



ORKUSTOFNUN
Jarðhitadeild

JARÐHITAATHUGUN VIÐ REYKI Á SKEIÐUM

Haukur Jóhannesson
Guðmundur Ingi Haraldsson
Einar Gunnlaugsson

OS79031/JHD14

Reykjavík, júlí 1979

JARÐHITAATHUGUN VIÐ REYKI Á SKEIÐUM

Haukur Jóhannesson
Guðmundur Ingi Haraldsson
Einar Gunnlaugsson

OS79031/JHD14
Reykjavík, júlí 1979

EFNISYFIRLIT

	Bls.
Skrá yfir töflur	2
Skrá yfir myndir	2
Skrá yfir viðauka	2
Ágrip	3
1 Inngangur	4
2 Jarðfræði	4
3 Jarðhiti og fyrri boranir	5
4 Segulmælingar	6
5 Efnifræði heita vatnsins	6
6 Niðurstöður og staðsetning borholu	8
Heimildaskrá	9
Myndir	10
Viðauki	14

TÖFLUR

1 Efnagreiningar á heitu vatni	7
--------------------------------------	---

MYNDIR

1 Afstöðumynd	11
2 Hitamælingar í borholum	12
3 Segulmælingar	13

VIÐAUKI

Segulmælingar	14
---------------------	----

ÁGRIP

Greint er frá niðurstöðum jarðhitaathugunar við Reyki á Skeiðum. Jarðlögin í nágrenni við Reyki á Skeiðum eru 2-2,5 milljón ára gömul og orðin þétt af útfellingum. Streymi heits vatns í berggrunninum er því bundið við misgengi og/eða sprungur. Tvær misgengisstefnur eru ráðandi á ofanverðu suðurlandsundirlendi, N-S og N60°A. Yfirborðsjarðhitinn við Reyki virðist tengdur misgengi með austlæga stefnu sem er að öllum líkindum nær lóðrétt. Við boranir 1947 fengust 2,5 l/s af nær 70°C heitu vatni sem hefur farið minnkandi síðan. Efnahitamælar gefa til kynna að við borun megi fá allt að 80°C heitt vatn. Við núverandi aðstæður er nægt vatnsmagn til staðar en ef af borun verður er lagt til að boruð verði 100-200 m djúp hola nærri holu 2.

1 INNGANGUR

Ábúendur jarðanna Reykja, Reykjahlíðar og Reykhóls í Skeiðahreppi óskuðu, í bréfi dagsettu 15. janúar 1978, eftir jarðhitarannsókn og staðsetningu borholu í landi þeirra. Athuginin var gerð á öndverðu ári 1978 og sumarið 1979. Hún fólst einkum í könnun á höggun svæðisins, segulmælingum og úttekt á efnafræði heita vatnsins.

2 JARÐFRÆÐI

Sáralítið er vitað um jarðfræði svæðisins umhverfis Reyki enda er berggrunnurinn nær alls staðar hulinn þykkum lausum setlögum eða nútímahraunum. Berggrunnurinn stendur þó upp úr í holtunum. Jarðlögin eru um 2-2,5 milljón ára gömul og skiptast á hraunlög mynduð á hlýskeiðum ísaldar og móberg og bólstraberg frá jökulskeiðum. Jarðlögin eru orðin þétt af útfellingum og streymi vatns um berggrunninn er bundið við sprungur og misgengi sem hreyfst hafa tiltölulega nýlega.

Í Reykhól sést eingöngu móberg og móbergsbreksía og því er hvorki hægt að mæla þar strik né halla jarðlaga. Sé tekið mið af svæðum í grenndinni mun strikið vera nærri $N45^{\circ}A$ og halli til norðvesturs. Norðan Reykja er hallinn nokkuð mikill, $10-20^{\circ}$ til NV, en sunnar $4-6^{\circ}$ til NV. Því má ætla að hallinn við Reyki sé á bilinu 5° til 10° til NV. Á suðurlandsundirlendinu er jarðhiti yfirleitt tengdur sprungum eða misgengjum. Misgengin á ofanverðu undirlendinu hafa myndast við skerhreyfingar þær sem orsaka stóru suðurlandsjarðskjálftana. Spennusvið sem valda skerhreyfingu leiða af sér tvær misgengisstefnur, önnur er N-S og hin er $N60^{\circ}A$. Slík misgengi eru mjög algeng í Hreppunum.

Í holu sem boruð var sunnan við gömlu laugina að Reykjum var farið í gegnum hraunlög niður á 100 m dýpi en í holu norðan við laugina var borað 30 m í gegnum jarðlög sem samkvæmt lýsingum heimamanna gætu verið móberg. Sé þetta rétt þá liggur misgengi á milli holanna og er það í samræmi við niðurstöður segulmælinganna eins og seinna verður vikið að. Misgengi þetta stefnir austur-vestur og liggur sunnan undir Reykjahólnum og virðist laugin koma upp við það (mynd 1). Þessi stefna er fremur óvanaleg en ekki einsdæmi. Líklega eru slík misgengi hluti af $N60^{\circ}A$ misgengjakerfinu.

