



ORKUSTOFNUN  
Jarðhitadeild

Sigmundur Einarsson  
Margrét Kjartansdóttir  
Brynjólfur Eyjólfsson  
Ólafur G. Flóvens

## JARÐHITASVÆÐIÐ Í URRÍÐAVATNI

Jarðfræði- og jarðeðlisfræðirannsóknir 1978 - 1982

OS-83005/JHD-03  
Reykjavík, febrúar 1983

Unnið fyrir Hitaveitu  
Egilsstaðahepps og Fella



**ORKUSTOFNUN**  
Grensásvegi 9, 108 Reykjavík

**Sigmundur Einarsson  
Margrét Kjartansdóttir  
Brynjólfur Eyjólfsson  
Ólafur G. Flóvens**

## **JARÐHITASVÆÐIÐ Í URRÍÐAVATNI**

**Jarðfræði- og jarðeðlisfræðirannsóknir 1978 - 1982**

**OS-83005/JHD-03**  
Reykjavík, febrúar 1983

**Unnið fyrir Hitaveitu  
Egilsstaðahepps og Fella**

## ÁGRIP

Jarðhitinn við Urriðavatn kemur upp á botni vatnsins. Einu ummerkin á yfirborði eru bólustreymi í vatninu og vakir á ís á veturnum.

Jarðlög á yfirborði við Urriðavatn eru um 9,5 milljón ára gömul. Strikstefna er u.þ.b. ASA-VNV og halli um 6° til SSV. Megin ganga- og misgengjastefna er nálægt NNA-SSV og mótast hún af því að svæðið liggur í miðju ganga- og sprungubelti Þingmúlaeldstöðvarinnar. Halli ganganna á jarðhitasvæðinu er um 6° til A frá lóðréttu.

Segulmælingar sýna að uppstreymi heita vatnsins er að verulegu leyti tengt tveimur berggöngum sem liggja um jarðhitasvæðið. Berggangar þessir koma fram í holum 3, 4 og 5, en þeim fylgja ekki verulegar vatnsæðar. Einnig koma tvö misgengi fram í holunum, en þau leiða heldur ekki vatn.

Viðnámssniðsmælingarnar gefa til kynna að meginvatnsleiðarinn á jarðhitasvæðinu sé sprunga með NA-SV stefnu (sjá mynd 9). Þar sem sprungan sker gangana streymir vatn upp eftir þeim til yfirborðs. Upplýsingar úr borholunum benda til að sprungunni halli 2-6° til A.

Frekari vatnsöflun hlýtur að miðast við að ná vatni úr sprungunni djúpt í vatnskerfinu. Nærtækast er að bora beina holu austan við holu 4, sem miðaði að því að hitta sprunguna á 800-1500 m dýpi, eða skáholu inn undir mitt vakasvæðið út af holu 5.

EFNI

	Bls.
ÁGRIP	2
EFNI	3
MYNDASKRÁ	4
1 INNGANGUR	6
2 SAGA RANNSÓKNA OG BORANA	9
3 LÝSING JARÐHITANS	14
4 JARÐFRÆÐIKORTLAGNING	16
5 SEGULMÆLINGAR	21
6 BORHOLUJARÐFRÆÐI	24
7 VIÐNÁMSMÆLINGAR	32
8 NIÐURSTÖÐUR	36
HEIMILDASKRÁ	40
VIÐAUKI I: Segulmælingar	43
VIÐAUKI II: Jarðlög og borholumælingar	53
VIÐAUKI III: Viðnámssniðsmælingar	65



## MYNDASKRÁ

	Bls.
1 Urriðavatn, afstöðumynd	7
2 Urriðavatn, vakir á fs	15
3 Jarðfræðikort	17
4 Túlkun seculmælinga	22
5 Jarðlög, syrpuskipting og viðnámsferlar í holum 3,4,5 og 6	25
6 Einfaldað jarðlaqasnið og ummyndun í borholum	27
7 Einfölduð þrívíddarmynd af berggrunninum	31
8 Túlkun viðnáms-sniðsmælinga	33
9 Líkan af jarðhitasvæðinu	37

## MYNDIR Í VIÐAUKUM

### Viðauki I:

10 Seculmælingar, skýringarmynd	45
11 Jafnsequk kort	47
12 Seculmæliferlar	49

### Viðauki II:

13 Hala 3. Jarðlög og borholumælingar	55
14 Hala 4. Jarðlög og borholumælingar	57
15 Hala 5. Jarðlög og borholumælingar	59
16 Hala 6. Jarðlög og borholumælingar	61
17 Hitamælingar í borholum	63

### Viðauki III:

18 Viðnámsmælingar, uppsetning tækja	67
--------------------------------------	----

19	Viðnámssniðsmæling. Uppsetning tækja við mælingu á vatni		70
20	Lína 1 Viðnámssniðsmæling	AB/2 = 300 m	71
21	" " "	AB/2 = 500 m	71
22	" " "	AB/2 = 750 m	72
23	Lína 2 "	AB/2 = 300 m	73
24	" " Túlkun viðnámssniðsmælingar	AB/2 = 300 m	73
25	" " Viðnámssniðsmæling	AB/2 = 500 m	74
26	" " Túlkun viðnámssniðsmælingar	" "	74
27	Lína 3 Viðnámssniðsmæling	" "	75
28	" " Túlkun viðnámssniðsmælingar	" "	75
29	Lína 4 Viðnámssniðsmæling	" "	76
30	" " Túlkun viðnámssniðsmælingar	" "	76
31	Lína 5 Viðnámssniðsmæling	" "	77
32	" " Túlkun viðnámssniðsmælingar	" "	77
33	Lína 6 Viðnámssniðsmæling	" "	78
34	Lína 7 Viðnámssniðsmæling	" "	78
35	Lína 8 Viðnámssniðsmæling	" "	79
36	" " Túlkun viðnámssniðsmælingar	" "	79
37	Lína 9 Viðnámssniðsmæling	" "	80
38	" " Túlkun viðnámssniðsmælingar	" "	80
39	Lína 10 Viðnámssniðsmæling	" "	81
40	" " Túlkun viðnámssniðsmælingar	" "	81
41	Lína 11 Viðnámssniðsmæling	" "	82
42	Lína 13 Viðnámssniðsmæling	" "	82
43	Lína 12 Viðnámssniðsmæling	" "	83
44	" " Túlkun viðnámssniðsmælingar	" "	83

## 1. INNGANGUR

Í skýrslunni er gerð grein fyrir niðurstöðum rannsókna á sviði jarðfræði og jarðeðlisfræði sem Orkustofnun hefur gert við Urriðavatn á árunum 1978-1982. Mynd 1 sýnir afstöðu Urriðavatns til Fellabæjar og Egilsstaðakauptúns.

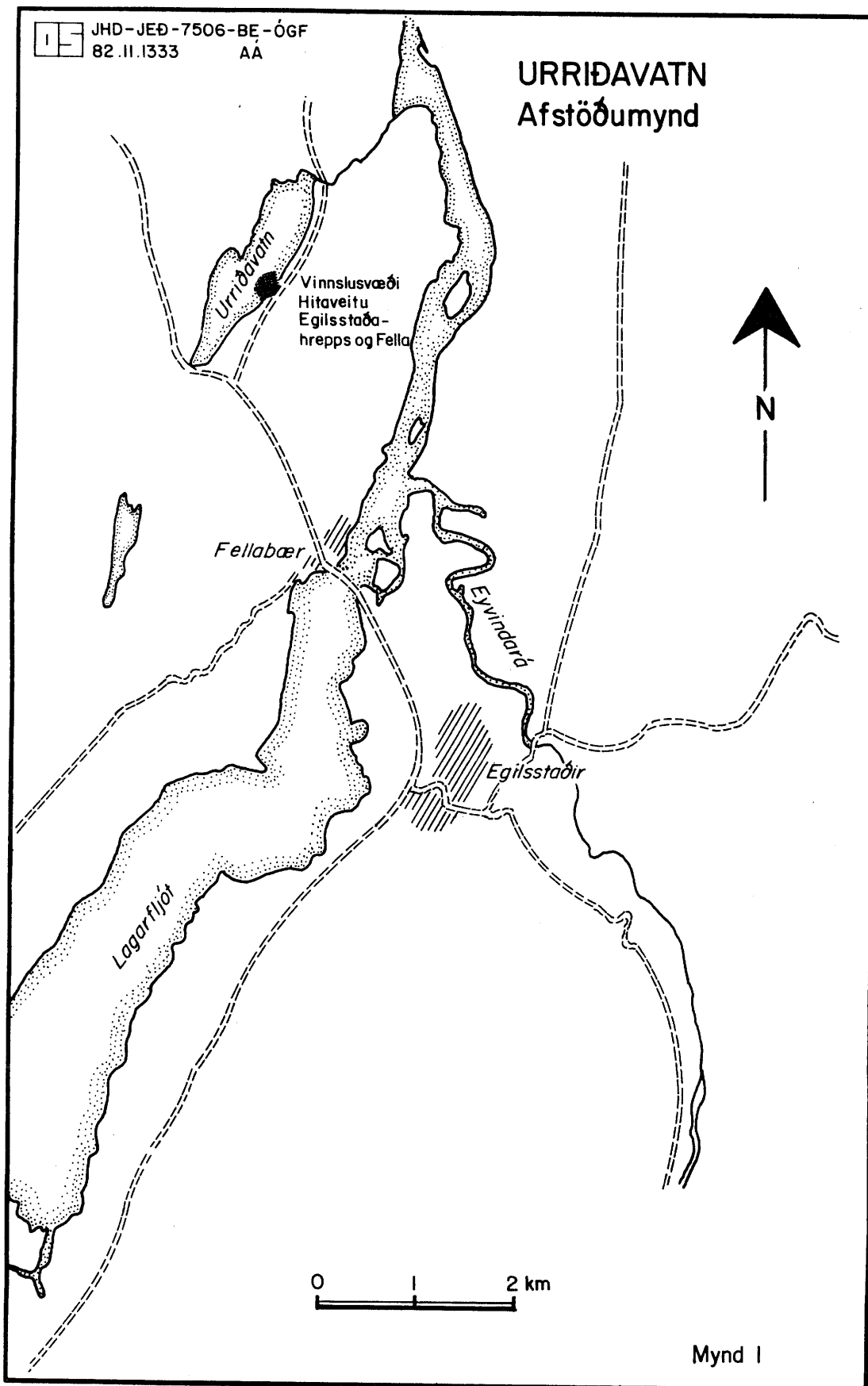
Frá því að Hitaveita Egilsstaðahrepps og Fella tók til starfa um áramót 1979-80 hefur vatn í vinnsluholum kólnað verulega. Í byrjun hafði hitaveitan aðeins eina vinnsluholu, holu 4. Hún gaf þá 12 l/s af 64°C heitu vatni, aðallega úr grunnum æðum og var talin hætta á kólnun. Hóla 5 var boruð árið 1980 og tekin í notkun í janúar 1981. Úr henni fengust 15 l/s af 53°C heitu vatni, að mestu úr grunnum æðum. Árið 1981 var hóla 6 boruð. Árangur varð slakur og var holan ekki tengd hitaveitunni fyrr en haustið 1982. Úr henni fást rúmlega 5 l/s af 61°C heitu vatni.

Um áramótin 1981-82 hafði vatnið í holu 4 kólnað niður fyrir 55°C og vatnið í holu 5 niður í um það bil 52°C. Er hér var komið sögu var orðið tvíþýtt um rekstrargrundvöll hitaveitunnar. Vatn í holum 4 og 5 hélt áfram að kólna og borun holu 6 hafði ekki skilað þeim árangri sem vonast hafði verið til.

Vegna þessa ástands hóf Orkustofnun samantekt og endurskoðun gagna varðandi jarðhitasvæðið við Urriðavatn. Markmið þessarar vinnu var tvíþætt. Annarsvegar skyldi reynt að finna út hvað stjórnar uppstreymi heita vatnsins á jarðhitasvæðinu og hvernig líklegast megi afla heitara vatns úr dýpri og öruggari vatnsleiðurum. Er það viðfangsefni þessarar skýrslu. Hinsvegar skyldi reynt að grafast fyrir um hvað veldur kólnun vatnsins og hvort og þá hvaða leiðir væru til úrbóta. Um þann þátt hefur verið fjallað í sérstakri skýrslu (Jón Benjamínsson o.fl. 1982).

Af árangri borana var ljóst að endurskoða þurfti allar fyrri hugmyndir um uppstreymi heita vatnsins. Til viðbótar endurskoðun eldri gagna var ákveðið að gera allumfangsmiklar viðnámssniðsmælingar á jarðhitasvæðinu svo og auknar jarðfræðirannsóknir og var hvort tveggja gert síðastliðið sumar.

Margir hafa lagt hönd á plóginn við öflun og úrvinnslu gagna. Jarðfræðirannsóknir hafa verið í höndum Sigmundar



Einarssonar. Segulmælingar voru unnar af Sigmundi Einarsyni og Guðmundi Inga Haraldssyni og gerðu þeir einnig vakakortið. Við tölvuúrvinnslu segulmælinga komu mikið við sögu Brynjólfur Eyjólfsson og Karl Gunnarsson. Margrét Kjartansdóttir sá um alla borholujarðfræði. Brynjólfur Eyjólfsson stjórnaði viðnámssniðsmælingum og sá hann einnig um úrvinnslu ásamt Ólafi G. Flóvenz.

## 2. SAGA RANNSÓKNA OG BORANA

Hér verða rakin helstu atriði þeirra rannsókna sem lagðar hafa verið til grundvallar staðsetningu borhola við Urriðavatn. Sleppt er að mestu að minnast á efnafræðilegar og vatnafræðilegar rannsóknir og þeim hluta borsögunnar sem tengjast þessum þáttum. Þeim eru gerð skil í sérstakri skýrslu (Jón Benjamínsson o.fl. 1982).

Lengi hefur verið kunnugt um að vakir héldust opnar á ís á Urriðavatni, jafnvel í mestu frostum. Í skýrslu Jóns Jónssonar (1964) um jarðhitaathuganir á Austurlandi segir að í janúar 1963 hafi fyrst verið vitað með vissu að jarðhiti væri á botni Urriðavatns, en þá mældist 25°C hiti á botni vatnsins undir einni vökinni. Síðar sama vetur fannst jarðhiti víðar í vatninu, hæst 59,5°C (Jón Jónsson 1964). Sumarið eftir voru gerðar jarðfræðiathuganir við Urriðavatn og beindust þær einkum að því að kortleggja ganga í næsta nágrenni vatnsins, en talið var að berggangur stjórnaði uppstreymi heita vatnsins (Jón Jónsson 1964).

Tvær rannsóknarborholur voru staðsettar út frá fyrrgreindum athugunum og voru þær boraðar haustið 1963. Sú fyrri, hola 1, var boruð á pramma norðantil á uppstreymissvæðinu, en sú síðari, hola 2, var boruð á landi skammt austan við gang sem þar sást á vatnsbakkanum (merktur B á mynd 9). Báðar holurnar voru 116 m djúpar kjarnaholur og var kjarnagreiningin birt í skýrslu (Ingvar Birgir Friðleifsson & Hrefna Kristmannsdóttir 1968). Lagt var til að dýpka hola 2 í 200 m (Jón Jónsson 1964).

Í mars 1964 kortlagði Páll Sigbjörnsson vakir á ísnum á Urriðavatni og er uppdráttur hans birtur í skýrslu Jóns Benjamínssonar & Gests Gíslasonar (1982). Haustið 1967 var hola 2 dýpkuð í 192 m. Borun gekk illa og urðu 30 m af borstöngum eftir í holunni. Ört vaxandi hiti í botni holunnar þótti gefa vísbendingu um vatnsæðar neðar (Kristján Sæmundsson 1970).

Sumarið 1969 var mælt viðnám í jarðlögum í nágrenni Urriðavatns. Það mældist hátt og var túlkað þannig að heitar æðar væru þröngt bundnar við bergganga (Birna Ólafsdóttir o.fl. 1970).

Sumarið 1971 voru gerðar nokkrar viðnámsmælingar til

viðbótar í nágrenni Urriðavatns og Egilsstaða. Niðurstöður mælinganna voru svipaðar og áður, þ.e. að ekki væri ástæða til að vænta árangurs af borunum nema í nágrenni jarðhitans við Urriðavatn (Guðmundur Guðmundsson 1972).

Árið 1975 var hola 3 staðsett. Mældar voru 3 línur með segulmæli á landi sunnan vakasvæðisins. Í ljós kom að gangurinn (auðkenndur B á myndum), sem sást á ströndinni við holu 2 liggur ekki um meginvakasvæðið, heldur samsíða því (sjá mynd 9). Gert var ráð fyrir að uppstreymi heita vatnsins stjórnaðist af öðrum gangi sem lægi 80-100 m vestar (merktur A á myndum). Jarðlagahalli og gögn úr holu 2 bentu til að gangahalli væri um 7° til austurs frá lóðréttu. Út frá þessum forsendum var holu 3 valinn staður. Ætlunin var að hún yrði 1200 m djúp og skæri "jarðhitaganginn" (auðkenndur A á myndum) á 570-950 m dýpi (Kristján Sæmundsson & Rúnar Sigfússon 1975).

Hola 3 var boruð veturinn 1975-1976, niður í 1150 m og komu aðeins smávægilegar vatnsæðar fram í holunni. Við dæluprófun að pökkun lokinni gaf holan um 8 l/s (Benedikt Steingrímsson o.fl. 1976). Ekki var talið að holan hefði náð að skera ganginn. Í janúar 1976 var segulmælt á ís á Urriðavatni og fékkst þá allgóð mynd af legu ganga um jarðhitasvæðið. Ennfremur var vakasvæðið kortlagt í marsmánuði sama ár (Benedikt Steingrímsson o.fl. 1976).

Nánari athuganir á jarðlagahalla voru taldar benda til að halli "jarðhitagangsins" (A) væri á bilinu 2,5-3,5° til austurs. Holan hafði komist í 77°C heitt vatnskerfi og því talið mjög vænlegt að dýpka hana í allt að 1800 m í von um vatnsmeiri æðar (Benedikt Steingrímsson o.fl. 1976, Kristján Sæmundsson & Þorgils Jónasson 1976). Hola 3 var dýpkuð sumarið 1977 í 1454 m, en engar nothæfar vatnsæðar komu í holuna.

Hola 4 var staðsett úti í Urriðavatni og var lagður garður út í vatnið fyrir borplan (sbr. mynd 9). Holan var boruð strax að lokinni dýpkun holu 3. Hún varð 1600 m djúp. Forsendur fyrir staðsetningu voru þær sömu og fyrir dýpkun holu 3 (Kristján Sæmundsson & Benedikt Steingrímsson 1977). Hola 4 var þrýstiprófuð að borun lokinni og var talið að "frá holunni ætti að vera hægt að dæla 30 l/s af um 65°C heitu vatni með 70 m niðurdrætti í skamman tíma" og að meginhluti vatnsins kæmi úr æðum ofan 550 m dýpis. Tillögur voru gerðar um að hola 4 yrði dæluprófuð í nokkra mánuði,

til að kanna þrýstiástand svæðisins, vinnslugetu holunnar og áhrif langtímadælingar á hitastig jarðhitakerfisins (Jens Tómasson o.fl. 1978). Meðan á þrýstiprófun holu 4 stóð var steypt í holu 1, en augljóst þrýstisamband reyndist milli holanna. Dælt var úr holunni í 70 daga sumarið 1978 (Þorsteinn Thorsteinsson o.fl. 1979). Hámarksafköst holunnar reyndust 15-16 l/s miðað við 150 m dæludýpi. Hiti vatnsins hélst um 64,5°C allt dælingartímabilið, en talið var að gera yrði ráð fyrir einhverri kælingu ef vatnsleiðarar ofan 325 m væru í tengslum við Urriðavatn. Í framhaldi af þessum niðurstöðum segir svo í greinargerð Orkustofnunar: "Ekki er ljóst, hvort kæling yrði í vinnsluholum við lengri dælingartíma, en telja verður ótryggt enn sem komið er að hanna dreifikerfi hitaveitu í samræmi við hita vatnsins úr U-4 í dæluprófuninni. Aðveituæð frá Urriðavatni til Egilsstaða er þó e.t.v. réttlátanleg, sérstaklega ef hafðar eru í huga líkurnar fyrir heitara og tryggara vatni úr dýpri vatnsleiðurum í nýjum borholum" (Þorsteinn Thorsteinsson o.fl. 1979).

Sumarið 1978 voru holur 3 og 4 viðnámsmældar. Samanburður á mælingum og athuganir á borsvarfi leiddu í ljós að báðar holurnar höfðu skorið "jarðhitaganginn" (sjá mynd 7).

Sumarið 1978 var gerð jarðfræðiathugun við Urriðavatn sem miðaði að því að ákvarða strik og halla jarðlaga og halla bergganga. Reyndist jarðlagahallinn vera um 6° til SSV og halli bergganga algengastur um 6° til A frá lóðréttu. Við athugunina kom einnig í ljós að allmörg misgengi liggja um svæðið og að Urriðavatn liggur að hluta til í sigdal. Samtímis voru gangarnir sem liggja um jarðhitasvæðið raktir með segulmælingum suður fyrir þjóðveg.

Í janúar og febrúar 1979 var segulmælt á ís á öllum syðri hluta Urriðavatns og vakasvæðið kortlagt. Að þessum athugunum loknum var gangakerfið, sem talið var að leiddi heita vatnið, mun betur þekkt en áður.

Um áramótin 1979-80 tók hitaveita Egilsstaðahrepps og Fella til starfa og notaði eingöngu vatn úr holu 4.

Hola 5 var boruð 1980. Ætlunin var að skera ganginn sem holur 2 og 3 voru staðsettar við (merktur B á mynd 9). Gert var ráð fyrir að skera ganginn á 450-700 m dýpi (Jens Tómasson o.fl. 1980). Vatnsæðar komu ofarlega í holuna svo og minni háttar æð við ganginn á um 600 m dýpi. Holan var



þrýstiprófuð að borun lokinni og gaf hún 15 l/s. Vatnið úr holunni reyndist nokkru kaldara en úr holu 4, eða 53°C.

Vatn í holu 4 kólnaði um 2°C fyrsta árið sem hitaveitan starfaði. Tveim til þrem mánuðum eftir að hola 5 var tekin í notkun lækkaði hitinn í holu 4 á þremur mánuðum um 4°C. Hraði kólnunar hefur síðan verið um 4°C á ári. Hola 5 hefur einnig kólnað, en mun hægar en hola 4 eða um 2°C á ári (Jón Benjamínsson 1981). Á þessu stigi bjó hitaveitan við vatns-skort. Sú staðreynd að enn mynduðust vakir á ísnum, þrátt fyrir 100 m niðurdrátt í borholunum var talin benda til að vinnsluholur væru í tregu sambandi við meginvatnsleiðara. Lagt var til að bora 400 m djúpa holu ofan í aðalvakasvæðið og stefnt að því að hitta lárétta vatnsleiðara eins og í holum 3, 4 og 5 og fá úr þeim 62-63°C heitt vatn (Kristján Sæmundsson & Jens Tómasson 1981).

