



ORKUSTOFNUN
Jarðhitadeild

Ólafur G. Flóvenz
Sigmundur Einarsson
Ásgrímur Guðmundsson
Þorsteinn Thorsteinsson
Hrefna Kristmannsdóttir

JARÐHITARANNSÓKNIR Á GLERÁRDAL 1980-1983

OS-84075/JHD-13
Reykjavík, september 1984

Unnið fyrir
Hitaveitu Akureyrar



ORKUSTOFNUN
Grensásvegi 9, 108 Reykjavík

**Ólafur G. Flóvenz
Sigmundur Einarsson
Ásgrímur Guðmundsson
Þorsteinn Thorsteinsson
Hrefna Kristmannsdóttir**

JARÐHITARANNSÓKNIR Á GLERÁRDAL 1980-1983

OS-84075/JHD-13
Reykjavík, september 1984

**Unnið fyrir
Hitaveitu Akureyrar**

ÁGRIP

Í Glerárgili komu um 1,5 l/s af um 50°C heitu vatni upp við berggang. Við sprengingar í laugunum árið 1933 jókst rennslið í 3,0 l/s og var vatnið þá leitt í sundlaugina á Akureyri. Fyrst var borað við Glerárlaugar árið 1930. Árið 1965 höfðu 4 holur verið boraðar þar án árangurs.

Viðnámsmælingar sem gerðar voru árið 1980 bentu til þess að nokkurs vatnsmagns væri að vænta af Glerárdalssvæðinu ef það heppnaðist að hitta á aðfærsluæðar svæðisins. Efnahitamælur vöktu vonir um að fá mætti um eða yfir 70°C heitt vatn með djúpborun.

Jarðfræðikortlagning sumarið 1980 leiddi í ljós að mikið misgengi liggur um laugasvæðið og klippir sundur ganginn sem laugarnar koma upp með, þannig að ljóst er að hann er ekki aðfærsluæð lauganna. Borun þriggja grunnra rannsóknarhola og gaumgæfileg úrvinnsla hitamælinga úr borholum á svæðinu leiddu til þess að ein holanna, GÝ-7, var víkkuð og dýpkuð. Tókst þar að hitta á aðfærsluæðar Glerárlauga. Holan var virkjuð og hefur gefið um 30 l/s af 61°C vatni frá því í maí 1982. Vatnsborð fellur hinsvegar ört með tíma þannig að búast má við því að draga verði úr dælingu ef halda á vatnsborði ofan 240 m dýpis. Ekki er talið að önnur hola sem sækta vatn í sömu sprungu og GÝ-7 bætti þar úr.

Viðnámsniðsmælingar benda til þess að önnur vatnsleiðandi sprunga sé um 1 km suðaustan holu GÝ-7. Þar voru boraðar 3 grunnar rannsóknarholur og er hitastigull þar hár, > 100°C/km.

Með nákvæmri jarðfræðikortlagningu, athugun á jarðlögum í borholum og viðnámsmælingum hefur komið í ljós að fjöldi misgengja liggur um Glerárdalssvæðið. Þeim fylgir hátt eðlisviðnám og er því líklegt að þau virki sem ógegndræpir veggir í jarðhitakerfinu.

Lagt er til að boruð verði 600-1000 m djúp rannsóknarhola í grennd við holu GÝ-8 eða GÝ-12. Áður verði þó segulmæld þar nokkur spilda. Þá er lagt til að hola GÝ-7 verði prófuð með því að stöðva dælingu um nokkurt skeið og fylgjast með vatnsborðshækkun hennar. Ennfremur er lagt til að hola GÝ-7 verði lóðuð við næstu dæluupptekt til að kanna hugsanlega stíflu í henni.

EFNISYFIRLIT

bls.

ÁGRIP	2
EFNISYFIRLIT	3
1 INNGANGUR	7
2 JARÐHITARANNSÓKNIR 1910-1980	8
2.1 Lýsing Glerárlauga	8
2.2 Boranir	10
2.3 Viðnámsmælingar	13
3 HOLA GÝ-5	15
3.1 Borsaga	15
3.2 Jarðlög	16
3.3 Vatnsæðar og hiti	16
4 HOLA GÝ-6	18
4.1 Staðsetning	18
4.2 Borsaga	18
4.3 Jarðlög	18
4.4 Vatnsæðar og hiti	19
5 HITAÁSTAND Í JÖRÐU VIÐ GLERÁRLAUGAR	20
6 HOLA GÝ-7	22
6.1 Borsaga	22
6.2 Jarðlög	23
6.3 Vatnsæðar og hiti	24
7 EFNAINNIHALD VATNSINS	26
8 JARÐFRÆÐIKORTLAGNING	28
9 VIÐNÁMSMÆLINGAR	33
10 HOLA GÝ-8	38
10.1 Staðsetning	38
10.2 Borsaga	38
10.3 Jarðlög	39
10.4 Vatnsæðar og hiti	39

11	HOLA GÝ-9	41
	11.1 Staðsetning	41
	11.2 Borsaga	41
	11.3 Jarðlög	42
	11.4 Vatnsæðar og hiti	42
12	HOLA GÝ-10	43
	12.1 Staðsetning	43
	12.2 Borsaga	43
	12.3 Jarðlög	43
	12.4 Vatnsæðar og hiti	44
13	HOLA GÝ-11	45
	13.1 Staðsetning	45
	13.2 Borsaga	45
	13.3 Jarðlög	45
	13.4 Vatnsæðar og hiti	46
14	HOLA GÝ-12	47
	14.1 Staðsetning	47
	14.2 Borsaga	47
	14.3 Jarðlög	47
	14.4 Vatnsæðar og hiti	48
15	TENGING JARÐLAGA MILLI BORHOLA	49
16	VATNSVINNSLURANNSÓKNIR	51
	16.1 Mælingar	51
	16.2 Úrvinnsla mælinga	52
	16.3 Tillögur um frekari prófanir	56
17	LÍKAN AF JARÐHITASVÆÐINU Á GLERÁRDAL	57
18	NIÐURSTÖÐUR	59
19	TILLÖGUR UM FRAMHALD HEITAVATNSLEITAR	61
	HEIMILDASKRÁ	62
	VIÐAUKI A. Um Viðnámsmælingar	65
	VIÐAUKI B. Viðnámsniðsmælingar	69
	VIÐAUKI C. Borholumælingar	75
	VIÐAUKI D. Efnahitamælar	87

SKRÁ YFIR MYNDIR

	Bls.
1 Glerárdalur. Afstöðumynd	7
2 a) Uppdráttur Barths af laugum í Glerárgili	8
b) Einfölduð mynd af jarðfræðilegum aðstæðum í Glerárgili	8
3 Hitamælingar úr holum AS-1 og AS-2	9
4 Hitamælingar úr holum GH-1 og GNo-4	11
5 Líkan af jarðhitasvæðinu frá 1980	14
6 Borun hola GÝ-5 og GÝ-6	15
7 Hitamæling úr holu GÝ-5	17
8 Hitamæling úr holu GÝ-6	19
9 Líkan af jarðhitasvæðinu milli holu 4 og 6	20
10 Borun GÝ-7 og GÝ-8 á Glerárdal	22
11 Hitamælingar úr holu GÝ-7	25
12 Súlumýrar og nágrenni. Jarðfræðikort	29
13 Súlumýrar og nágrenni. Gangar og misgengi	30
14 Jarðhitasprunga í Glerárgili	31
15 Akureyri. Eðlisviðnám á 400 m dýpi	35
16 Glerárdalur. Sýndarviðnám við fastan 200 m straumarm	36
17 Túlkun viðnámssniðsmælinga af Glerárdal	37
18 Hitamælingar úr holu GÝ-8	40
19 Borun GÝ-9 og GÝ-12 á Glerárdal	41
20 Hitamælingar úr holu GÝ-9	42
21 Hitamælingar úr holu GÝ-10	44

22	Hitamælingar úr holu GÝ-11	46
23	Hitamælingar úr holu GÝ-12	48
24	Þversnið A-B gegnum holur á Glerárdal	50
25	Glerárdalur. Vatnsborð og dæling	53
26	Hækkun vatnsborðs í GÝ-7 frá 29. júlí 1982	54
27	Rennsli í þrepum í GÝ-7 11. mars 1982	54
28	Hækkun vatnsborðs í GÝ-5 og GÝ-7 frá 29. júlí 1982	55
29	Líkan af jarðhitasvæðinu	58

SKRÁ YFIR TÖFLUR

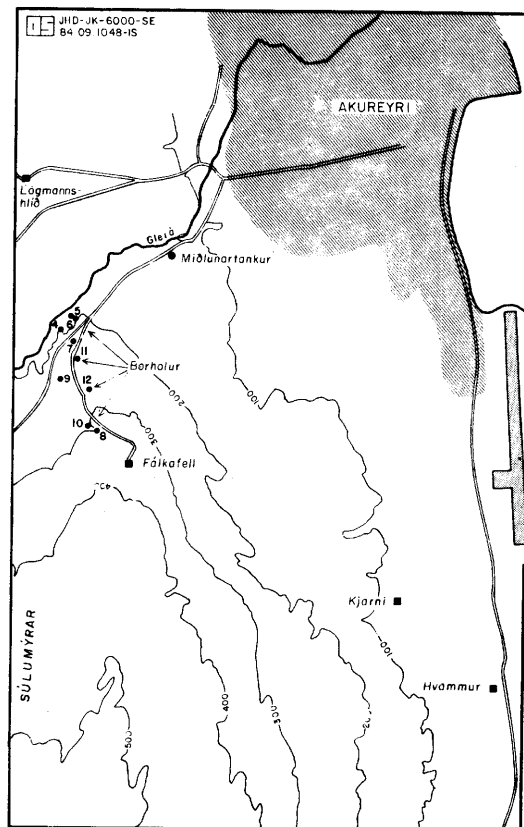
1	Mælingar á hitastigi og rennsli úr Glerárlausum	9
2	Efnagreiningar á heitu vatni á Glerárdal	27
3	Misgengi í jarðlögum skv borholujarðfræði	49
4	Reiknað vinnsluvatnsborð holu GÝ-7 frá maí 1983 til maí 1988 ..	55

1 INNGANGUR

Í þessari skýrslu er gerð grein fyrir þeim rannsóknum, mælingum og borunum, sem fram hafa farið á jarðhitasvæðinu á Glerárdal árin 1980-83. Þá eru rannsóknum fyrri tíma gerð skil eins og heimildir leyfa. Mynd 1 sýnir afstöðu jarðhitasvæðisins á Glerárdal til Akureyrar.

Eftir að borun 647 m djúprar holu við Glerárlaugar árið 1965 varð árangurslaus dvínaði mjög áhuginn á jarðhitasvæðinu á Glerárdal. Þegar í ljós kom að jarðhitasvæðin í Hrafnagils- og Öngulstaðahreppum voru ekki eins gjöful og vonir stóðu til við stofnun Hitaveitu Akureyrar var á ný hafist handa um rannsóknir á Glerárdalssvæðinu. Meginhluti rannsókna fól fram árin 1980-82 og leiddi til virkjunar svæðisins.

Allmargir komu við sögu þessa rannsóknaverkefnis. Sigmundur Einarsson jarðfræðingur annaðist jarðfræðikortlagningu, Ásgrímur Guðmundsson jarðfræðingur greindi borsvarf og túlkaði með hliðsjón af borholumælingum, Hrefna Kristmannsdóttir, jarðefnafræðingur, sá um efnagreiningar á vatni, Þorsteinn Thorsteinsson, verkfræðingur, sá um prófanir á holum og mat á vinnslugetu og Ólafur G. Flóvenz, jarðeðlisfræðingur, annaðist verkefnisstjórn og úrvinnslu jarðeðlisfræðilegra gagna. Mælingaflokkar frá Orkustofnun, mennaðir háskólanemum undir stjórn Hjálmars Eysteinsonar, framkvæmdu allar jarðeðlisfræðimælingar á svæðinu, en söfnun vatnsvinnslugagna hefur verið í höndum starfsmanna Hitaveitu Akureyrar í samráði við Orkustofnun.



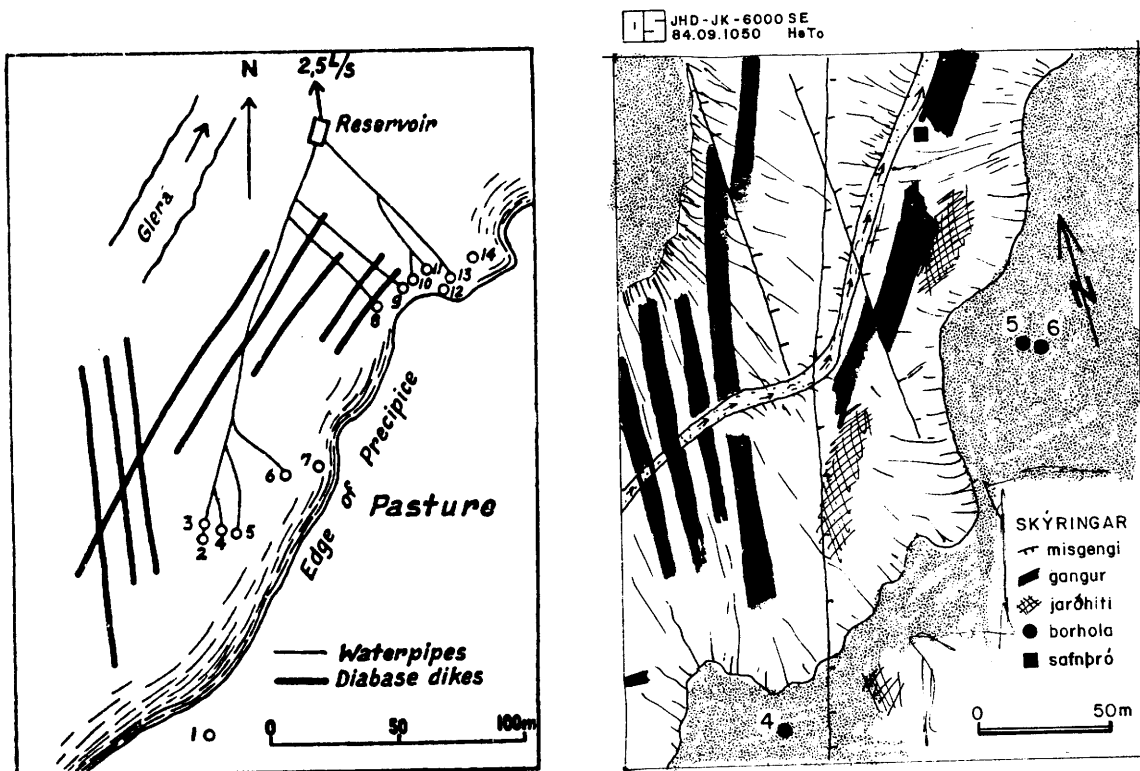
MYND 1 Glerárdalur.
Afstöðumynd

2 JARÐHITARANNSÓKNIR 1910-1980

2.1 Lýsing Glerárlauga

Glerárlaugar eru sá jarðhitastaður sem næstur er Akureyri. Laugarnar eru í 150 - 190 m hæð yfir sjó og spretta þær fram úr austari gilbarminum á um 200 m löngum kafla. Gilið er þarna um 50 m djúpt og um 150 m breitt. Agætar opnur eru í berggrunninn niðri í gilinu en uppi á brúninni eru 10 - 20 m þykk sand- og malarlög og hylja þau berggrunninn með öllu á dalbotninum.

