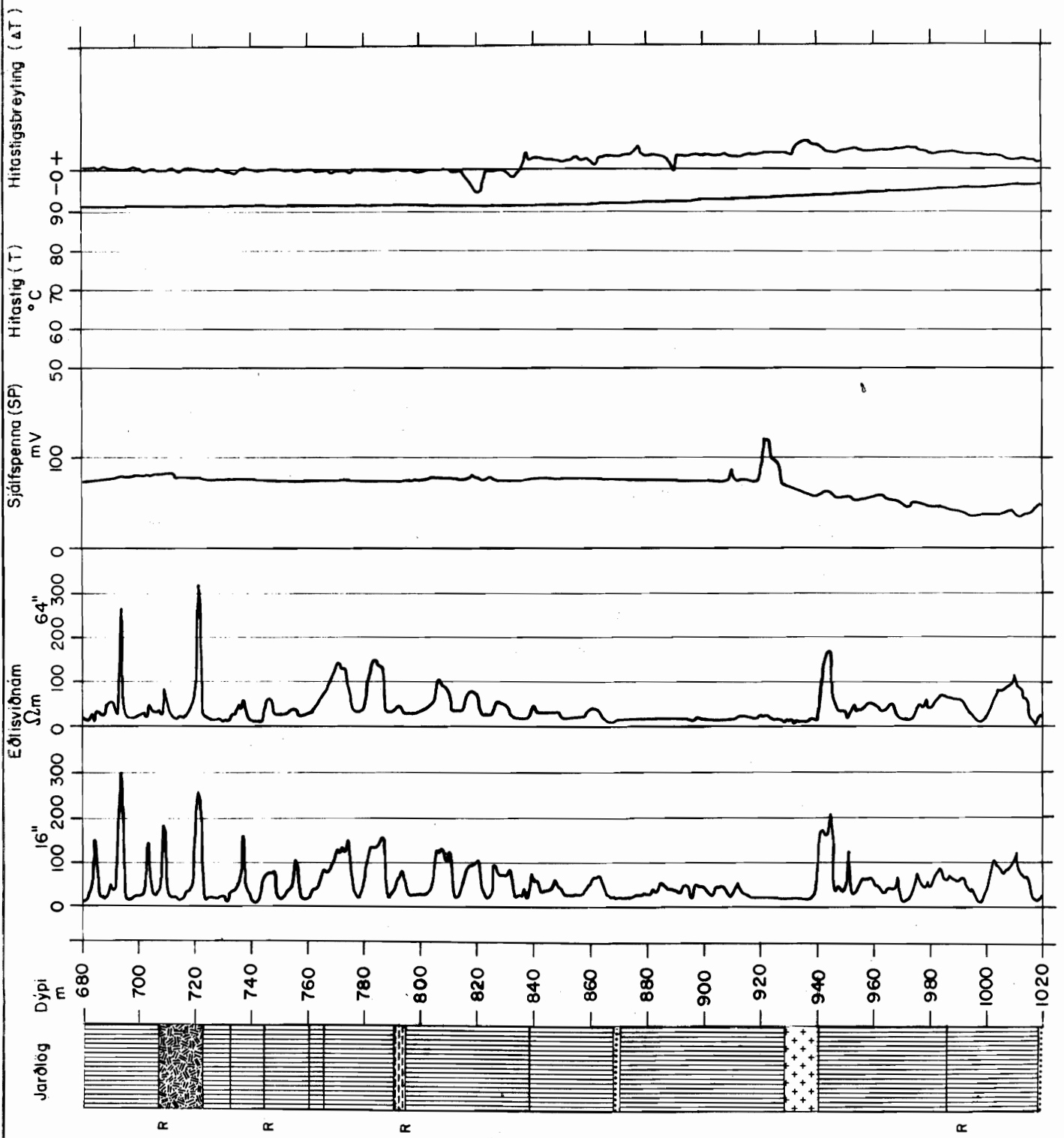
ORKUSTOFNUN

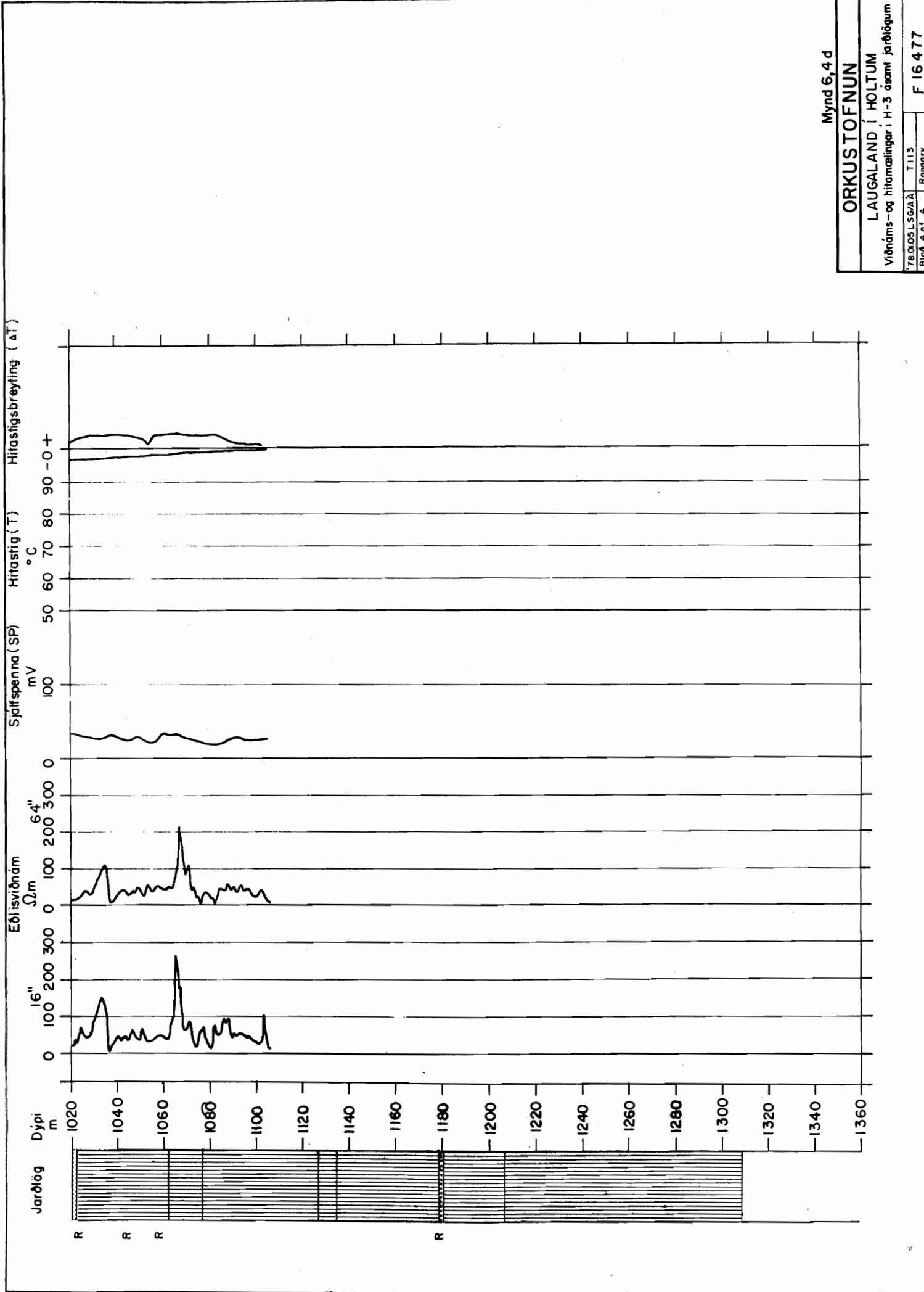
LAUGALAND í HOLTUM

Víðmáms- og hitamælingar í H-3 ásamt jarðlögum

780104 LS6/AA T113
Blad 3 af 4 Rangerv.

F 16477



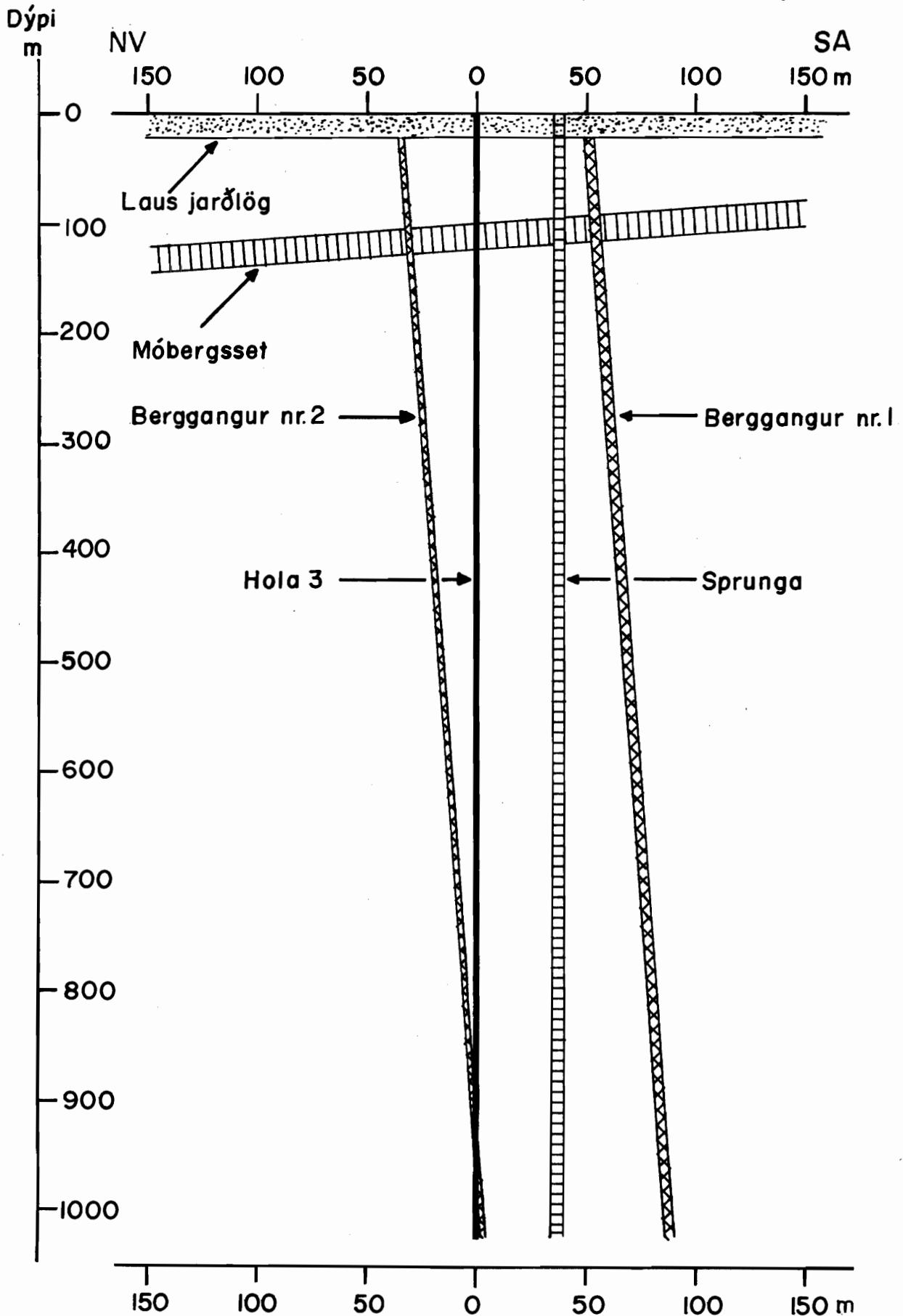


Mynd 6,4 d

ORKUSTOFNUN
 LAUGALAND Í HOLTUM
 Viðnáms- og hitamælingar í H-3 ásamt jarðlögum
 78005 LSG/AA T 113
 Blað 4 af 4 Rangarv. F 16 477



Mynd 8,1



VIÐAUKI 1.

Viðnámsmælingar: Mæliaðferðir, staðsetning
mælinga og mæliferlar.

Mæliaðferðir viðnámsmælinga.

Með viðnámsmælingum er mælt eðlisviðnám (= 1/rafleiðni) berglaga á mismunandi dýpi, þ.e.a.s. hversu vel eða illa jarðlögin leiða rafstraum. Jarðhitadeild beitir einkum tveimur aðferðum við þessar athuganir. Schlumberger-mælingar mæla viðnám niður á um 1000-1500 m dýpi. Mynd 4.1 A sýnir tækjauppsetningu. Straumgjafi er tengdur við tvö rafskaut (póla), sem eru rekin niður í jörðina. Þegar straumur (I) er sendur út verður spennufall (ΔV) á yfirborði jarðar, og er það mælt á milli tveggja annarra rafskauta. Hið svokallaða sýndarviðnám ρ_s er skilgreint samkvæmt Ohmslögum, sem $\rho_s = K \frac{\Delta V}{I}$, þar sem K er stuðull, sem aðeins er háður afstöðu og fjarlægð milli skauta. Með því að breyta bilinu milli skautanna á kerfisbundinn hátt og mæla straum og spennufall í hvert sinn fást ferlar, sem með rétttri túlkun gefa upplýsingar um eðlisviðnám jarðlaga á mismunandi dýpi. Tvípólmælingar