N-S misgengin hafa sum hver hreyfst í stóru suðurlandsskjálftunum en ekki er vitað til að norðaustlægu eða austlægu misgengin hafi hreyfst þó telja verði það líklegt þar sem verulegar breytingar verða oft á hverum og laugum þeim tengdum í skjálftunum.

Um halla misgengisins við Reyki er ekkert vitað en líklegt er að það sé nærri lóðrétt. Telja má víst að því halli ekki til suðurs því hola 1, sem er nálægt misgenginu, sker það ekki. Því verður erfitt að hitta misgengið með borun.

Austan við Reykhólsbæinn er tveggja metra þykkur gangur sem hefur svipaða stefnu og misgengið. Honum hallar til suðurs.

3 JARÐHITI OG FYRRI BORANIR

Við Reyki var ein laug, um 70 m suðaustan við Reykjabæinn. Hún kom upp í móbergi eða móhellu og mun hafa verið 62°C heit samkvæmt mælingum sem gerðar voru fyrir seinna stríð. Árið 1944 mældist laugin 59°C heit og var þá talið að hún hefði áður mælst allt að 68°C heit. Vatnið kom að sögn upp um tvö augu á norðaustlægri sprungu. Rennsli úr lauginni var mælt árið 1944 0,17 l/s. Töluvert bólustreymi mun hafa verið í lauginni. Í jarðskjálftunum 1896 hvarf laugin um tíma en kom aftur og þá vatnsmeiri en fyrir. Í jarðskjálftum verður vatn í lauginni mjólkurlitað. Augljóst er að laugin er tengd A-V misgengi því sem áður er getið. Í túninu suðvestur af lauginni er allnokkurt svæði þar sem klaki fer ekki djúpt í jörð. Nokkru vestan við bæjarhúsin, norðan undir holtinu, var móbergsklöpp sem bræddi af sér og stefnir gangurinn austan við bæina á hana. Ekki hefur orðið vart við þessa afbræðslu síðan jarðvegi var rutt yfir klöppina.

Árið 1947 boraði Ólafur L. Jóhannsson tvær holur við Reyki. Fyrri holan (hola 1) er um 12 m suðsuðvestan við laugina. Hún varð um 100 m djúp en ekkert vatn fékkst úr henni. Borað var í gegnum hraunlög að því er best verður séð. Seinni holan (hola 2) er u.þ.b. 5 m norður frá lauginni og varð hún 30 m djúp. Í upphafi munu hafa fengist úr henni um 2,5 l/s af nær 70°C heitu vatni, en árið 1967 var sjálfrennslið komið niður í 1,2 l/s og eftir jarðskjálfta, sem fylgdi Heklugosinu 1970, hætti sjálfrennsli að mestu. Nú rennur ekki upp úr holunni nema eftir

miklar rigningar. Nú er dælt úr holunni með sogdælu og fást um 1,24 l/s með 75 cm niðurdrætti af 69°C heitu vatni. Seinni holan mun hafa verið boruð í móberg og kom vatn í hana í 15 og 30 m að sögn heimamanna. Samkvæmt hitamælingu (Mynd 2) virtist mest allt vatnið koma inn í botni holunnar. Við þessa borun mun vatnið í lauginni hafa horfið að mestu.

4 SEGULMÆLINGAR

Segulmælingar voru gerðar að Reykjum 20. janúar 1978 og var þá mælt umhverfis borholurnar og vestur fyrir bæina. Þann 6. júní 1979 var svo aukið við mælingarnar og mælt suður og austur fyrir bæina. Tilgangur segulmælinganna var að finna hvort tengja má jarðhitann einhverri missmíð í jarðlögnum. Um eðli segulmælinga og gildi þeirra í jarðhitaleit er fjallað lauslega í viðauka.

Mældar voru 14 mælilínur, alls 2,8 km að lengd. Mælt var með 5 m millibili á hverri línu en 20 m hafðir milli mælilína. Mælt var með róteindasegulumæli og neminn hafður í 2,5 m hæð yfir jörðu. Stefna mælilína var N156°A. Lega þeirra sýnd á mynd 2.

Niðurstöður segulmælinganna eru sýndar sem segulkort á mynd 3. Greinilegt línulegt frávík með austlæga stefnu kemur fram í segulmælingunum vestan við borholurnar og laugina. Óljóst er hvort frávikið er við borholurnar og austan þeirra en hugsanlegt er að það liggja milli holu 1 og laugarinnar og svo austur um vélageymslu Reykjahlíðarbónða. Verið getur að frávikið sveigi og fái norðlægari stefnu á austanverðu mælisvæðinu.