Elstu upplýsingar um laugarnar eru frá 1910 (Þorkell Þorkelsson 1920), en þær eru lítilfjörlegar. Árið 1928 skoðaði Þorkell Þorkelsson laugarnar mun betur og birti síðan hita- og rennslismælingar ásamt ófullkomnu korti af laugunum (Þorkell Þorkelsson 1930). Þegar Þorkell skoðaði laugarnar 1928 hafði á undangengnum tveimur árum verið sprengt frá flestum laugunum, þannig að verulegt rask hafði orðið. Sprengingarnar voru gerðar í þeim tilgangi að auka vatnsrennslið, en ætlunin var að leiða vatnið í sundlaug á Akureyri. Var það gert árið 1933. Árið 1937 skoðaði Tom W. Barth (1950) laugarnar, en þá höfðu þær flestar verið birgðar og vatninu veitt í þró. Barth gerði uppdrátt af laugasvæðinu og er hann sýndur á mynd 2a.



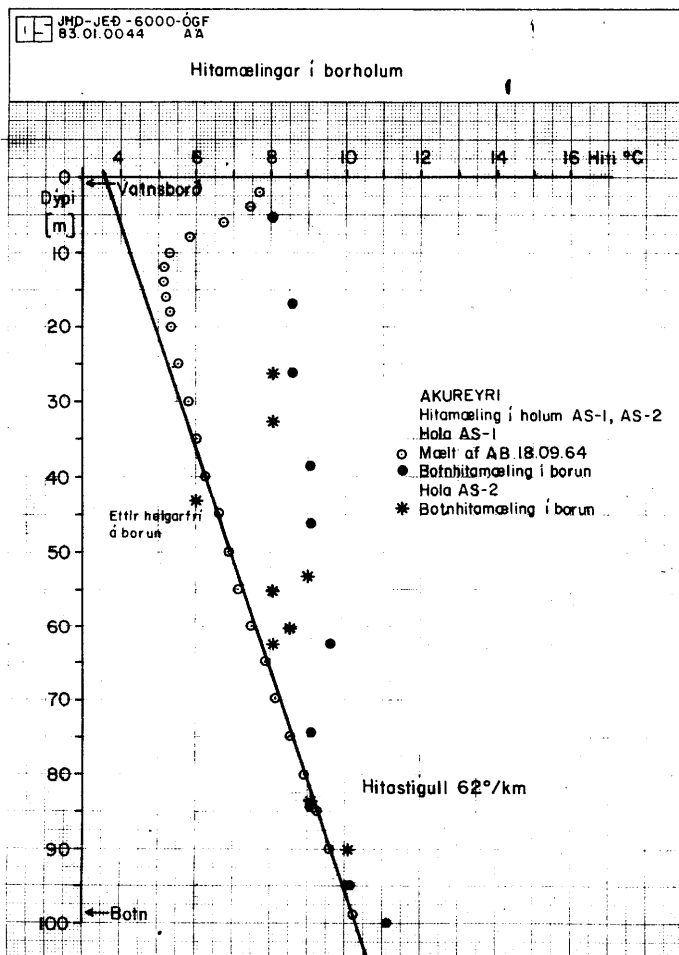
MYND 2a Uppdráttur Barths (1950) af laugum í Glerárgili.

MYND 2b Einfölduð mynd af jarðfræðilegum aðstæðum í Glerárgili.

Eitthvað hefur Barth misskilið ganginn í gílinu austanverðu, en sennilega er það vegna þess að honum hafa yfirsést misgengin sem liggja um gilið. Mynd 2b sýnir jarðfræðilegar aðstæður í gílinu, þó mjög einfaldað. Þorkell Þorkelsson (1930) mældi mest 50,4°C hita árið 1928, en fyrir sprengingarnar eða 1910 (Þorkell Þorkelsson 1920) hafði hann mest mælt 49°C hita. Heildarrennsli mældi Þorkell um 1,5 l/s. Barth (1950) segir rennslið vera um 2,5 l/s árið 1937 og stafar aukningin væntanlega af framkvæmdum við laugarnar. Allar síðari heimildir greina frá 3 l/s rennsli (sjá töflu 1). Af ofangreindu má ljóst vera að hæsti hiti í laugunum hefur verið um 50°C og ótruflað náttúrulegt rennsli 1,5 - 3,0 l/s.

TAFLA 1 Mælingar á hitastigi og rennsli úr Glerárlaugum

Heimild	Ár	Mesti hiti °C	Rennsli l/s
Þorkell Þorkelsson (1920)	1910	49	-
Þorkell Þorkelsson (1930)	1928	50,4	1,5
Barth (1950)	1937	48	2,5
Trausti Einarsson (1942)	1938	48	ca. 3
Jarðboranir ríkisins (1951)	1947	48	3
Jarðboranir ríkisins (1951)	1948	48	3
Jón Sólmundsson (1959)	1959	48,5	-



MYND 3 Hitamælingar úr holum AS-1 og AS-2

Bæði Þorkell Þorkelsson (1930) og Barth (1950) sáu að vatnið kom að mestu upp við austurjaðar gangs og töldu því að hann stjórnaði uppstreyminu. Ólafur G. Flóvenz og Sigmundur Einarsson (1980) hafa hinsvegar bent á að vegna þess hvernig misgengið brýtur ganginn getur hann ekki leitt vatnið til yfirborðs nema e. t. v. síðasta spölinn þar eð hann nær aðeins grunnt niður.

2.2 Boranir

Árið 1930 var boruð fyrsta holan við Glerárlaugar. Haglabor var notaður til verksins. Borskýrslur eru nú glataðar en talið er að holan hafi verið um 100 m djúp. Árangur varð enginn. Var þá gripið til þess ráðs að auka vatnsmagnið í laugunum með sprengingum. Í grein í Andvara 1941 um rannsóknir á náttúru landsins fjallar Steinþór Sigurðsson náttúrufræðingur meðal annars um jarðhitarannsóknir. Hann greinir frá því að Rannsóknaráð ríkisins hafði keypt lítinn jarðbor (Sullivan Bravo), sem notaður hafi verið til borana víðs vegar um land. Síðan gerir Steinþór grein fyrir hinum ýmsu borverkum og segir m.a.:

"3. Rúmlega 80 metra djúp borhola í Glerárgili ofan við Akureyri. Borað var eftir heitu vatni. Bar borunin ekki tilætlaðan árangur. Enda þótt blágrýti sé þarna í kring, var mestmegnis borað gegnum molaberg, sand eða leir. Af þessum ástæðum voru veggir borholunnar ótraustir, svo stöðugt hrundi niður í holuna. Tafði þetta mjög borunina og varð að lokum að hætta við hana.

4. Um 30 m djúp hola í Glerárgili, skammt frá hinni borholunni. Jarðlagaskipun var þarna sú sama og á fyrri staðnum, og borunin gekk af þeirri ástæðu mjög seint."

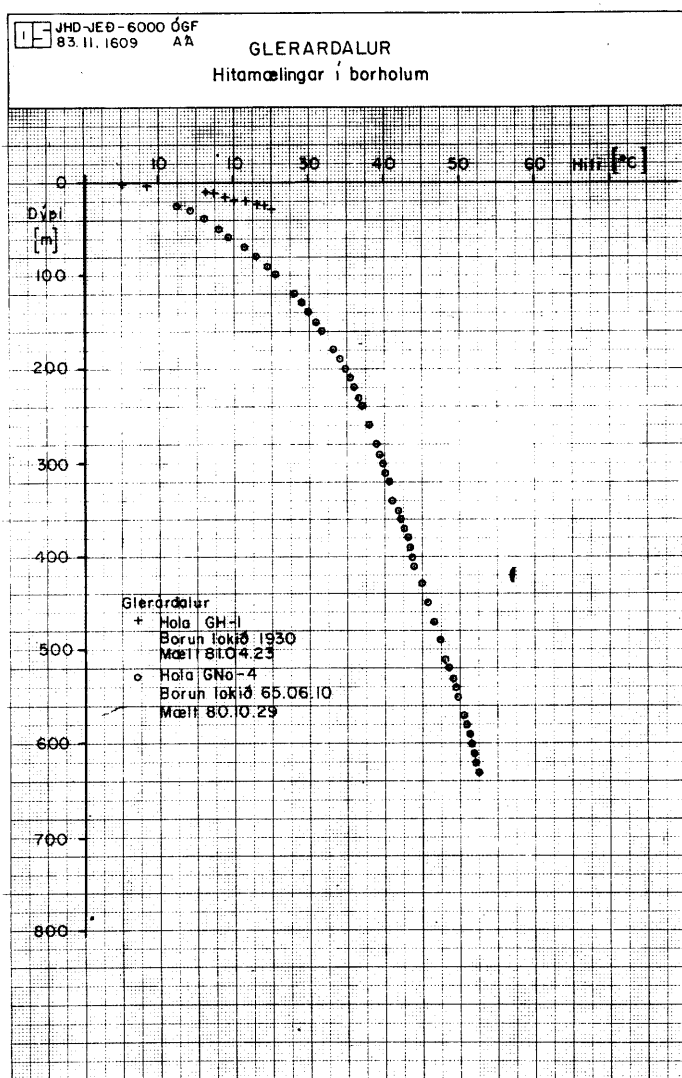
Nú er einungis vitað hvar ein þessara hola er. Það er líklega elsta holan, GH-1. Hitamæling úr henni frá 23. apríl 1981 er sýnd á mynd 4.

Í byrjun september 1947 ritar bæjarstjórinn á Akureyri Raforkumála-skrifstofu ríkisins bréf með óskum um rannsókn á jarðhita í nágrenni Akureyrar svo úr því fáiast skorið hvort tiltækilegt sé að hefja boranir eftir heitu vatni "með hitaveitu til bæjarins fyrir augum". Jarðborunardeild Raforkumálæsskrifstofunnar (forveri Jarðhitadeildar OS og Jarðborana ríkisins) tók verkið að sér. Niðurstöðurnar voru sendar í bréfi til bæjarstjóra 3.05.1949. Bréfið er líklega ritað af Gunnari Böðvarssyni. Þar segir um Glerárdalssvæðið:

"Laugarnar í Glerárgili liggja næst bænum, og er fjarlægð þeirra frá miðbiki hans 3 til 4 kílómetrar. Hér koma fram alls 3 lítrar á sekúndu af 48 gráðu heitu vatni, sem fekkst með sprengingum á árinu 1930. Vatnið kemur upp með basaltgangi. Á árunum 1940 og 1941 voru gerðar tvær grunnar holur í Glerárgili, en án

árangurs. Samkvæmt jarðviðnámsmælingum deildarinnar sem framkvæmdar voru á haustinu 1947 er nokkur jarðhiti undir syðri bakka gilsins, en aðstæður til rannsókna eru hér hinar erfiðustu og því ekki glögg hugmynd um útbreiðslu hitans. Efnagreining á vatninu frá laugunum sýnir að það er mjög líkt vatni Hitaveitu Reykjavíkur. Með hliðsjón af ýmsum aðstæðum telur deildin Glerárgil ekki vænlegt til vinnslu á verulegu magni af nægilega heitu vatni."

Ekki er fullljóst hverjar þessar ýmsu ástæður eru en hugsanlega er um að ræða árangurslausar boranir og fremur lágt hitastig í laugunum.



MYND 4 Hitamæling úr
holum GH-1 og GNo-4

Nú segir ekki af rannsóknum á Glerárdal fyrr en á sjöunda áratugnum. Í október 1961 sendir bæjarstjórnin á Akureyri bréf til Jarðhitadeildar og biður um greinargerð um framvindu jarðhitarannsókna í nágrenni Akureyrar og framtíðarhorfur. Í svarbréfi Jarðhitadeildar

sem Gunnar Böðvarsson (1961) ritar kemur fram að ríkið hafi þá nýverið fest kaup á jarðbor sem sérstaklega sé ætlaður til borana eftir heitu vatni á Norðurlandi (Norðurlandsborinn) og Jarðhitadeild hafi þegar hafið rannsóknir til undirbúnings borunum í nágrenni Akureyrar. Í bréfinu er einungis minnst á Laugarland á Þelamörk og Kristnes. Í janúar 1964 berst Raforkumálaskrifstofunni svohljóðandi samþykkt bæjarráðs Akureyrar:

"Bæjarráð Akureyrar ítrekar beiðni til Raforkumálaskrifstofunnar um, að hún láti fara fram leit að heitu vatni í bæjarlandinu og næsta nágrenni bæjarins. Þessi leit verði undirbúin með rannsóknum eins og sérfræðingar telja að þurfi í þessu sambandi, bæði með jarðrannsóknum og borunum með minni jarðborum áður en stóri norðurlandsborinn byrjar borun hér eins og fyrirhugað er."