mæla viðnám niður á um 5 km dýpi. Mælitæknin er svipuð við Schlumberger-mælingar en innbyrðis afstaða rafskautanna önnur. Tvípólmælingar eru allmiklu tímafreakari og kostnaðarsamari en Schlumberger-mælingar og nákvæmnin er minni.

Eðlisviðnám í bergi er einkum háð vatnsgengd bergsins, hitastigi og seltu jarðvatnsins. Viðnámið fer þannig lakkandi með

- 1) aukinni vatnsgengd
- 2) hækkandi hitastigi
- 3) auknu seltumagni

Til þess að heitt vatn komi fram sem lágt viðnám verður það að hafa nokkra lárétta útbreiðslu. Ef vatnið rennur upp eftir þröngum rásum, svo sem sprungum eða meðfram göngum, kemur það lítt eða ekki fram í mælingum. Mynd

4.1 B sýnir þetta vel. Oft getur verið erfitt að greina hvort orsök viðnámslækkunar er jarðhiti eða aukin selta í vatninu. Því verður að meta ytri aðstæður hverju sinni.

Nýlega hefur jarðhitadeild eignast tæki til viðnámsmælinga í borholum. Lítil reynsla er enn fengin af þeirri mæliaðferð hér á landi. Mæliaðferðin er sú að viðnámið er mælt sem fall af dýpi þannig að samfelldur viðnámsferill fæst fyrir holuna. Til þessa er notuð einföld fjögurra rafskauta uppstilling, sem sýnd er á mynd 4.2. Straumskaut eru tvö, og er annað þeirra A neðst á viðnámstækinu, en kápa mælivírsins er notuð á móti, en kápan er úr margþættum stálvír. Spennan er síðan mæld milli skautanna M og N og er skautið M uppi á yfirborði, en N er á viðnámstækinu í í fjarlægðinni a frá straumskautinu A.