Þar sem frávikið er greinilegast, vestan til á svæðinu, virðist það stafa af misgengi í berggrunnum.

5 EFNAFRÆÐI HEITA VATNSINS

Í töflu 1 eru sýndar þær efnagreiningar á heitu vatni sem til eru frá Reykjum á Skeiðum.

TAFLA 1

Efnagreiningar á heitu vatni frá Reykjum á Skeiðum.

Dagsetning	21-09-1949	10-10-1950		17-02-1975
Nr. sýnis	JBR	JBR	SA-W-249	750027
°C	66		69	
pH/°C	9.28/	9.37/	9.0/69	9.62/20
Ωm	52.6	54.1		
SiO ₂	60.0	62.0	78.0	72.0
Na			96.2	
K			2.3	
Ca			8.2	
Mg			0.03	
CO ₂			18.4	6.1
SO ₄	57.0	48.0	64.5	
H ₂ S			0.5	0.37
Cl	101.0	98.0	102.2	
F	2.8	2.5	2.8	
Uppl. efni			364	

Efnahitamælar				
Kalsedonhiti °C	76	77		82
Na-K-Ca-hiti °C			70	

Út frá magni uppleystra efna í vatninu má reikna út það hitastig sem vatnið hefur náð í djúpkerfinu. Uppleysanleiki sumra efna eins og kísils (SiO_2), natríums (Na), kalíums (K) og kalsíums (Ca) breytist með hitastigi, og getur magn þessara efna í vatni sagt til um við hvaða hitastig vatnið er í jafnvægi. Magn kísils í vatninu stjórnast af uppleysanleika kísilsteinanna kalsedóns og kvars. Uppleysanleiki þeirra breytist með hitastigi. Jafnvægi við kalsedon ríkir ef hitinn er undir 170°C en við kvars við hærri hitastig. Alkalíhitinn stjórnast aftur á móti af jónaskiptajafnvægjum milli alkalímálma (Na, K, Ca) í vatni og bergi. Um þessi jónaskiptajafnvægi er tiltölulega lítið vitað. Samband alkalímálma við hitastig í vatni hefur verið fundið út frá þekktum hitastigsgildum. Vegna þessa eru upplýsingar sem alkalíhitamælirinn gefur takmarkaðri en þær sem fást með kísilhitamælinum.

Í neðri hluta töflunnar eru gefin upp útreiknuð gildi fyrir helstu efnahitamælana. Í ljós kemur að kalsedónhiti er um 82°C fyrir Reyki. Alkalíhitamælirinn gefur aftur á móti nokkru lægra hitastig. Reynslan sýnir að kalsedónhitamælirinn sýnir yfirleitt lágmarkshita.

6 NIÐURSTÖÐUR OG STAÐSETNING BORHOLU

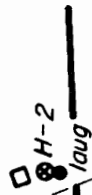
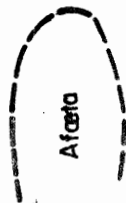
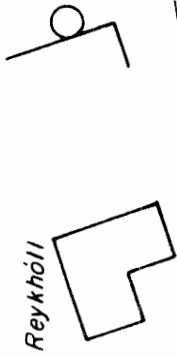
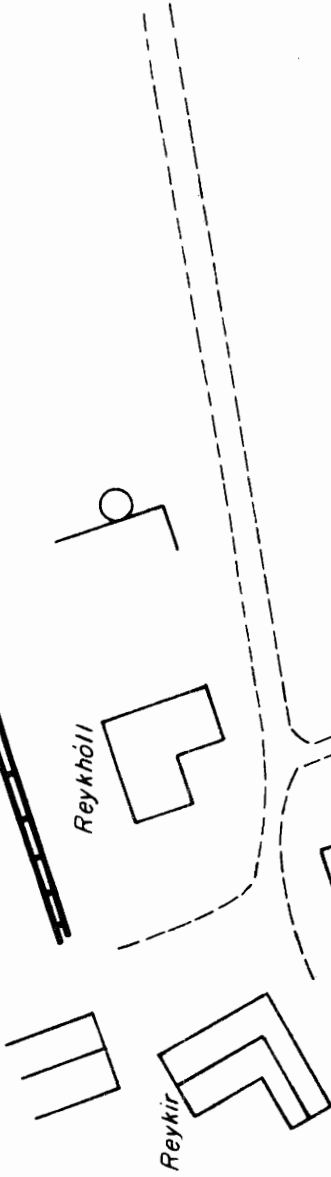
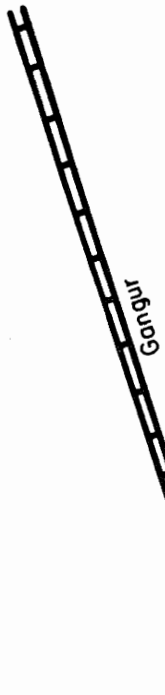
Jarðlögin við Reyki á Skeiðum eru 2-2,5 milljónir ára og orðin þétt af útfellingum. Jarðhitinn við Reyki virðist tengdur misgengi með austlæga stefnu sem liggur sunnan undir Reykjahól. Jarðlögin sunnan misgengisins virðast vera þétt og lítt vatnsgeng hraunlög, en norðan þess er móberg sem virðist aftur á móti vera vatnsgæft næst misgenginu. Misgengið er að öllum líkindum nær lóðrétt og getur því verið erfitt að skera það með borun.