Í framhaldi af þessu og með tilvísun til bréfs frá raforkumálastjóra og símtals við Gunnar Böðvarsson, sækir Akureyrarbær um styrk úr jarðhitasjóði vegna borunar tveggja 100 m hola í bæjarlandi Akureyrar til hitamælinga. Jafnframt er tilkynnt að síðar verði sótt um styrk vegna borunar með Norðurlandsbor. Sumarið 1964 voru umræddar holur boraðar með bornum Sullivan 3 (Jarðboranir ríkisins 1964). Borun þeirrar fyrrnefndu, AS-1 (Akureyri-Sullivan hola nr. 1) lauk 14. júlí 1964 og borun holu AS-2 lauk 20. ágúst 1964. Við hitamælingu að borun lokinni var fyrirstaða á 55 m dýpi í holu AS-2. Í september 1964 var hola AS-1 hitamæld. Hins vegar virðist svo sem hola AS-2 hafi aldrei verið hitamæld nema í borun en báðar holurnar voru mældar með hámarks hitamæli á morgnana eftir næturlé í borun. Að auki er til ein mæling úr holu 2 eftir helgarfrí, en þá var hún 44 m djúp. Mynd 3 sýnir hitamælingu úr holu AS-1 og botnhitamælingar úr báðum holunum. Hitastigullinn í holu AS-1 er um 62°C/km. Lítið er hægt að segja um hitastigul á holu AS-2 þó má af botnhitamælingu á 90 m dýpi ráða að hitastigull sé þar svipaður og í holu AS-1. Æskilegt er að reyna að mæla hitastigullinn við næstu hentugleika. Hitastigull á bilinu 60-70°C/km er talinn einkennandi hitastigull á Mið-Norðurlandi utan jarðhitasvæða.

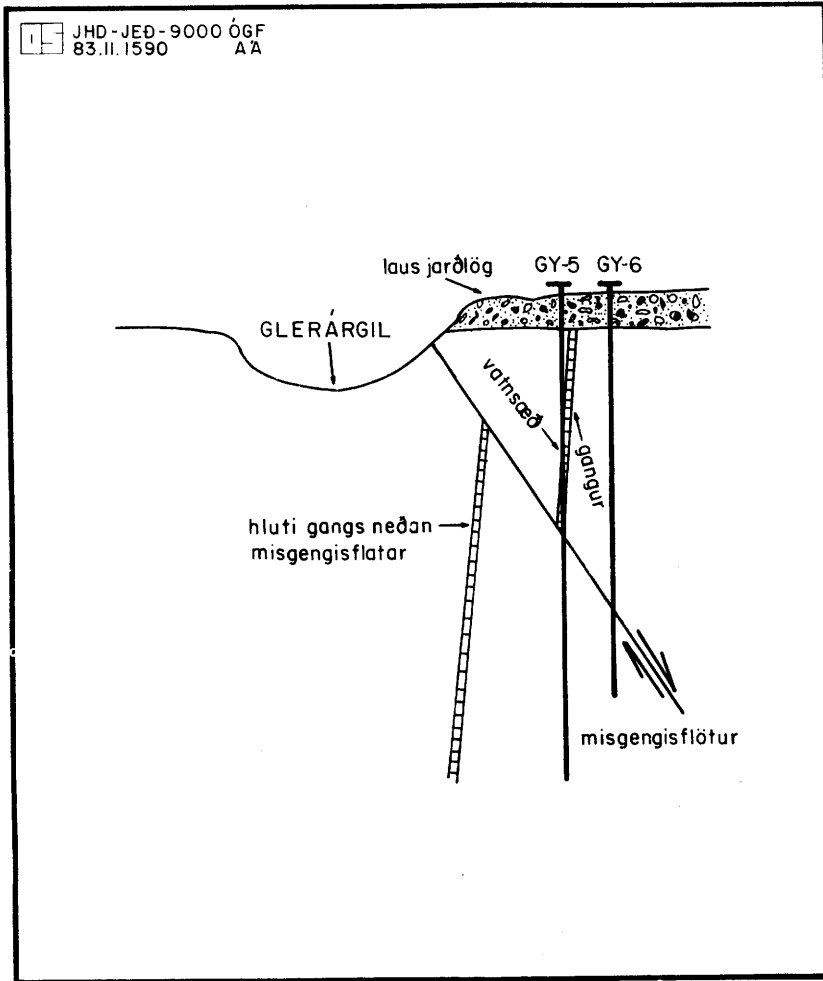
Hola GNo-4 var boruð með Norðurlandsbor við Glerárlaugar á tímabilinu 25. febr. - 10. júní 1965 (Jarðboranir Ríkisins 1965). Ekki hafa fundist nein gögn um staðsetningu holunnar en svo virðist sem henni hafi verið ætlað að skera gang þann sem laugarnar koma upp með og reiknað hafi verið með vestlægum gangahalla. Engar umtalsverðar æðar komu fram í borun þessarar 647 m djúpu holu. Mynd 4 sýnir hitamælingar úr holu GNo-4. Hitastigull í holunni neðan 300 m er afar lágur og það er ekki fyrr en á 550 m dýpi að holan nær þeim hita sem mælst hefur hæst í laugunum. Dælt var úr GNo-4 með djúpdælu 13.-20. mars 1968. Vatnsmagn varð innan við 1 l/s og niðurdráttur 80-90 metrar (Stefán Sigurmundsson 1968).

Svo virðist sem árangursleysi þessarar holu hafi eytt áhuga á frekari tilraunum til vatnsöflunar á Glerárdal því í næstu skýrslu Orkustofnunar til Akureyrarbæjar "Jarðhiti í nágrenni Akureyrar" (Guðmundur Guðmundsson og Kristján Sæmundsson, 1972) er ekkert á Glerárdal minnst.

2.3 Viðnámsmælingar

Árið 1975 voru gerðar umfangsmiklar viðnámsmælingar við Eyjafjörð vegna jarðhitaleitar fyrir Akureyri. Var þá meðal annars gerð ein Schlumberger viðnámsmæling suðaustan Glerárlauga. Í ljós kom að viðnám þarna var allnokkru lægra en í nágrenninu. Hins vegar mældist mun lægra viðnám við Laugarland og Hrafnagil og beindust því augu manna fyrst að þeim stöðum (Axel Björnsson og Kristján Sæmundsson 1975).

Þegar í ljós kom að vinnslusvæðin í nágrenni Laugalands voru lakari en vonir stóðu til, jókst áhugi á rannsókn annarra jarðhitastaða í Eyjafirði, og þá ekki síst Glerárdal vegna nálægðar við Akureyri. Sumarið 1980 hófst ítarleg jarðfræðikortlagning á nágrenni lauganna og gerðar voru segulmælingar á nokkru svæði norðvestan þeirra. Einnig voru gerðar allmargar Schlumberger viðnámsmælingar og hitastig mælt í holu 4. Niðurstöður þessara rannsókna voru birtar í greinargerð Orkustofnunar í desember 1980 (Ólafur G. Flóvenz og Sigmundur Einarsson, 1980). Meginniðurstöður voru þær að jarðhitinn komi upp með misgengi sem sker gang þann er laugarar eru við. Halli misgengisins er talinn vera 30° til A frá lóðréttu og talið að spildan austan þess hafi sigið um 100 m. Þar sem misgengið sker ganginn milli lauganna og holu 4, hittir holan hvorki ganginn né misgengið. Á mynd 5 er sýnt líkan það af jarðhitasvæðinu sem að ofan er lýst og birtist með áður nefndri greinargerð. Þetta líkan virtist einnig vel til þess fallið að skýra lágan hita og hitastigul í holu 4. Þá bentu efnagreiningar til þess að vænta mætti allt að 70°C heits vatns með djúpborun og með samanburði viðnámsmælinga af Glerárdal við mælingar frá Hamri í Svarfarðardal var talið líklegt að vænta mætti 20-40 sekúndulítra af svæðinu. Í ljósi þessa var hola 5 staðsett eins og mynd 5 sýnir.



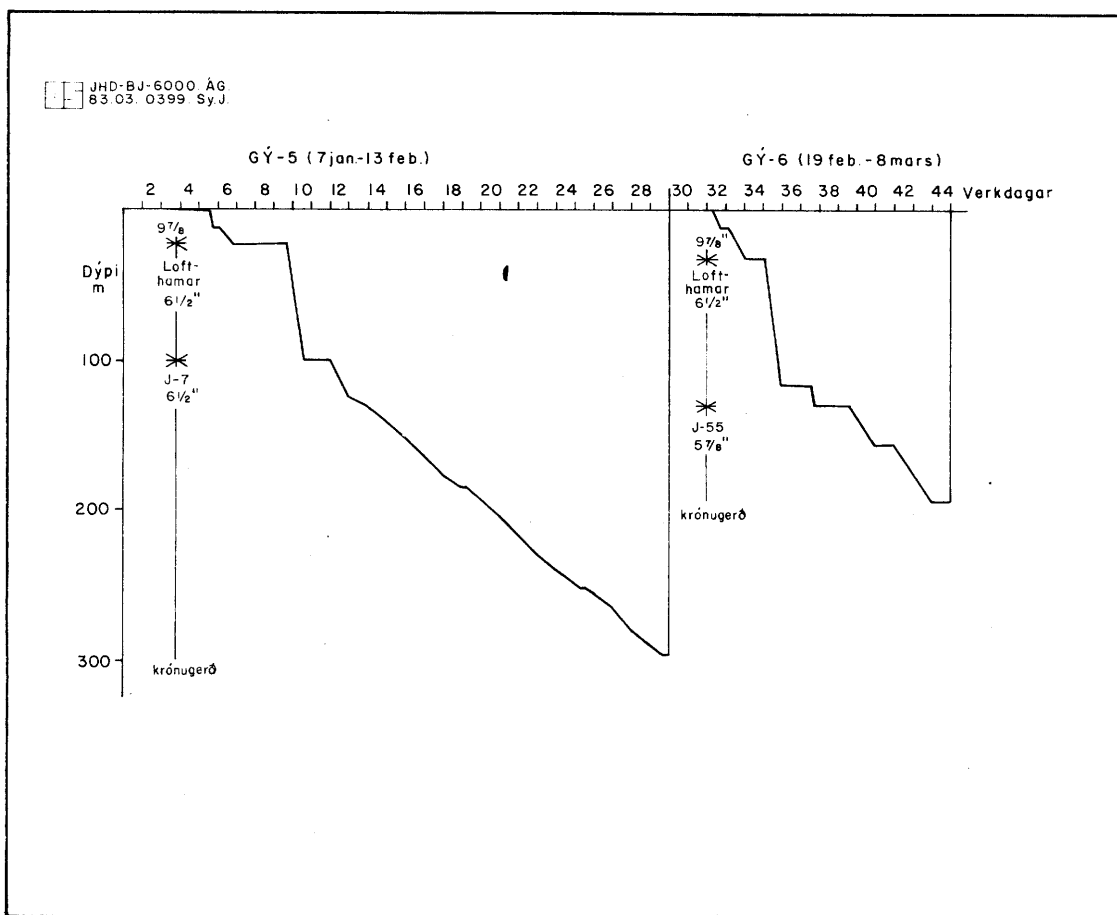
MYND 5 Líkan af jarðhitasvæðinu frá 1980.

3 HOLA GÝ-5

3.1 Borsaga

Lagt var af stað með jarðborinn Ými á Glerárdal 7. janúar 1981 og daginn eftir var hann kominn á borstað (Jarðboranir ríkisins 1981). Fyrstu 4 1/2 dagarnir fóru í að koma bortækjum fyrir, grafa fyrir 11 3/4" fódurröri niður á 4,2 m dýpi og ganga þannig frá borplani að það hentaði bornum sem best.

Fyrstu 23 metrarnir voru boraðir með 9 7/8" krónu og rýmara. Var talið að fast berg væri á 16-18 m dýpi. Þá var sett niður 7 5/8" fódring, sem náði niður í botn og hún steypt. Niður á liðlega 100 m dýpi var borað með 6 1/2" lofthamri. Lengra komst hann ekki sökum vatnsgangs í holunni. Þar neðan við og niður á 296,5 m dýpi var notuð 6 1/4" hjóla króna. Á mynd 6 er sýnt hvernig borverkinu miðaði áfram, en alls tók 29 daga að ljúka holunni.



MYND 6 Borun hola GÝ-5 og GÝ-6.

3.2 Jarðlög

Borskýrslur (Jarðboranir ríkisins 1981) gefa til kynna að komið sé niður á berggrunninn á 16-18 m dýpi, en í svarfi verður ekki vart við basalt fyrr en á 34 m dýpi. Þar ofan við ægir saman allskonar basalt- og millilagsmolum líkt og í setlögum. Þá tekur við fínt og meðalgrófkornótt basaltlag niður á 43ja m dýpi, en þar neðan við og niður á 49 m er samskonar set og lýst er hér að ofan. Frá 49 m niður á 120 m eru greind fínkornótt basaltlög, að jafnaði 5-6 m þykk, aðskilin með karga og þunnum rauðum millilögum. Þar neðan við er gangberg ráðandi berggerð, að mestu leyti dólerít. Á nokkrum stöðum sjást snertifletir ganganna við grannbergið. Á 160-170 m dýpi virðist vera ísúrt berg samkvæmt mælingu á náttúrulegri útgeislun í berginu (sjá viðauka C), en erfitt er að sjá það í svarfi vegna blöndunar. Þunnsneið var gerð af þessu bergi og sýnir hún nokkur korn sem hafa greinilegan flæðistrúktúr og mundu þau frekar teljast til basaltíks andesíts heldur en andesíts. Hugsanlegt er að komið sé niður í lagskipt basalt neðan 290 m dýpis.