Í febrúar 1981 var norðurhluti vatnsins segulmældur. Í maí 1981 voru gerðar jarðfræðiathuganir sem miðuðu að því að rekja misgengjakerfið sem liggur um Urriðavatn norður fyrir vatnið. Að þessum athugunum loknum var holu 6 endanlega valinn staður (sjá mynd 9). Ákveðið var að leggja garð til vesturs frá holu 4. Holan var höfð eins langt úti í vatninu og unnt var, en þó um leið nálægt aðalvakasvæðinu. Vonir stóðu til að holan lenti í misgengi sem hugsanlega leiddi vatn, um leið og hún skæri sömu láréttu vatnsleiðara og fram komu í holum 4 og 5. Hola 6 var boruð sumarið 1981 niður í 877 m dýpi. Að borun lokinni var holan þrýstimæld. Niðurstöður þeirra prófana bentu til þess að fá mætti úr holunni 6 l/s af 50-60°C heitu vatni við 130 m niðurdrátt (Gísli Karel Halldórsson 1982). Holan var hitamæld í janúar 1982. Reyndist hún verulega kaldari en holur 3 og 4 (sbr. mynd 17).

Í lok marsmánaðar 1982 var vakasvæðið kortlagt og botnhiti vaka mældur. Ekkert heitavatnsstreymi fannst við botninn en óeðlilega hár hitastigull reyndist í botnleðjunni og verður hann ekki skýrður öðruvísi en að varmaflutningurinn eigi sér stað með heitavatnsstreymi neðan frá (Jón Benjamínsson & Gestur Gíslason 1982).

Í marsmánuði 1982 var hafist handa við úrvinnslu nýrra gagna og endurmat eldri gagna. Allt borsvarf var endurskoðað, en það hafði verið greint samhliða borun holanna. Allar borholumælingar voru endurskoðaðar og bornar saman við nýjar mælingar úr holu 6. Segulmælingar gerðar 1979 og

síðar voru allar endurskoðaðar með nýjum túlkunaraðferðum. Í júní 1982 voru mæld viðnámssnið við Urriðavatn. Niðurstöður reyndust of margræðar til að nota mætti þær sem grundvöll að staðsetningu borholu. Lagt var til að fyllt yrði í eyður í mælingunum með frekari mælingum í september 1982 (Brynjólfur Eyjólfsson o.fl. 1982). Niðurstöður mælinganna eru birtar í þessari skýrslu. Í júní 1982 var unnið að frekari jarðfræðikortlagningu við Urriðavatn og birtast þær niðurstöður einnig í skýrslunni.

### 3- LÝSING JARÐHITANS

Allur jarðhitinn við Urriðavatn kemur upp á botni vatnsins. Einu ummerkin á yfirborði eru því bólustreymi í vatninu og vakir á ís á vetrum. Þrjú kort eru til af vakasvæðinu eins og það var áður en byrjað var að dæla úr borholum. Þau voru gerð 1964, 1976 og 1979. Öll kortin birtust í skýrslu Jóns Benjamínssonar & Gests Gíslasonar (1982). Kortið sem gert var 1979 var mælt í sama mælineti og segulmælingarnar, þannig að sem bestur samanburður fengist á dreifingu jarðhitans og óreglum í segulsviðinu. Vakakortið frá 1979 er á mynd 2. Vakirnar eru einnig sýndar á mynd 9 ásamt þeim atriðum sem virðast skipta máli fyrir uppstreymi heita vatnsins.

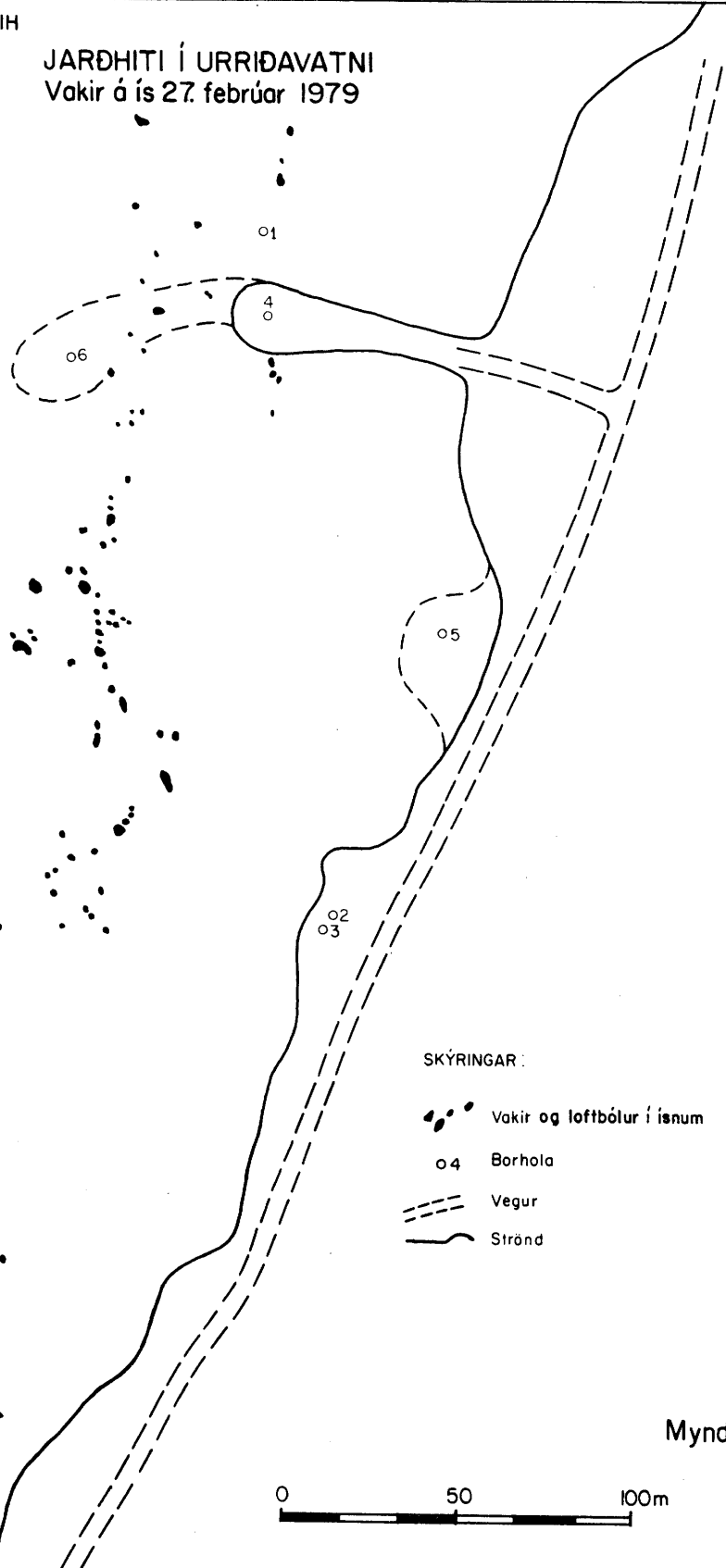
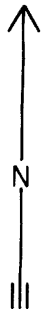
Vakirnar voru kortlagðar 27. febrúar 1979. Þá var nokkurt frost og spegilsléttur ís á Urriðavatni, á að giska 1/2 m þykkur. Ekki tókst að kortleggja vakirnar nema suður á móts við holu 3 þann 27. febrúar. Aðfararnótt 28. febrúar var skafrenningur og fennti þá yfir allar vakir. Samkvæmt eldri kortum eru mjög fáar vakir sunnan við holu 3. Á mynd 2 eru sýndar 3 litlar vakir á þessu svæði. eru þær teknar eftir korti Benedikts Steingrímssonar o.fl. (1976). Einnig hefur verið bætt inn nokkrum litlum vökum sunnan við holu 4 og eru þær teknar eftir korti Jóns Benjamínssonar & Gests Gíslasonar (1982). Snjóskafli var á þessum stað 27. febrúar 1979. Á kortinu eru ekki einungis sýndar opnar vakir, heldur líka þau svæði þar sem mikið var af loftbólum í ísnum.







JHD-JK-7506. SE. GIH  
80.01. F.18985

### JARÐHITI Í URRÍÐAVATNI

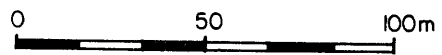
Vakir á ís 27. febrúar 1979



SKÝRINGAR :

-  Vakir og loftbólur í ísnum
-  04 Borhola
-  Vegur
-  Strönd

Mynd 2



#### 4. JARÐFRÆÐIKORTLAGNING

Sumarið 1978 var gerð lausleg jarðfræðiathugun við Urriðavatn. Hún miðaði fyrst og fremst að því að ákvarða strík og halla jarðlaga og halla bergganga. Vorið 1981 var jarðfræði svæðisins könnuð frekar, einkum til að reyna að kortleggja brotakerfið sem liggur um Urriðavatn. Náði athugunarsvæðið frá Ekkjuvatni í suðri, norður undir Rangá, og frá Öxlinni vestan við Urriðavatn austur að Lagarfljóti. Sumarið 1982 var athugunarsvæðið stækkað nokkuð til norðurs og suðurs.

Landslag í nágrenni Urriðavatns einkennist af lágum ásum og fellum sem eru flöng í N-S stefnu. Í lögðum milli ásanna eru mýrafen (blár) eða stöðuvötn. Með því að skoða berggerð í holtum og hæðum er tiltölulega auðvelt að gera gróft jarðfræðikort af svæðinu, sem sýnir stærri brotalínur. Torvelt er að finna misgengi þar sem hreyfingin er minni en 5-10 m. Heillegt jarðlagasnið fæst þó ekki vegna þess hve erfitt er að meta þykkt einstakra hraunlaga, því yfirleitt sést aðeins efsti hluti þeirra. Setlög sjást því yfirleitt ekki. Berggangar sjást yfirleitt ekki, nema á svæðinu frá Urriðavatni suður í Ekkjufell, þar sem opnur eru sæmilegar og í einingu C (sjá aftar í kaflanum).

Mynd 3 sýnir jarðfræðikort af svæðinu. Sunnan við Urriðavatn er strík jarðlaga u.þ.b. ASA-VNV og halli um  $6^\circ$  til SSV. Halli fer minnkandi til norðurs jafnframt því sem stríkstefnan verður norðlægari. Norðan Rangár er hallinn  $4-5^\circ$  til SV og strikið sem næst SA-NV.

Hraunlagastaflanum má skipta í 4 einingar eftir berggerð. Neðsta einingin, eining A, einkennist af smádflóttu þóleifti og einstökum dflalausum þóleiftlögum á milli. Lögin eru yfirleitt um 10 m þykk. Einingin kemur fram á þeim hluta athugunarsvæðisins sem er norðan þjóðveggarins við suðurenda Urriðavatns. Sunnan Rangár eru hraunlög einingarinnar 20 talsins, en sama berggerð er í ásunum norðan Rangár, a.m.k. norður á mótis við Dagverðargerði sem er um 3 km norðar og bætast þar við um 10 hraunlög. Einingin er því alls a.m.k. 250-300 m þykk og kemur fram í efstu 200-250 m í borholunum. Efstu 25 hraunlög einingarinnar eru rétt segulmögnuð, en neðan við þau eru a.m.k. 3 lög öfugt segulmögnuð.

Eining B samanstendur af 9 þóleiftlögum, 10-20 m þykkum,



# URRIÐAVATN Jarðfræðikort

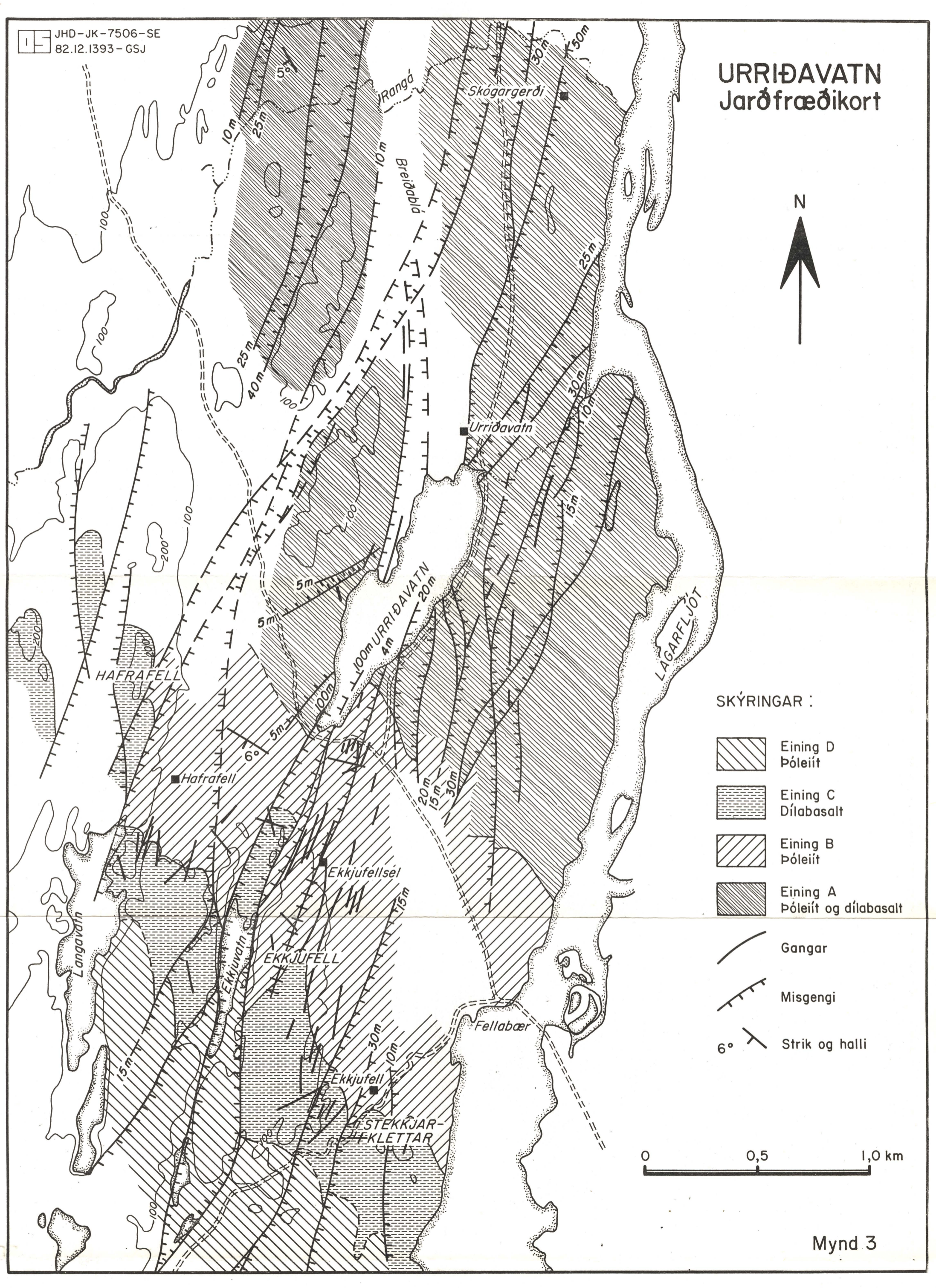


SKÝRINGAR :

- Eining D  
Þóleiðt
- Eining C  
Dílabasalt
- Eining B  
Þóleiðt
- Eining A  
Þóleiðt og dílabasalt

- Gangar
- Misgengi
- 6° Strik og halli

0 0,5 1,0 km





samtals um 150 m og sést hún á svæðinu milli Urriðavatns og Ekkjuvatns. Öll eru hraunlöggin rétt segulmögnuð.

Einingu C mynda 3-4 dflabasaltlög, 10-15 m þykk. Þau koma fram í Stekkjarklettum og efst í Ekkjufelli og Hafrafelli. Erfitt er að mæla segulmöggnun laganna, en a.m.k. tvö þau neðstu eru öfugt segulmögnuð. Þetta er að öllum líkindum sama dflabasalteiningin og kennd hefur verið við fjallið Koll í Reyðarfirði (Kollur porphyritic group). Einingin hefur verið rakin allt sunnan frá Berufirði og vestur í Heiðarenda (Jóhann Helgason & M. Zentilli 1982).

Eining D leggst ofan á dflabasaltið og samanstendur hún af dflalausum þóleiftri með stöku smádflóttum þóleiftlögum á milli. Löggin eru flest um 10 m þykk og a.m.k. 10 talsins, en athugunin náði ekki lengra upp staflann. Tvö neðstu löggin eru rétt segulmögnuð, en hin eru öll öfugt segulmögnuð.

Jarðfræðikortlagningin leiðir í ljós að um svæðið liggur flókið kerfi misgengja sem hafa NNA-læga stefnu. Kerfið einkennist af tiltölulega mjóum, nær samsíða sigdölum og heillegum flekum á milli. Sigdalirnir eru nokkuð hlykkjóttir og skerast hver inn í annan. Þetta brotakerfi mótar helstu þætti landslagsins á svæðinu, þannig að ásarnir og fellin eru heilu stykkin, en sigdalirnir liggja um mýra-drögin. Oft er því erfitt að ákvarða og rekja misgengin nákvæmlega. Mesti sigdalurinn á svæðinu liggur um Ekkjuvatn og inn í suðurenda Urriðavatns. Misgengi jarðlaga nemur rúmlega 100 m. Annað minna kerfi misgengja liggur út í vatnið austan við jarðhitasvæðið. Óljóst er hvernig misgengin liggja um botn Urriðavatns, en norður úr vatninu ganga tveir sigdalir. Sá austari liggur því sem næst skemmstu leið út í Lagarfljót, en hinn liggur um Langatanga norður í Breiðublá. Jarðhitinn í vatninu kemur upp skammt sunnan við mót þessara misgengjakerfa. Aðrar misgengjastefnur finnast ekki á svæðinu utan tvö lítil misgengi með NA-SV stefnu og mynda þau mjóan sigdal skammt vestan við Urriðavatn.

Ef tekið er mið af bestu opnum á svæðinu eru gangar um 7% af heildarrúmmáli bergs við yfirborð. Walker (1974) hafði áður fengið svipaða niðurstöðu. Meginþorri ganganna stefnir N10-20°A. Næst algengasta gangastefna er NV-SA. NA-SV gangastefna kemur nokkrum sinnum fyrir á athugunarsvæðinu, en af öðrum stefnum finnast bara einstök tilfelli. Jarð-

fræðikortlagningin gefur engar vísbendingar um innbyrðis aldur gangakerfanna.

Halli ganganna er nokkuð breytilegur, en algengastur um 6° til A frá lóðréttu. Á þetta eingöngu við um ganga með stefnu N10-20°A. Gangar sem liggja um jarðhitasvæðið í Urriðavatni hafa verið raktir með nokkurri vissu suður í Ekkjufell. Þar mældist halli þeirra um 6° til A frá lóðréttu.

Aldur yfirborðslaga við Urriðavatn má finna með samanburði við aðrar athuganir sem gerðar hafa verið á Austurlandi. Samkvæmt Watkins & Walker (1977) hefur eining C (Kollur porphyritic group) myndast á því sem næst miðju segultímbilinu sem kallað er anómalfa 5. Það stóð frá því fyrir um 10,0 milljónum ára þar til fyrir 8,6 milljónum ára (La Brecque o.fl. 1977, Kristján Sæmundsson o.fl. 1980). Þetta er í sæmilegu samræmi við segulmælingar á hraunlögunum við Urriðavatn. Aldur jarðlaga á yfirborði við vatnið er því væntanlega um 9,5 milljónir ára. Svæðið liggur í miðju sprungubelti fornrar megineldstöðvar sem kennd hefur verið við Þingmúla, en hún var í fullu fjöri fyrir um 8,5 milljónum ára (Walker 1964, Watkins & Walker 1977). Fjöldi ganga og misgengja við Urriðavatn er því væntanlega nokkru meiri en á svæðinu næst austan og vestan við.



## 5- SEGULMÆLINGAR

Umfangsmiklar segulmælingar hafa verið gerðar á jarðhitasvæðinu við Urriðavatn. Tilgangurinn var að rekja ganga og misgengi sem liggja um jarðhitasvæðið af því að gangar og misgengi stjórna oft uppstreymi heits vatns. Mælt var í þremur áföngum. Í júlí 1978 var mælt á þurru landi á svæðinu sunnan við jarðhitann og suður fyrir Þjóðveg. Í janúar 1979 var mælt á ís á Urriðavatni, frá Þjóðvegi og nokkuð norður fyrir holu 4. Í febrúar 1981 var síðan mældur allur norðurhluti vatnsins, norður undir bæ á Urriðavatni.

Í viðauka I er fjallað um framkvæmd mælinganna, frágang gagna og gildi segulmælinga í jarðhitaleit.

Niðurstöður mælinganna eru sýndar á mynd 4. Túlkunin er tiltölulega auðveld þar sem mælt er á þurru landi, en þó hefur reynst erfitt að rekja sum misgengjanna. Mælingarnar sem gerðar voru á ísnum eru mun erfiðari viðfangs. Á mynd 10 í viðauka I sést að þar er segulsviðið mjög flatt og skörp frávik dofna þegar fjær dregur landi og dýpra verður á berggrunninn. Túlkunarvandinn leystist að nokkru í ársbyrjun 1982 er Karl Gunnarsson, jarðeðlisfræðingur gerði tölvuforrit sem reiknar út hvernig mæliferillinn liti út ef mælt væri t.d. 15 m lægra (nær berggrunni) en gert var í raun og veru. Með þessari aðferð tókst að fá trúverðuga mynd af því hvernig helstu gangar og misgengi liggja um botn Urriðavatns.

Rétt er að taka fram að dýpi á berggrunninn undir vatninu er ekki þekkt, þó að dýptarkort sé til, því að þykk leðja hylur berggrunninn á vatnsbotninum.