Þar sem misgengið virðist vera nærri lóðrétt er heppilegast að bora nærri lauginni í þeirri von að vera sem næst misgenginu, en þó norðan við það þar sem jarðlög virðast vera vatnsgæfari. Við núverandi aðstæður er nægilegt vatnsmagn fáanlegt úr holu 2 en ef til borunar kemur er lagt til að nýrri holu verði valinn staður við holu 2. 100 til 200 m djúp hola ætti að nægja. Búast má við allt að 80°C hita í djúpkerfinu.

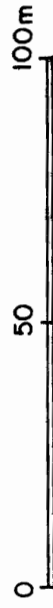
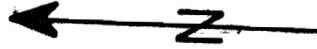
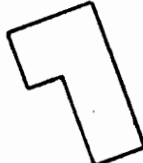
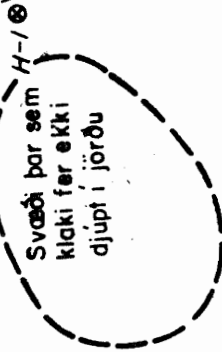
HEIMILDASKRÁ

- Barth, T.F.W., 1950: Volcanic geology, hot springs and geysers of Iceland. Carnegie Institution of Washington, Washington, 174 s.
- Haukur Jóhannesson, Einar Gunnlaugsson, Lúðvík S. Georgsson, 1979: Jarðhitaathugun í nágrenni Þingborgar og Hraungerðis í Hraungerðishreppi. Skýrsla Jarðhitadeildar Orkustofnunar, OS79001/JHD01, 27 s.
- Ingvar Birgir Friðleifsson, Valgarður Stefánsson, Guðmundur Ingi Haraldsson, Björn Jóhann Björnsson og Rúnar Sigfússon, 1976: Framvinduskýrsla um heildarkönnun á jarðhitalíkum í Gnúpverjahreppi. Skýrsla Jarðhitadeildar Orkustofnunar, OS JHD 7632, 12 s.
- Kristján Sæmundsson, 1970: Jarðhiti á Suðurlandsundirlendi og nýting hans. Suðri 2. s. 101-160.
- Kristján Sæmundsson, 1978: Fissure swarms and central volcanoes of the neovolcanic zones of Iceland. Geol. Journ. Special Issue No 10, s. 415-432.
- Rannsóknaráð ríkisins, 1944: Jarðhiti á Íslandi I, Alkalísk jarðhitasvæði. Handrit.
- Sonder, R.A., 1941: Studien über heißen Quellen und Tektonik in Island. Kommission Verlag von Guggenbühl und Huber, Schweizer-Spiegel Verlag. 132 s.
- Auk þess var stuðst við upplýsingar frá Ingvari og Bjarna Þórðarsonum á Reykjum.

MYNDIR



Misgengi



Mynd 1



ORKUSTOFNUN
Jörðfræðileid

REYKIR Á SKEIÐUM
AFSTÖÐUMYND

'79.07.10

HJ/AA

Skeið

F 18546



Hitamælingar í borholum.