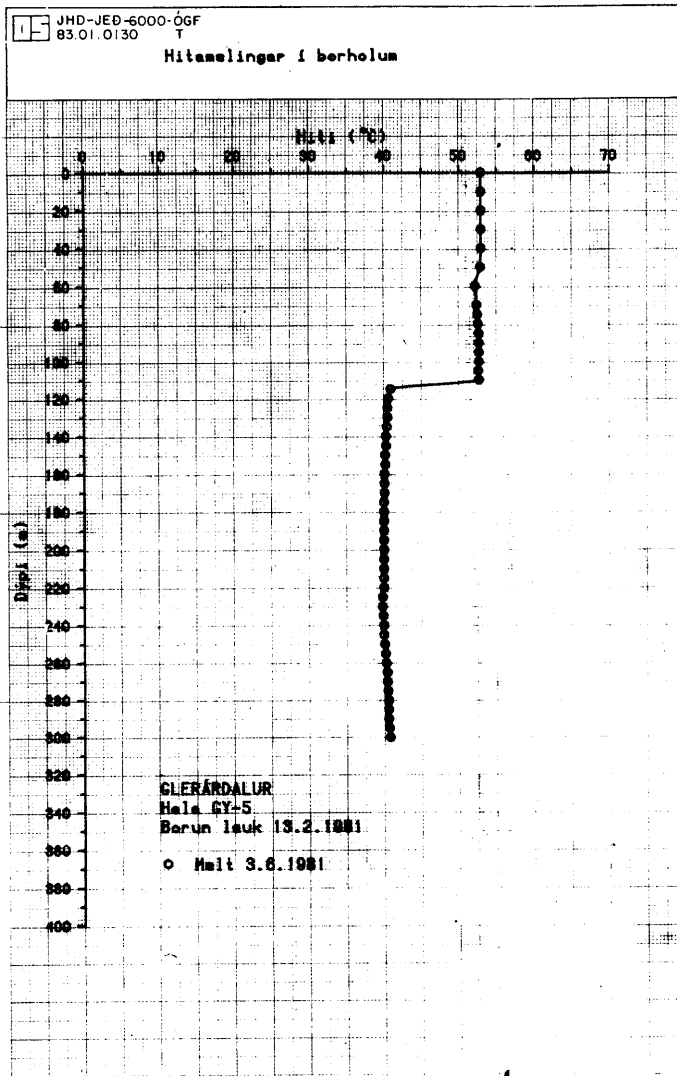
Ummyndun er breytileg í berginu, mest á móts við sprungur og við laga-mót. Algengast er að leirsteindir séu komnar að einhverju leyti í stað pýroxens í grunnmassa. Einnig hefur kalsít myndast í stökum plagíóklasdílum. Af zeólítum sjást skólesít og heulandít og/eða stilbít. Pýrít sést við jaðra ganganna.

3.3 Vatnsæðar og hiti

Stærsta æðin í holunni kom fram á 115 m dýpi. Hún reyndist 54°C heit og var rennsli úr henni í fyrstu talið 5 l/s en minnkaði fljótlega í 2-3 l/s. Æðin kemur fram í millilagi í minna en 0,5 m fjarlægð frá gangi. Smáæða varð vart á 32 m og 50 m dýpi nálægt mótum setlaga og hraunlaga.

Þá varð vart smáæða á 230 m og á 290 m dýpi þar sem holan fer út úr göngunum.

Hitamæling úr holu 5 er sýnd á mynd 7. Neðan æðarinnar á 115 m dýpi kólnar holan snögglega og æðarnar á 230 m og 290 m eru einungis um 42°C heitar.



MYND 7 Hitamæling úr
holu GY-5.

4 HOLA GÝ-6

4.1 Staðsetning

Sú staðreynd að hola GÝ-5 hitti á vatnsæð við gang en ekki misgengi, eins og líkanið gerði ráð fyrir, vakti efasemdir um réttmæti þess að gera ráð fyrir austlægum halla á vatnsæðinni. Göngum á þessu svæði hallar yfirleitt til vesturs. Því þótti of áhættusamt að leggja í borun djúprar vinnsluholu austan holu GÝ-5 á forsendum áður nefnds líkans. Var afraðið að bora aðra holu, GÝ-6, um 17 m austan holu 5. Ef vatnsæðin væri hallandi til austurs mætti búast við að hola 6 hitti á hana ofan 200 m dýpis.

4.2 Borsaga

Vinna við holu GÝ-6 hófst 19. febrúar 1981 (Jarðboranir ríkisins 1981). Fyrstu tveir dagarnir fóru í að ganga frá borplani, grafa fyrir 1 1/4" fóðurröri niður á 4 m dýpi og koma bortækjum fyrir. Síðan var borað niður á 34 m dýpi með 9 7/8" krónu og rýmara. Talið var að fast berg væri á 33 m dýpi. Síðan var holan fóðruð með 8" röri og það steipt. Næstu 100 metrar voru boraðir með 6 1/2" lofthamri. Hrun á 60-70 m dýpi olli vandræðum í borun og var því steipt þar í. Frá rúmlega 130 metra dýpi niður á 196,3 m var borað með hjólakrónu. Áður en hjólakrónan var sett niður var um tveggja daga töf vegna viðgerða á bor. Þá þurfti að hreinsa holuna með geli. Einnig varð dags töf þegar dýpið var 157,5 m, en þá var tekið upp til að steypa í holuna. Fyrst var dælt steypu á toppinn. Þegar hún var boruð út kom í ljós að steypan náði einungis niður á 66-75 m dýpi. Það þýðir að holan er í mjög þéttu bergi þar fyrir neðan. Síðan var settur niður steypudór og steipt gegnum stangir á 116-122 m dýpi. Á mynd 6 er sýnt hvernig borverkið gekk, en það tók alls 15 daga.

4.3 Jarðlög

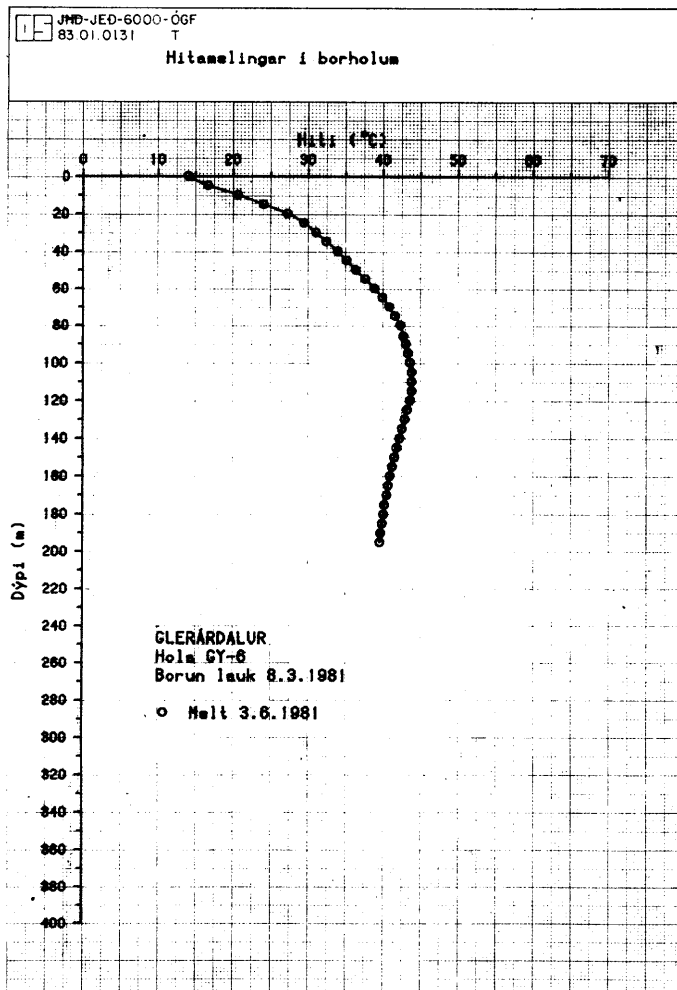
Í borskýrslum er getið um að fast berg sé á 33 m dýpi, sem er í ágætu samræmi við svarfsýnin. Fyrsta sýni er frá 32-34 m dýpi og er það að mestu leyti basalt. Niður á 160 m dýpi eru basalhraunlög ráðandi. Að jafnaði eru þunn rauð millilög og kargalög, sem skilja þau að. Efsta áberandi millilagið í holunni er á 63-66 m dýpi. Það var hrungjarnt og þurfti að steypa í það. Leifar úr því sjást niður alla holuna og þar af leiðandi erfitt að staðsetja önnur millilög sem neðar komu. Á 130-135 m dýpi er getið um þykkt millilag í borskýrslum, en það er nákvæmlega þar sem krónuskipti áttu sér stað og því hugsanlegt að

Þetta sé samansafn ofar úr holunni.

Á 128 m dýpi er allmikið af fínkornóttu svörtu oxuðu bergi blandað basaltinu og skv. þunnsneið er það basaltískt andesít. Frá 165 m dýpi niður á botn er gangberg einkennandi. Ummyndun svipar til holu GÝ-5. Í millilagini frá 63-66 m dýpi ber nokkuð á hvítum skellum, sem eru útfellingar úr jarðhitavatni enda er tæplega 1 l/s vatnsæð tengd þessu lagi.

4.4 Vatnsæðar og hiti

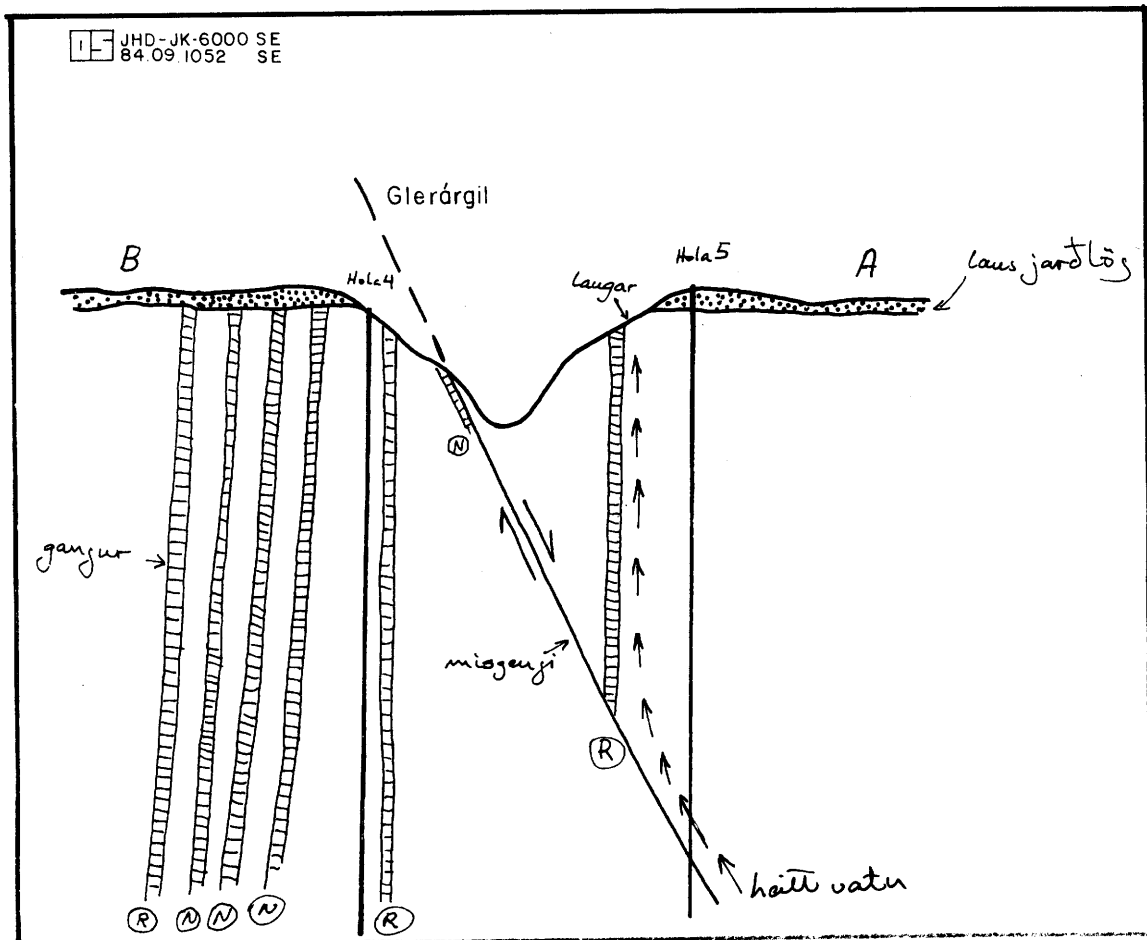
Engar umtalsverðar vatnsæðar fundust í borholunni. Smáæðar varð vart á 65 m dýpi í millilagi. Hitamælingar sem gerðar voru meðan á borun stóð bentu ekki til þess að holan væri að nálgast yfir 50°C vatnsæð. Var því borun hætt skammt ofan 200 m dýpis. Ekkert rennsli var úr holunni í borlok. Hitamæling úr henni er sýnd á mynd 8. Á henni sést að holan hitnar ört með dýpi, og nær 43°C á 115 m dýpi en kólnar þar fyrir neðan. Virðist því augljóst að vatnsæðin í holu GÝ-5 er ekki tengd gangi með halla til austurs eða misgengi.