Mynd 4 sýnir ganga og misgengi sem fram koma í segulmælingum, við jarðfræðikortlagningu og í borholurannsóknum. Nær allir gangar sem fram koma eru öfugt segulmagnaðir. Flestir gangarnir hafa NNA-læga stefnu og virðist fremur mega tala um gangaflækju en einstaka ganga. Gangana sem liggja um jarðhitasvæðið tókst að rekja suður í holtin sunnan við Þjóðveginn og þaðan í grófum dráttum áfram suður í Ekkjufell, þar sem þeir sjást vel. Sex gangar með NV-læga stefnu sjást í mælingunum. Þeir virðast yfirleitt hliðrast þar sem þeir skera brotakerfi Þingmúlaeldstöðvarinnar og eru því sennilega eldri en það. Tveir (eða þrír) gangar sem hafa NA-SV stefnu eru sýndir á kortinu og liggur annar þeirra

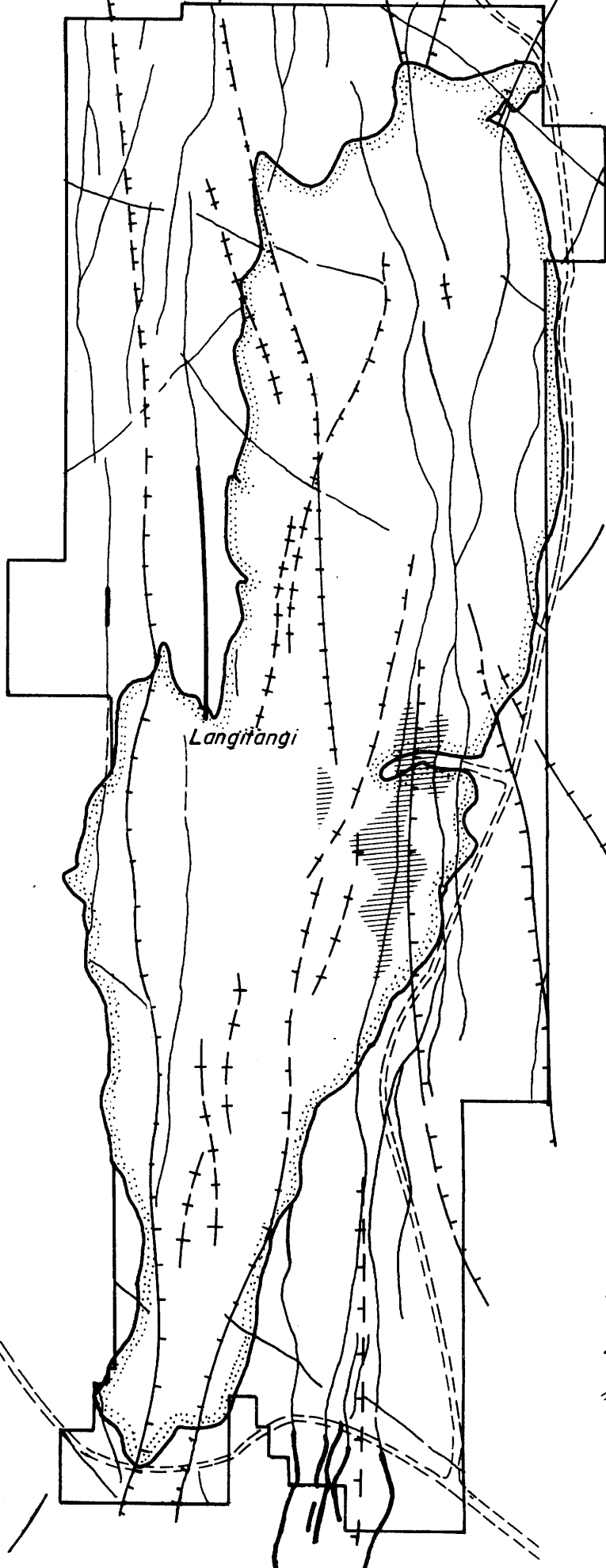
JHD-JK-7506 SE  
82.06.0819 AA

Urríðavatn







# URRÍÐAVATN

## Túlkun segulmælinga

Rammi afmarkar mælisvæði



### SKÝRINGAR

-  Gangur skv. segulmælingu
-  Gangur sem sést á yfirborði
-  Misgengi skv. segulmælingu (fall óþekkt)
-  Misgengi
-  Líklegt misgengi
-  Jarðhiti

0 200 400 m

Mynd 4

skammt utan við mælisvæðið, en hann fannst með segulmælingum 1982.

Af misgengjunum er sigdalurinn sem liggur um suðurenda vatnsins mest áberandi. Vestara brotið liggur á land í víkinni vestan Langatanga og eystra brotið liggur á land í víkinni vestast í norðurenda vatnsins. Sigdalurinn sem gengur út úr vatninu til NA virðist klofna út úr megin-sigdalnum á mótis við vakasvæðið. Misgengin sem liggja út í Urriðavatn við jarðhitasvæðið er ekki hægt að rekja nema skammt út í vatnið vegna þess að gangarnir sem þar liggja valda mun sterkari segulfrávikum en misgengin, sem þar af leiðandi sjást illa eða alls ekki.

Samkvæmt segulmælingum er gangapéttleiki mun meiri þar sem mælt er á landi, heldur en þar sem mælt er á ís. Á þetta einkum við um vesturhluta vatnsins. Líkleg skýring á þessu er að þar sé svo djúpt á berggrunninn að gangarnir komi ekki fram, fremur en að þar séu engir gangar.

## 6 - - BORHOLUJARÐFERÐI

Með því að greina borsvarf sem tekið er á 2 m bili við borun holu má fá allgóða vitneskju um þau jarðlög sem holan sker. Til einföldunar er jarðlögunum skipt í ákveðnar syrpur eftir ráðandi berggerð þar sem því verður við komið. Oft getur reynst erfitt að fá nákvæma tengingu jarðlaga milli hola, þótt stutt sé á milli þeirra. Með tilkomu jarðeðlisfræðilegra borholumælinga hafa jarðlagatengingar milli borhola orðið mun auðveldari. Viðnámsmælingar í holum 3, 4, 5 og 6 reyndust einkar haldgóðar til þess að renna stöðum undir jarðlagagreininguna.

Á myndum 13-16 í viðauka II eru sýnd jarðlög í hverri holu, borhraði og flestar borholumælingar sem gerðar voru. Á mynd 5 er lítið eitt einfölduðum jarðlagasniðum af holunum raðað upp hlið við hlið og einnig er sýnd syrpuskipting jarðlaga og 16" viðnámsferill hverrar holu.

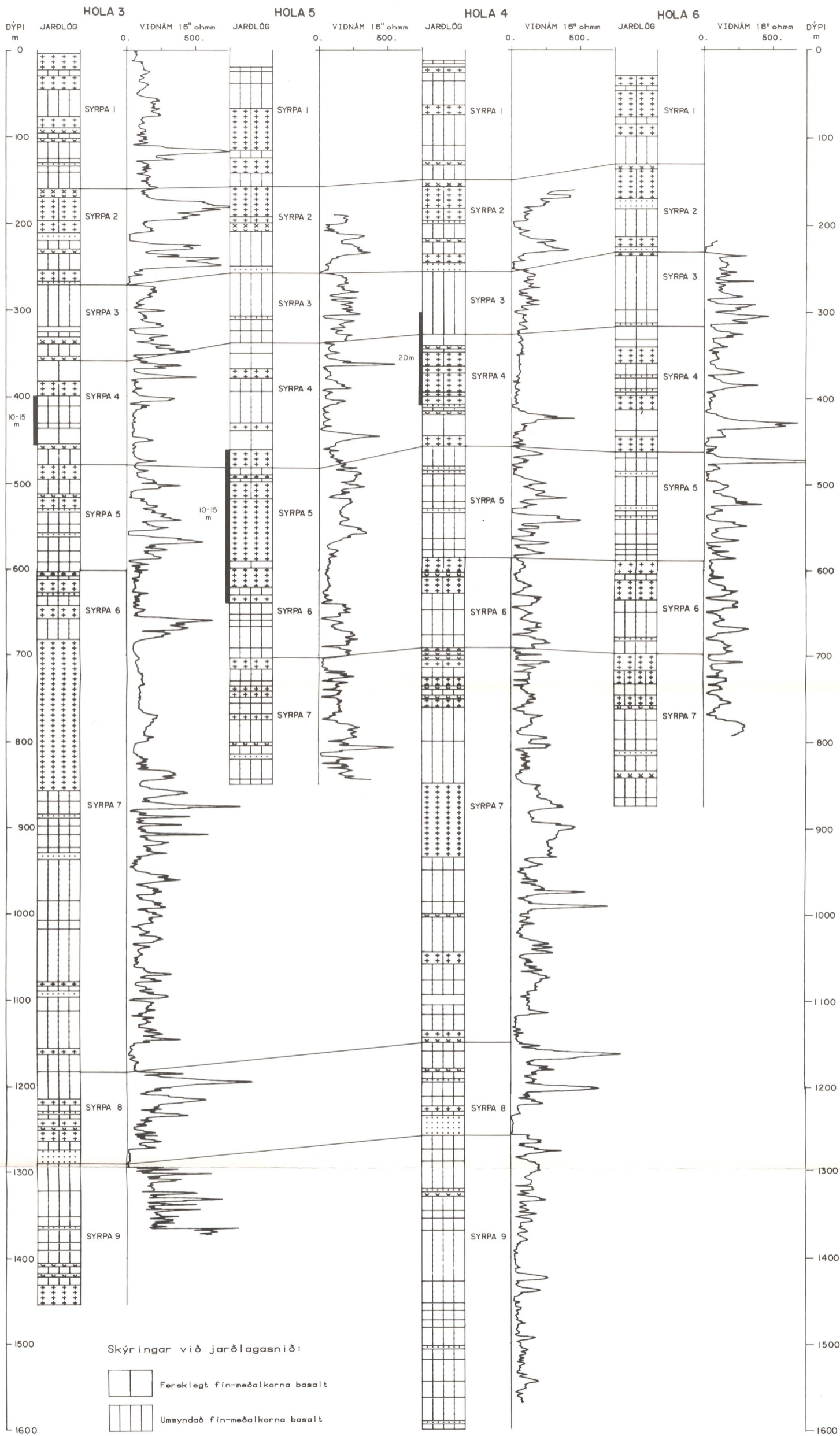
Jarðlagastaflinn við Urriðavatn er dæmigerður tertfer hraunlagastafli með þunnum rauðum millilögum. Gera má ráð fyrir að jarðlögin séu allþétt því samkvæmt greiningu á ummyndunarsteindum í holunum eru efstu jarðlögin í mesólít - skólesít ummyndunarbeltinu og komið er í laumontítbeldið á um 300 m dýpi (sjá mynd 6). Jarðlögunum í holunum hefur verið skipt upp í 9 syrpur (mynd 5). Lýsing þeirra fer hér á eftir. Byrjað er á yngstu syrpu, haldið niður holurnar og endað á þeirri elstu.

SYRPA 1. Efri mörk syrpu eru ókunn en neðri mörkin eru ofan við oxaða breksfu á 130-160 m dýpi, mismunandi eftir holum. Syrpan er á 4-159 m dýpi í holu 3, 12-150 m dýpi í holu 4, 20-151 m dýpi í holu 5 og 30-132 m dýpi í holu 6. Syrpan samanstendur annars vegar af fínkristölluðum allumynduðum basaltlögum, sumum plagíóklasdílóttum og hins vegar meðalgrófkristölluðum og minna umynduðum þóleíft hraunlögum. Milli hraunlaganna eru sums staðar þunn rauð millilög. Fersklega þóleíftið er nær eingöngu að finna í holum 5 og 6. Í þeim er einnig mun minna um holu- og sprungufyllingar. Þrískiptur dólerítgangur er í efstu 90 m í holu 3. Í holu 5 er fersklegur dólerítgangur á 135-150 m dýpi.









SYRPA 2. Syrpan er 100-110 m þykk. Hún er á 159-271 m dýpi í holu 3, 150-256 m dýpi í holu 4, 151-258 m dýpi í holu 5

# URRIDAVATN Í FELLAHREPPI

## JARÐLÖG, SYRPAKIPTING OG VIÐNÁMSFERLAR Í HOLUM 3, 4, 5 OG 6



Skýringar við jarðlagasnið:

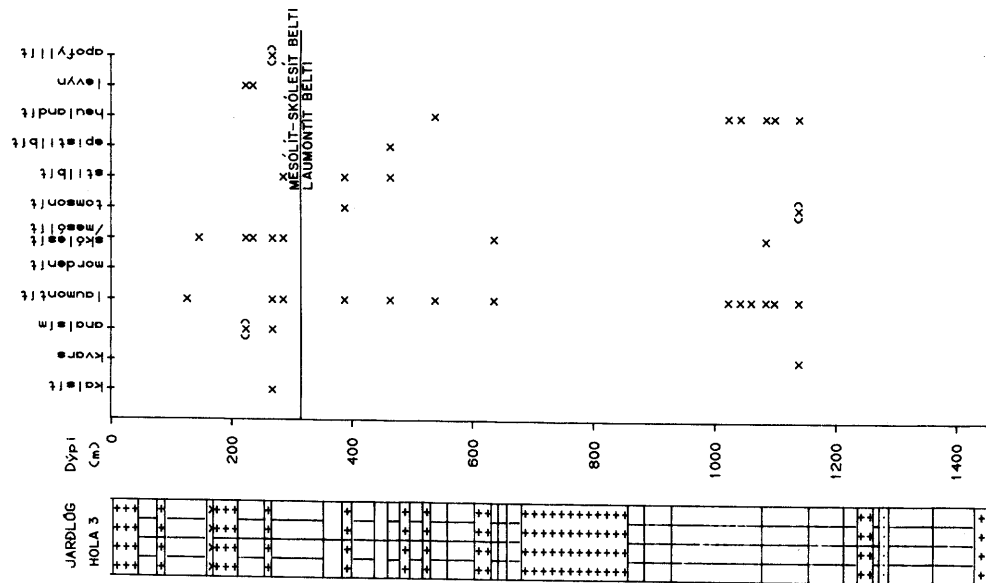
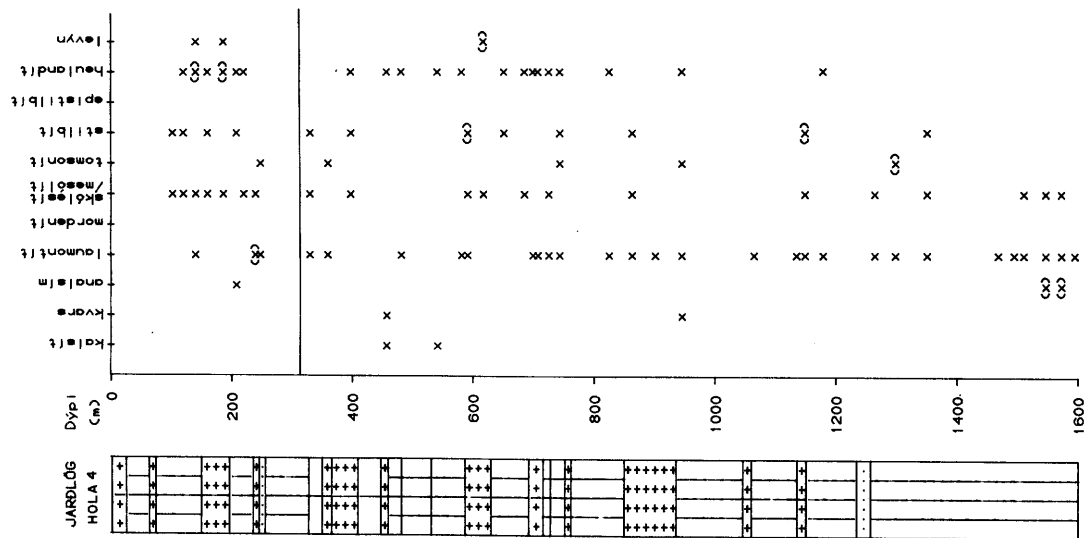
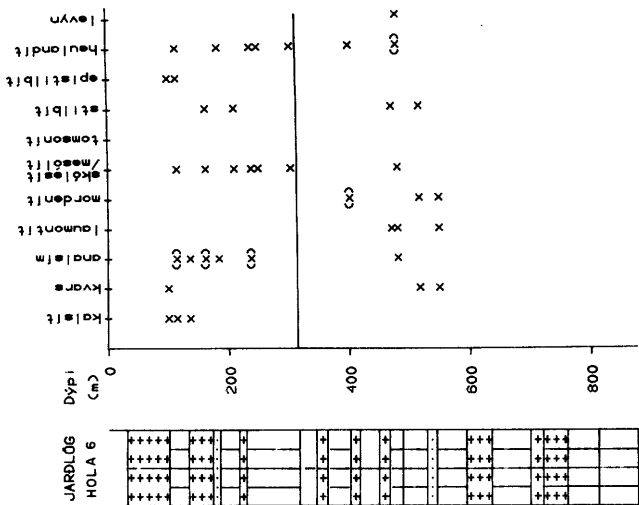
-  Ferslegt fín-meðalkorna basalt
-  Ummyndað fín-meðalkorna basalt
-  Ferslegt meðal-grófkorna basalt
-  Ummyndað meðal-grófkorna basalt
-  Dólerít innskot (gangur)
-  Basaltrík breksía
-  Fínkornótt set
-  Svarf vantar

Holan sker 10 m miðgengi  
einhvers staðar á  
þessum kafla

# URRIDAVATN

Einfaldad jarðlagasnið  
og dreifing ummyndunar-  
steinda í holum 3, 4 og 6.

JHD-BJ-7506-MK  
82.05.0735.em.



Skýringar við jarðlagasnið:

- Færaklegt fín-meðalkorna basalt
- Ummyndað fín-meðalkorna basalt
- Færaklegt meðal-grófkorna basalt
- Dólerít innkot (gangur)
- Basaltísk brekka
- Finkornótt set

MYND 6

og 132-234 m dýpi í holu 6. Sýrpan einkennist af lítið ummynduðu plagíóklas- og pyroxendílóttu basalti og talsvert þykkum setlögum. Um miðja sýrpuna er um 10 m þykkt setlag. Ofan við setlagið eru hraunlögin grófkristallaðri en neðan við það. Neðsta lag sýrpunnar er setlag sem nær um 10 m þykkt í holu 4. Í holu 5 er svarfið illgreinanlegt vegna þess hve fínmálað það er og þar eru hraunlögin mest ummynduð. Í holu 6 má sjá lítið ummyndaða ólivínkristalla í lögum þessum. Einstök lög sýrpunnar má nánast rekja lag fyrir lag milli holanna.

Sýrpa 1 og að nokkru leyti sýrpa 2 samsvara líklega að verulegu leyti einingu A í kortlagningu jarðlaga á yfirborði.

SYRPA 3. Sýrpan er 75-85 m þykk. Hún er á 271-353 m dýpi í holu 3, 256-330 m dýpi í holu 4, 258-340 m dýpi í holu 5 og 234-320 m dýpi í holu 6. Sýrpan er úr plagíóklasdílóttu, yfirleitt frekar fínkristölluðu basalti án verulegra milli-laga. Neðsta dílóttta basaltlagið í holum 3, 5 og 6 er einstaklega plagíóklasríkt og því gott leiðarlag. Neðstu tvö hraunlög sýrpunnar eru úr fínkristölluðu dílalausú þóleífti. Ofan og neðan við þau eru rauð setlög. Í holu 6 er mjög líklega þunnur gangur á 234-237 m dýpi. Flest lög sýrpunnar má rekja milli holanna.

SYRPA 4. Sýrpan er 125-145 m þykk. Hún er á 353-480 m dýpi í holu 3, 330-460 m dýpi í holu 4, 340-484 m dýpi í holu 5 og 320-466 m í holu 6. Aðaluppistaða sýrpunnar eru grófkornótt til meðalgrófkornótt basaltlög en einnig nokkur fínkornótt basaltlög, ýmist ferskleg eða ummynduð. Setlög eru einkum milli fínkornóttu laganna. Í holu 4 er grófkornóttta basaltið mest áberandi og er hluti af því flokkað sem dólerítgangur. Einnig vantar fínkornóttta ummyndaða basaltið í holu 4. Neðsta fínkornóttta basaltlagið er lítið ummyndað og eitt af einkennislögum holanna. Það mælist með frekar hátt viðnám og náttúrleg gammageislun lagsins er nokkuð lág (20 API). Basaltið er auðþekkjanlegt í holum 4 og 6 og einnig í holu 5. Í holu 3 er basaltlagið að nokkru leyti frábrugðið, þar er það grófkristallaðra, með lægra viðnám en gammageislun þess er svipuð. Líklegt er að hola 4 liggi í gegnum 20 m misgengi á 300-400 m dýpi og hola 3 fari í gegnum annað 10-15 m misgengi á 400-450 m dýpi.

SYRPA 5. Sýrpan er um 125 m þykk. Hún er á 480-604 m dýpi í holu 3, 460-587 m dýpi í holu 4, 484-(622) m dýpi í holu 5

og 466-591 m dýpi í holu 6. Syrpan samanstendur af fínkorn-  
óttum ummynduðum basaltlögum með oxuðum breksfjum og rauðum  
setlögum á milli. Í holu 3 er grófkornótt ummyndað  
ólívín-póleift á 518-531 m dýpi, og líklega einnig í  
holu 6. Í holu 5 er þykkur lítið ummyndaður dólerítgangur á  
520-622 m dýpi. Ofan við ganginn er grófkornótt berg,  
hugsanlegt er að það sé hluti hans. Líklegt má telja að  
hola 5 fari í gegnum 10-15 m misgengi á 450-650 m dýpi.

SYRPA 6. Syrpan er 105-110 m þykk. Hún er á 604-(682) m  
dýpi í holu 3, 587-692 m dýpi í holu 4, (622)-704 m dýpi í  
holu 5 og 591-699 m dýpi í holu 6. Aðaluppistaða syrpannar  
eru fínkornótt ummynduð basaltlög með rauðum kargalögum og  
rauðum setlögum á milli. Einkennislög syrpannar eru tvö  
ólívín-póleiftlög. Þau eru efst í syrpanni og á milli  
þeirra er mjög holufyllt basalt. Í holu 5 virðist vera  
heldur grófkristallaðra berg á 670-690 m dýpi og neðsta  
lagið í syrpanni sem annars er mjög holufyllt er plagíó-  
klasdflótt í holu 5. Í holu 6 eru alveg ferskir ólívín-  
kristallar í ólívín-póleiftlögum.

SYRPA 7. Syrpan er um 460 m þykk. Hún er á (682)-1184 m  
dýpi í holu 3, 692-1150 m dýpi í holu 4, 704-(851) m dýpi í  
holu 5, 699-(877) m dýpi í holu 6. Efst eru 2-3  
ólívín-póleiftlög, ekki jafn fersk og í syrpu 6. Þá er þar  
fínkornótt ummyndað basalt og tvö eða fleiri lög af ummynd-  
uðu grófkornóttu póleifti. Að öðru leyti samanstendur  
syrpan af fínkristölluðu ummynduðu basalti án verulegra  
millilaga. Á 820 m dýpi í holum 5 og 6 er þó 6 m setlag,  
sem ekki finnst í holu 4. Á 470 m og 745 m dýpi í holu 6  
eru sprungur sem fylltar eru að einhverju leyti með  
laumontíti. Í holu 3 er lítið ummyndaður dólerítgangur á  
682-858 m dýpi. Í holu 4 er þykkur talsvert ummyndaður  
dólerítgangur á 850-936 m dýpi. Í um það bil miðjum  
ganginum er 20 m þykkur kafli þar sem bergið er fín-  
kristallað og hefur mjög sérstakan textúr að því leyti að  
afar mikið er af málmalum sem raðast í mjög reglulegt  
mynstur. Þessi lagskipti gangsins koma skýrt fram í  
viðnámsmælingum.