Sýndarviðnámið reiknast á sama hátt og í öðrum jarðeðlisfræðilegum viðnámsmælingum. Það verður eins konar vegið meðalgildi á viðnámi þess, sem er í nágrenni viðnámstækisins. Sýna má fram á að sú fjarlægð sem tækið kannar þannig er af sömu stærðargráðu og fjarlægðin a (sjá mynd 4.2). Þegar tækið er í einleitu umhverfi verður mælt sýndarviðnám, þó jafnt viðnámi umhverfisins. Þetta fæst t.d. þegar vídd holunnar er verulega stærri en a og er þá þó jafnt og eðlisviðnám vatnsins í holunni. Ef hins vegar vídd holunnar er verulega minni en a og bergið utan holunnar einleitt verður þó jafnt og eðlisviðnám bergsins. Hið fyrrnefnda er uppfyllt í útvíkkunum í holunni (skápum) en hið síðara þar sem þykkt berglaga er mikil miðað við a. Að frátöldum þessum tveim tilfellum er þó eins og áður segir meðalviðnám og þarf því að taka tillit til holuvíddar og eðlisviðnáms vatnsins til að finna raunverulegt viðnám bergsins utan holunnar.

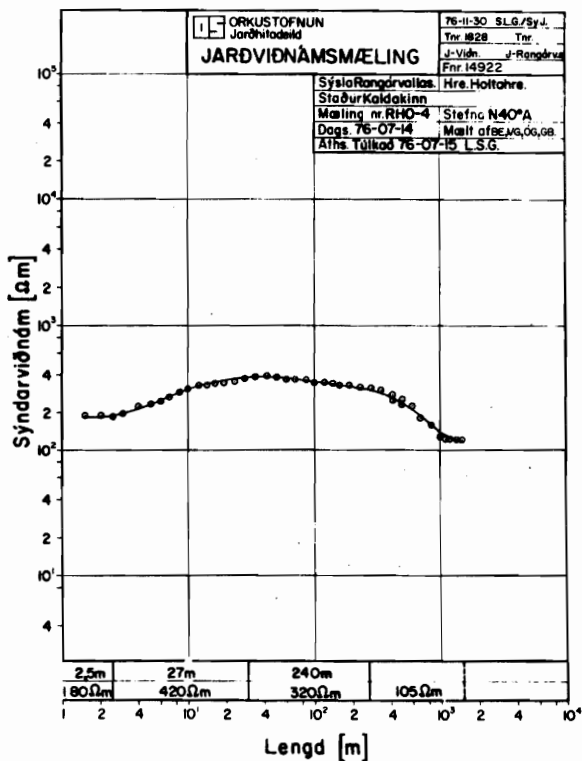
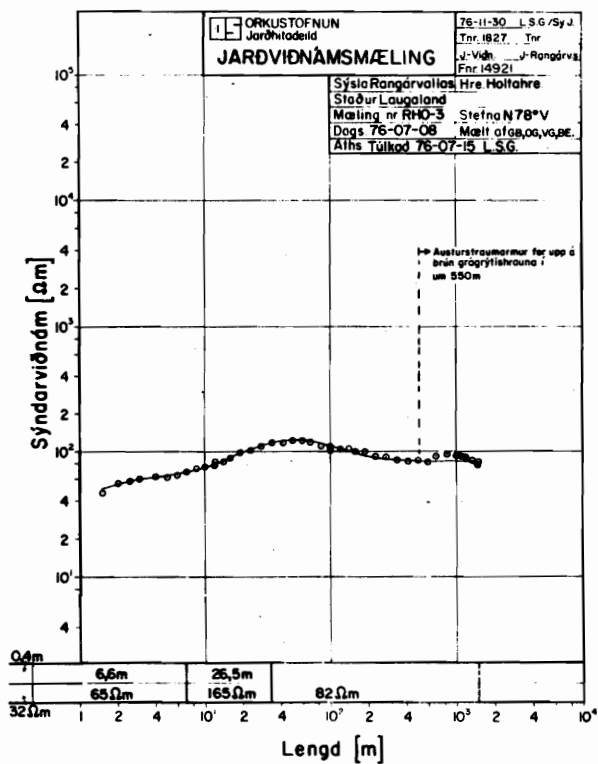
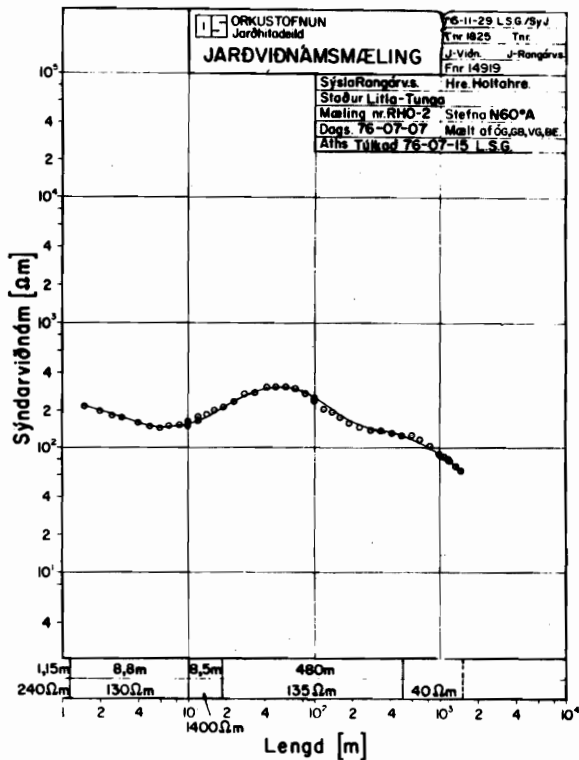
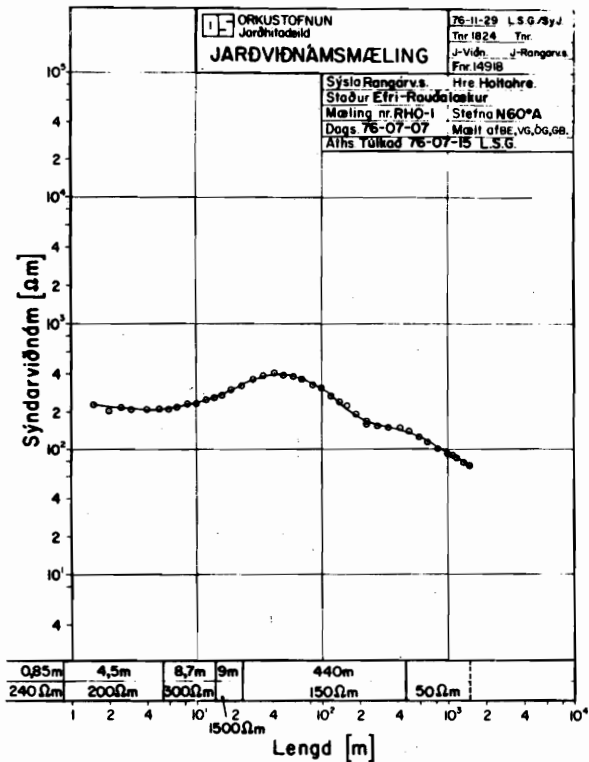
Viðnámstækið er þannig búið að tvö spennuskaut N eru á tækinu og fást því mæliferlar fyrir tvær mismunandi fjarlægðir a. Önnur fjarlægðin er 16" en hin 64". Munurinn á á þessum tveimur mæliferlum felst í því að 16" ferillinn hefur betri upplausn, þ.e. þunn berglög koma þar betur fram en í 64" ferlinum, hins vegar gætir þar einnig verulegra áhrifa frá vatninu í holunni.