MYND 8 Hitamæling úr holu GÝ-6

5 HITAÁSTAND Í JÖRÐU VIÐ GLERÁRLAUGAR

Að borun holu GÝ-6 lokinni var ljóst að endurskoða þurfti hugmyndir um gerð jarðhitakerfisins. Svo virtist nú sem vatnsæðin í holu GÝ-5 væri tengd gangi en ekki misgengi. Jafnframt var ljóst, að vatnsæðin í holu GÝ-5 er ofan misgengisins. Þar sem mjög mikil færsla hefur orðið um misgengið er ljóst að gangurinn sem vatnsæðin fylgir nær einungis niður að misgenginu, en þess hluta hans sem er neðan misgengisflatarins er að leita mun vestar. Þetta er skýrt á mynd 9. Til að skera umræddan gang neðan misgengisflatarins yrði að bora mun vestar líklega nálægt holu 4. Sú hola er hins vegar þétt og fremur köld og hitamælingarnar úr henni benda ekki til þess að hún stefni að hallandi vatnsæð. Því virðist ekki ástæða til að ætla að vatn fylgi ganginum neðan misgengisflatarins.



MYND 9 Einfaldað líkan af jarðhitasvæðinu byggt á fyrirliggjandi gögnum í desember 1980.

Til þess að fá sem mestar upplýsingar út úr hitamælingum í þeim holum, sem boraðar höfðu verið, var ráðist í gerð tölvuforrits sem reiknar út hitastig í jörðu umhverfis gefnar vatnsæðar. Þannig má t.d. reikna út hvort hallandi vatnsæð í tiltekinni fjarlægð frá holu getur skapað þann hitaferil sem mælist í holunni. Með þessu móti var reynt að búa til nýtt líkan af jarðhitakerfinu. Við útreikninga var gert ráð fyrir því að svæðisbundinn hitastigull utan jarðhitasvæðisins væri $62^{\circ}\text{C}/\text{km}$ eins og hann mældist í hitastigulsholu á Akureyri (AS-1). Gert var ráð fyrir að hitastigið í vatnsæðinni ykist úr 55°C á 100 m dýpi í 70°C á 1000 m dýpi. Niðurstöður voru eftirfarandi:

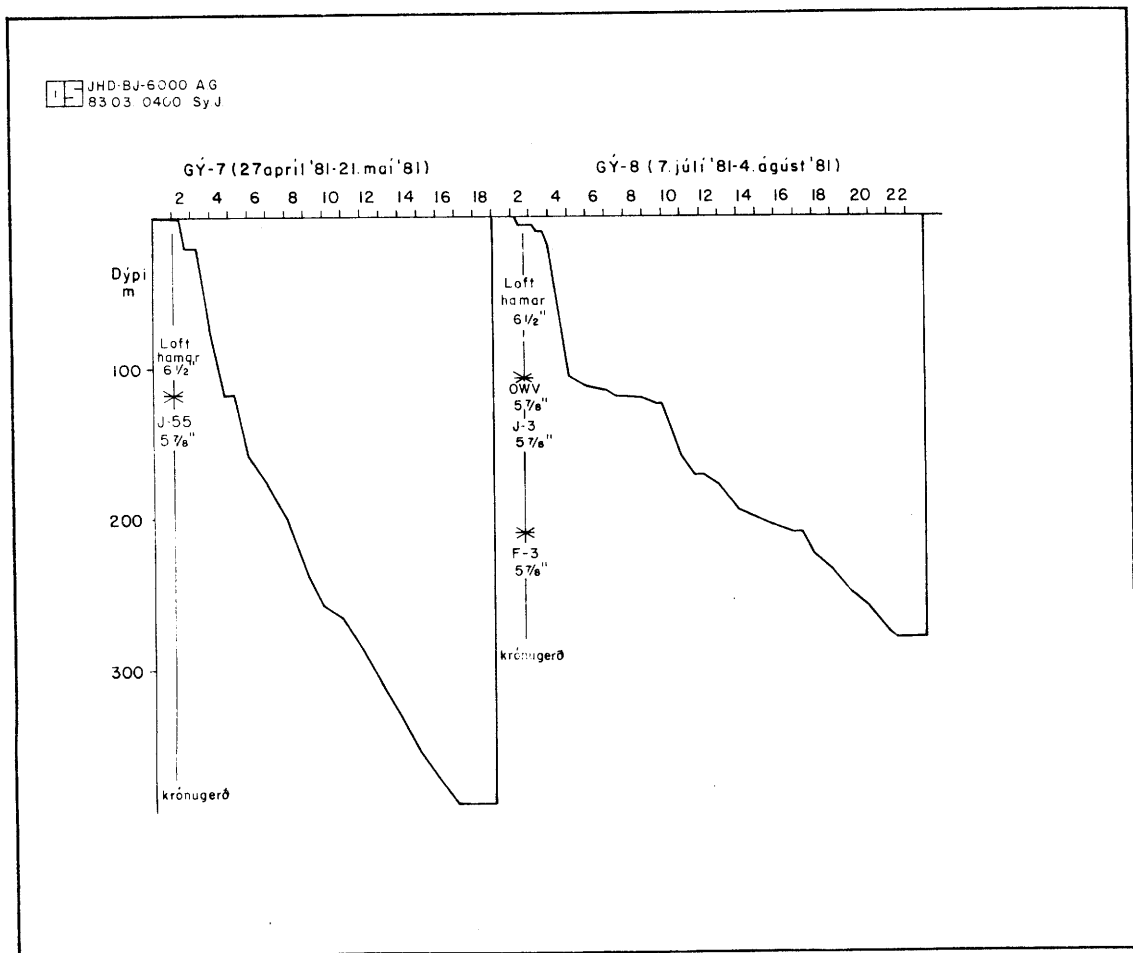
- 1) Kólnun neðan 115 m dýpis í holum GÝ-5 og GÝ-6 verður vart skýrð öðruvísi en með nær láréttu rennsli vestanvert við ganginn í holu GÝ-5. Því er talið að vatnið í holu GÝ-5 renni lárétt eftir millilagi ofan misgengisins og vestan gangins en streymi upp af meira dýpi einhvers staðar sunnar.
- 2) Hitastigullinn í holu 4 er lágur í neðri hluta holunnar. Lóðrétt eða lítt hallandi vatnsæð sem nær nokkur hundruð metra niður í jörðina getur vart verið nær holu 4 en 150 m.

Af þessu tvennu þótti ljóst, að uppstreymis heita vatnsins væri að leita talsvert sunnan holu 5 og a.m.k. 150 m frá holu 4. Var því holu GÝ-7 valinn staður í gangastefnu suður frá holu 5 og jafnframt í 150 m fjarlægð frá holu 4.

6 HOLA GÝ-7

6.1 Borsaga

Þann 27. apríl 1981 var byrjað að flytja Ými ásamt fylgihlutum frá Kristnesi yfir á borstæði holu 7 í Glerárdal (Jarðboranir ríkisins 1981). Á öðrum degi var byrjað að bora þar sem búið var að koma fyrir 10 3/4" röri niður á þriggja metra dýpi. Settur var niður 6 1/2" lofthamar og borað niður á 19,5 m dýpi. Fast berg virtist vera á 5-7 m dýpi, en þar ofan við hrundi allmikið. Því var tekið upp og steipt í holuna í gegnum steypudór. Efstu metrarnir voru síðan rýmdir og 8 5/8" fódring sett niður og látin vera ósteipt. Haldið var áfram og borað með lofthamri niður á 118 m dýpi. Þá var tekið upp og sett niður 5 7/8" hjóla króna. Sama krónan var notuð það sem eftir var og var hætt þegar dýpið náði 392 m. Ekki var borað dýpra með Ými og er gangur borverksins sýndur á mynd 10. Alls tók verkið 18 daga.



MYND 10 Borun GÝ-7 og GÝ-8 á Glerárdal

Jarðborinn Narfi var fluttur á holu GÝ-7 3. des. 1981 (Jarðboranir ríkisins 1982). Rýming holunnar með 15" krónu hófst 10. des. og var rýmt og fódrað með 14" röri í 17,5 m. Síðan var borað með 12 1/4" krónu og rýmara. Þegar rýmt hafði verið í liðlega 50 m losnaði 14" fódringin. Var hún þá rekin niður á 21,3 m dýpi og síðan haldið áfram með rýminguna niður á 167 m. Að loknu jólafríi bormanna var tekið til við að fódra holuna með 10 3/4" rorum. Tókst að koma fódringu á 181,4 m dýpi. Síðan var holan rýmd með 9 7/8" krónu niður í 250 m og loks með 8 1/2" krónu í botn á 798 m.

Að borun lokinni voru 10 3/4" fódurrörin hífð úr holunni og hún rýmd með 12 1/4" krónu og þreföldum rýmara í 250 m. Að því loknu var holan fódruð með 10 3/4" rorum niður á 246 m dýpi, en lengra komst fódringin ekki. Að þessu loknu var gengið frá holutoppi og holan loks hreinsuð. Lauk verkinu 28. janúar 1982 og tók það alls 34 daga.

6.2 Jarðlög

Í borskýrslum er þess getið, að fast berg muni vera á 5-7 metra dýpi. Í svarfsýnum virðist vera meira og minna af grófu seti niður á 18 m dýpi, þar koma tvö basaltlög aðskilin af göngum. En frá 30 m niður á 85 metra dýpi er jarðlagasyrpa, sem notuð er til að tengja á milli hola og áætla stærð misgengja út frá. Efstu 5-10 m þessara leiðarlaga samanstanda af þykku millilagi og er það að jafnaði mjög litskrúðugt. Neðan við það eru 40 m þykk andesítlög, líklega er um að ræða tvö lög og er það efra aðeins 5-6 m þykkt. Neðan við andesítið er líklegast 5 m þykkt millilag. Það sést ekki í svarfi, en þóruhlutamælingar, víddarmælingin og náttúruleg útgeislun bergsins gefa það sterklega til kynna (viðauki C). Frá 80 m niður í 255 m eru fínkornótt basalthraunlög ráðandi og eru þau jafnan aðskilin með karga og/eða millilögum. Basalthraunlögin eru að jafnaði 5-10 m þykk. Frá 144 m niður á 155 m dýpi er bergið mjög brotið eða breksíulegt, ekki er útilokað að holan liggji í gegnum misgengi á því dýpi. Á 220-235 m dýpi er líklega dólerítgangur.

Dólerít er ríkjandi frá 255 m og niður á 315 m dýpi. Þarna er um að ræða nokkra samliggjandi ganga. Þá taka við basalthraunlög eins og voru ofar í holunni en í 338 m er aftur komið niður í dólerít. Ofan á því er þunnt ljósrautt millilag. Dólerít nær niður á 380-390 m. Á 392 m dýpi hætti Ýmir borun, en Narfi tók síðan við og dýpkaði holuna. Nokkur basalthraunlög eru greind niður á 412 m dýpi, en þar tekur við langur dólerítkaflí, sem nær niður á 545 m. Ekki er annað að sjá samkvæmt svarfgreiningu og mælingum, en að basalthraunlög séu ráðandi niður á botn holunnar, sem er í 790 m. Þó er hugsanlega fínkornóttur gangur á 635-654 m dýpi. Á dýptarbilinu 594-605 m er

bergið áberandi brotið og oxað líkt og um breksíu sé að ræða. Hugsanlega hefur verið borað gegnum misgengi á þessu dýpi. Einnig sést breksíulegur kafli á 620-628 m dýpi, en það gæti eins verið mikið oxað og ummyndað glerjað berg.

Ummyndun er svipuð og í GÝ-5. Ekki verður mikil breyting fyrr en komið er niður í liðlega 700 m, en þar er líklegast komið niður í laumontítbaltið.

6.3 Vatnsæðar og hiti

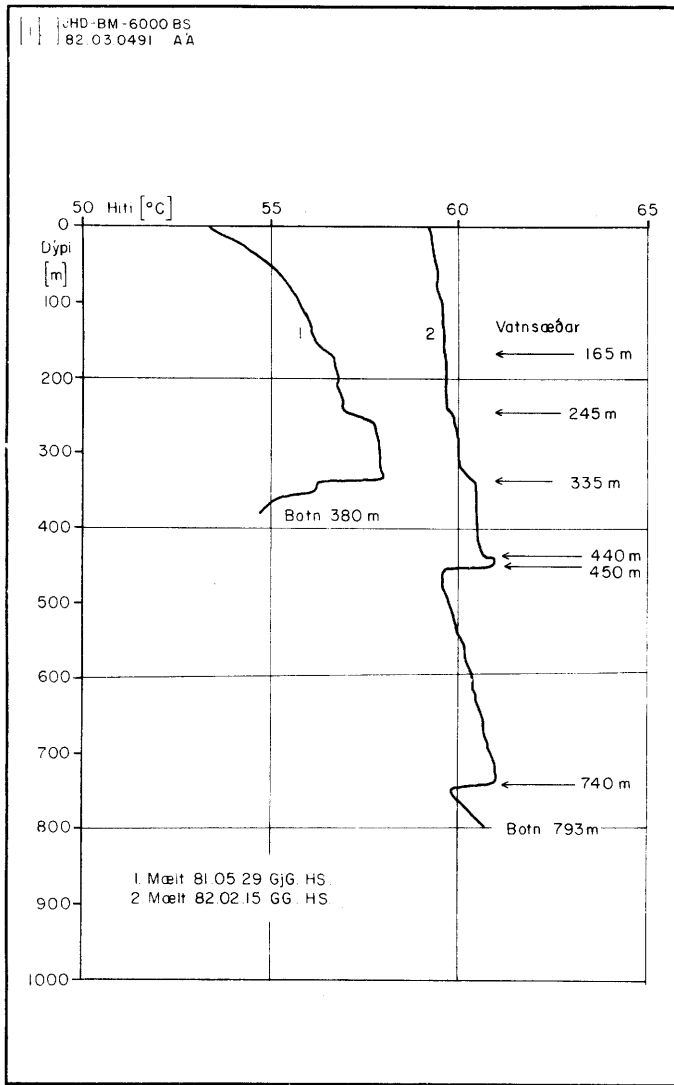
Holan var hitamæld strax að lokinni loftborun. Reyndist hún hitna allórt með dýpi og í góðu samræmi við það líkan sem lýst er í kafla 5. Áætlað var út frá líkani þessu og hitamælingu að lokinni loftborun að vænta mætti 57°C heitrar æðar milli 350 m og 400 m dýpis.