SYRPA 8. Syrpan er um 105 m þykk. Hún er á 1184-1290 m dýpi  
í holu 3 og 1151-1258 m dýpi í holu 4. Syrpan einkennist af  
plagíóklasdflóttum basaltlögum. Í mörgum þeirra er mikið af  
holufyllingum. Milli hraunlaganna eru oxuð kargalög. Neðst  
er 20 m þykkt móbergssæt. Í holu 4 er setið tiltölulega  
lítið ummyndað en í holu 3 er það mun meira ummyndað og í



því er mikið af basaltbrotum.

SYRPA 9. Syrpan er að minnsta kosti 340 m á þykkt. Hún er á 1290-(1454) m dýpi í holu 3, 1151-(1258) m dýpi í holu 4. Syrpan er að mestu úr ummynduðum finkristölluðum basaltlögum með oxuðum holufylltum karga og meðalgrófkornóttu minna ummynduðu basalti oft plagíóklasdílóttu. Ekki er unnt að rekja einstök lög syrpannar milli holanna en hraunlögin í þeim eru svipuð. Á 1590-1594 m dýpi í holu 4 er ummyndað móberrgsset. Í holu 3 eru neðstu 22 m í dólertgangi.

Samanburður á jarðlögum og mæliferlum leiðir í ljós góða samsvörun milli borholanna, að undanskildum nokkrum dýptarbilum, þar sem jarðlagastaflinn er misþykkur milli ákveðinna einkennislaga og einnig þar sem holurnar skera bergganga (myndir 13, 14, 15, 5 og 7). Sennileg skýring á þykktarmisræminu er, að holurnar hafi farið í gegnum misgengi en borsvæðið liggur eins og fyrr er getið í sprungubelti forrnar meginledstöðvar. Þykktarmunurinn er skýrður með tveimur misgengjum á 300-600 m dýpi í borholunum (sjá myndir 5 og 7). Annað misgengið er um 20 m og fer hola 4 í gegnum það á 300-400 m dýpi. Við nánari athugun fannst misgengið seinna í umreiknuðum segulmæliferlum og var rakið upp á land eftir loftmyndum (mynd 3). Hitt misgengið er 10-15 m og fer hola 3 í gegnum það á 400-450 m dýpi og hola 5 á 450-650 m dýpi. Þetta er líklega sama misgengi og sést skammt austan við borsvæðið, en þar var stærð þess áætluð 15-20 m.











Nokkur sýni eru til úr göngum á yfirborði. Reynt var að nota þau til hjálpar við tengingu milli ganga í borholum og ganga á yfirborði, en engin skýr svör fengust. Á mynd 7 sést sennileg tenging ganga milli borhola og tenging þeirra við ganga á yfirborði fundna með segulmælingum. Halli ganganna sem liggja vestast og austast er 7-8° frá lóðréttu. Þeir eru merktir A og C. Halli miðgangsins (merktur B) er nokkru minni, eða tæplega 5°. Ef halli og stefna þykka gangsins, sem er á 850-936 m dýpi í holu 4 er svipaður og hinna þriggja ætti hann að koma fram neðarlega í holu 6, en þar er enginn gangur til staðar. Þessi sami gangur gæti hugsanlega verið í neðstu 20 m holu 3. Enga vísbendingu um gang þennan er að finna í segulmælingum.

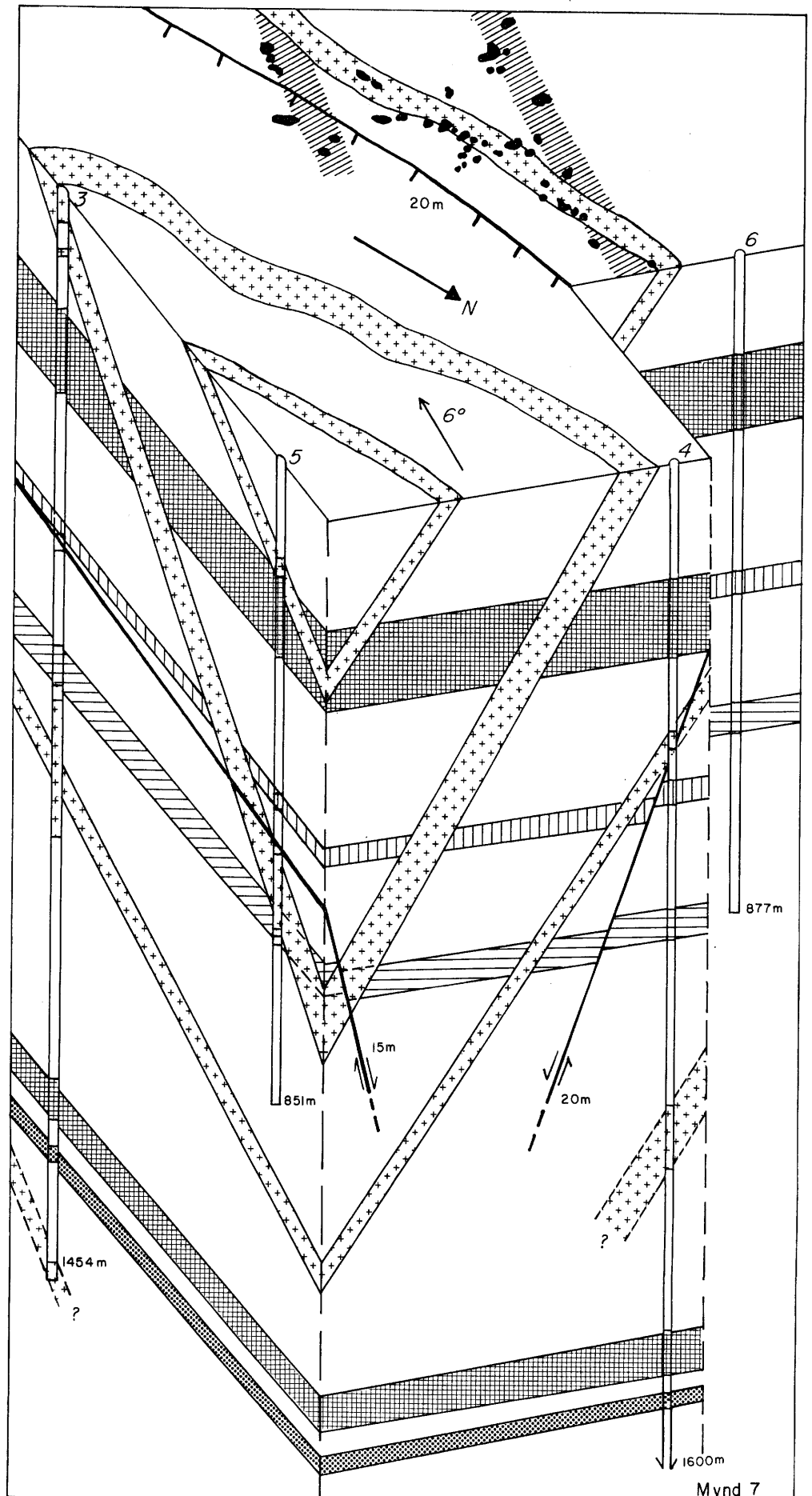
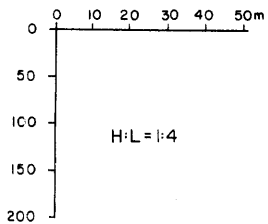
Um afstæðan aldur misgengja og ganga í borholunum er ekkert vitað þótt gangarnir séu teiknaðir sem yngri myndanir en misgengin á mynd 7.

# URRIÐAVATN

Einfölduð þrívíddarmynd  
af berggrunnum

Skýringar:

-  GANGUR
-  ÞÓLEIIT
-  ÓLIVÍN ÞÓLEIIT
-  PLAGIÓKLASDÍLÓTT  
BASALT
-  MÓBERGSSET
-  BORHOLA
-  HALLI
-  MISGENGI
-  VAKIR
-  SKURÐLÍNA LÁGVINDNÁMS-  
SPRUNGU VIÐ YFIRBÖRÐ



## 7. VIÐNÁMSMÆLINGAR

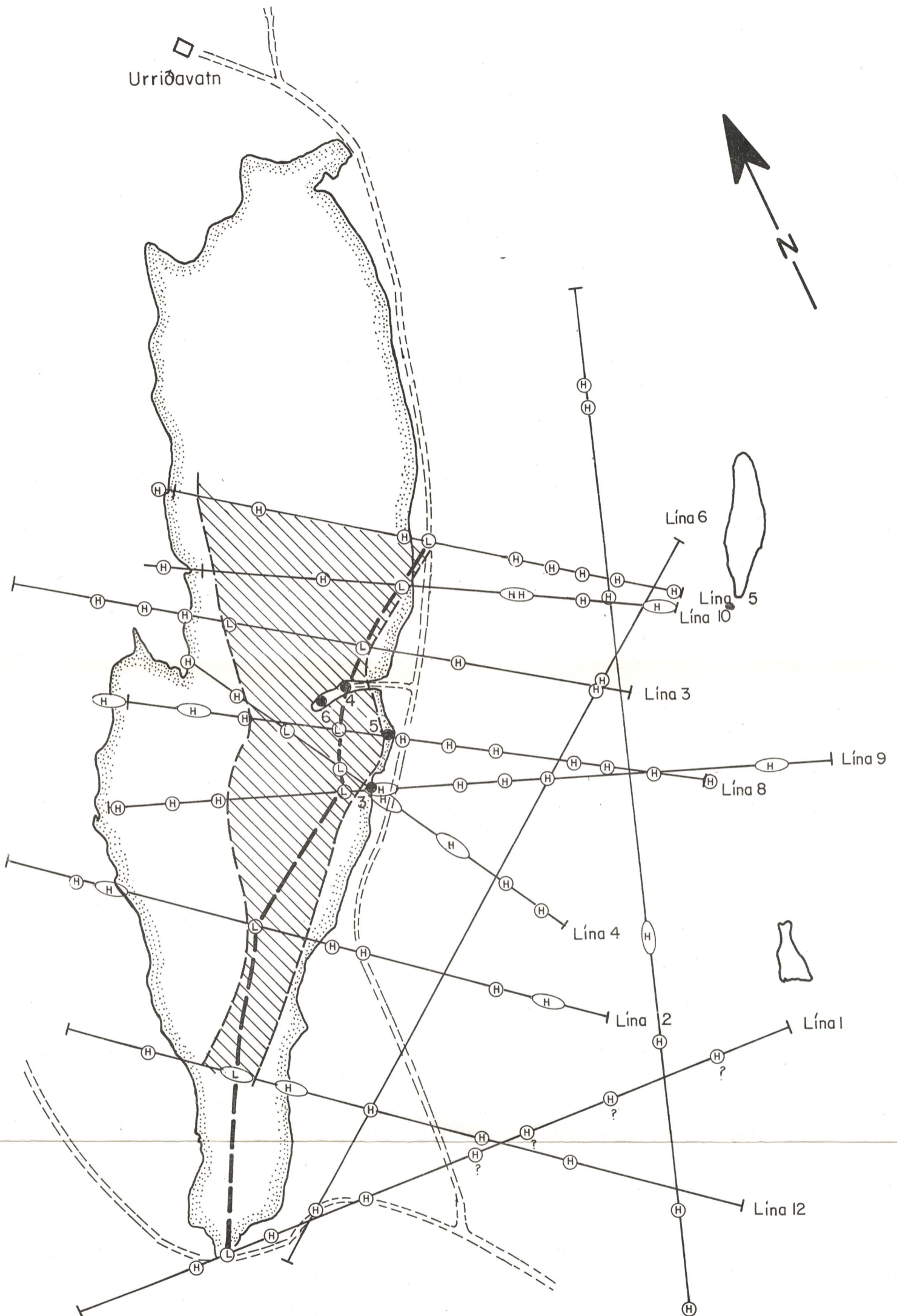
Viðnámssniðsmælingar voru gerðar á jarðhitasvæðinu við Urriðavatn í júní og september 1982. Í viðauka III er fjallað um mæliaðferðina sjálfa og túlkun hennar. Þar er enn fremur greint frá framkvæmd mælinganna á vatninu.

Mælingarnar miðuðu að því að finna velrafleiðandi sprungur í jörðu. Við Urriðavatn, eins og á öðrum blágrýtissvæðum landsins ákvarðast viðnám gegn rafstraumi fyrst og fremst af vatnsinnihaldi bergsins. Sprungur sem leiða vel straum (hafa lágt viðnám) eru því jafnframt vatnsríkar og því líklegir vatnsleiðarar. Í viðnámsmælingunum sést hins vegar ekki hvort vatnið í sprungunum er heitt eða kalt. Með sprungum er hér eingöngu átt við nær lóðréttar sprungur sem liggja þvert gegnum jarðlagastaflann. Þær eru oft tengdar göngum og misgengjum. Orðið veggur er hér á eftir notað sem samheiti yfir ganga misgengi og sprungur. Á mynd 8 er lega mælihnanna sýnd ásamt heildarniðurstöðum úr túlkun mælihnanna. Túlkun einstakra mælihnanna ásamt athugasemdum er að finna í viðauka III.

Eins og fram kom í kafla 2 er viðnám umhverfis Urriðavatn yfirleitt mjög hátt sem bendir til líftillar vatnsgengdar utan afmarkaðra sprungna. Í viðnámssniðsmælingunum hefur eftirfarandi komið í ljós:

1. Umhverfis Urriðavatn er viðnám hátt, 200-400 ohmm.
2. Undir hluta Urriðavatns er lágviðnámssvæði (<100 ohmm). Það er sýnt skástríkað á mynd 8. Innan þess má búast við að finna vatnsleiðni í jörðu í a.m.k. efstu 300 metrunum.
3. Áberandi lágviðnámsveggur kemur fram í mörgum mælihnanna og er merktur með (L) á mynd 8. Veggurinn virðist liggja þvert gegnum jarðhitasvæðið með norðaustlæga stefnu. Hann liggur mjög nærri holu 4 en virðist hliðrast nokkuð á vakasvæðinu sunnan holunnar. Viðnámið í veggnum er mun lægra en á lágviðnámssvæðinu í kring. Þessi lágviðnámsveggur er túlkaður sem vatnsleiðari, hugsanlega aðfærsluæð heita vatnsins inn á jarðhitasvæðið. Um halla hans er ekki vitað. Að auki kemur fram lágviðnámsveggur úti í miðju vatni í línu 4 og í línu 3 austur undan Langatanga. Þessi veggur er þó

# URRIDAVATN - Túlkun viðnámsmælinga



## SKÝRINGAR

- Mællína nr. 2
- Lágviðnámsveggur skv. túlkun
- Háviðnámsveggur
- Svæði þar sem viðnám er lægra en umhverfið
- 4 Hóla nr. 4

Mynd 8

0 200 400 m

ekki eins augljós og sá sem liggur um jarðhitasvæðið.

4. Fjölmargir háviðnámsveggir koma fram í mælilífunum. Þeir eru merktir með (H) á mynd 8. Þeir eru taldir tákna þetta ganga eða misgengi sem verið gætu rennslishindranir fyrir heita vatnið. Eins er hugsanlegt að staðbundið háviðnám í yfirborði, t.d. þurrt bert klapparholt milli mýrasunda, komi fram sem háviðnámsveggur í túlkun. Einnig er mögulegt að raunverulegir háviðnámsveggir tynist í einstaka mælilífunum við vissar aðstæður. Af myndinni er ljóst að mikill fjöldi háviðnámsveggja liggur beggja vegna jarðhitasvæðisins og því lítil von um vatnsleiðni þar. Vegna þess hve mynstur háviðnámsveggjanna er flókið er ekki reynt að draga það upp. Þó er rétt að benda á að háviðnámsveggir virðast liggja með bökkunum beggja vegna vatnsins.

## 8 NIÐURSTÖÐUR

Eins og fram kemur í inngangi er það megin viðfangsefni skýrslunnar að finna út hvað stjórnin uppstreymi heita vatnsins í Urriðavatni og hvernig afla megi heitara og öruggara vatns úr dýpri vatnsleiðurum.

Mynd 9 sýnir vakasvæðið, borholurnar og þau atriði sem talin eru skipta máli fyrir uppstreymi heita vatnsins á vatnsbotninum.

Viðnámsmælingarnar benda til að meginvatnsleiðarinn í a.m.k. efstu 300 m sé nær lóðréttur flötur eða "veggur" sem liggur um vakasvæðið með SV-NA stefnu og kemur þar fram sem lágviðnám í mælingunum (sjá mynd 9). Þar sem lágviðnámið gengur á land á eystri bakka vatnsins fannst gangur með segulmælingum (sbr. mynd 4). Gangur þessi finnst hinsvegar ekki í segulmælingunum sem gerðar voru á Ís, þannig að hann virðist ekki liggja áfram út í vatnið. Ekkert hefur heldur komið fram sem bendir til að um misgengi geti verið að ræða. Því verður að gera ráð fyrir að þetta lága viðnám stafi frá nær lóðréttri sprungu í berggrunninum.

Lágviðnámið fylgir ekki uppstreyminu á vatnsbotninum, heldur liggur það ávallt nokkru austar en vakirnar (sjá mynd 9). Einnig hliðrast lágviðnámið til á miðju jarðhitasvæðinu. Nákvæmni mælinganna er hinsvegar ekki nægjanleg til að sýna hvernig hliðrunin er í smáatriðum. Við fyrstu sýn virðist nokkur óregla vera í dreifingu vakanna á meginvakasvæðinu. Óregluna má að mestu skýra með línu sem hliðrast skástíft á miðju vakasvæðinu og liggur því sem næst samsíða "lágviðnáminu" (sbr. mynd 9). Þessi lína sýnir skurðlínu sprungunnar við yfirborð. Hitahámörk sem fram koma í einstökum mæli línum í botnleðju (Jón Benjamínsson & Gestur Gíslason 1982) falla einnig nokkurn veginn á línuna. Staðsetning lágviðnámsins samkvæmt viðnámsmælingunum er einskonar meðalstaðsetning þess í efstu 300 m berggrunnins. Það að lágviðnámið kemur fram austar en sprungan á yfirborði bendir til að sprungunni halli til austurs.

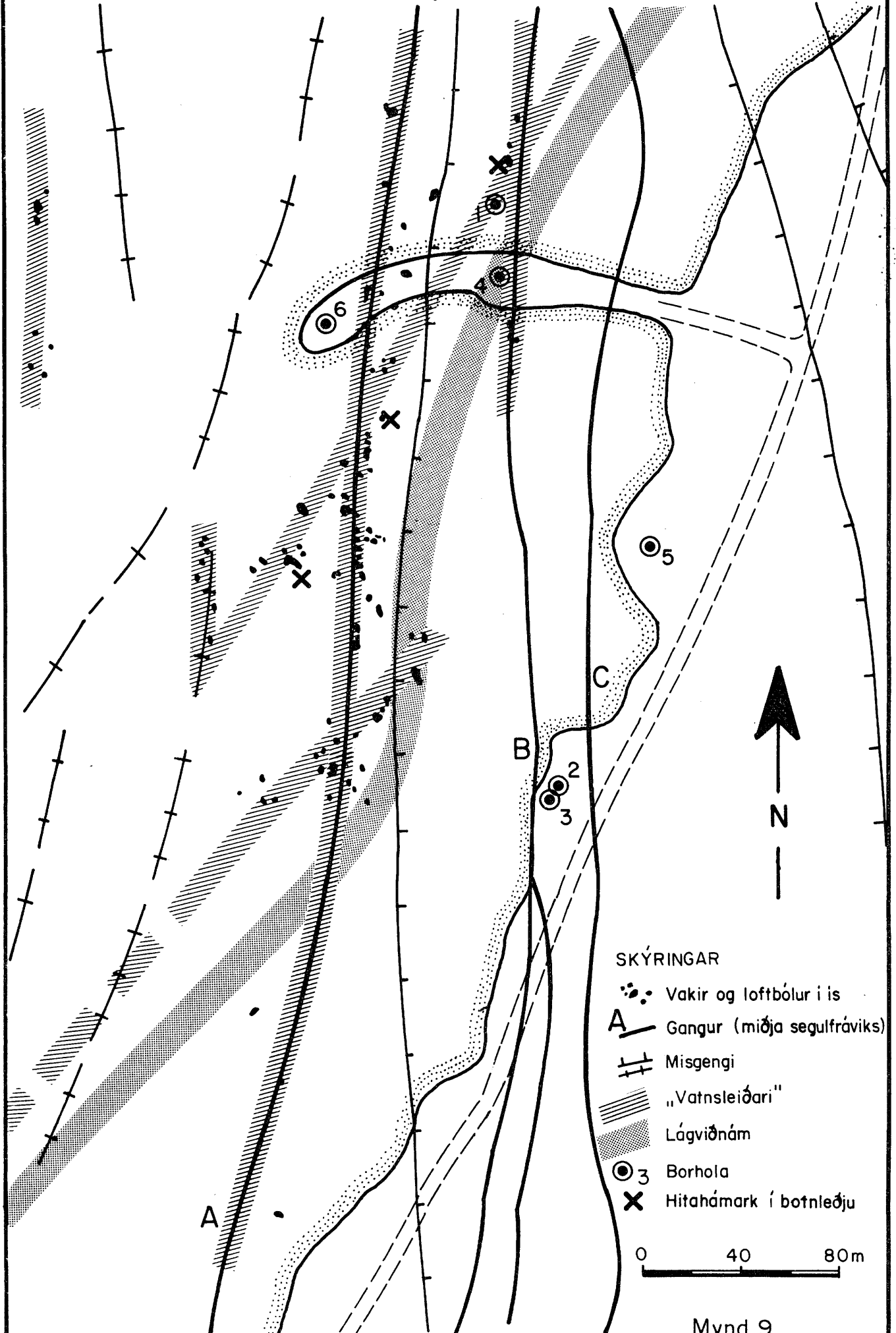
Samkvæmt viðnámsmælingunum er það sprungan sem flytur vatnið að jarðhitasvæðinu. Þar sem sprungan sker gang A ("jarðhitaganginn") og gang B streymir vatn út í þá og upp eftir þeim til yfirborðs. Einnig streymir vatn upp með misgenginu næst vestan við "jarðhitaganginn". Þetta líkan



JHD-JK-7506 SE  
82.06.0764 AÅ

# URRIÐAVATN

Líkan af jarðhitasvæðinu



### SKÝRINGAR

- Vakir og loftbólur í is
- A** Gangur (miðja segulfráviks)
- Misgengi
- „Vatnsleiðari“
- Lágviðnám
- Borhola
- Hitahámark í botnleðju

0 40 80m

Mynd 9

tekur ekki til uppsteymisins úti í miðju vatninu og þar koma hvorki fram óreglur í segulsviðinu né í viðnáms-sniðsmælingunum.