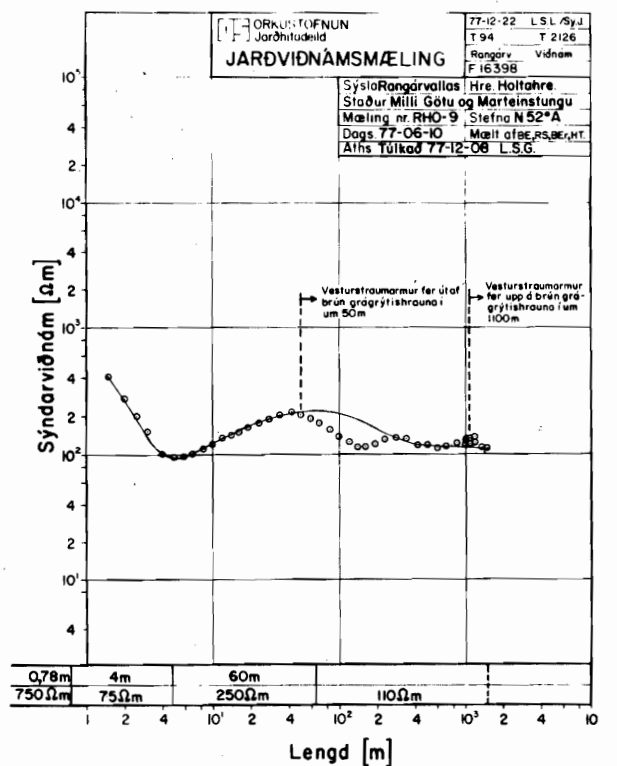
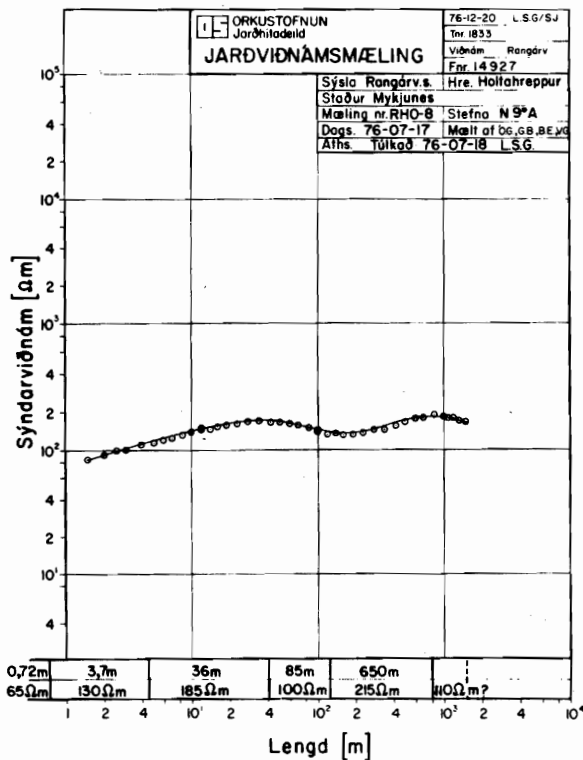
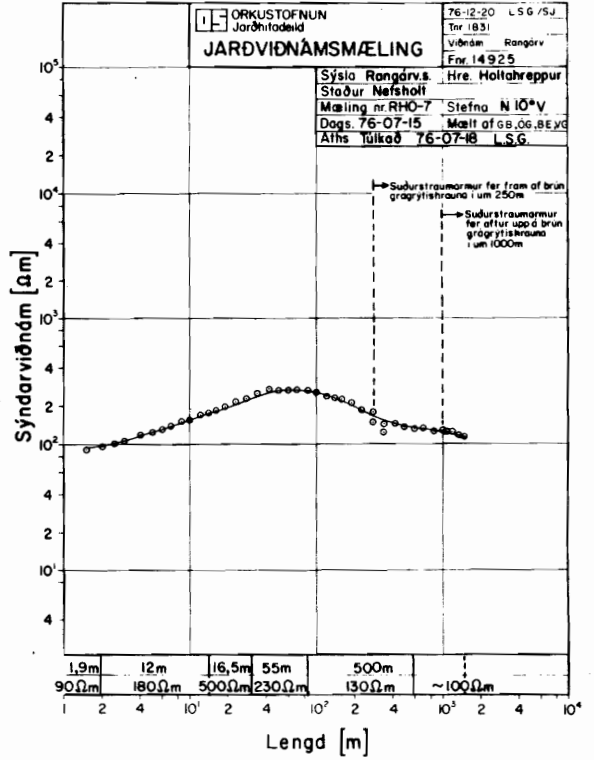
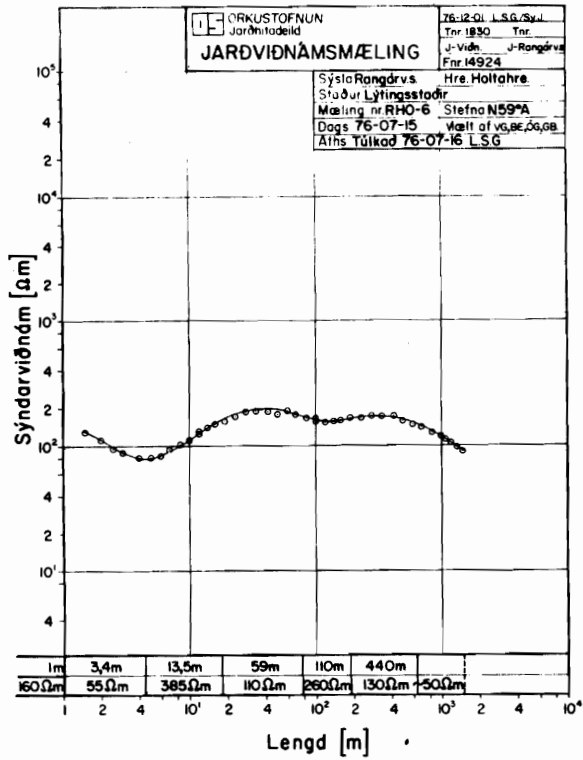
Samhliða viðnámsmælingum má einnig mæla sjálfspennu (SP) með viðnámstækjunum, en það er spennunur á milli vatnsins í borholunni og fasts rafskauts á yfirborði jarðar. Breytileg sjálfspenna orsakast af rafstraumum í borholuvökvanum sem fram koma vegna jónastreymis. Munur á efnasamsetningu borholuveggja kemur oft fram í SP-mælingum, en einnig er hægt að sjá vatnsæðar ef mikið rennur inn í holuna eða út úr henni.