Eftir að snúningsborun hófst var holan hitamæld á hverjum morgni til að fá sem gleggstar upplýsingar um hitastig í holunni og fylgjast með því hvort hún stefndi að vatnsæð.

Við borun varð vart smávægilegra æða á 82 og 114 m dýpi. Á 247 m dýpi opnaðist æð sem gaf um 2 l/s af 57°C heitu vatni. Á 319 m dýpi jókst rennsli úr holunni í 3 1/2 l/s og loks opnaðist æð á 337 m dýpi. Gaf holan þá um 6 l/s í sjálfrennsli. Fleiri æða varð ekki vart í holunni. Lauslegt mat á afköstum holunnar benti til þess að arðvænlegt væri að virkja hana. Var jarðborinn Narfi fenginn til að rýma holuna og f-óðra. Jafnframt var ákveðið að dýpka hana í leit að vatnsæðum neðar.

Á um 430 m dýpi jókst rennsli úr holunni og á 452 m dýpi hitti borinn á vatnsæð. Áætluðu bormenn að rennslið væri um 20 l/s, en tóku fram að aðstaða hafi ekki verið til að mæla það. Ekki varð vart frekari umtalsverðra æða í holunni og var ákveðið að hætta á 798 m dýpi. Hitamælingar bentu ekki til þess að von væri heitara vatns á næstu nokkur hundruð metrum og talið nokkuð víst að búið væri að bora gegnum misgengið, en viðnámsmælingar og hitamælingar í holu 4 og 5 benda til þess að vatns sé ekki að vænta neðan þess.

Á mynd 11 eru sýndar tvær hitamælingar úr holunni, önnur frá því fyrir dýpkun hin mæld að dýpkun lokinni. Auk þeirra æða sem áður hafa verið upptaldar má sjá smáæð á 740 m dýpi.



MYND 11 Hitamælingar úr holu GÝ-7.

7 EFNAINNIHALD VATNSINS

Tvær efnagreiningar eru til frá síðari árum á vatnssýnum úr Glerár-laugum og fimm á vatnssýnum úr borholunum. Niðurstöður þessara efnagreininga eru teknar saman í töflu 2 og til samanburðar eru sýndar nokkrar greiningar á vatnssýnum úr borholum á öðrum vinnslusvæðum Hitaveitu Akureyrar, Laugalandi á Þelamörk og Dalvík.

Efnainnihald vatnsins úr laugum og borholum í Glerárdal er um flest líkt öðru jarðhitavatni í Eyjafirði. Hlutfall stöðugra samsæta í vatninu bendir til að það sé upprunnið í NV-hluta Vatnajökuls eða hálendinu þar norður af eins og jarðhitavatnið í Eyjafirði (Bragi Árnason 1976; Hrefna Kristmannsdóttir og Sigfús Johnsen, 1981) Sýrustig vatnsins er hátt og styrkur uppleystra efna er lágur. Sýrustig í laugunum mældist um og yfir 10, en um 9,75 í vatni úr borholum.

Hitastig vatnsins á Glerárdal er heldur of lágt til nýtingar. Það, hvort vænta megi heitara vatns með djúpbörun í svæðið, ræður miklu um hvort af slíkum borunum verður. Í töflu 2 er sýnt djúphitastig (sjá viðauka D), sem eru reiknaðir út frá efnasamsetningu vatnsins.

Útreikningur á kalsedónhitastigi (T_{kals}) er verulega háður sýrustigi vatnsins og er kalsedónhitastig 58 +/- 2°C fyrir þau sýni, sem hafa sýrustig um 10, en 75 +/- 2°C fyrir sýni úr borholu. Eitt borholusýni hefur sýrustig um 10 og í því reiknast kalsedónhitastig 59°C. Na/K-hitastig (T_{alk}) samkvæmt kvörðun Stefáns Arnórssonar o.fl. (1983) reiknast að meðaltali um 60°C, en niðurstöðum samkvæmt henni hefur yfirleitt borið illa saman við mælt hitastig á vinnslusvæðunum í Eyjafirði. Alkalíhitastig (T_{alk}) er að meðaltali 72°C í sýnum úr borholunum og ber því allvel saman við kalsedónhitastig. Vatnshitastig í djúpum borholum í Eyjafirði hefur reynst vera í góðu samræmi við útreiknað alkalíhitastig í laugum á viðkomandi svæði en er nokkru hærri en kalsedónhitastigið (Hrefna Kristmannsdóttir og Sigfús Johnsen, 1981).

Þar sem kalsedónhitastig hefur yfirleitt alls staðar á landinu reynst vera jafnt eða lægra en það vatnshitastig sem fæst úr djúpum borholum á viðkomandi svæði er talið sennilegt að upprunahitastig vatnsins í Glerárdal sé ekki undir 70°C.

Vatnið úr borholunum í Glerárdal er vel neysluhæft. Súrefni í vatninu mælist 25-30 ppb og er vatnið því tærandi. Ekki er talin mikil hætta á útfellingum úr vatninu.

Tafla 2. Efnainnihald jarðhitavatns í Glerárgili og fleiri stöðum í Eyjafirði

Númer sýnis	Vatns- hita- stig	Leiðni Ohm	Sýru- stig pH/hiti	SiO2 mg/kg	Na mg/kg	K mg/kg	Ca mg/kg	Mg mg/kg	CO2 mg/kg	SO4 mg/kg	H2S mg/kg	Cl mg/kg	F mg/kg	Uppl. efni	Reiknað Íkals	djúphitastig Íalk	
Lauga- land LJ-7	800041	94,0	45,4	9,63/18	100,4	55,0	1,4	3,2	0,02	19,3	37,1	0,1	11,7	0,36	249,0	92	95
Ytri- Tj TN-2	800042	74,5	44,4	9,70/19	82,8	54,8	1,0	3,6	0,00	18,5	38,4	0,1	10,4	0,44	235,0	78	80
Gler- árgil laug	690111	48,0	0,0	9,94/23	72,0	40,5	0,9	2,4	0,03	15,0	27,8	0,0	7,5	0,60	209,0	59	90
Hrafná- gil H-9	790058	45,0	41,7	9,93/24	95,0	54,0	0,8	3,1	0,02	24,2	45,1	0,0	9,2	0,61	236,7	71	70
Gler- árgil laug	790102	39,0	62,5	10,1/20	79,0	48,7	0,8	2,3	0,00	20,7	31,9	0,1	9,7	0,60	199,0	57	72
Reyk- hús H-7	810087	75,4	40,8	9,87/23	94,3	55,2	1,1	3,7	0,00	10,6	47,6	0,0	13,6	0,57	261,4	77	82
GÝ-7 Botn	810091	54,7	50,0	10,0/24	78,1	48,7	0,7	2,2	0,06	13,8	31,1	0,0	8,8	0,60	217,9	59	69
H-10 Laugálfel	810088	82,7	47,6	9,83/24	81,3	48,6	1,0	3,5	0,00	11,6	43,3	0,0	8,3	0,60	233,4	70	87
H-1 Dalvík	790105	80,0	51,3	9,77/21	129,0	60,6	1,5	1,8	0,00	25,5	32,1	0,5	14,8	0,84	265,0	98	95
H-10 GÝ-7 440m	810082	64,9	51,3	10,2/23	92,3	48,6	0,7	1,8	0,01	11,9	14,2	0,0	11,0	0,50	220,3	57	68
GÝ-7	820009		50,0	9,70/21	77,4	46,2	0,7	2,5	0,01	19,6	31,3	0,0	7,8	0,61	207,4	73	68
GÝ-7	820008		50,0	9,70/22	77,9	46,3	0,7	2,4	0,01	24,0	31,3	0,0	7,4	0,59	210,2	73	68
GÝ-7	820056	58,9	45,5	9,65/20	79,5	45,1	0,7	2,4	0,01	15,1	31,8	0,0	9,3	0,61	193,7	78	70
GÝ-5	820055	53,3	45,5	9,63/20	77,4	45,8	0,7	2,3	0,00	16,9	31,5	0,0	9,6	0,61	199,9	77	70
GÝ-7	830227	59,0	47,6	9,78/20	78,6	48,2	1,0	2,4	0,00	16,0	32,6	0,0	14,6	0,63	210,7	73	87

8 JARÐFRÆÐIKORTLAGNING

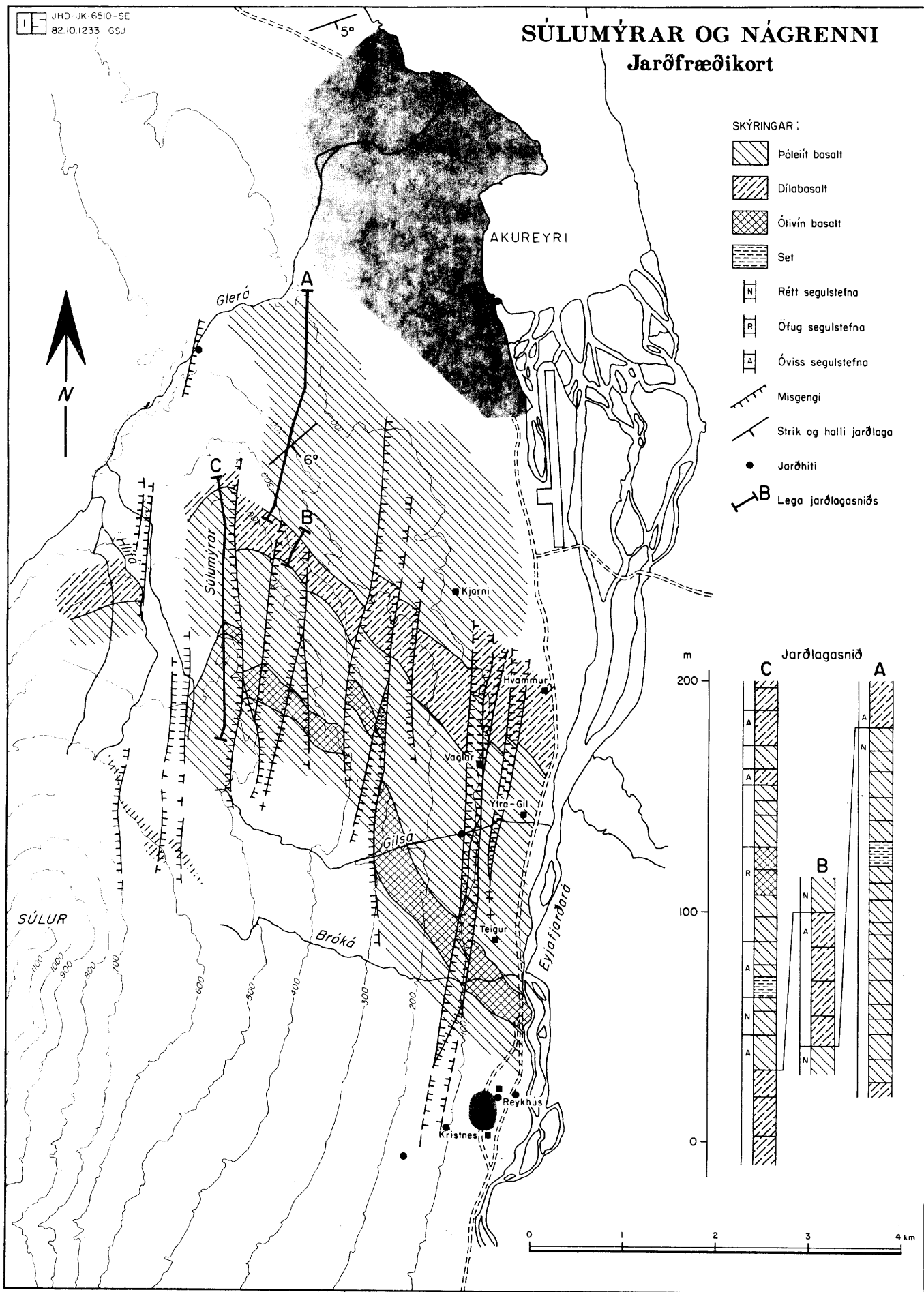
Allgóðar opnur eru í berggrunninn á svæðinu milli Akureyrar og Kristness upp að Súlumýrum. Á Glerárdal er hinsvegar nær allur berggrunnur hulinn þykkum malar- og jökulruðningsmyndunum frá lokum ísaldar. Þokkalegar opnur eru þó í gili Glerár neðan við jarðhitasvæðið. Engar aðrar góðar opnur eru í berggrunninn á þessu svæði, en þó er tiltölulega auðvelt að rekja einstök hraunlög í holtum og klettabrúnum. Hraunlagamót sjást sjaldnast og er því lítið vitað um millilög. Um heildarbyggingu berggrunnins á svæðinu hefur áður verið fjallað (Axel Björnsson & Kristján Sæmundsson 1975, Axel Björnsson o. fl. 1979) og verður það ekki endurtekið hér. Skoðaður var rúmlega 400 m þykkur hraunlagastafli og dregin upp þrjú snið. Þau eru sýnd á mynd 12. Þykktir einstakra hraunlaga eru yfirleitt ágiskanir, en heildarþykkt staflans virðist nærri réttu lagi. Staflanum má skipta í 5 einingar eftir berggerð. Neðstu 150 m eru þóleiðhraunlög og er hvert lag nálægt 10 m þykkt. Þessi lög mældust öll rétt segulmögnuð. Skeytt hefur verið inn í sniðið um 10 m þykku setlagi sem fram kemur í gili Hlífár. Ofan á þessari einingu taka við fáein 15-20 m þykk dílabasaltlög, samtals um 60 m. Þessi eining myndar klettabeltið sunnan Akureyrar, frá Kjarna og upp að Fálkafelli. Ekki tókst að mæla segulstefnur með neinni vissu í þessari einingu.

Þriðja einingin samanstendur af 7-8 þóleiðhraunlögum sem flest eru um 10 m þykk, samtals 70-80 m. Illa gekk að segulmæla lögin, en í neðri hlutanum koma fram rétt segulmögnuð lög og tvö efstu lögin mældust öfugt segulmögnuð. Inn í sniðið er skotið einu þykku setlagi sem sést í um 50 m hæð í gili Gilsár.