Fyrri hugmyndir gerðu ráð fyrir að berggangarnir stjórnðu uppstreymi heita vatnsins og miðuðu boranir að því að skera gangana í djúpinu. Samkvæmt niðurstöðum borholurannsókna hefur tekist að hitta gangana, en aðeins smávægilegar vatnsæðar hafa komið við þá. Því virðast gangarnir lélegir vatnsleiðarar þótt þeir flytji nokkurt vatn næst yfirborði. Þar sem sprungan virðist vera meginvatnsleiðari jarðhitasvæðisins sýnist augljóst að frekari vatnsöflun verður að miðast við að ná vatni úr sprungunni djúpt í vatnskerfinu, helst ekki grynnra en á 1000 m dýpi.

Mestar upplýsingar liggja fyrir um norðurhluta jarðhitasvæðisins. Þar kemur lágviðnámið skýrast fram og fyrir liggja töluverðar upplýsingar úr holum 1, 4, 5, og 6. Þar er svæðið aðgengilegast til borana eftir að tanginn var byggður út í vatnið. Því er vænlegast að beina athyglinni að nyrðri hluta sprungunnar. Sá ljóður er þó á þessu að halli sprungunnar er ekki þekktur og ekki er vitað með fullnægjandi nákvæmni hvar hún sker yfirborð. Eftirfarandi atriði gefa nokkra vísbendingu:

1. Hóla 1 lenti í sprungu á 30 m dýpi. Þar var  $60^{\circ}\text{C}$  heit æð. (Jarðboranir ríkisins 1963). Mestu æðarnar í holu 4 voru á u.þ.b. 200 og 300 m dýpi. Miðað við að sprungan í holu 1 og önnur hvor stóra æðin í holu 4 séu aðfærsluæðar jarðhitakerfisins (lágviðnámsprungan) er halli hennar  $3,4^{\circ}$  eða  $5,4^{\circ}$  eftir því við hvora æðina í holu 4 er miðað. Þá eru einnig minni æðar í holu 4 á 170 m og 450 m. Ef önnur hvor þeirra svarar til sprungunnar er hallinn  $6,5^{\circ}$  eða  $2,2^{\circ}$ . Af holu 4 má því ráða, að svari einhver æðanna í henni til aðfærsluæðarinnar er halli hennar á bilinu  $2,2-6,5^{\circ}$  til austurs.
2. Hitamælingar úr holum 3, 4, 5 og 6 eru sýndar á mynd 17. Erfitt er að ráða í raunverulegan berghita þar sem hitaferlarnir einkennast af streymi heits vatns upp holurnar. Þó má ráða af mælingum úr holum 5 og 6 að hola 5 sé um  $3^{\circ}\text{C}$  heitari en hola 6 á 800 m dýpi. Þar sem talið er að aðfærsluæðin skeri yfirborð um 130 m frá holu 5, en aðeins 30 m frá holu 6, bendir þessi hitamunur ákveðið til talsverðs austlægs halla. Á móti kemur að vart varð við sprungur á tveimur stöðum í



holu 6. Ef þær svara til aðfærsluæðarinnar er hallinn vestlægur. Telja verður hitamælingarnar vega þyngra á metaskálunum.

3. Hóla 5 virðist ekki vera nógu djúpt til að skera sprunguna. Samkvæmt því er halli aðfærsluæðarinnar minni en  $8,7^\circ$ .
4. Hóla 3 hitti ekki aðfærsluæðina. Svo illa vill til að hólun er boruð þar sem hliðrun verður á sprungunni þannig að erfitt er að meta hvort hún ætti að hafa skorið hana eða ekki. Ef miðað er við nálægari hluta sprungunnar þarf halli hennar að vera minni en  $3,1^\circ$  til að hólun nái ekki að skera sprunguna, en minni en  $5,9^\circ$  ef miðað er við fjarlægari hlutann.

Af ofangreindu má sjá að líklegast er að halli aðfærsluæðarinnar sé á bilinu  $2-6^\circ$  til austurs.

Við ákvörðun á borstað verður að taka tillit til aðstæðna á jarðhitasvæðinu. Ef það væri á þurru landi yrði líklegast mælt með borun í lágviðnámssprunguna gegnt hólunni 5, því þar virðist miðja vakasvæðisins vera. Einnig mældist þar hátt hitaflæði við hitamælingar í botnleðju í mars 1982 (Jón Benjamínsson & Gestur Gíslason 1982). Þar er hins vegar mjög djúpt og garður þangað út yrði mjög dýr. Að þessum kosti slepptum virðist nærtækast að bora austan hólunni 4, annað hvort beina hólunni sem miðaði að því að hitta lágviðnámssprunguna á 800-1500 m dýpi eða skáholu inn undir mitt vakasvæðið út af hólunni 5. Þriðji kosturinn væri að beina athyglinni að þeim stað sem lágviðnámssprungan tekur land, norðan hólunni 1. Þar mætti bora af landi. Þar er hins vegar enginn jarðhiti á yfirborði og því ekki víst að mikið vatn fylgi lágviðnámssprungunni þar. Úr því fengist einungis skorið með hitastigulsborunum.

Í framhaldi af þessum niðurstöðum svo og niðurstöðum efnafræðirannsóknna (Jón Benjamínsson o.fl. 1982) hefur hitaveita Egilsstaðahrepps og Fella fengið tillögur um frekari aðgerðir og hafa þær birst í sérstakri skýrslu (Jens Tómasson o.fl. 1982).

## HEIMILDASKRÁ

- Benedikt Steingrímsson, Kristján Sæmundsson & Ásgrímur Guðmundsson 1976: Urriðavatn. Jarðhitarannsóknir veturinn 1975-1976. Orkustofnun, OSJHD-7635, 8 s.
- Birna Ólafsdóttir, Kristján Sæmundsson & Sveinbjörn Björnsson 1970: Jarðhitaleit sumarið 1969. Orkustofnun, Jarðhitadeild, 21 s. +20 m.
- Brynjólfur Eyjólfsson, Ólafur G. Flóvenz & Sigmundur Einarsson 1982: Viðnámsmælingar við Urriðavatn í júní 1982. Orkustofnun, greinargerð, BE-ÓGF-SE-82/01, 8 s.
- Gísli Karel Halldórsson 1982: Urriðavatn. Orkustofnun, greinargerð, GKH-82/02, 13 s.
- Guðmundur Guðmundsson 1972: Rafleiðnimælingar við Egilsstaði og Urriðavatn. Orkustofnun, Jarðhitadeild, 3 s.
- Inqvar Birgir Friðleifsson & Hrefna Kristmannsdóttir 1968: Jarðlaugasnið. Orkustofnun, Jarðhitadeild, 47 s.
- Jarðboranir ríkisins 1963: Borskýrslur Sullivan 3.
- Jens Tómasson, Þorsteinn Thorsteinsson & Ingvar Birgir Friðleifsson 1978: Varðar stöðu rannsóknarverkefnis á jarðhitasvæðinu við Urriðavatn. Orkustofnun, Jarðhitadeild, greinargerð, 1 s.
- Jens Tómasson, Kristján Sæmundsson & Sigmundur Einarsson 1980: Greinargerð. Orkustofnun, greinargerð, JT-KS-SE-80/02, 1 s.
- Jens Tómasson, Jón Benjamínsson, Ólafur G. Flóvenz & Sigmundur Einarsson 1982: Urriðavatn í Fellum. Tillögur til vatnsöflunar á árinu 1983. Orkustofnun, OS82112/JHD29 B, 6 s.
- Jóhann Helgason & M. Zentilli 1982. Stratigraphy and correlation of the region surrounding the IRDP drill hole 1978, Reyðarfjörður, eastern Iceland. J. Geophys. Res. 87: 6405-6417.
- Jón Benjamínsson 1981: Athugun á útfellingu, tæringu og

blöndun í borholum HEF við Urriðavatn. Orkustofnun, greinargerð, JBen-81/01, 19 s.

Jón Benjamínsson & Gestur Gíslason 1982: Urriðavatn, Fella-hreppi. Hitamælingar í botnleðju og efnagreiningar á vatnssýnum. Orkustofnun, OS82055/JHD09 B, 28 s.

Jón Benjamínsson, Gestur Gíslason & Þorsteinn Thorsteinsson 1982: Jarðhitasvæðið að Urriðavatni. Efnabreytingar, líkanhugmynd og orkuvinnsla. Orkustofnun, OS82129/JHD16.

Jón Jónsson 1964: Skýrsla um jarðhitaathuganir á Austur-landi 1963. Raforkumálastjóri, Jarðhitadeild, 13 s.

Kristján Sæmundsson 1970: Varðar jarðhitarannsóknir við Urriðavatn. Orkustofnun, Jarðhitadeild, greinargerð, 5 s.

Kristján Sæmundsson & Rúnar Sigfússon 1975: Varðar framhald borunar holu 3 við Urriðavatn, Fella-hreppi. Orkustofnun, OS-JHD 7545, 2 s.

Kristján Sæmundsson & Þorgils Jónasson 1976: Varðar dýpkun borholu við Urriðavatn v. Fella-hrepps Egilsstaða. Orkustofnun, Jarðhitadeild, greinargerð, 1 s.

Kristján Sæmundsson & Benedikt Steingrímsson 1977: Varðar framhald borunar holu 4 Urriðavatni. Orkustofnun, Jarðhitadeild, greinargerð, 2 s.

Kristján Sæmundsson & Jens Tómasson 1981: Varðar umsókn um lán úr orkusjóði vegna borunar eftir heitu vatni fyrir Hitaveitu Egilsstaða og Fella. Orkustofnun, greinargerð, KS-JT-81/03, 3 s.

Kristján Sæmundsson, Leó Kristjánsson, I. McDougall & N. D. Watkins 1980: K-Ar dating, geological and paleomagnetic study of a 5 - km lava succession in northern Iceland. J. Geophys. Res. 85: 3628-3646.

La Brecque, J. L., D. V. Kent & S. C. Cande 1977: Revised magnetic polarity time for late Cretaceous and Cenozoic time. Geology 5: 330-335.

Walker, G.P.L. 1964: Geological investigations in eastern

Iceland. Bull. Volcanolog. 27: 351-363.

Walker, G. P. L. 1974: The structure of eastern Iceland. í; Leó Kristjánsson, ritstj., Geodynamics of Iceland and the north Atlantic area. Dordrecht (Holland), C. Riedel: 177-188.

Watkins, N. D. & G. P. L. Walker 1977: Magnetostratigraphy of eaeastern Iceland. Am. Journ. Sci. 277: 513-584.

Þorsteinn Thorsteinsson, Jens Tómasson & Kristján Sæmundsson 1979: Varðar stöðu rannsókna á jarðhitasvæðinu við Urriðavatn. Orkustofnun, greinargerð, 2 s.

VIÐAUKI I

SEGULMÆLINGAR

## 1. SEGULMÆLINGAR OG FRAMKVÆMD PEIRRA

Segulmælingar felast í mælingu á segulsviði jarðar og breytingum í því. Segulsvið jarðar er breytilegt frá einum stað til annars. Það breytist einnig með tíma, en þær breytingar eru tiltölulega litlar. Jörðinni má líkja við geysistöran segul. Suðurskaut hans liggur skammt frá landfræðilegum norðurpól jarðar og öfugt. Segulskautin færast lítillega til frá ári til árs. Auk þessara litlu árlegu færslna hafa í tímans rás orðið kollsteypur í segulsviði jarðar, þannig að suður- og norðursegulpólarnir hafa skipt um stöðu. Þessar kollsteypur hafa orðið með óreglulegu millibili. Frá síðustu kollsteypu eru talin vera um 700 þús. ár. Auk breytinga í segulsviði vegna færslu segulpóla verða skammvinnar sveiflur í segulsviði sem eiga rót sína að rekja til fyrirbrigða í háloftunum. Til viðbótar tímaháðu breytingunum eru talsverðar staðbundnar óreglur í segulsviði vegna missegulmagnaðra jarðlaga og hluta á jörðu. Á Íslandi er halli segulsviðskraftlína jarðsviðsins um  $76^\circ$  frá lóðréttu og misvísun  $19-25^\circ$  til vesturs frá norðri.

Í hraunkviku eru segulmagnanlegar steintegundir. Þessum steintegundum má líkja við litlar segulnálar sem raða sér í stefnu segulkraftlínanna. Við storknun frjósa þessar litlu segulnálar fastar í berginu í stefnu segulsviðs jarðar eins og hún var þegar bergið storknaði. Hraun sem hefur storknað í segulsviði eins og það er nú er kallað rétt segulmagnað en hraun sem hefur storknað meðan segulpólar voru umsnúnir er kallað öfugt segulmagnað. Ísland er hraunlagastaflí sem hlaðist hefur upp á um 20 milljónum ára. Á þeim tíma eru taldar hafa orðið um 60 kollsteypur í segulsviðinu. Landið er því byggt úr lögum þar sem skiptast á syrpur af rétt og öfugt segulmögnum hraunlögum. Svipaða sögu er að segja um bergganga. Þeir eru yfirleitt nær lóðrétt plötulaga innskot sjaldan meira en 10 m breið. Gangarnir eru rétt eða öfugt segulmagnaðir eins og hraunlögin og valda sterkum segulfrávikum. Mynd 10a sýnir hvernig segulsvið mælist yfir segulmögnum gangi, þegar mælt er þvert yfir hann. Yfir hraunlagi sem hefur óendanlega útbreiðslu kemur ekkert segulfrávik. Yfir hraunkanti eða lóðréttum mótum tveggja missegulmagnaðra hrauna koma fram segulfrávik. Samskonar lóðrétt mót myndast við misgengi í jarðlögum. Mynd 10b sýnir þetta í grófum dráttum.



Segulsvið er venjulega mælt í einingunni gamma (táknað  $\gamma$ ). Styrkur segulsviðs jarðar á Íslandi er rúmlega 50.000 $\gamma$  (stundum er talað um 50 k $\gamma$ , eða kílógamma). Dæmigert segulfrávik í tveggja metra hæð yfir gangi er 2000-5000  $\gamma$  en einnig eru til gangar sem gefa einungis 100-300  $\gamma$  segulfrávik. Segulfrávik yfir hraunkanti eða misgengi eru yfirleitt minni en 1000  $\gamma$  og geta jafnvel verið svo lítil að þau séu vart mælanleg. Segulfrávikin dofna og verða breiðari eftir því sem mælt er hærra yfir því sem frávikinu veldur.

Helsti kostur segulmælinga er sá að hægt er að finna segulfrávik yfir göngum og misgengjum þótt þau séu með öllu hulin nokkurra metra þykkum lausum ósegulmögnum jarðlögum. Þannig má kortleggja ganga og misgengi þótt engin ummerki sjáist á yfirborði.

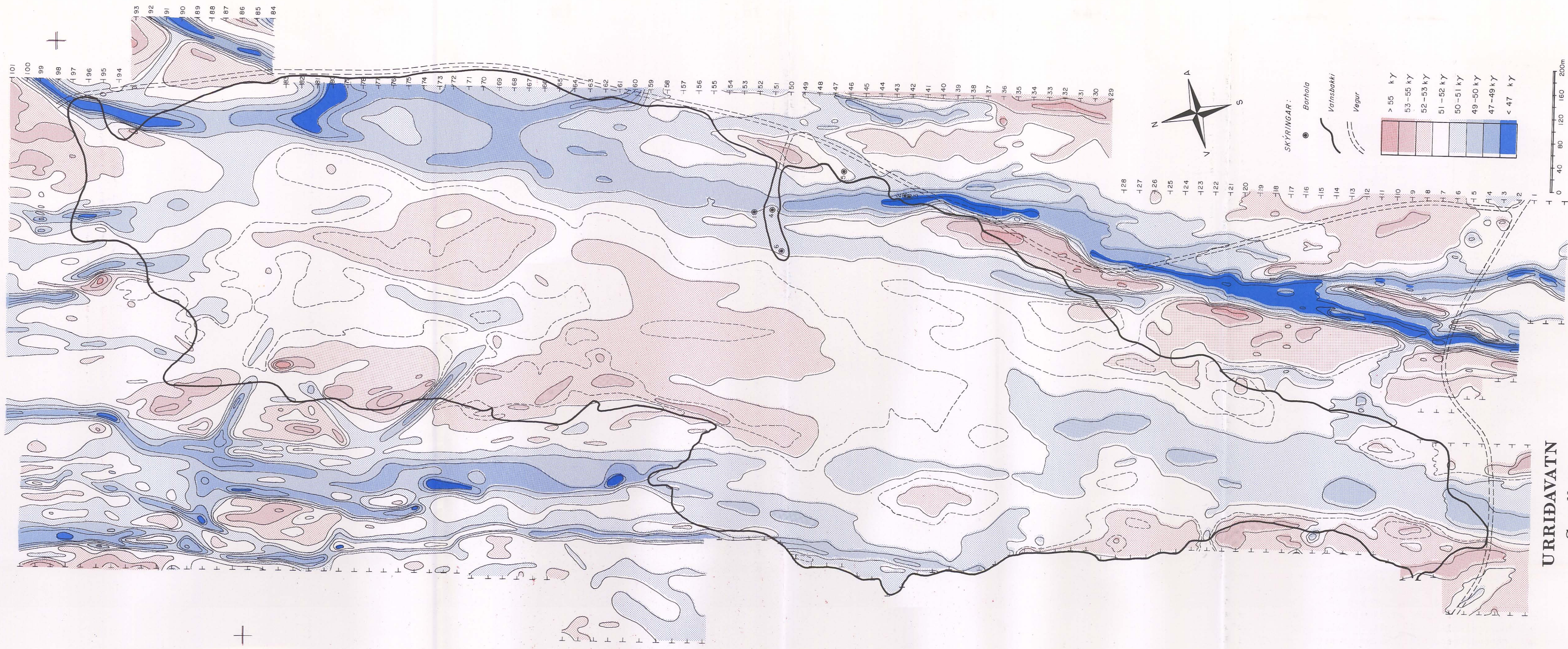
Segulfrávik við gang eða misgengi kemur best fram þegar mælt er þvert á þau. Eftir því sem mælilínurnar liggja að gangi eða misgengi undir minna horni teygist meira úr frávikinu og það kemur ver fram. Þess vegna er mjög mikilvægt að mæla sem næst þvert á þær jarðfræðilegu misfellur sem leitað er að. Á þetta einkum við um misgengi þar sem þau gefa að öllu jöfnu lítil frávik.

Í segulmælingum Orkustofnunar, er venjulega byrjað á því að leggja út samsíða mælilínur með 20 m millibili þvert á áætlaðar jarðfræðilegar misfellur. Síðan er mælt með 5 m bili eftir línunum. Loks eru oft mældar nokkrar línur þvert á fyrrnefndar línur til að kanna hugsanleg segulfrávik er liggja öðruvísi en ráð var fyrir gert.

Segulmælingarnar eru oftast settar fram á tvennan hátt. Annars vegar er gert svokallað jafnsviðskort þar sem dregnar eru upp jafngildislínur segulsviðsins. Dæmi um slíkt kort er á mynd 11. Hins vegar eru gerð kort þar sem segulsviðsferlarnir eru teiknaðir upp utan um hverja mælilínu eins og gert er á mynd 12. Á þeim kortum er oft auðveldara að greina misgengi og minni háttar frávik.

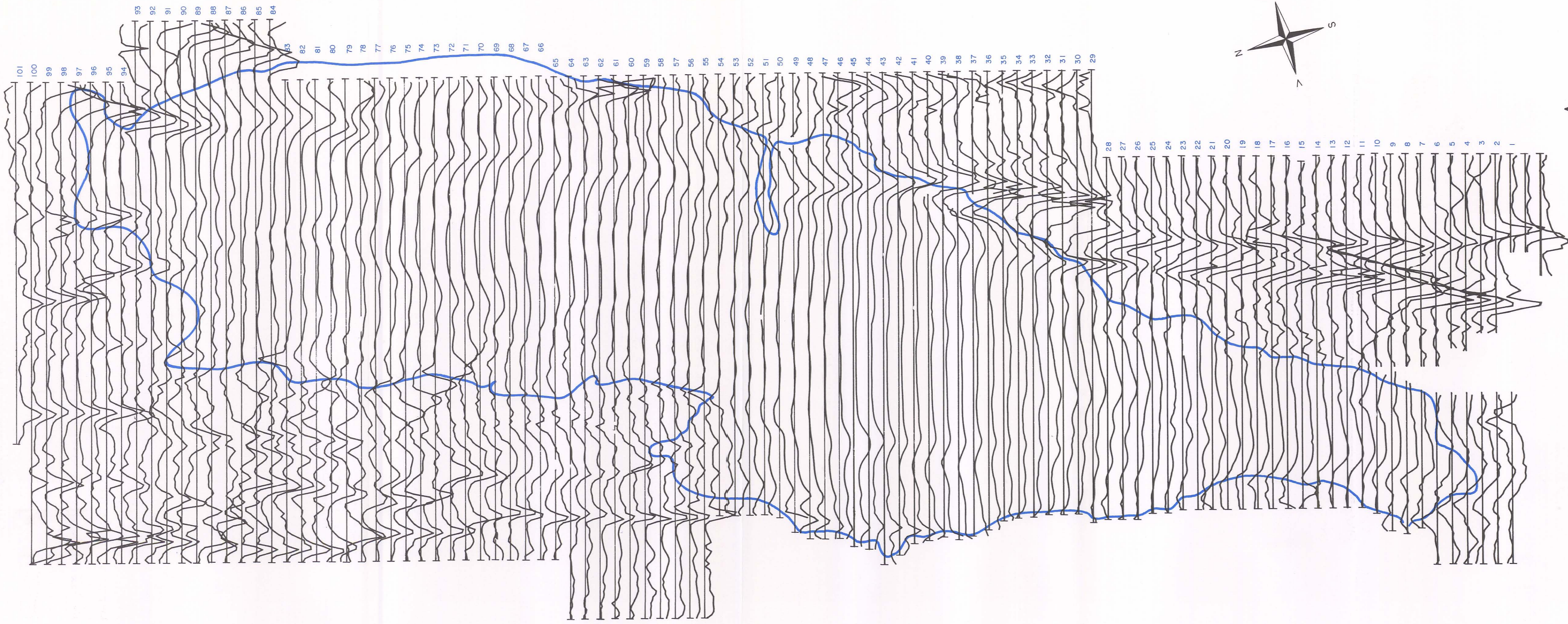
Til segulmælinga eins og hér er lýst þarf tvo menn með einn segulmæli. Lætur nærri að meðalafköst þeirra séu 3-4 km af segulmælilínum á dag, en það getur verið mjög breytilegt eftir aðstæðum. Við mælingarnar er notaður svokallaður prótónusegulmælir sem mælir heildarstyrk segulsviðsins, óháð stefnu þess. Segulneminn er hafður á stöng í 2,5 m hæð





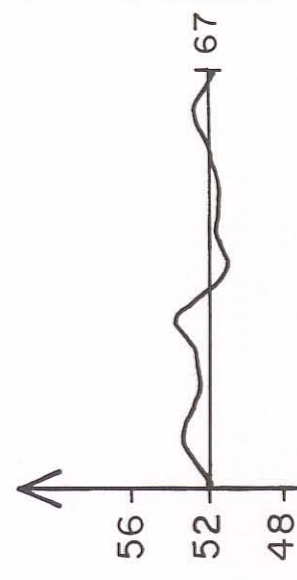
URRIDAVATN  
Segulkort





**URRIDAVATN**  
Segulmøiliferlar

0 100 200 m





yfir jörðu til að draga sem mest úr truflunum frá hlutum og grjóthnullungum á yfirborði jarðar.