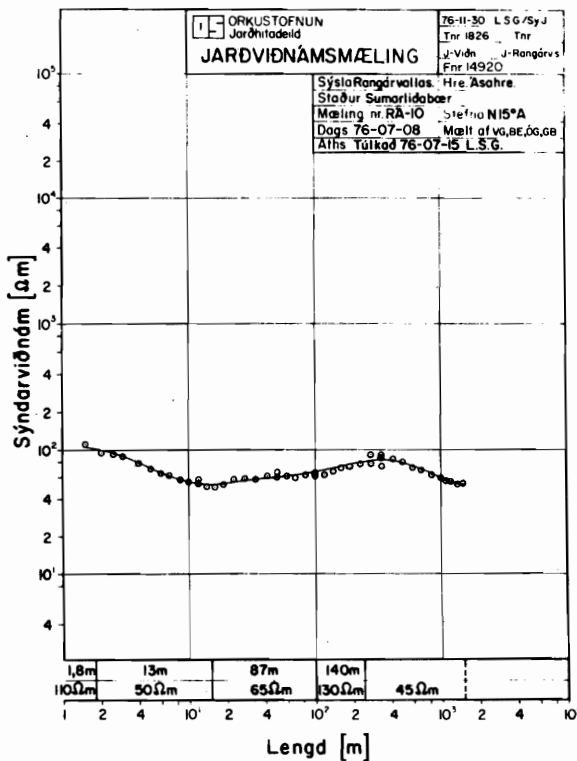
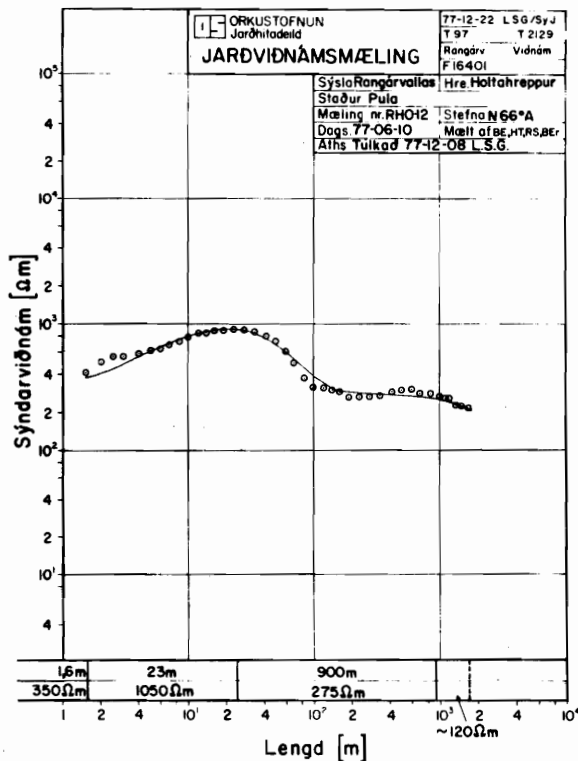
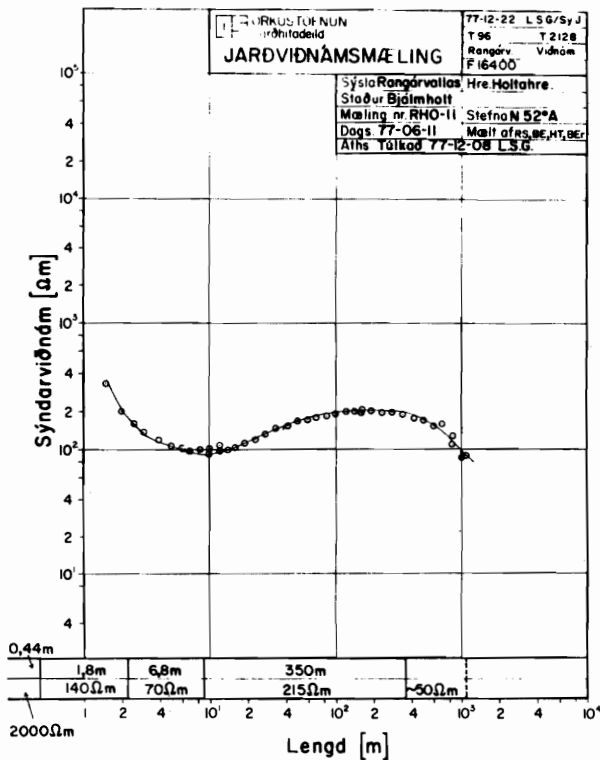
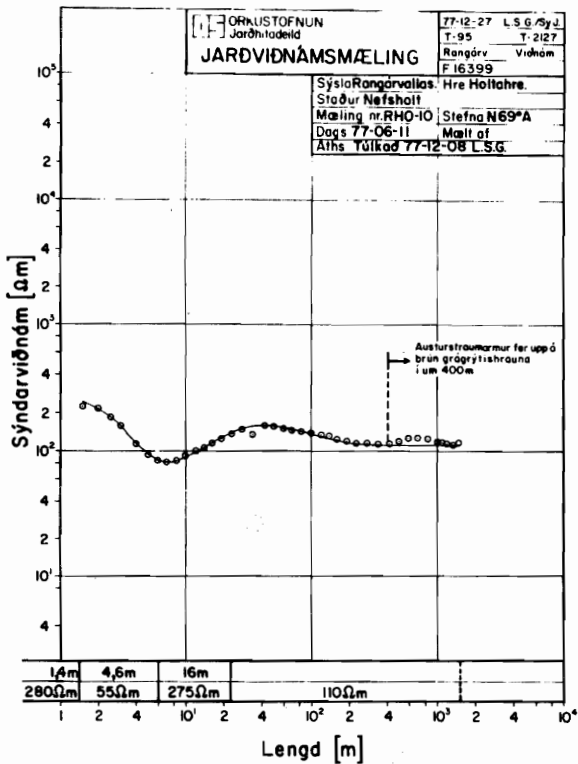
Tafla 4.1.

Staðsetning Schlumberger viðnámsmælinga við Laugaland í Holtum sumarið 1976 og 1977.

Mæling nr.	Breidd	Lengd	Stefna straumarms	Staðarlýsing
RHO 1	⁷⁰ 82.80	⁵ 29.00	N60°A	Sunnan Rauðalækjar við Litlutungu.
RHO 2	84.10	28.20	N60°A	Um 1.5 km norðan Litlutungu.
RHO 3	88.10	28.65	N78°A	Laugaland, 40m norðan borholu 2.
RHO 4	87.80	32.05	N40°A	Kaldakinn, 500 m SV bæjar við Þjóðveg.
RHO 6	87.30	26.40	N59°A	Lýtingsstaðir, 250 m S bæjar.
RHO 7	88.40	28.25	N170°A	Nefsholt, í mýrarsundi 200 m NV bæjar.
RHO 8	90.60	31.55	N9°A	Mykjunes, um 400 m SA bæjar, í túnhorni.
RHO 9	88.25	29.25	N52°A	Milli Götu og Marteinstungu.
RHO 10	87.95	28.10	N69°A	Laugaland, um 500 m V skóla.
RHO 11	86.30	29.20	N52°A	Bjálmholt, um 200 m V Dímons.
RHO 12	89.05	29.40	N66°A	Pula, um 1 km V bæjar, í túni frá Götu.
RÁ 10	87.05	24.45	N15°A	Sumarliðabær, við jarðhita um 800 m NA bæjar.