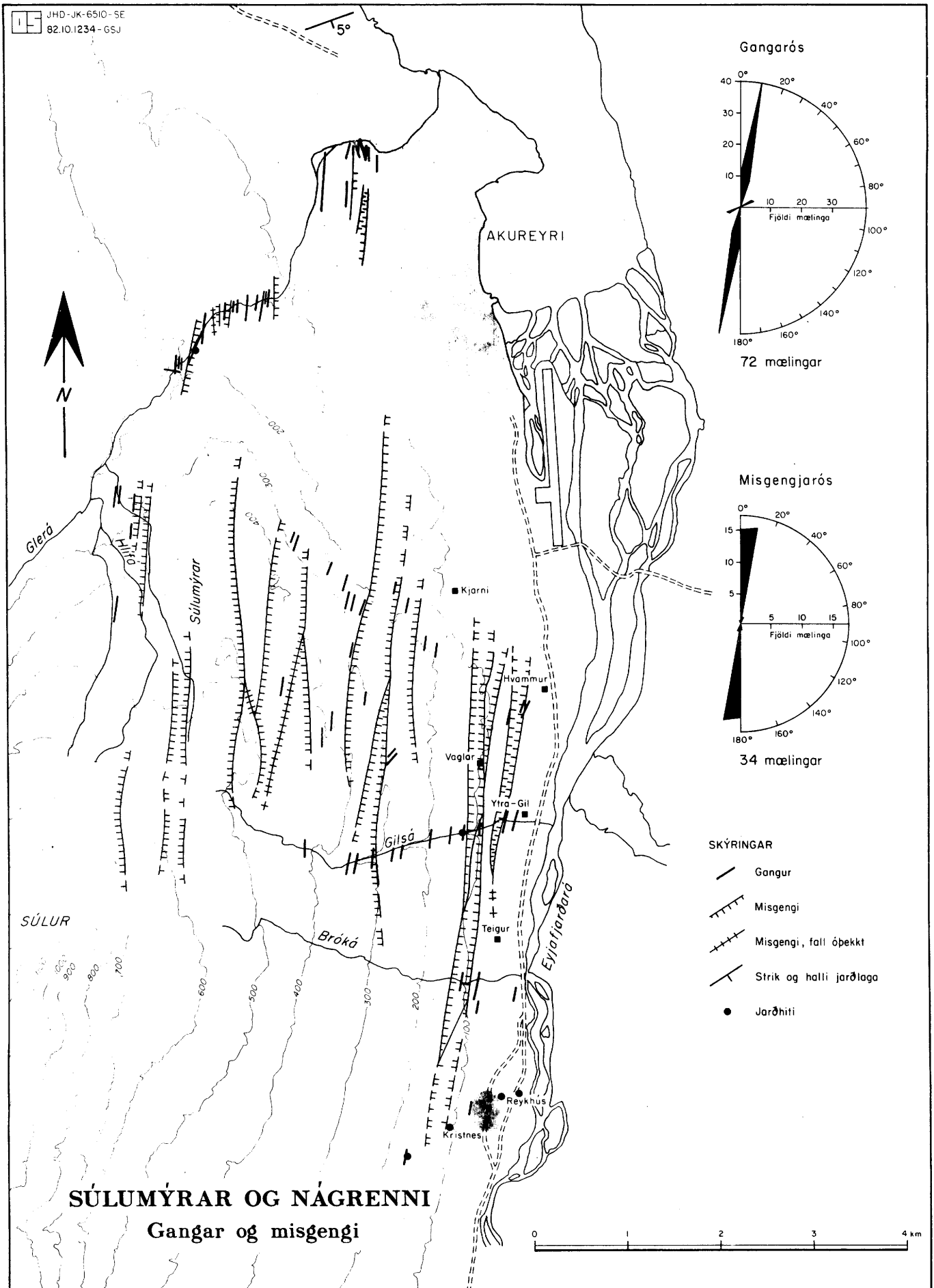
Fjórdú eininguna mynda tvö ólivínbasaltlög, öfugt segulmögnuð. Lögin má rekja frá Teigi og upp undir Súlumýrar, en lengra virðast þau ekki ná til vesturs. Tilvist þessara laga auðveldar mjög ákvörðun misgengja á svæðinu.

Efsta einingin samanstendur af rétt segulmögnum þóleiðtlögum með smádílóttum lögum á milli. Samtals sést um 70 m þykkur stafli, allur rétt segulmagnaður. Við Reykhús leggst jökulruðningur yfir berggrunninn og opnur verða mjög strjálar. Strik jarðlaga á svæðinu er um N 45°A og hallinn um 6° til SA.

Á mynd 13 eru sýndir gangar og misgengi á svæðinu. Berggrunnurinn er töluvert brotinn af misgengjum sem flest stefna N 0°- 10°A. Stærð misgengjanna er allt að 40 m, en flest eru 10-20 m. Að meðaltali koma fyrir 4 misgengi á km. Gera verður ráð fyrir að misgengin séu hluti af stærra brotakerfi, en vegna þekju lausra jarðlaga í framanverðum



MYND 12 Súlumýrar og nágrenni. Jarðfræðikort.



MYND 13 Súlumýrar og nágrenni. Gangar og misgengi.

Eyjafirði er ekki hægt að ganga úr skugga um það með beinum athugunum. Misgengi sem sjást suður á móts við Reykhús hafa verið rakin með segulmælingum suður fyrir Stokkahláðir (Bára Björgvinsdóttir 1982). Um halla misgengisflatanna er ekki mikið vitað. Góðar opnur eru aðeins í tvö misgengi, annað í gili Gilsár og hitt í gili Glerár. Misgengið austan við laugina í gili Gilsár hefur um 20° halla til austurs frá lóðréttu. Um misgengið næst austan við laugarnar í Glerárgili hefur áður verið fjallað (Ólafur G. Flóvenz og Sigmundur Einarsson 1980). Það hefur ekki orðið um einn ákveðinn flöt, heldur fylgir því beltí af smærri brotum. Halli aðal misgengisflatarins er um 30° til A frá lóðréttu og fylgir því fínkornótt, þétt misgengis-breksía. Misgengi jarðlaganna var talið vera af stærðargráðunni 100 m, en síðari athuganir suður á Súlumýrum hafa ekki leitt neitt slíkt misgengi í ljós. Borholurannsóknir hafa sýnt að á borsvæðinu eru misgengi með samanlagt fall rúmlega 100 m niður að vestan. Þessi misgengi sjást ekki heldur á Súlumýrum. Líkleg skýring er að þessi stóru misgengi gangi hvert á móti öðru út sunnan við borsvæðið og því sjást aðeins lítil misgengi þegar kemur suður á Súlumýrar.

Þegar hola 5 var boruð ofan við laugarnar í Glerárgili rann skolvatnið frá bornum niður í gilið og síðar rann vatn út holunni sömu leið. Við þetta skolaðist vel af klettum í gilinu og kom í ljós einkar fróðlegt snið í klettavegg, rétt við vatnsmestu laugarnar. Sniðið er sýnt á mynd 14. Þar sést sprunga fyllt af útfellingum, sennilega ópal. Sprungan liggur úr berggrunninum upp í harðnaðan jökulruðning. Hún er 2-3 cm víð, og nokkuð óregluleg. Stefna sprungunnar er nálægt N-S.



MYND 14 Jarðhitasprungu í Glerárgili.

Jökulruðningurinn sem sprungan liggur upp í er væntanlega frá lokum ísaldar eða liðlega 10.000 ára gamall, enda ber hann þess ekki merki að hafa grafist í jarðlagastafla eins og undirlagið. Tilvist sprungunnar í jökulruðningnum sýnir að hún hefur myndast á nútíma þ.e. einhverntíma á síðustu 10.000 árum. Af þessu má draga þá ályktun að tilvist jarðhitans í Glerárgili sé að þakka virkri sprungumyndun sem viðheldur rennslisleiðum heita vatnsins, en þær fyllast stöðugt af útfellingum og lokast. Líklegt má telja að þegar spenna losnar úr jarðskorpunni þá myndist bæði nýjar sprungur og gamlir veikleikar brotni upp. Fornir berggangar virðast oft leiða vatn í gömlu bergi, væntanlega af þessari ástæðu, en gömul misgengi virðast yfirleitt ekki leiða vatn.

Gangar á svæðinu stefna flestir N15°A, en nokkrir stefna N45°-70°A. Þykkt ganganna er yfirleitt á bilinu 1-10 m. Halli ganganna er yfirleitt 4°-10° til V frá lóðréttu. Halli norðaustlægu ganganna er ekki þekktur en sé tekið mið af ganginum í gili Gilsár er hallinn mjög lítill (Ólafur G. Flóvenz o. fl. 1982). Ekkert er vitað um afstæðan aldur gangakerfanna.

9 VIÐNÁMSMÆLINGAR

Umfangsmikar viðnámsmælingar hafa verið gerðar á Glerárdal. Beitt hefur verið tveimur mæliaðferðum, Schlumberger viðnámsmælingum og svonefndum viðnámsniðsmælingum. Þær fyrrnefndu beinast að því að finna hvort meðaleðlisviðnám í jörðu á tilteknu svæði breytist frá einum stað til annars. Þannig er unnt að finna spildur sem eru t.d. 1-2 km² að stærð þar sem eðlisviðnám jarðar er lægra en annars staðar en það er talið benda til aukins vatnsinnihalds. Schlumberger mælingarnar duga hins vegar ekki til að leita að einstökum vatnsleiðandi veggjum í jörðu sem borun gæti beinst að. (Orðið veggur er þarna notað sem samheiti yfir bergganga, sprungur og misgengi sem liggja eins og nær lóðréttir veggir þvert gegnum hraunlagastaflann). Viðnámsniðsmælingar eru sérstök gerð viðnámsmælinga sem beinast að því að finna slíka vegg. Viðnámsmælingum, bæði Schlumbergermælingum og viðnámsniðsmælingum og túlkun þeirra er lýst í viðauka A.

Niðurstöður Schlumbergermælinga af Glerárdal eru sýndar á mynd 15. Um þær hefur áður verið fjallað í skýrslu til Hitaveitu Akureyrar (Ólafur G. Flóvenz og Brynjólfur Eyjólfsson 1981). Myndin sýnir eðlisviðnám á 400 m dýpi undir sjárvarmáli. Jarðhitasvæðið kemur þar fram sem viðnámslægð, þar sem viðnám minnkar úr u.þ.b. 200 ohmm í 50-70 ohmm. Laugarnar og núverandi vinnslusvæði í Glerárdal (hola GÝ-7) virðist vera í útjaðri lágviðnámsvæðisins. Lægst er viðnám í námunda við Fálkafell skammt frá holum GÝ-8 og GÝ-10. Bendir það til þess að vatnsinnihald í jörðu kunni að vera einna mest þar.

Viðnámsniðsmælingar voru fyrst reyndar hérlendis á Glerárdal sumarið 1981 og virtust gefa ágætar niðurstöður. Þær beindust að því að leita að vatnsleiðurum suðaustur af Glerárlausum. Sumarið 1982 var aukið við mælingarnar þar og auk þess mæld löng lína frá Glerárlausum ofan við hesthúsin og inn í Kjarnaskóg. Tilgangurinn var að leita vísbendinga um vatnsleiðni í misgengiskerfi því sem þarna er og sýnt er á mynd 13. Engir afgerandi lágviðnámsveggir fundust.

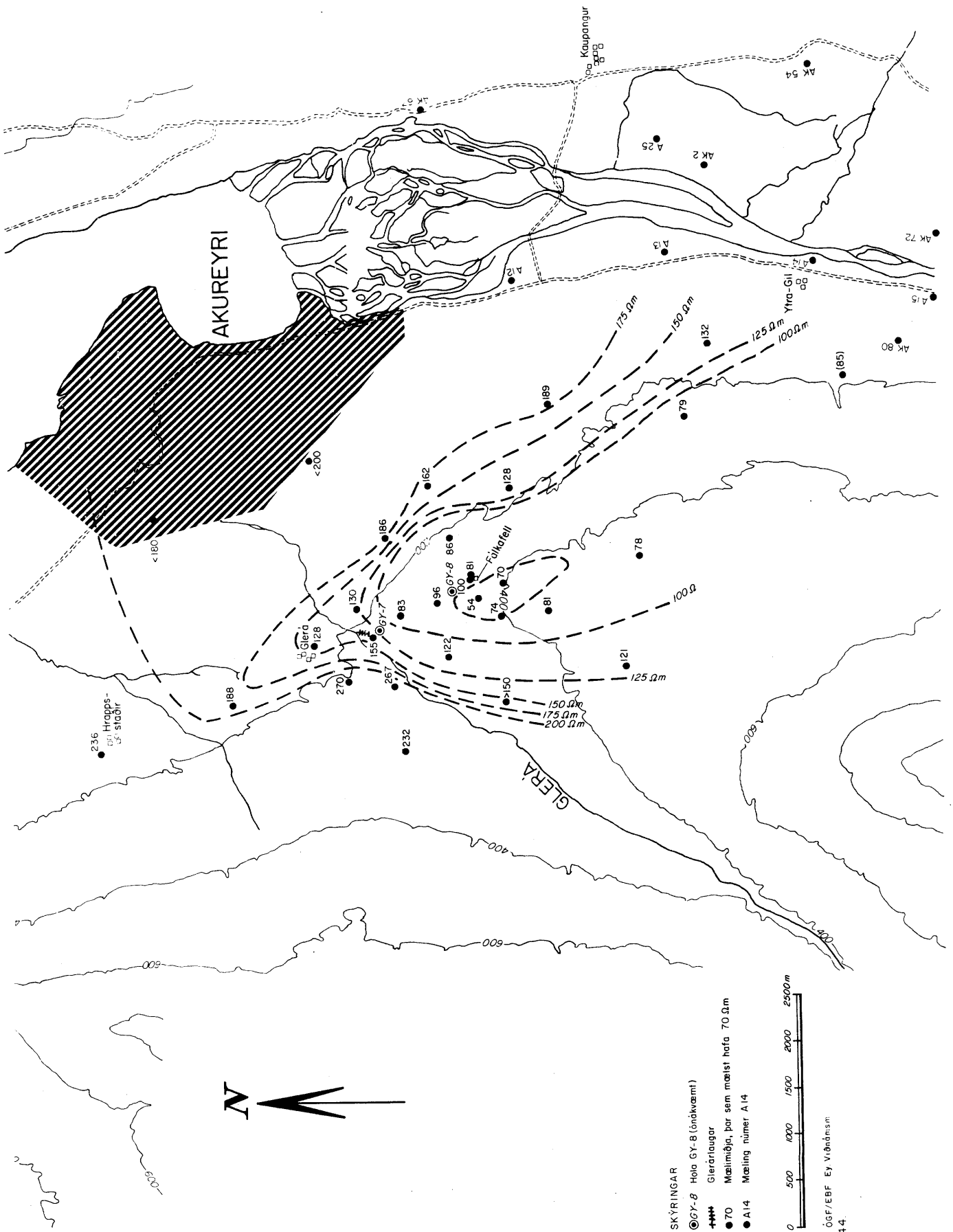
Alls hafa verið mældir 8,0 kílómetrar af viðnámsniðsmælingum með 200 m straumarmi og 4,9 kílómetrar með 400 m straumarmi. Staðsetning mællínanna er sýnd á mynd 17. Línur 2, 3, 4, 6 og 8 liggja nærri því þvert á helstu há- og lágviðnámsveggi sem fram koma í mælingunum. Þessar línur hafa allar verið túlkaðar með tölvuforriti á þann hátt sem lýst er í viðauka A. Túlkun einstakra mællína er sýnd í viðauka B.