## 2. --- SEGULMÆLINGAR VIÐ URRIDAVATN

Í mælingunum við Urriðavatn var mælinetið sett upp eins og lýst er hér að framan. Mældar voru alls 103 mælilínur og er stefna þeirra  $N106^{\circ}A$ . Heildarlengd mælilínanna er um 75 km. Engin merki voru skilin eftir í hornpunktum mælinetsins, en auðvelt ætti að vera að setja netið út tiltölulega nákvæmlega. Lína nr. 51 (sjá mynd 12) liggur um holu 4, og er 39. mælipunktur (195 m punktur) því sem næst yfir holunni. Frumgögn úr mælingunum voru slegin inn í tölvu Orkustofnunar og eru nú geymd á því formi sem hentar þeim vinnsluforritum sem stofnunin á.



VIÐAUKI II

JARÐLÖG OG BORHOLUMÆLINGAR



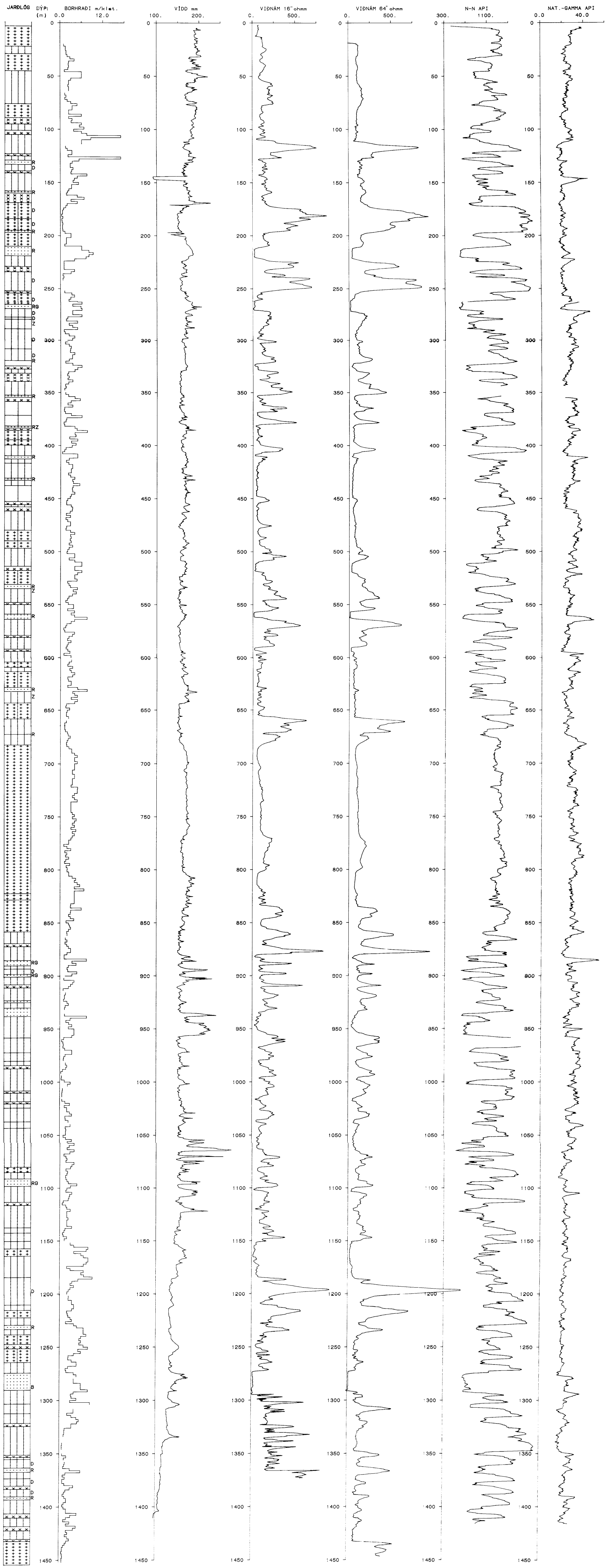
# URRIDAVATN Í FELLAHREPPI

## JARÐLÖG OG BORHOLUMÆLINGAR

HOLA 3

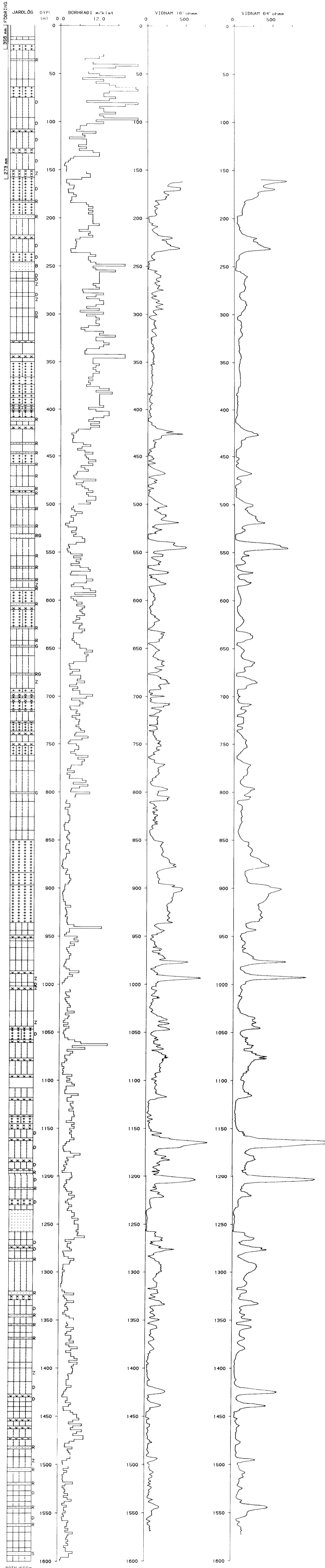
MYND 13

Skýringar: sjá mynd 16





Skýringar: sjá mynd 16





JHD-BJ-7506-MK.  
82.05.0689.Tem

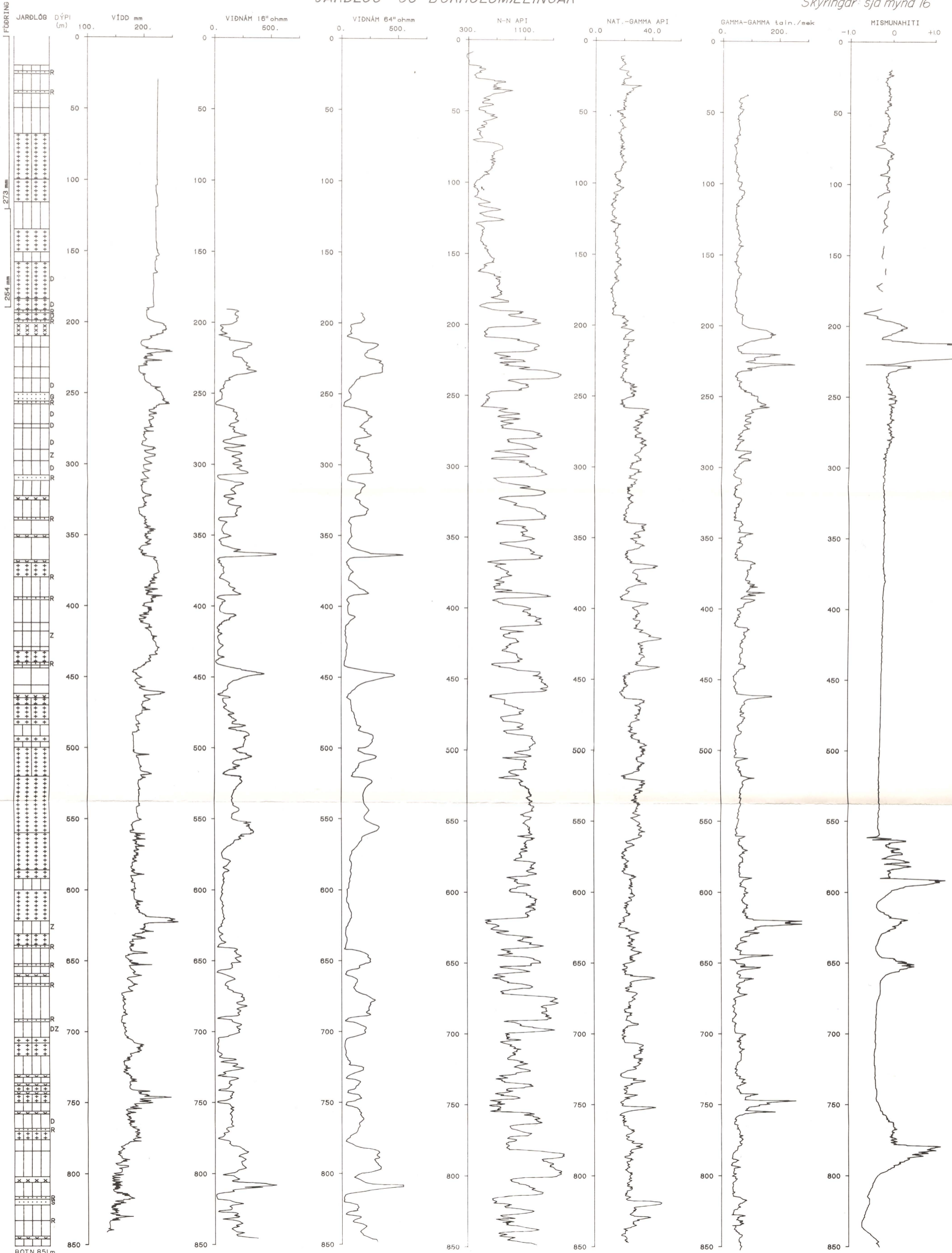
# URRIDAVATN I FELLAHREPPI

## JARÐLÖG OG BORHOLUMELINGAR

### HOLA 5

MYND 15

Skýringar: sjá mynd 16

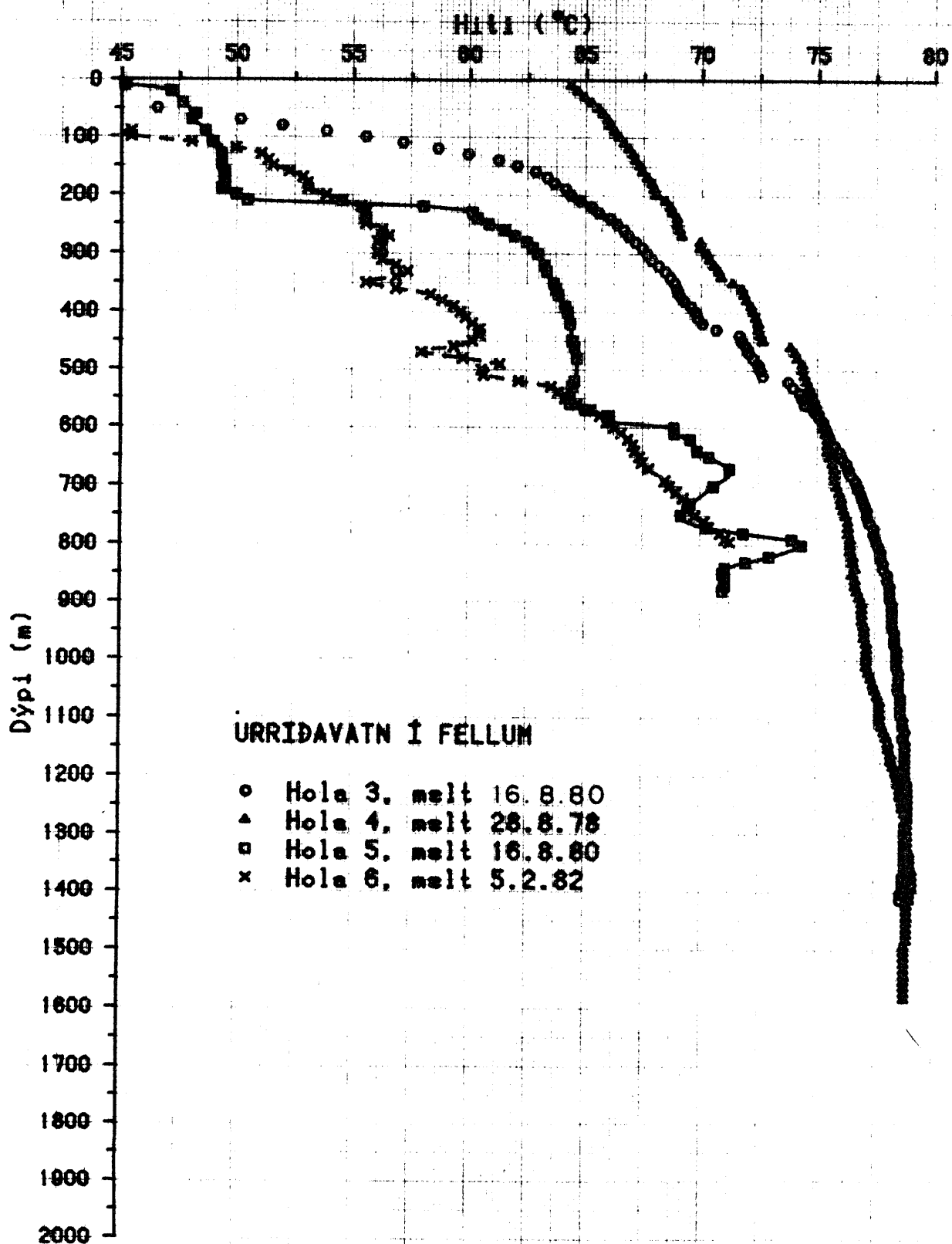






# Hitaslingar í borholum

Mynd 17





VIÐAUKI III

VIÐNÁMSMÆLINGAR

## 1. UM VIÐNÁMSMÆLINGAR

Viðnámsmælingar eru í raun samheiti yfir flokk mælinga, sem miða að því að mæla eðlisviðnám jarðar. Þessum flokki má síðan skipta í tvo meginhópa, eftir því hvaða aðferð er beitt til að mæla eðlisviðnámið. Þessir tveir hópar ganga undir ýmsum nöfnum t.d. rafsegulmælingar og jafnstraumsmælingar.

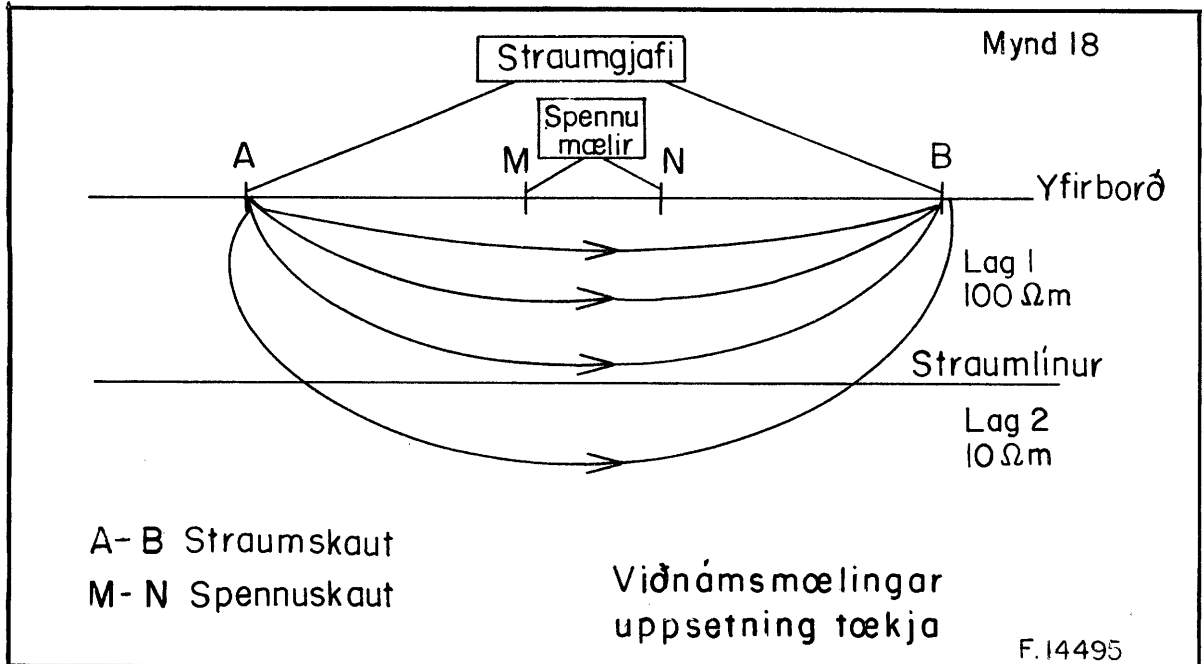
Rafsegulmælingar byggja á því að sveiflur í segulsviði við yfirborð jarðar mynda spanstrauma í velleiðandi lögum í jörðinni. Þessir straumar eru ýmist mældir beint með því að kanna sveiflur í rafspennu milli tveggja skauta á yfirborði jarðar eða óbeint með því að mæla segulsvið sem spanstraumarnir mynda. Út frá þessum upplýsingum má reikna út eðlisviðnám jarðar. Ýmist er notast við náttúrlegar segulsvweiflur eða tilbúnar. Hérlendis hefur rafsegulmælingum nær eingöngu verið beitt til að mæla viðnám mjög djúpt í jörðu (neðan 5 km) eða á mjög litlu dýpi (ofan 100 m). Af ýmsum ástæðum er mjög erfitt að nota rafsegulmælingar til mælinga á viðnámi á dýptarbilinu 100 m - 5 km.

Jafnstraumsmælingar byggja á því, að sendur er jafnstraumur niður í jörðina gegnum tvö skaut (straumskaut A og B) og mæld sú spenna sem myndast á yfirborði milli tveggja annarra skauta (spennuskauta M og N). Út frá straumnum og spennunni og upplýsingum um fjarlægð milli skauta er hægt að reikna svonefnt sýndarviðnám.

Uppsetning skauta getur verið með ýmsu móti, en algengust er svonefnd Schlumbergeruppsetning (sjá mynd 18). Þá er öllum fjórum skautunum raðað á beina línu, straumskautin yst en spennuskautin með stuttu millibili sitt hvoru megin við miðpunktinn milli straumskautanna. Þegar straumi er hleypt á straumskautin dreifist straumurinn um jörðina á leið sinni milli straumskautanna, líkt og sýnt er á mynd 18. Því lengra bil sem er milli skautanna þeim mun dýpra fer straumurinn. Sýndarviðnám er eins konar meðalgildi viðnáms í þeim hluta jarðar sem straumurinn berst um. Á skýringarmyndinni (mynd 18) er gert ráð fyrir að jörðin sé gerð úr tveimur viðnámslögum, það efra hefur 100 ohmm eðlisviðnám (ohm-metrar, mælieining eðlisviðnáms), það neðra hefur 10 ohmm eðlisviðnám. Ef bilið milli straumskautanna er mun minna en þykkt efsta lagsins fer straumurinn eingöngu eftir því, og sýndarviðnámið verður jafnt raunverulegu eðlisviðnámi efra lagsins. Ef fjarlægð milli straumskauta er smáaukin fer hluti af straumnum eftir neðra



laginu og sýndarviðnámið verður einhvers staðar milli 100 og 10 ohmm. Þegar fjarlægðin milli straumpóla er orðin mun meiri en þykkt efra lagsins fer straumurinn nær eingöngu eftir því neðra og sýndarviðnámið nálgast 10 ohmm (eðlisviðnám neðra lagsins).



Ef kann á breytingar í viðnámi með dýpi, er mælt sýndarviðnám fyrir mismunandi fjarlægðir milli straumskauta en spennuskautin ávallt höfð á sama stað. Með því að gera ráð fyrir, að jörðin sé gerð úr láréttum viðnámslögum má reikna eðlisviðnám þeirra og þykktir út frá sýndarviðnámsgildunum. Það liggur hins vegar í eðli þessarar mæliaðferðar að jafna talsvert út öll frávik frá lárétttri lagskiptingu.

Mæliaðferðin hentar vel til að kanna breytingar í viðnámi jarðar frá einum ferkílómetra til annars og er þannig mjög gagnleg við að leita að álitlegu jarðhitasvæði til virkjunar, en hentar hins vegar illa til að leita uppi einstaka lóðrétta vatnsleiðara innan svæðisins.

Til þess að leita að vel- eða torleiðandi göngum (sprungum) hefur verið notað sérstakt afbrigði Schlumberger uppsetningar sem kallast viðnámsenniðsmæling. Það felst í því, að í stað þess að auka sífellt fjarlægð milli straumskauta, er skautabilinu haldið föstu og öll skaut (bæði straum- og spennuskaut) flutt um sömu fjarlægð í stefnu línunnar og sýndarviðnámið mælt sem fall af staðsetningu spennuskauta. Að auki er þriðja

straumskautinu (C) komið fyrir mjög langt í burtu, helst í stefnu þvert á mælilínu. Mælt er sýndarviðnám með því að senda straum milli skauta A og C og síðan með því að senda straum milli B og C. Þannig fást þrjú sýndarviðnámsgildi (kölluð AC, BC og AB) fyrir hverja stöðu spennuskauta. Ef jörðin er einungis gerð úr láréttum viðnámslögum og engir vel- eða torleiðandi gangar eða sprungur eru til staðar eru öll þessi þrjú gildi sýndarviðnáms jöfn. Í grennd slíkra ganga eða sprungna verða þau misjöfn. Teiknaðar eru tvær myndir. Önnur sýnir breytingar í stærðunum AC-AB og BC-AB eftir mælilínunni og hin breytingar í sýndarviðnámi eftir mælilínunni. Við túlkun mælinganna er búið til viðnámslíkan af jörðinni undir hverri mælilínu. Líkanið er gert úr kassalaga einingum, þar sem hver kassi um sig hefur ákveðið viðnám. Síðan eru reiknaðir út þeir mæliferlar sem fengjust ef jörðin væri í raun eins og líkanið og þeir bornir saman við raunverulega mæliferla. Komi fram verulegur mismunur, er líkaninu breytt, reiknaðir nýir mæliferlar o.s.frv. Dæmigerð líkön og útreiknaðir mæliferlar eru sýndir á myndum 20-44.