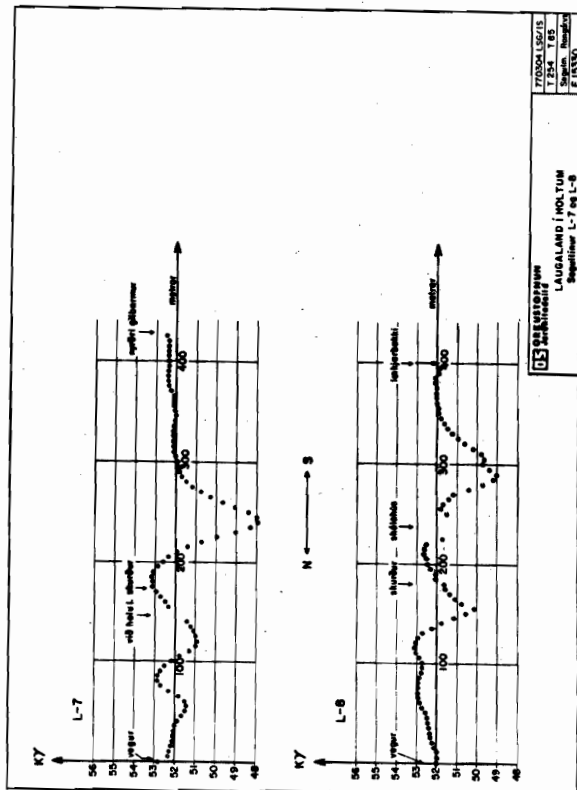
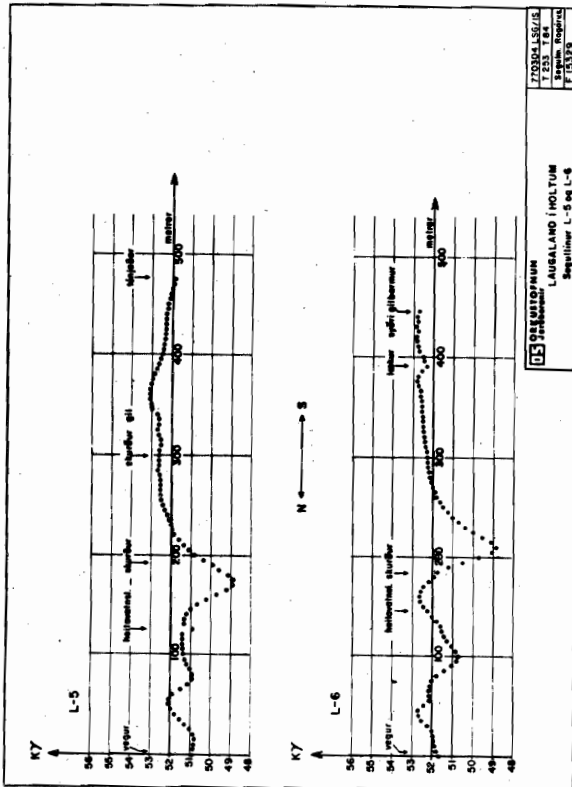
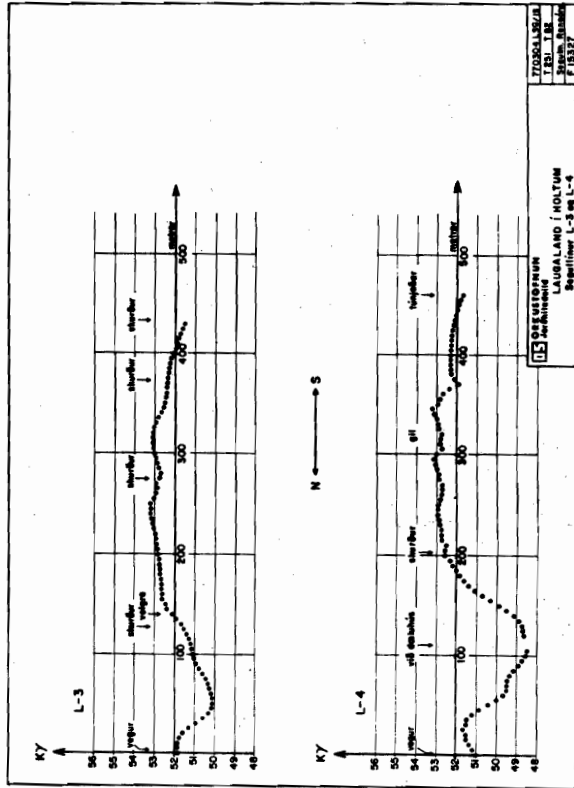
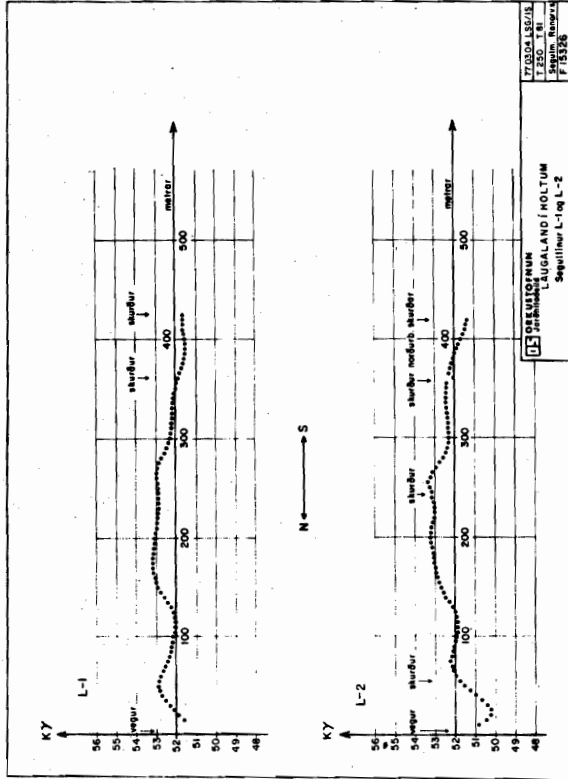


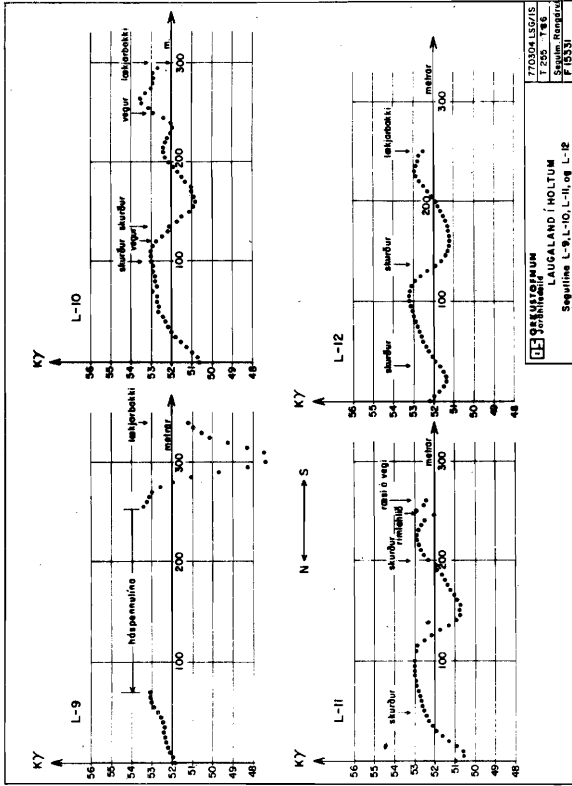




VIÐAUKI 2.