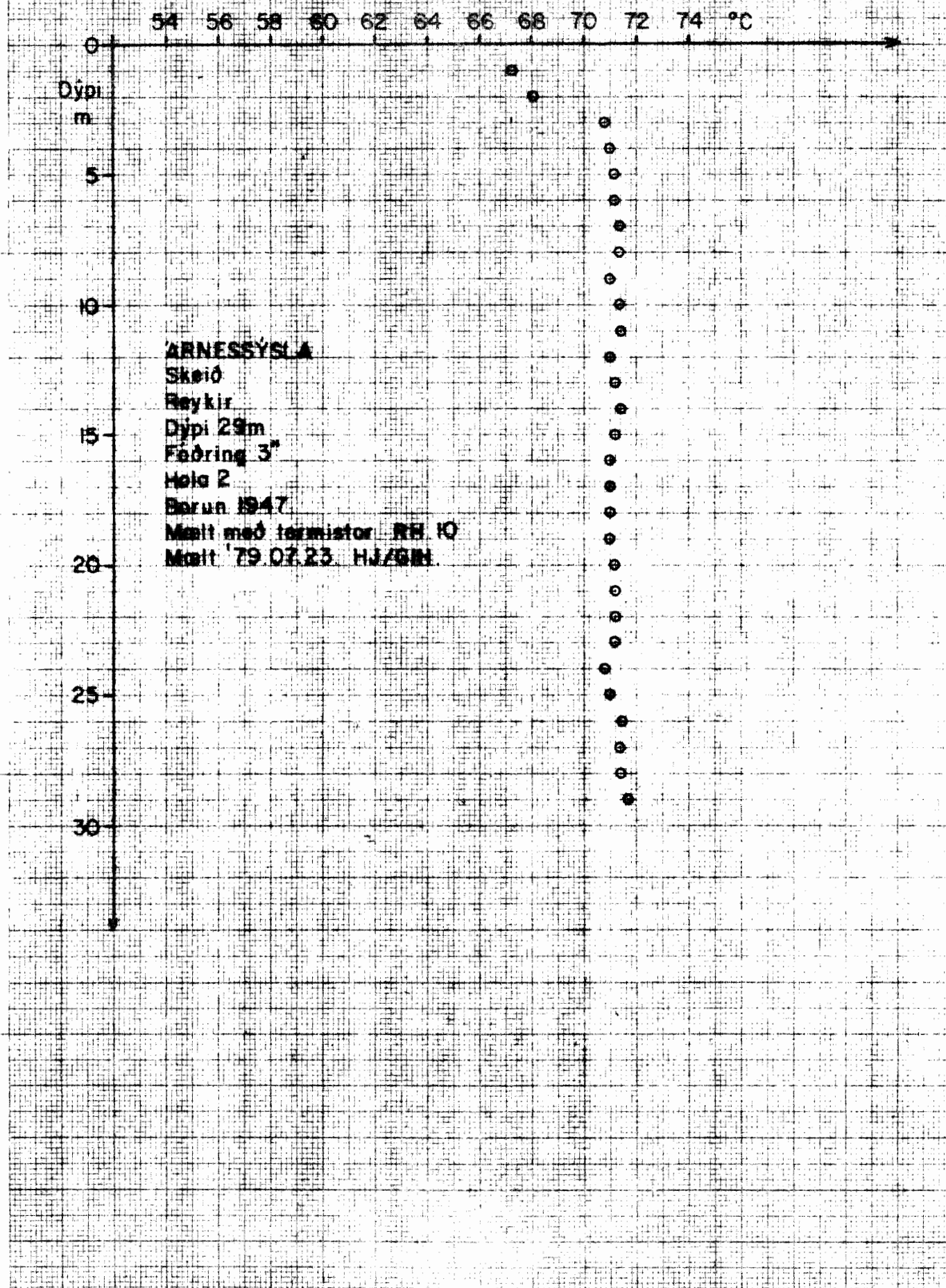
'79.07.24.

HJ/IB

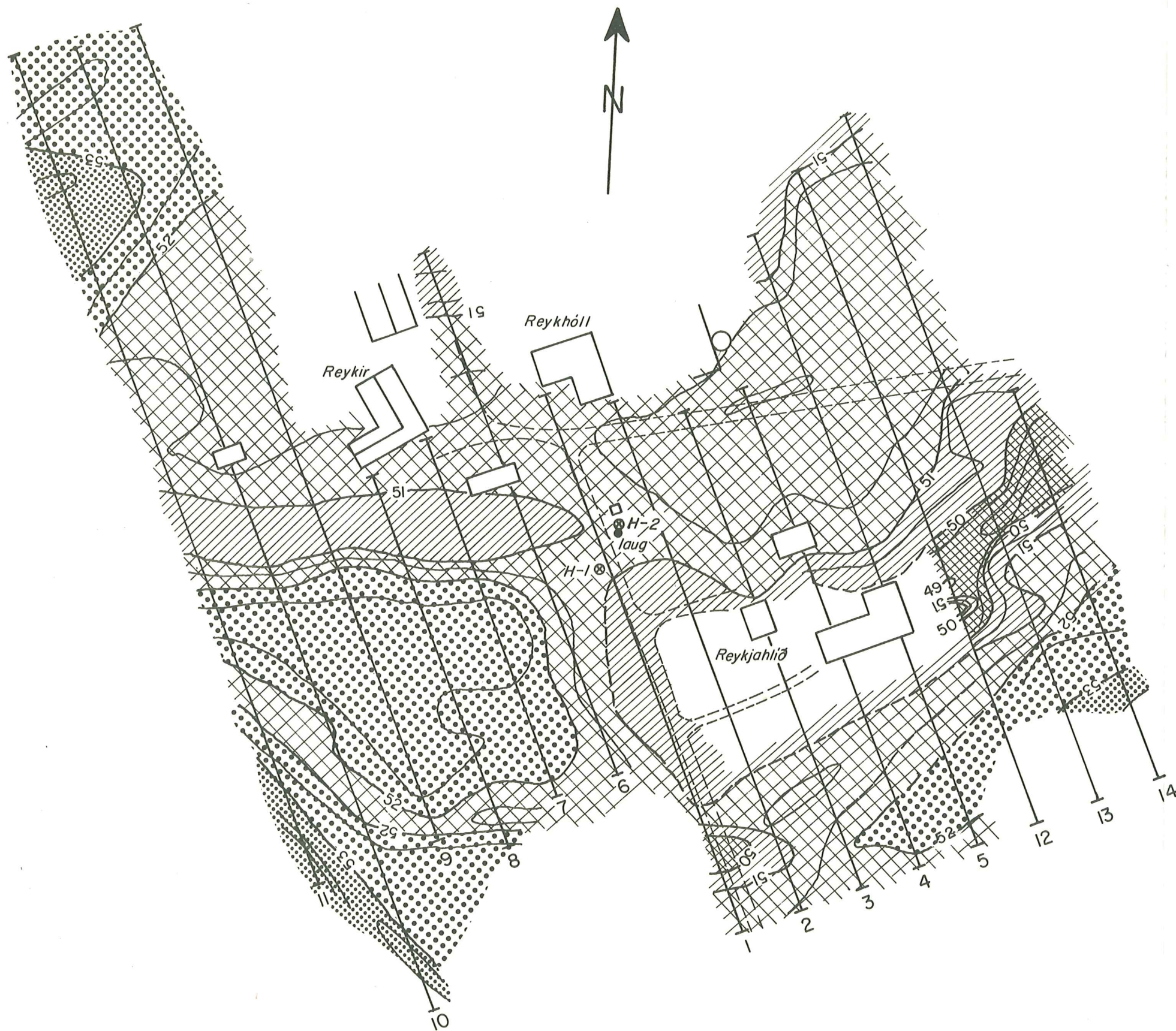
Skeið. Hitam.