Þegar líkangerð er lokið fyrir allar mælilínur eru niðurstöður túlkunar einstakra mælilína bornar saman, og reynt að tengja einstaka há- og lágviðnámskassa milli lína. Þannig fæst rúmmynd sem er samsett af blokkum með mismunandi viðnámi. Því næst er gert kort sem sýnir legu þessara viðnámsblokka. Á lághitasvæðum eru vegglaga lágviðnámsblokkir merki um vatns-genga bergganga eða sprungur og borunum beint að þeim. Háviðnámsveggir geta verið þéttir berggangar eða misgengis-fletir og virkað sem rennslíshindranir.

Til að framkvæma viðnámssniðsmælingar þarf a.m.k. 5 manna mælingaflokk með viðeigandi útbúnað. Fjarlægð milli spennuskauta er ávallt höfð 50 m. Straumskautabil er valið eftir aðstæðum á hverjum mælistað, oftast á bilinu 400-1000 m (AB/2 = 200-500 m). Eftir hverja mælingu eru öll skaut (nema C) flutt til um 25 m eftir mælilínunni og mælt á ný. Til að auðvelda framkvæmd mælinganna og forðast rugling við skautafærslur er venja að setja út merkta tréhæla á 25 m bili eftir mælilínunni áður en mæling hefst.

## 2. FRAMKVÆMD MÆLINGA VIÐ URRÍÐAVATN

Mælt var í tveimur úthöldum, tvær vikur í júní og tvær vikur í september. Í fyrra skiptið voru mældar 7 línur og þær síðan túlkaðar eftir því sem tölva og mannskapur gátu afkastað.

Fljótlega kom þó í ljós að bæta þurfti við línum. Einnig kom í ljós að hitaveituleiðslan truflaði sumar mælingurnar verulega. Við þessu er nánast ekkert að gera, en leiðslan liggur þannig um svæðið að flestar mælingar liggja yfir hana.

Við mælingarnar við Urriðavatn þurfti að ýmsu að hyggja til þess að geta mælt þvert yfir vatnið. Í fyrsta lagi þurfti að ganga úr skugga um að viðnám í vatninu sjálfu væri ekki mun lægra en í berginu í kring. Reyndist viðnám vatnsins vera um 150 ohmm sem er af sömu stærðargráðu og viðnám bergsins. Í öðru lagi þurfti að þróa hentuga aðferð til að mæla á vatninu. Vírum og skautum þurfti að halda á floti og skautabil mátti ekki breytast. Þá varð að vera auðvelt að halda stefnu mælingu fastri og hafa eins lítið af vör í vatninu í einu og unnt var til að draga úr útleiðsluhættu. Straum- og spennuvírar máttu heldur ekki liggja hlið við hlið svo straumurinn í straumvörnum truflaði ekki mælinguna. Loks varð að gæta þess að átakið á vörana yrði ekki það mikið að þeir slitnuðu.

Sú aðferð sem notuð var fannst eftir nokkra tilraunastarfsemi. Henni er lýst á mynd 19. Strengdur var 8 mm kaðall þvert yfir vatnið. Netahringir voru festir við hann með 25 m millibili. Þá voru spennu- og straumvórar festir við kaðalinn. Straumskautið var fest í einn netahringjanna. Spennuskautin voru höfð á litlum flekum sem festir voru við viðeigandi netahringi. Síðan var kaðallinn dreginn yfir vatnið og mælt á 25 m fresti. Spennuvórin var látinn ganga út í vatnið þeim megin sem mælingabíllinn var en straumvórin var lagður frá mælingabílnum fyrir enda vatnsins og út í vatnið frá gagnstæðri strönd. Með því móti var komið í veg fyrir að straum- og spennuvórar lægju hlið við hlið. Með þessari aðferð var unnt að mæla þótt nokkur hliðarvindur væri. Hins vegar aukast truflanir í spennumælingu með vindstyrknum og því tekur hver mæling lengri tíma í vindi en í logni. Þá kom í ljós að oft verður að endurnýja spennuskautin í mælingu á vatni af því að koparsúlfatlausnin í þeim skolast út.

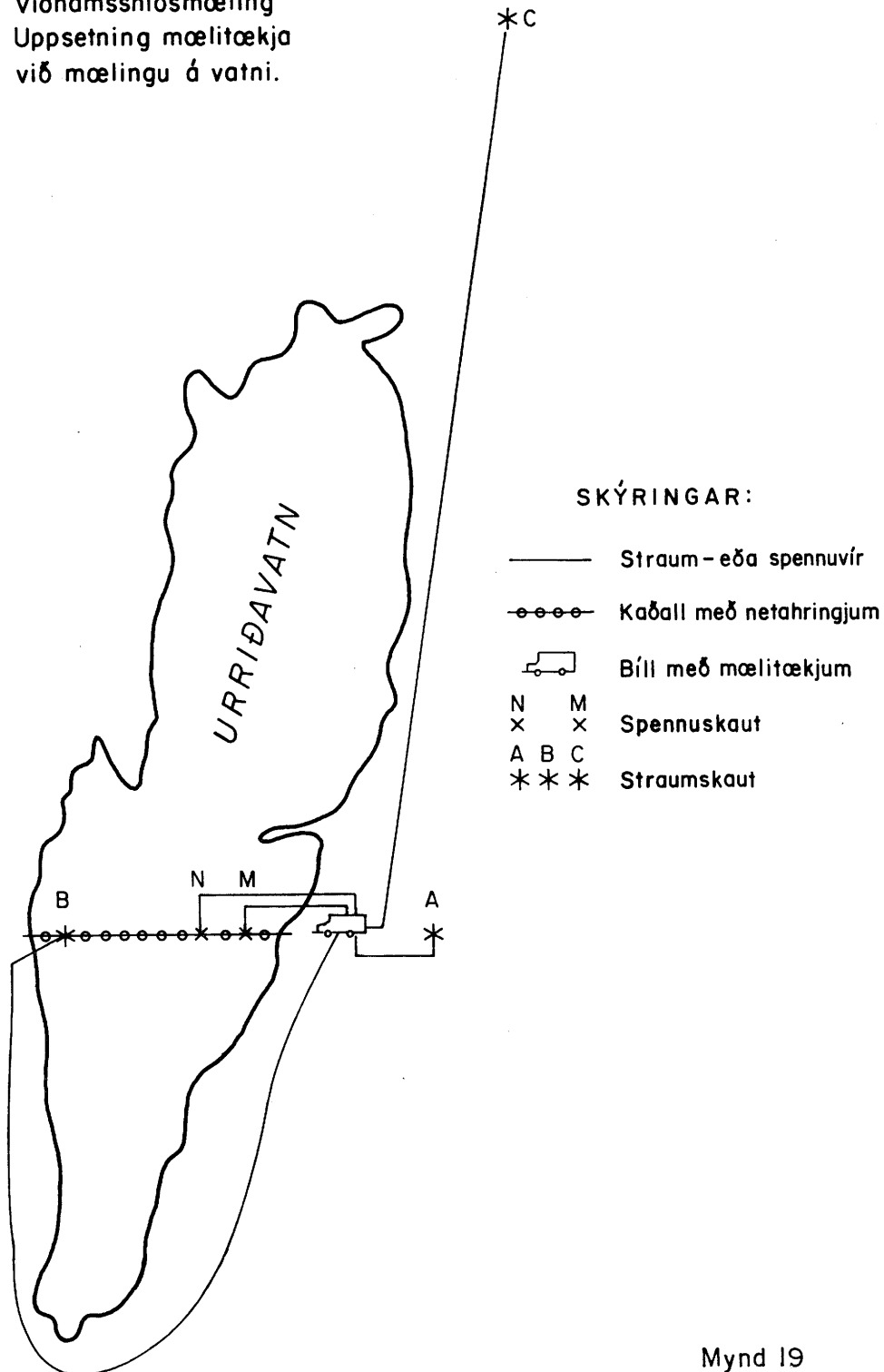
Meiri mannafla þarf til mælinga á vatni, en á landi. Voru 7-8 menn við mælingarnar á Urriðavatni í stað 5 venjulega. Að sjálfsögðu þarf svo bát til verksins.



JHD·JED·7506·B.E.  
82.12.1582 E.K.

### URRIÐAVATN

Viðnámssniðsmæling  
Uppsetning mælitækja  
við mælingu á vatni.



Mynd 19

JHD-JED-7506-BE  
83.01.0160 T

Mynd 21

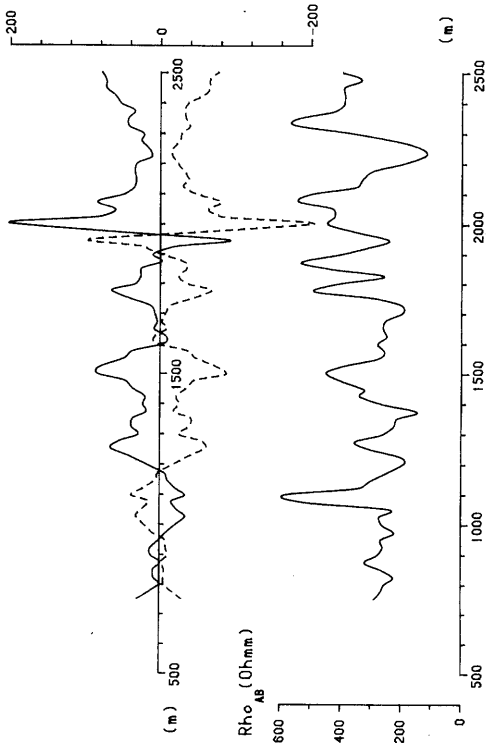
VIÐNÁSSNIÐSMELING URRÍÐAVATNS

LÍNA I AB/2=500m MN/2=25m

Póll A er austur, fjarlægðir vaxandi til austurs

Mælt í júní 1982 af BE, IM, HY, GB, JPC og SE

— Rho<sub>AC-AB</sub>  
--- Rho<sub>BC-AB</sub>  
(Ohmm)



JHD-JED-7506-BE  
83.01.0160 T

Mynd 20

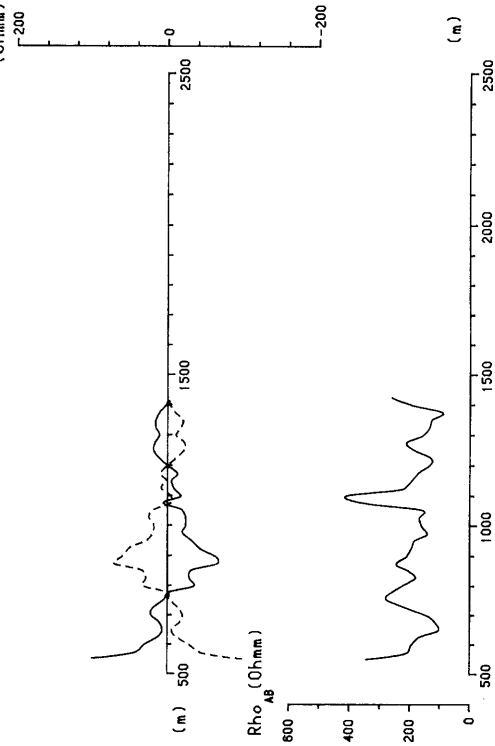
VIÐNÁSSNIÐSMELING URRÍÐAVATNS

LÍNA I AB/2=300m MN/2=25m

Póll A er austur, fjarlægðir vaxandi til austurs

Mælt í júní 1982 af BE, IM, HY, GB, JPC og SE

— Rho<sub>AC-AB</sub>  
--- Rho<sub>BC-AB</sub>  
(Ohmm)

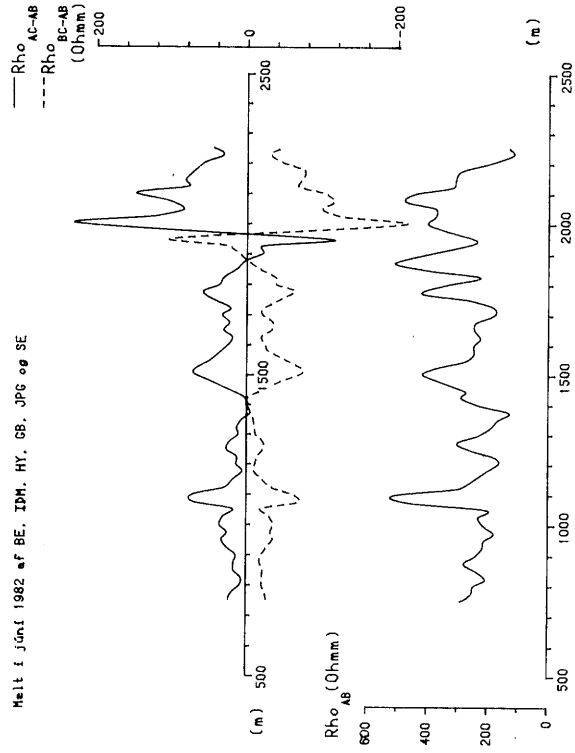


Línan liggur fyrir suðurenda Urríðavats og er nær gangslaussakir þess að hitaveituleiðsian truflar mjög allar niðurstöður og hefur því að mestu verið horft framhjá þessari línu við túlkunina.

JHD-JED-7506-BE  
83.01.0162 . T

Mynd 22

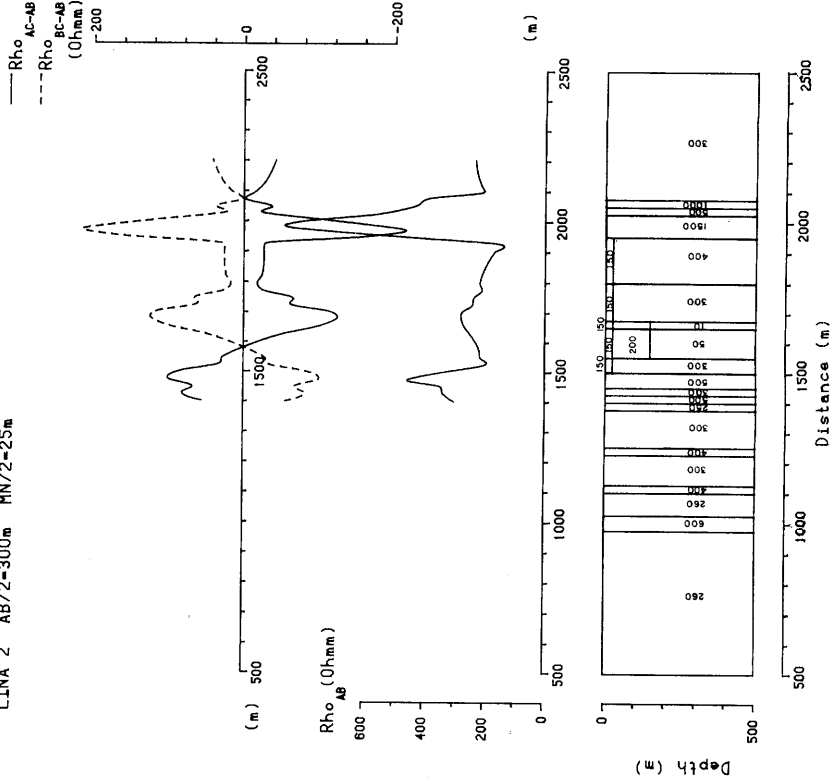
VIÐNÁSSNIÐSMÆLING URRÍÐAVATN  
LÍNA I AB/2-750m MN/2-25m  
Póll A er austar. fjarlægðir vaxandi til austurs  
Melt í júní 1982 af BE, IDH, HY, GB, JFG og SE



JHD-JED-7506-BE  
83.01.0164 T

Mynd 24

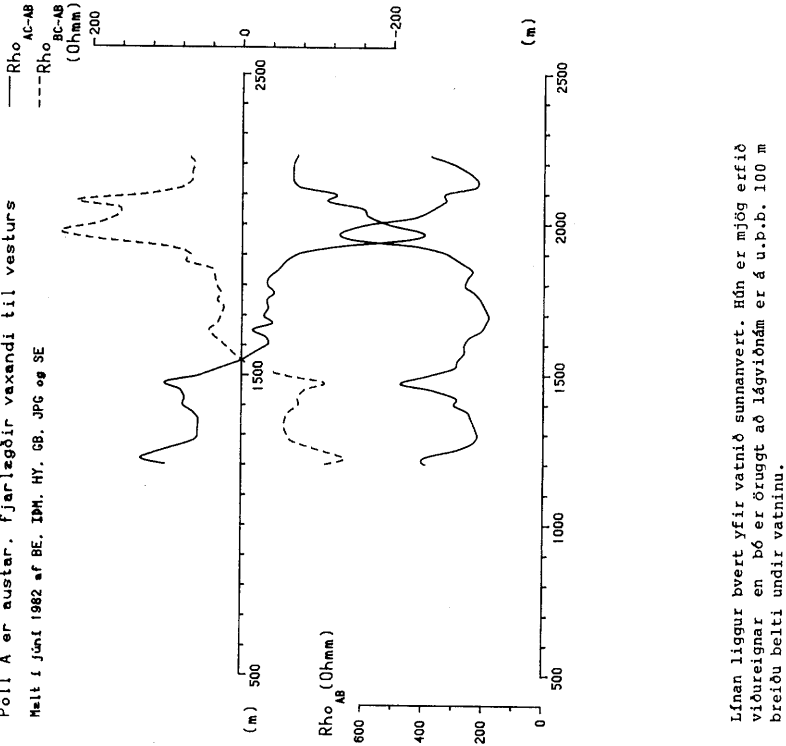
TÚLKUN VIÐNÁSSNIÐSMÉLINGAR URRÍÐAVATN  
LÍNA 2 AB/2-300m MN/2-25m



JHD-JED-7506-BE  
83.01.0163 T

Mynd 23

VIÐNÁSSNIÐSMÉLING URRÍÐAVATN  
LÍNA 2 AB/2-300m MN/2-25m  
Póll A er austar, fjarlægðir vaxandi til vesturs  
Malt í júní 1982 af BE, IMH, HY, GB, JPC og SE



Línan liggur bvert yfir vatnið sunnanvert. Hún er mjög erfið  
viðreignar en þó er öruggt að lágviðnám er á u.p.b. 100 m  
breiðu beltí undir vatninu.





JHD-JED-7506-BE  
83.01.0167 T

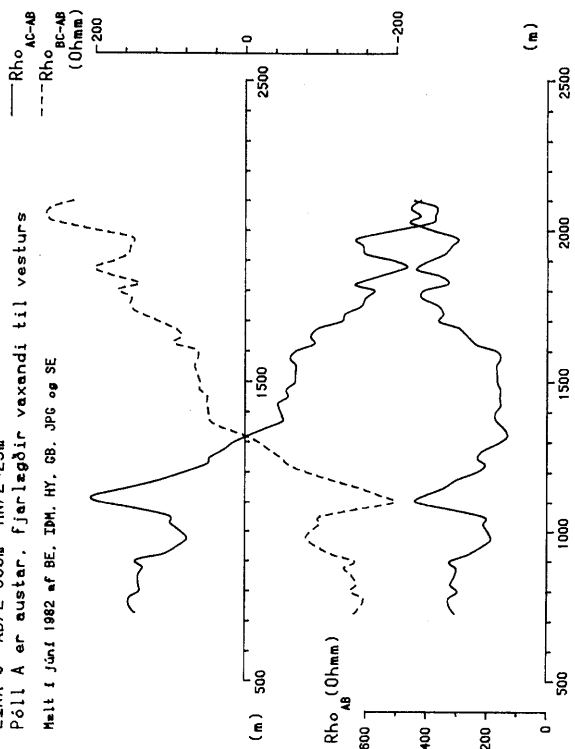
Mynd 27

VIÐNÁSSNIÐSMELING URRÍÐAVATN

LÍNA 3 AB/2-500m MN/2-25m

Póll A er austar, fjarlægðir vaxandi til vesturs

Mált í júní 1982 af BE, IMH, HY, GB, JPB og SE



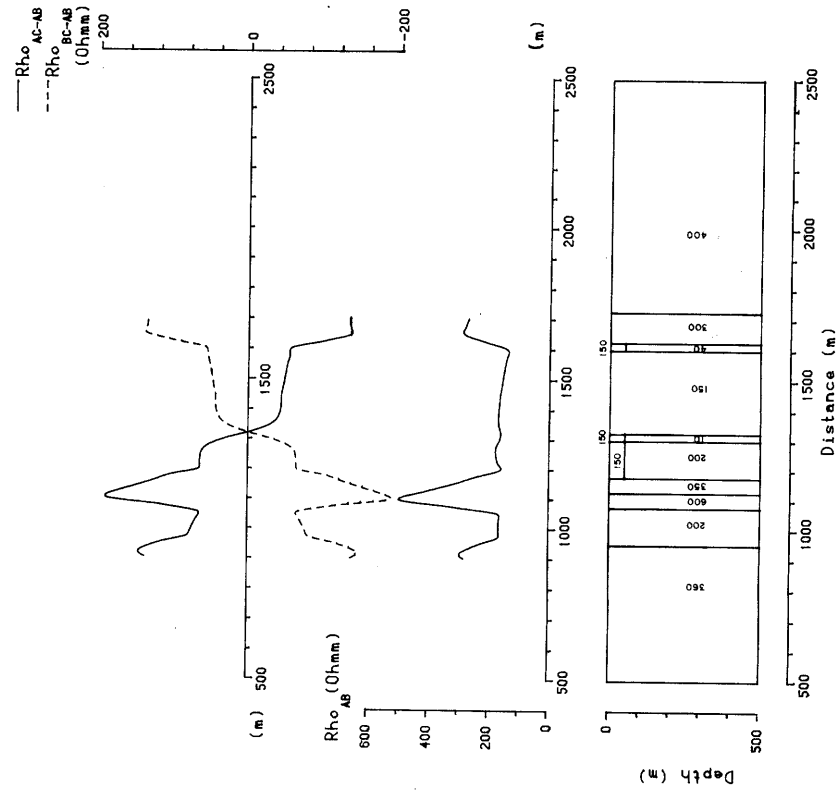
Línan er rétt norðan tangans að holu 4 og er algerlega ótrufuð af mannvirkjum. Hún er tölkuð með fremur einföldu líkani. Lágvíðisvegur kemur fram nærri austurbakkanum og annar 300 m vestar. Sá austari hefur lægra viðnám. Línan er mjög vel skýrð með þessu líkani.