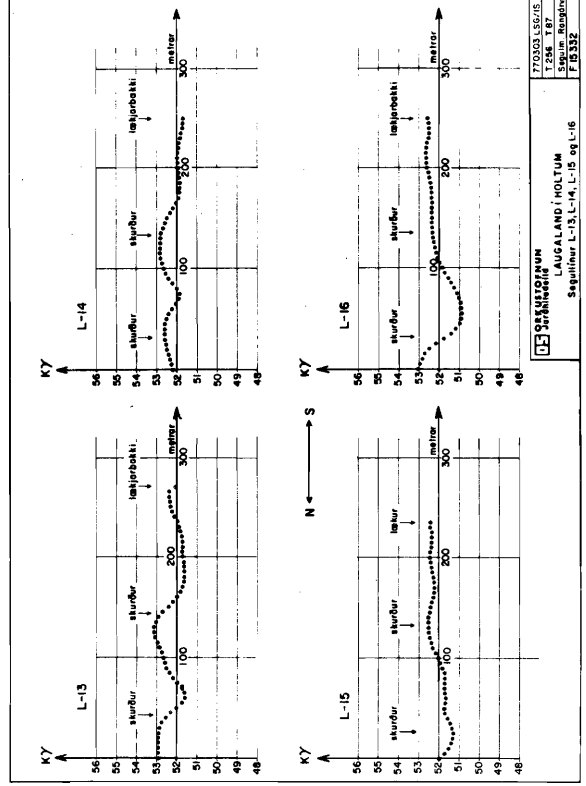
Segulmælingar: Mæliferlar.





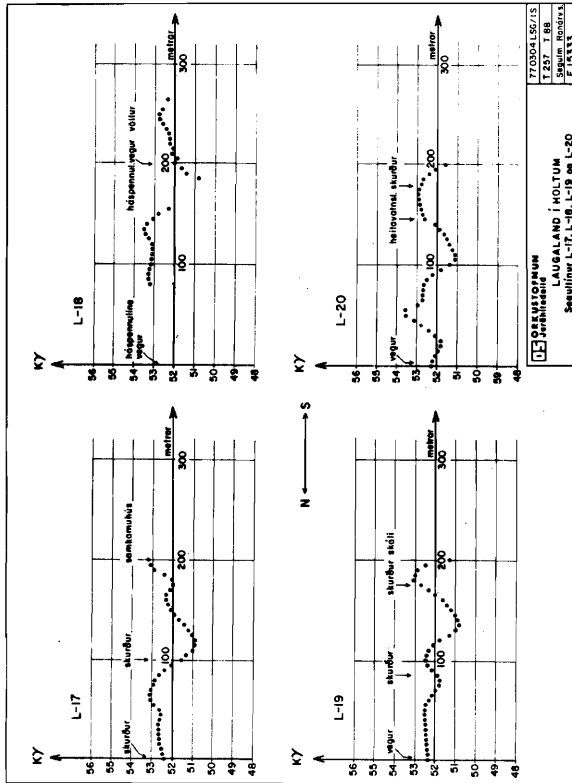
770304 LSG/15
 1298 T 88
 Skjalnúmer
 F 15333

ORASVIÐTÖRUM
 LAUGALAND í HOLTUM
 Segulíne L-9, L-10, L-11, og L-12



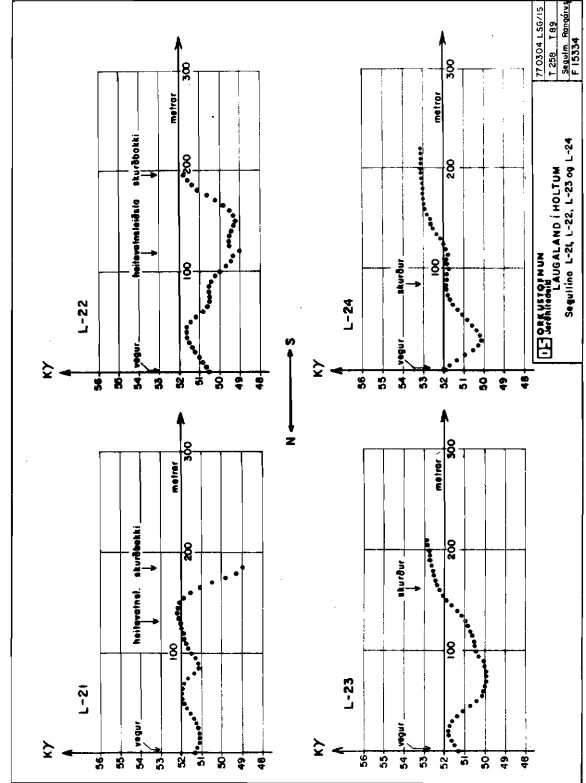
770304 LSG/15
 1298 T 88
 Skjalnúmer
 F 15332

ORASVIÐTÖRUM
 LAUGALAND í HOLTUM
 Segulíne L-13, L-14, L-15 og L-16



770304 LSG/15
 1297 T 88
 Skjalnúmer
 F 15333

ORASVIÐTÖRUM
 LAUGALAND í HOLTUM
 Segulíne L-17, L-18, L-19 og L-20



770304 LSG/15
 1298 T 88
 Skjalnúmer
 F 15334

ORASVIÐTÖRUM
 LAUGALAND í HOLTUM
 Segulíne L-21, L-22, L-23 og L-24

VIÐAUKI 3.

Lýsing jarðlaga í holu 3 og holu 2.

Jarðlög í holu 3.

- 16-34 m Mest fínkorna basalt, einnig setsamlímingur. Á um 20 m dýpi er töluvert af steypubrotkornum.
- 34-100 m Efst er fínkornótt set rauðbakað, þá ummyndað oft glerjað basalt og leirbrotkorn. Töluvert er af sprungufyllingum svo sem kalsíti, analsími, heulandíti og fleiru sem ekki tókst að greina.
- 100-130 m Túffkennt set.
- 130-222 m Basaltlög með millilögum, sem koma vel fram í borhraða og stundum einnig í svarfinu. Þunnsneið nr. 7466, 134 m dýpi. Einsleit brotkorn, fersklegt þóleit basalt. Þunnsneið nr. 7467, 176 m dýpi. Ferskt þóleit basalt með pyroxen dílum. Flóðtextúr nokkuð áberandi.
- 222-226 m Ljósrautt, fínkornótt setlag.
- 226-240 m Þóleit basalt, á um 235 m dýpi er dreif af rauðoxuðum brotkornum.
- 240-280 m Efst og neðst er dreif af rauðum setmolum, en á milli er dílótt þóleit basalt. Þunnsneið nr. 7468, 270 m dýpi. Öll brotkornin eru úr einsleitu talsvert ummynduðu þóleit basalti með plagíóklas og pyroxen dílum.
- 280-288 m Líklega þóleit basalt. Dreif er af skólesíti, analsími og gyrólíti.

- 288-300 m Efst eru brotkorn úr gulrauðu og gráu leir-bornu millilagi, þá taka við gjallkennd brotkorn með hvítum fyllingum. Um mitt lagið er mikið af brotkornum úr þéttu fersklegu þóleit basalti.
- 300-312 m Dökkt mjög fínkorna og þétt basalt, samskonar og fleygast inn í næsta lag fyrir ofan.
- 312-315 m Mikið af rauðum setmolum, óvíst er um þykkt lagsins.
- 315-334 m Fremur dökkt, leirfyllt basalt, líkara ólivín basalti en þóleiti. Á 322-328 m dýpi er fínkornótt fersklegt þóleit basalt. Þunnsneið nr. 7469, 330 m dýpi. Tvær gerðir af brotkornum. Mjög fínkornótt basalt líkt andesíti en flóðtextúr er ekki til staðar. Hin brotkornin eru úr holu- og sprungufylltu, mjög grófkornóttu þóleit basalti. Ófitískur og subófitískur textúr vart til þótt pyroxen kristallarnir séu stórir.
- 334-344 m Að langmestu leyti rauðoxað basalt, nokkuð fínkornótt.
- 344-376 m Misfínkornótt þóleit basalt og oxað gjall.
- 376-394 m Efst eru brotkorn úr rauðu setlagi og oxuðu basalti, en neðar brotkorn úr þóleit basalti.
- 394-444 m Efst er oxað basalt. Á rúmlega 400 m dýpi er mikið af gráu, þéttu og fínkornóttu basalti. Um allt lagið eru stór rauð setbrotkorn, sem erfitt er að staðsetja, og þau gætu allt eins verið flotkorn. Mest er af þóleit basalti.