F 18568






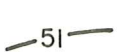





Mynd 2.

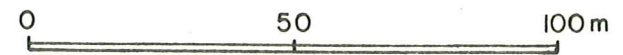


ARNESSÝSLA
 Skeið
 Reykir
 Dýpi 29m
 Feðring 3"
 Hóla 2
 Borun 1947
 Mælt með termistor RH 10
 Mælt '79.07.23. HJ/IBH.



SKÝRINGAR

-  54 kγ
-  53 kγ
-  52 kγ
-  51 kγ
-  50 kγ
-  49 kγ
-  Jafnsegullína, 51 kγ
-  Jafnsegullína
-  Mæliína
-  Borhola I
-  Laug



Mynd 3

ORKUSTOFNUN		
REYKIR Á SKEIÐUM SEGULKORT		
'79.07.10	GIH / AA	F18545
	Skeið. Segulm.	

VIĐAUKI



Segulmælingar

1978-06-20

SEGULMÆLINGAR

Inngangur

Segulmælingar hafa mikið verið notaðar hér á landi við að kortleggja misfellur í berggrunni, sem eru huldar lausum yfirborðslögum, t.d. árframburði, skriðum og jarðvegi. Slíkar misfellur eru t.d. gangar, misgengi, sprungur og hraunjaðrar. Mælingarnar eru mjög fljótgerðar og fremur ódýrar.

Eðli segulmælinga

Hraunkvika sem storknar í segulsviði jarðar, segulmagnast oftast varanlega. Segulmögnum hraunsins verður samsíða stefnu jarðsviðsins þegar kvikan storknar. Styrkur segulsviðs frá hrauninu er háður styrk jarðsviðsins og magni segulmagnanlegra steintegunda í kvikunni. Segulsvið jarðar er stöðugum breytingum undirorpið og hefur margsinnis breytt um stefnu og styrk á síðustu milljónum ára. Markverðasta breytingin er þegar stefna sviðsins snýst alveg við en slíkt gerist með óreglulegu millibili. Áætlað er a.m.k. 60 slíkar kollsteypur hafi orðið á segulsviði jarðar á síðustu 20 milljónum ára þ.e. á þeim tíma er Ísland hefur verið að hlaðast upp.

Talað er um rétta segulstefnu þegar segulnorðurpóllinn er nærri landfræðilega suðurskautinu og um öfuga stefnu þegar segulnorðurpóllinn er nærri landfræðilega norðurskautinu. Núverandi segulstefna er rétt og hér á landi er hún hallandi niður til norðurs um 75° frá láréttu og 24° til vesturs frá réttvisandi norðri. Breytingarnar á segulsviðinu valda því að hraunlög frá mismunandi jarðsögulegum tíma eru yfirleitt ekki eins segulmögnuð. Með því að mæla segulstefnuna í hraunum má oft ákvarða aldur þeirra. Mæling á segulstyrk gerir oft kleift að greina í sundur jarðmyndanir sem ekki verða aðgreindar á annan hátt.