JHD-JED-7506-BE  
83.01.0168 T

Mynd 28

TÚLKUN VIÐNÁSSNIÐSMELINGAR URRÍÐAVATN

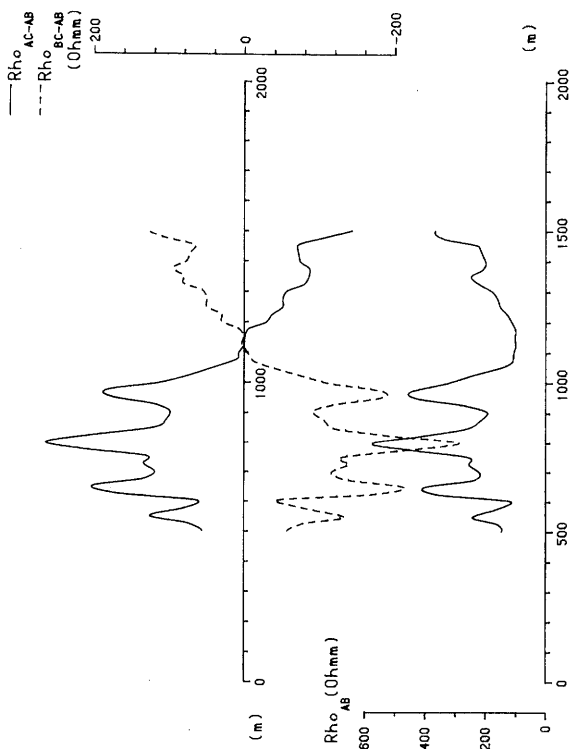
LÍNA 3 AB/2-500m MN/2-25m



JHD-JED-7506-BE  
83.01.0169 T

Mynd 29

VIÐNÁMSSMÆLING URRÍÐAVATN  
LÍNA 4 AB/2-500m MN/2-25m  
Póll A er austur, fjarlægðir vaxandi til vesturs  
Mált í júní 1982 af BE, IDH, HY, GB, JPC og SE

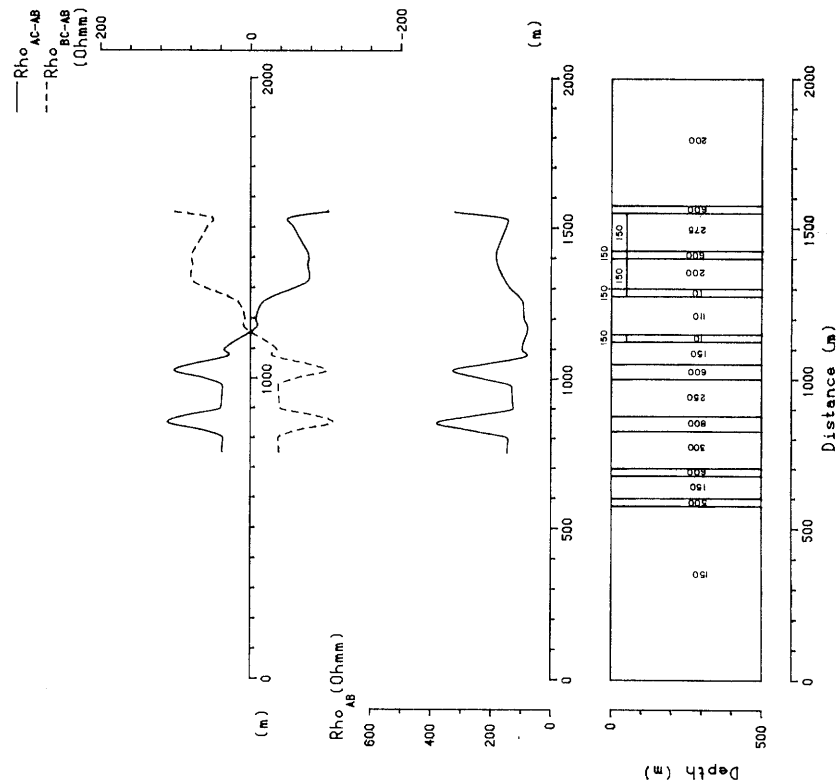


Línan liggur frá borplani hól 3 og liggur á land yst á Langstanga. Hér er nokkuð vel nálguð með líkani með tveimur samkonar lágviðnámsveggjum 100 m og 225 m utan við borplanið.

JHD-JED-7506-BE  
83.01.0170 T

Mynd 30

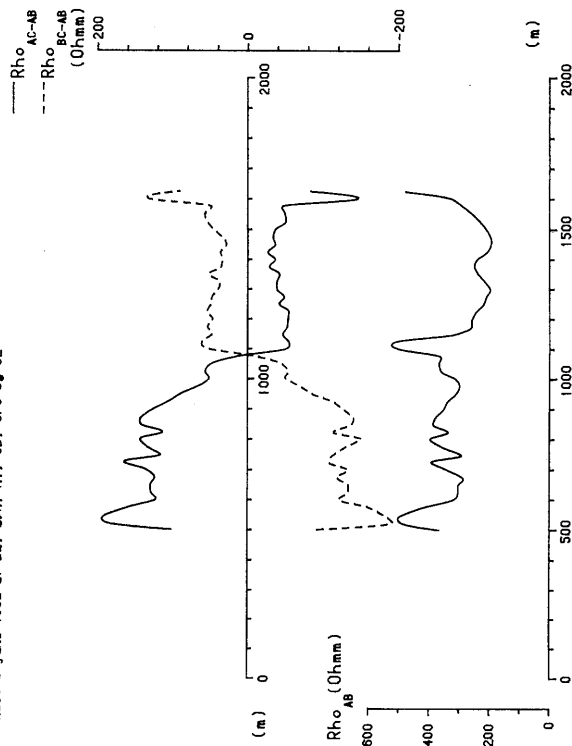
TÚLKUN VIÐNÁMSSMÆLINGAR URRÍÐAVATN  
LÍNA 4 AB/2-500m MN/2-25m



JHD-JED-7506-BE  
83.01.0171 T

Mynd 31

VIÐNÁMSSÍÐSMELING URRÍÐAVATN  
LÍNA 5 AB/2-500m MN/2-25m  
Póll A er austar, fjarlægðir vaxandi til vesturs  
Mait í júní 1982 af BE, IDH, HY, GB, JPC og SE

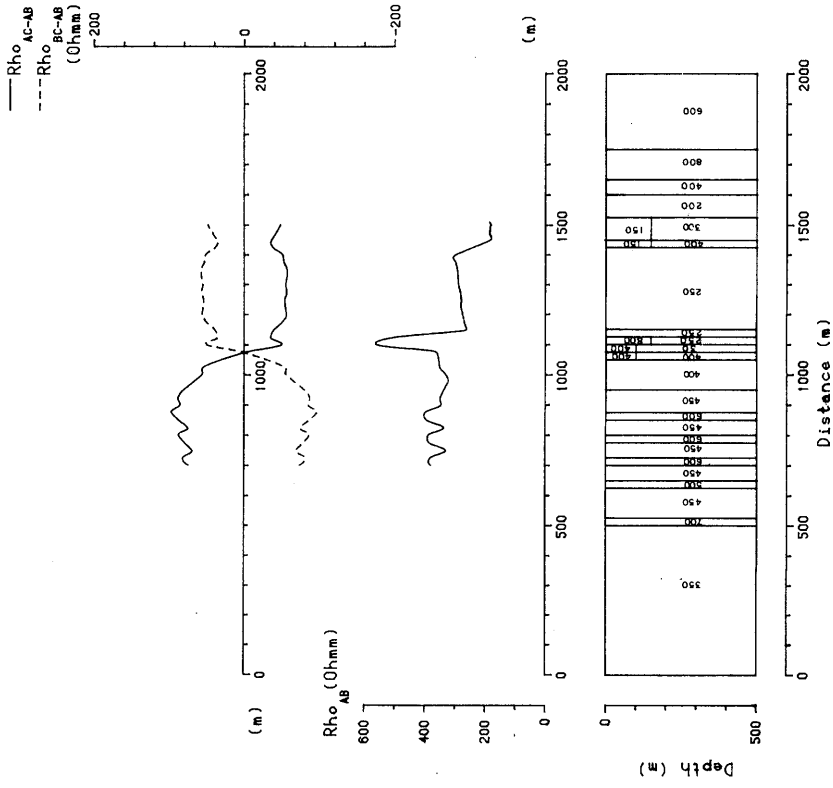


Línan liggur yfir vatnið um 250 m norðan tangans að holi 4. Í henni er sterkur kross nánað við háviðnámstopp. Þetta er tálkað þannig að lágvíðnámstoppur liggur austan við háviðnámstopp. Frekar lágt viðnám er undir háviðnámstoppum og vestan við hann.

JHD-JED-7506-BE  
83.01.0172 T

Mynd 32

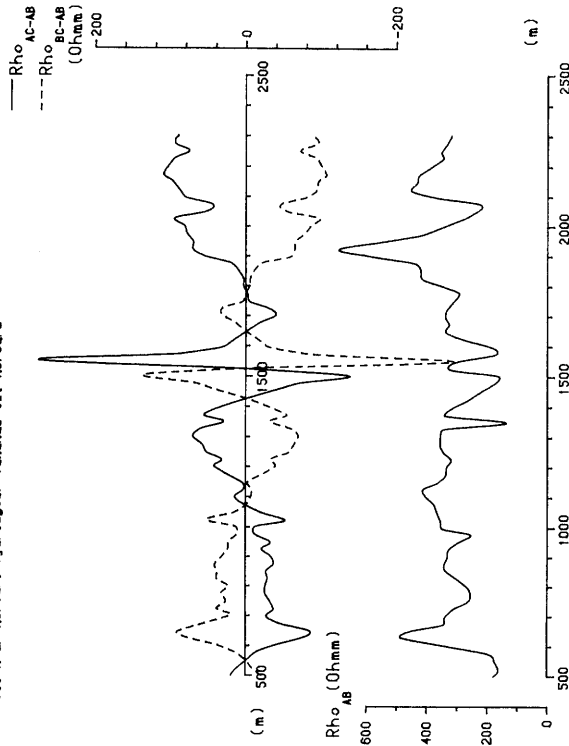
TÚLKUN VIÐNÁMSSÍÐSMELINGAR URRÍÐAVATN  
LÍNA 5 AB/2-500m MN/2-25m



JHD-JED-7506-BE  
83.01.0173 T

Mynd 33

VIÐNÁMSNIDSMELING URRÍÐAVATN  
LÍNA 6 AB/2-500m MN/2-25m  
Mælt í júní 1982 af BE, IDM, HY, GB, JPC og SE  
Póll A er norðar, fjarlægðir vaxandi til norðurs

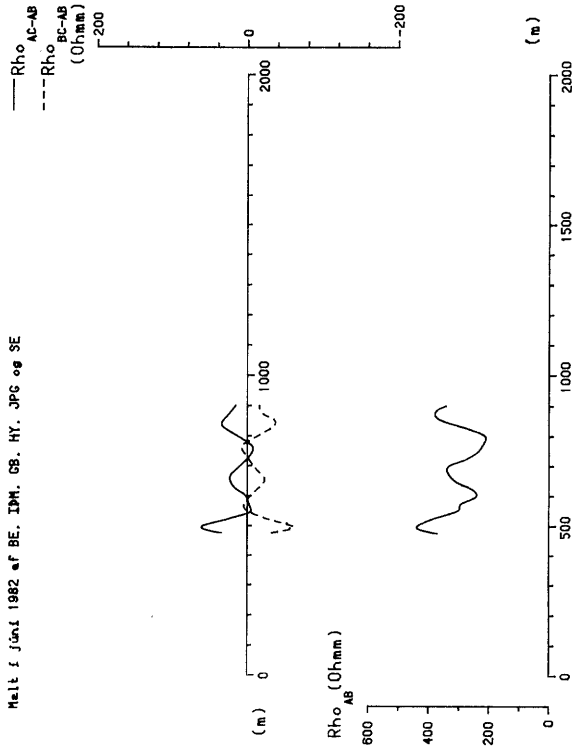


Línan liggur austan við vatnið og nánast samsíða því og var mæld til að athuga hvort einhverjar stærkar breytingar í viðnámi lægju austur-vestur. Því miður er þessi lína mjög trufluð af hitaveituleiðslunni svo að hún hefur reynst ótúkanleg. Þó er hægt að fullyrða að hún sýnir varla nokkur sterk lágviðnámskíl.

JHD-JED-7506-BE  
83.01.0174 T

Mynd 34

VIÐNÁMSNIDSMELING URRÍÐAVATN  
LÍNA 7 AB/2-500m MN/2-25m  
Póll A er austur, fjarlægðir vaxandi til austurs  
Mælt í júní 1982 af BE, IDM, GB, HY, JPC og SE



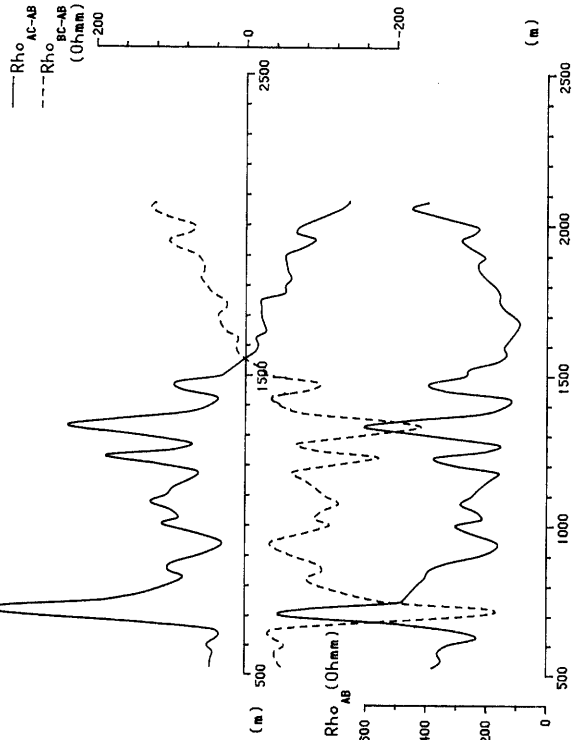
Línan er við norðurenda vatnsins og mæld til að athuga hvort þar mætti sjá lágviðnáms. Í ljósi hennar og seinni mælinga má fullyrða að þar eru engin lágviðnáms sem skipta máli.



JHD-JED-7506-BE  
83.01.0177

Mynd 37

VIÐNÁMSNIDSMÆLING URRÍÐAVATN  
LÍNA 9 AB/2-500m MN/2-25m  
Póll A er austar, fjarlægðir vaxandi til vesturs  
Mætt í sept 1982 af BE, 6B, 6IH, 6BS, 6PC, 6D og 6H

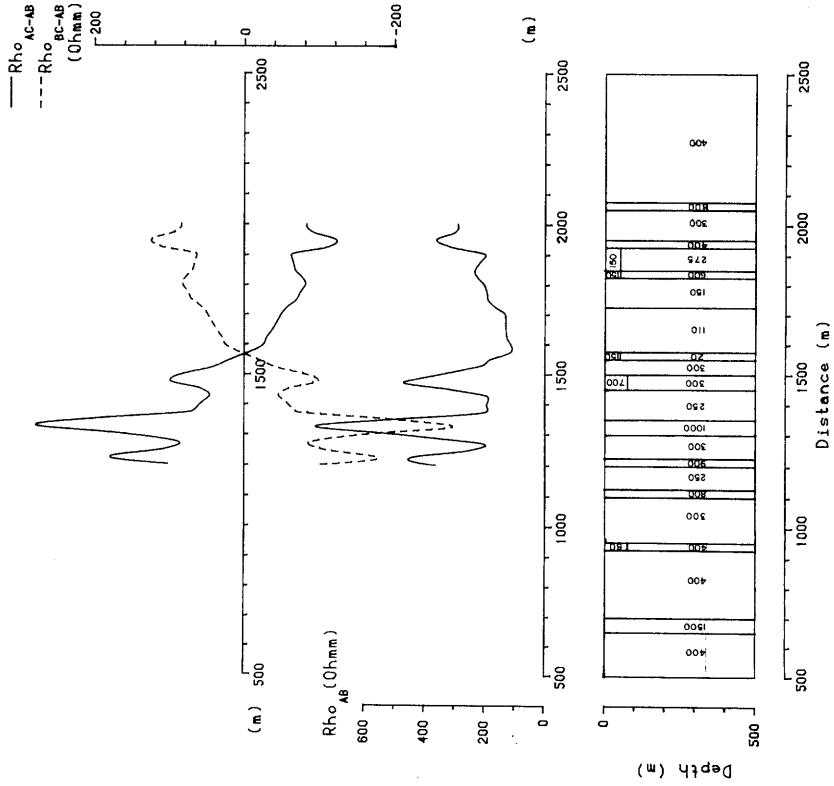


Línan liggur frá borplani holu 3 í átt að útihusum  
Hafrælls handan vatnsins. Þessi lína gefur lágvíðnám sem  
er ekki í línu við lágvíðnám in línum 3, 4, 5, 8 og 10.  
Þetta er útskýrt nánar í niðurstöðum.

JHD-JED-7506-BE  
83.01.0178

Mynd 38

TÚLKUN VIÐNÁMSNIDSMÆLINGAR URRÍÐAVATN  
LÍNA 9 AB/2-500m MN/2-25m

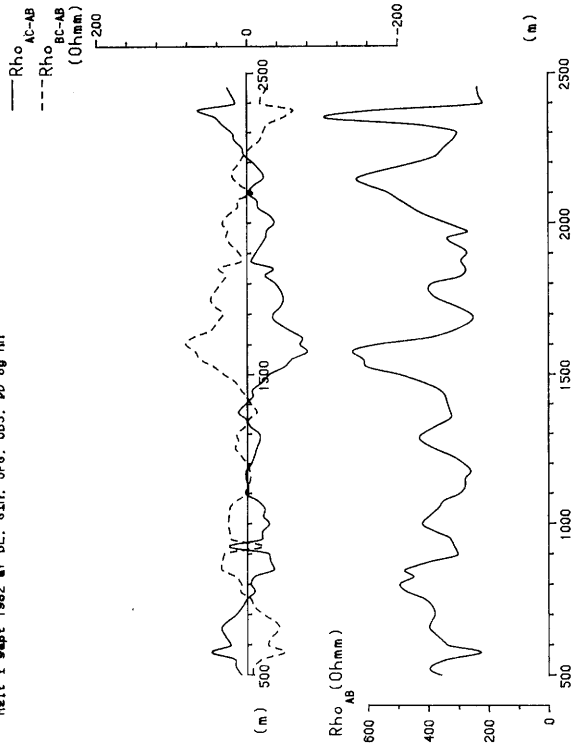




JHD-JED-7506-BE  
83.01.0182 T

Mynd 42

VIÐNÁSSNIÐSMELING URRIDAVATN  
LÍNA 13 AB/2-500m MN/2-25m  
Póll A norðar. fjarlægðir vexandi til suðurs  
Melt í sept 1982 af BE, CTH, JPC, ÖBS, ÞD og HH

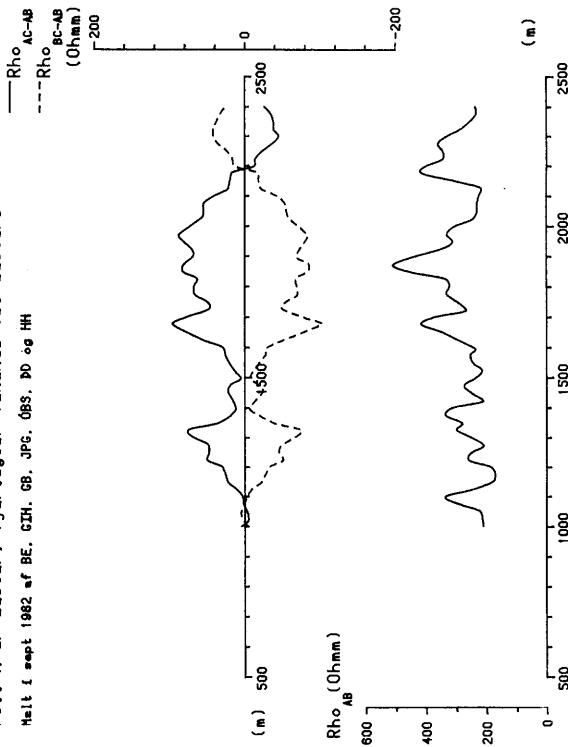


Lína 13 er austast og liggur því sem næst N-S. Hún var mæld aðallega til að kanna án truflunar frá hitavatsnleiðslunni, hvort einhver lágviðnám lægju A-V eða þar um bil, svo virðist ekki vera.

JHD-JED-7506-BE  
83.01.0181 T

Mynd 41

VIÐNÁSSNIÐSMELING URRIDAVATN  
LÍNA 11 AB/2-500m MN/2-25m  
Póll A er austar. fjarlægðir vexandi til austurs  
Melt í sept 1982 af BE, CTH, CP, JPC, ÖBS, ÞD og HH



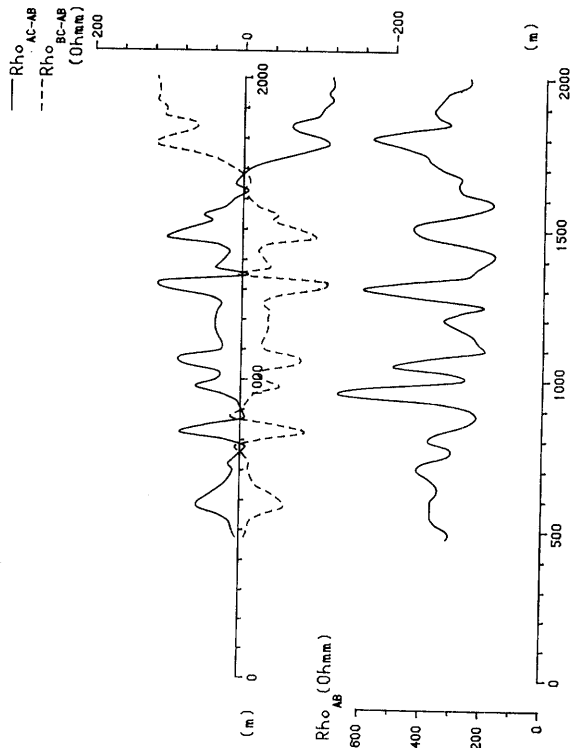
Línan er sunnan vatnsins. Hún gefur engar vísbendingar um lágviðnám og hefur ekki verið túlkuð sérstaklega.



JHD-JED-7506-BE  
83.01.0184

Mynd 43

VIDNÁSSNIDSMEIING URRIDAVATN  
LÍNA 12 AB/2-500m MN/2-25m  
Pólli A er austar. fjarlægðir vaxandi til vesturs  
Mált í sept 1982 af BE. GTH. ÖBS. JPC. PD og HH



Lína 12 liggur bvert yfir vatnið syðst. Hún er frekar erfið en gefur légvíðnám í vatninu og verður að teljast vera áþending um að lágviðnámssvæðið teygji sig suður undir enda vatnsins að minnsta kosti.

JHD-JED-7506-BE  
83.01.0183

Mynd 44

TÚLKUN VIDNÁSSNIDSMEIINGAR URRIDAVATN  
LÍNA 12 AB/2-500m MN/2-25m