Vegna þess hve lögin eru lík er ógjörningur að staðsetja einstök lög.

Þunnsneið nr. 7470, 440 m dýpi. Talsverð blöndun mismunandi fínkornótt og ummyndað þóleit basalt og millilags brotkorn.

- 444-508 m Nokkuð gróft svarf. Mikið er af stökum fyllingum á um 444 m dýpi, einkum skólesíti og heulandíti. Basalt brotkornin eru lík og ofar. Lítið er af rauðum setbrotkornum.
- 508-554 m Gróft svarf. Mikið er af stórum rauðum brotkornum á 518-524 m dýpi. Á 524-534 m dýpi eru hvítar holufyllingar svo sem skólesít, heulandít, analsím og fleiri sem ekki tókst að ákvarða. Rauðleitur kargi er á 524 og 544 m dýpi. Þunnsneið nr. 7471, 516 m dýpi. Nokkur blöndun; helmingur brotkornanna er úr zeolítafylltum karga, en hinn helmingurinn er úr fínkornóttu þóleit basalti.
- 554-560 m Nokkuð gróft fersklegt basalt. Þunnsneið nr. 7472, 558 m dýpi. Tiltölulega gróft þóleit basalt, intergranúler textúr.
- 560-590 m Þóleit basalt, á um 574 m dýpi er grófara berg, gæti verið ólivín basalt.
- 590-600 m Einhvers konar grænleit sambreiskja. Þunnsneið 7473, 592 m dýpi. Mest megnis oxað, svo til alveg dökkt basalt, en einnig fínkornótt þóleit með nokkuð reglulega málmkristalla. Brotkorn úr móbergsbreksíu og stöku zeolíta brotkorn.

- 600-632 m Efst er dreif úr sambreiskjunnri fyrir ofan, en neðar er þóleit basalt og dreif af grófkornóttara basalti. Á um 617 m dýpi eru laga-mót.
- 632-636 m Ljósrautt, nokkuð grófkornótt setlag, sem gæti verið talsvert þykkt.
- 636-664 m Efst er gráleitt þóleit, er dökknar þegar neðar dregur. Grófara berg á um 650 m dýpi líklega dólerítgangur. Á um 645 m dýpi er dreif af ljósu súru bergi. Þunnsneið 7474, 646 m dýpi. Fínkornótt þóleit basalt með stökum pyroxen dílum og flóðtextúr. Töluvert er af ljósum súrum molum.
- 664-682 m Móbergsbreksía, víða eru tiltölulega ferskir glerkjarnar. Einnig er dreif af basaltmolum. Þunnsneið 7475, 674 m dýpi. Frauðkennt gler fyllt af zeolítum og leir. Í glermolunum má sjá brot úr fínkornóttu basalti og grófu basalti með ófitískan textúr.
- 682-708 m Nokkur blöndun talsvert grófkornótt basalt.
- 708-728 m Mjög gróft svarf og mikið af breksiulegum brotkornum en einnig eru basalt- og setbrotkorn.
- 728-734 m Gráleitt, þétt þóleit basalt.
- 734-746 m Fremur grófkristallað þóleit basalt. Þunnsneið 7476, 742 m dýpi. Fersklegt þóleit basalt, þó er nokkuð af brúnni ummyndun.

- 746-794 m Líklega grófkornótt þóleit basalt. Blöndun talsverð og því erfitt að aðgreina einstök lög. Á 764-770 m dýpi er þétt gráleitt þóleit basalt.
- 794-840 m Efst er dökkt set en neðar er mismunandi grófkornótt þóleit basalt og einnig ólivín basalt. Talsverð blöndun. Þunnsneið 7477, 810 m dýpi. Mikil blöndun, allt virðist þó vera þóleit basalt. Í nokkrum brotkornanna eru áberandi mjóir plagíóklas listar.
- 840-872 m Mestmegnis þóleit basalt. Mikil blöndun. Á 860 m dýpi eru holufyllingar, svo sem skólesít og heulandít. Rauðbrúnt set er á 870 m dýpi.
- 872-932 m Fremur gróft þóleit basalt og ólivín basalt. Á 900-910 m dýpi er dreif af stórum rauðum setmolum líkast til flotkorn. Þunnsneið 7478, 880 m dýpi. Líkast til ólivín basalt talsvert ummyndað með súbófitískum textúr og talsvert ummyndað og fínkornótt þóleit basalt.
- 932-944 m Dólerít; við efri mörk þess finnast ljósar holufyllingar svo sem skólesít, kalsít og kvars. Þunnsneið 7479, 940 m dýpi. Engan veginn alveg víst, að hér sé um dólerít að ræða, en ferskir ólivín kristallar benda til að svo sé.

- 944-988 m Í efstu 4 m er þétt, fínkornótt ummyndað þóleit basalt, en neðar er meiri blöndun. Ólivín basalt gæti verið neðst. Steypa er mikil í svarfinu á 975-980 m dýpi. Þunnsneið 7480, 970 m dýpi. Nokkrir molar úr ólivín basalti, en mest er af ummynduðu þóleit basalti.
- 988-1022 m Efst er dreif af rauðum setbrotkornum, en neðar er frekar grófkornótt basalt, líklega ólivín basalt.
- 1022-1066 m Rauð setbrotkorn, þá grátt þétt fínkornótt þóleit basalt. Stór rauð setkorn eru á 1050 og 1060 m dýpi. Þarna þurfa ekki að vera millilög því molarnir gætu verið flotkorn.
- 1066-1080 m Gróft berg sem gæti verið ólivín basalt eða dólerít.
- 1080-1182 m Blanda af mismunandi grófu þóleit basalti; einkum er gróft basalt á um 1130 m dýpi. Oxað gjall er á 1180 m dýpi. Bergið virðist sprungið á 1150 m dýpi.
- 1182-1214 m Nokkuð fínkornótt þóleit basalt.
- 1214-1308 m Fremur fínkornótt þóleit basalt. Sprungufyllingar eru í basaltinu á 1220 m dýpi. Víða koma fyrir rauðir gjallmolar.

Jarðlög í holu 2.

Svarf úr borholu 2 við Laugaland í Holtum, sem er 206 m djúp, hefur ekki verið greint, en í skýrslu bormanna er tilgreindur litur á skoli og borhraði. Í efstu 250 m í holu 3 var borhraði mjög mikill, þrátt fyrir að þar séu basalhraunlög. Algengt er að borhraðinn, efst í holunum í Mosfellssveit, sé tiltölulega óháður því í hvaða jarðlög sé borað (skv. munnlegum upplýsingum frá Jens Tómassyni). Á 100-130 m dýpi í borholu 3 er móbergsset. Líklegt er að það sé einnig til staðar á sama dýpi í borholu 2, þótt það sé ekki víst. Rautt skol er fyrst skráð í skýrslu bormanna á um 150 m dýpi, en í borholu 3 fundust rauð setlög dreift frá yfirborði.