Notagildi

Segulmælingar hafa mest verið notaðar hér á landi við að leita uppi og kortleggja bergganga, misgengi og sprungur. Þær hafa gefist einkar vel við kortlagningu bergganga og innskotslaga í grénnd við jarðhitasvæði á blágrýttissvæðum landsins. Innskot myndast er hraunkvika treðst upp um sprungur og misgengi eða á milli hraunlaga og storknar þar. Innskot myndast því seinna en bergið umhverfis og eru því oft öðruvísi segulmögnuð. Sá hluti innskota sem storknað hefur í sprungum nefnist berggangar. Þeir eru vanalega hornrétt á aðliggjandi jarðlög. Sé segulsvið mælt yfir berggengi kemur venjulega fram frávik frá ótrufluðu jarð-

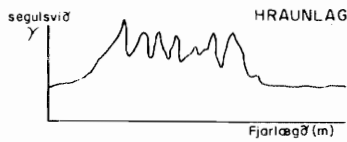
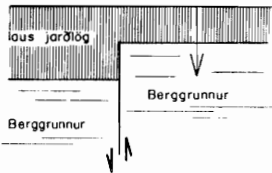
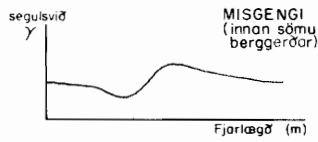
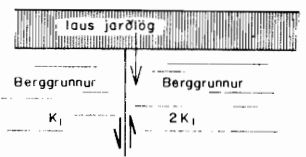
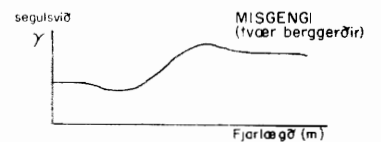
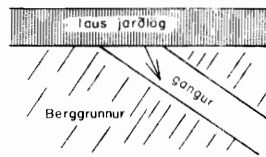
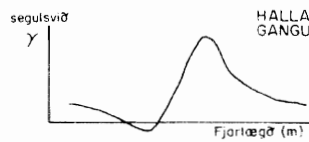
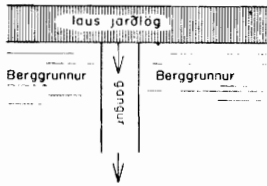
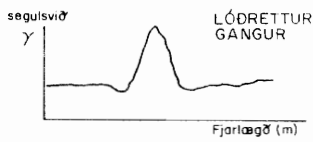
sviði. Frávikíð er jákvætt yfir rétt segulmögnumgangi, þ.e. þar mælist sterkara segulsvið en neikvætt yfir öfugt segulmögnumgangi, þ.e. veikara segulsvið.

Mynd 1. Sýnir áhrif ýmissa bergmyndana á segulsviðið. Að gefnum ákveðnum forsendum er unnt að reikna út lögum og dýpi þeirra myndana er valda mældu staðbundnu frávik í heildarsviðinu. Nákvæmni í staðsetningu þeirra bergmyndana er valda frávik er að mestu háð þykkt yfirborðslaganna, gerð og halla myndanna, halla segulsviðsins og þéttleika mælinganna. Best er að staðsetja lóréttta bergganga. Yfirleitt er hægt að staðsetja þá með 2 m óvissu undir 4 m þykkum yfirborðslögum. Hallandi ganga og misgengi er mun erfiðara að staðsetja en óvissumörkin eru þó yfirleitt talin vera innan við 20 m undir 4 m þykkum yfirborðslögum.

Stundum eru staðbundin áhrif frá jarðmyndunum það veik að þau valda ekki marktæku segulfrávik. Segulmælingar gagna að sjálfsögðu ekki þar, við að greina í sundur jarðmyndanir sem eru huldar lausum yfirborðslögum.

Mæliaóferð og mannaflí

Segulmælingar eru oftast gerðar með segulmæli sem mælir heildarstyrk sviðsins (prótónusegulmælir). Mælt er í um það bil 2,5-4 m hæð yfir jörðu eftir ákveðnum línunum eða í neti. Fjarlægð á milli lína eða punkta í neti fer eftir því hve örar breytingar verða á segulsviðinu og þeirri nákvæmni og upplausn sem krafist er í hvert skipti. Við kortlagningu ganga er oftast mælt eftir beinum línunum og eru 20-30 m á milli mællína en 5 m á milli punkta á hverri línu. Netið er lagt út með hornamælingum og mælisúr-um áður en segulmælingarnar hefjast. Tveir menn framkvæma segulmælingar og lætur nærri að þeir komist yfir um 3-4 km á dag en það er þó mjög háð aðstæðum. Niðurstöður eru venjulega birtar á korti með jafnsviðslínunum og helstu kennileitum, sbr. mynd 2. Jafnsviðslínur sýna því styrk segulsviðsins á svipaðan hátt og hæðarlínur sýna hæð lands yfir sjó á venjulegu landakorti. Það fer eftir stærð og lögum segulfrávika hve þétt jafnsviðslínur eru dregnar en oft er nægilegt að hafa eitt mikrotlesla (1000 gamma) á milli lína. Við minniháttar verkefni er oft látið nægja að birta einstaka mæliferla og kort sem sýnir staðsetningu þeirra. Þetta á sérstaklega við ef langt er á milli mællína.



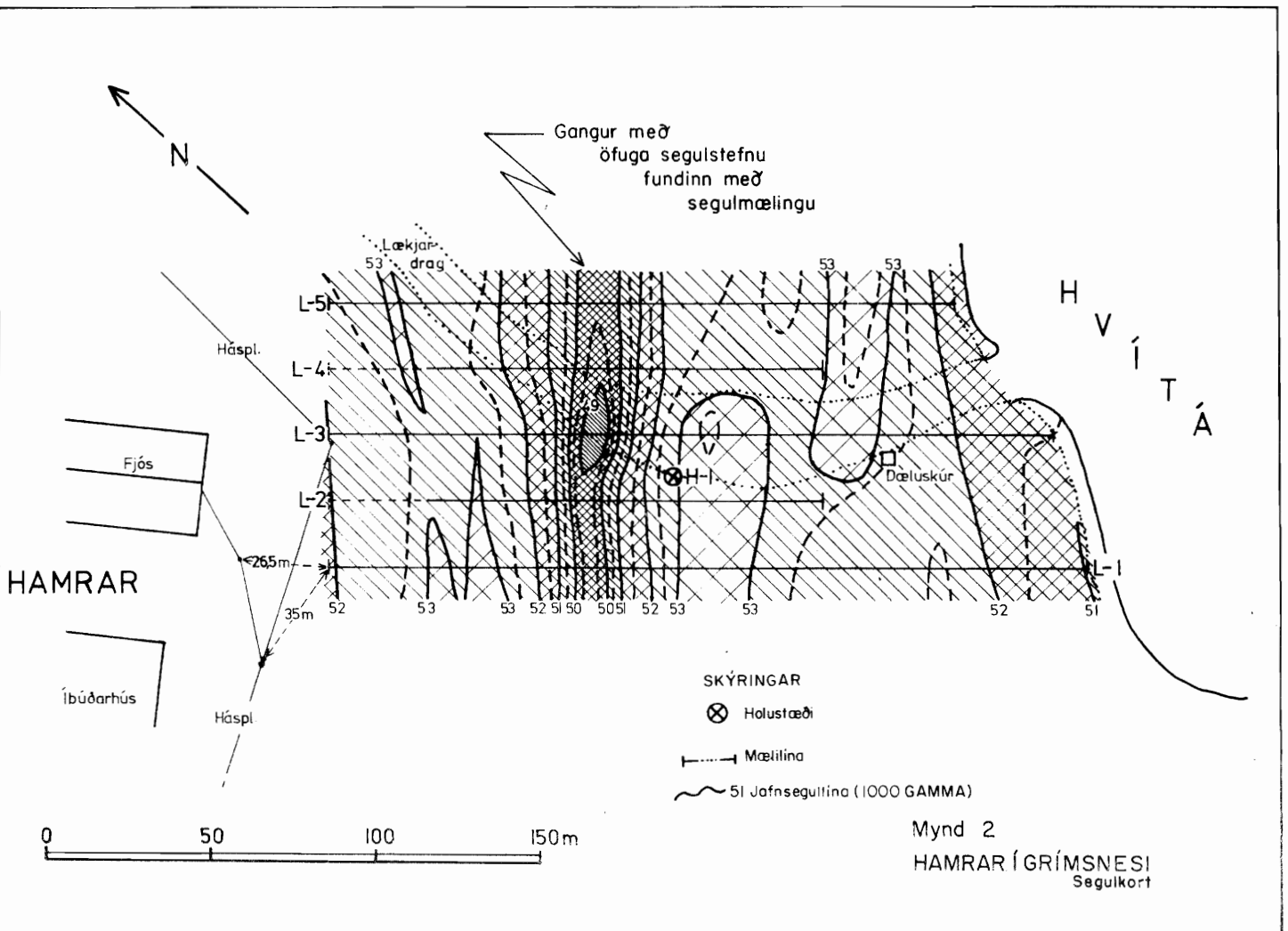
Allar myndanirnar eru óendanlega langar, hornrétt í plan þessarar myndar.

Myndirnar eru mjög einfaldaðar

↓ Stefna þeirrar segulmagnunar sem veldur segulfrávikinu

Mynd 1

Einkennandi segulfrávik ýmissa bergmyndana



Mynd 2

HAMRAR Í GRÍMSNESI Segulkort