Línur 1 og 5 liggja að há- og lágviðnámsveggjum undir litlu horni. Þær hafa því ekki verið tölvutúlkaðar vegna þess að tölvuforritið gerir ráð fyrir því að mællínurnar liggja þvert á há- og lágviðnám-

sveggi. Engu að síður má lesa úr þeim megindrætti í viðnámsgerð jarðar undir línunum.

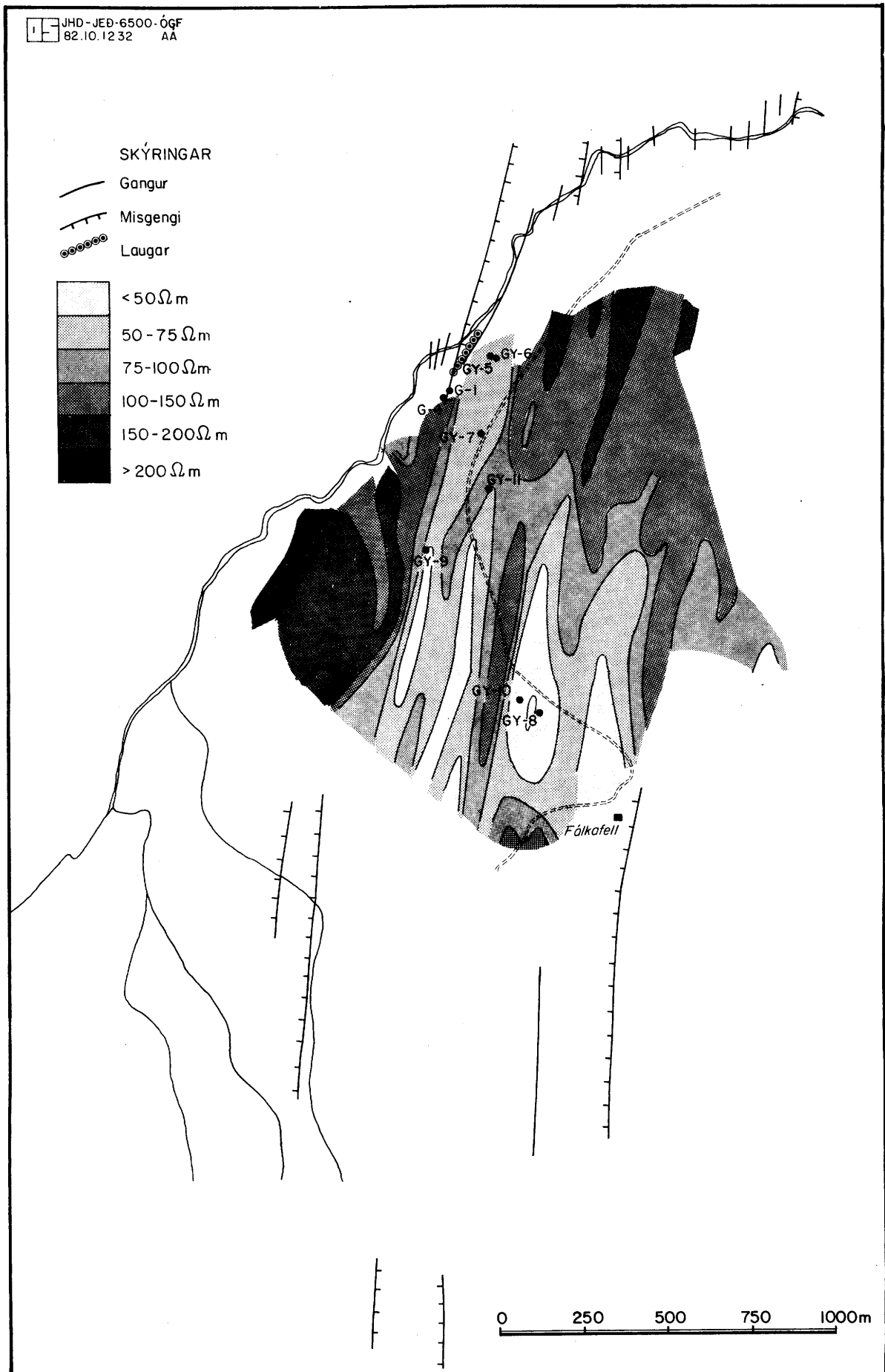
Eins og lesa má í viðauka A eru viðnámsenniðsmælingarnar í raun tvíþættar. Annar hlutinn felst í því að mæla svokallað sýndarviðnám undir mællínunum fyrir ákveðna lengd straumarms. Sýndarviðnám er eins konar meðalgildi eðlisviðnáms jarðar frá yfirborði og niður á það dýpi sem mælingin skynjar, en dýpið er háð straumarmslengdinni. Mynd 16 sýnir sýndarviðnám á Glerárdal við 200 m straumarm. Gróflega má reikna með að þar gæti áhrifa viðnáms í efstu 50 - 100 m jarðar. Á myndinni kemur fram mynstur háls og lágs viðnáms, með stefnu skammt austan við norður. Svipað mynstur kemur fram í þeim línunum sem mældar voru með 400 m straumarmi en dýptarskynjun er þar nokkru meiri. Þar sem sýndarviðnám er lágt má búast við lágu viðnámi í jörðu og öfugt. Þetta er þó engan veginn einhlítt, því í vissum tilvikum getur mælt lágt sýndarviðnám þótt ekkert lágviðnám sé í raun þar undir. Nauðsynlegt er að greina að lágviðnám á yfirborði (t.d. mýrlendi milli mela eða klapparholta) og lágviðnám sem á sér dýpri orsakir. Þessvegna er nauðsynlegt að tölvutúlka mælingarnar á þann hátt sem lýst er í viðauka A og notfæra sér um leið hinn hluta viðnámsenniðsmælinganna og er sérstaklega hentugur til að finna lágviðnámsveggi.

Mynd 17 sýnir svo raunverulegar niðurstöður túlkunarinnar. Á hverri mællínu eru auðkenndir þeir staðir þar sem fundist hafa háviðnáms- og lágviðnámsveggir. Síðan er reynt að tengja veggina milli mællínanna á líklegasta hátt. Inn á myndina eru einnig færðir þeir gangar sem fundist hafa við jarðfræðikortlagninguna. Í ljós kemur að þeir fimm háviðnámsveggir sem mest eru áberandi á mynd 17 virðast stefna á misgengin. Háviðnámsveggirnir virðast því vera misgengi og þessi misgengi hljóta að vera þétt og eru líklega rennslhindranir. Lágviðnámsveggirnir eru ekki eins heillegir og háviðnámsveggirnir. Einn þeirra má rekja gegnum línur 1, 5, 6 og e.t.v. 8. Holur 5, 6 og 7 eru boraðar við þennan lágviðnámsvegg. Vatnsæðarnar í þeim holum eru tengdar berggöngum, þannig að svo virðist sem lágviðnámsveggirnir kunni að vera lekir berggangar. Í línu 8 virðist lágviðnámsveggurinn vera að hliðrast til eða klofna upp, hluta hans má rekja áfram til suðvesturs samsíða misgenginu sem sker Glerárgil við laugarnar, en viðnámið í honum virðist ekki mjög lágt. Hóla GÝ-9 er boruð við þetta lágviðnám. Ennfremur er vísbending um að lágviðnámsveggur liggji til austurs frá holu 11 en ekki er óhætt að fullyrða það út frá fyrirbyggjandi gögnum. Í línunum 8, 2, 3 og 4 kemur fram áberandi lágviðnámsveggur milli tveggja misgengja. Viðnám mældist þarna einna lægst á Glerárdalssvæðinu. Holur 8, 10 og 12 voru allar boraðar við þennan lágviðnámsvegg. Loks má sjá lágviðnámsvegg austast á kortinu. Kemur hann fram í línunum 6, 7 og 8. Ekkert hefur verið borað í þann vegg.

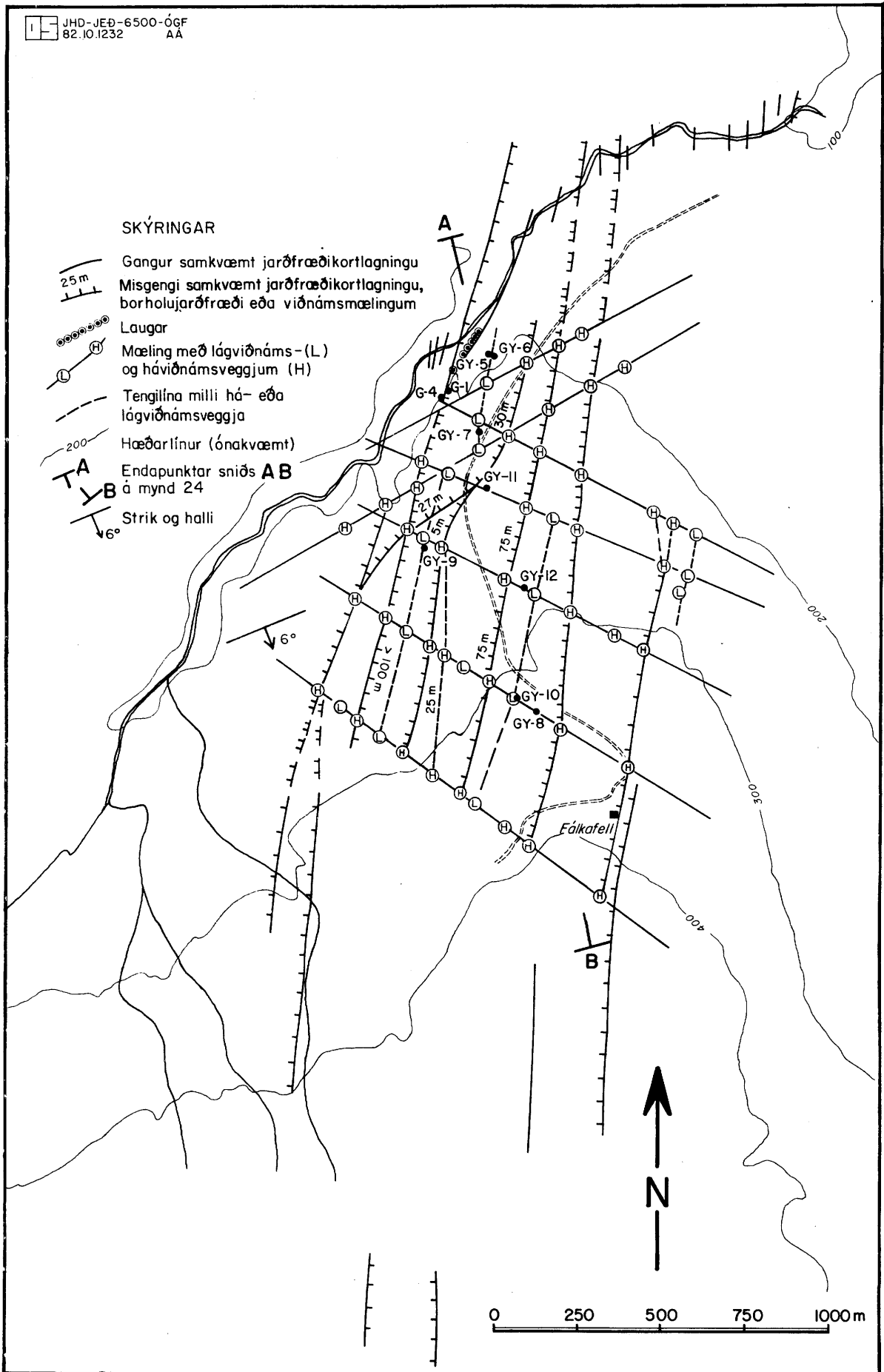


MYND 15 Akureyri. Eðlisviðnám á 400 m dýpi.

80.10.27. ÖGf./EBF. Ey. V.ð.á.m.s. F-20144.



MYND 16 Sýndarviðnám við fastan 200 m straumarm.



MYND17 Túlkun viðnámsmælinga af Glerárdal.

10 HOLA GÝ-8

10.1 Staðsetning

Þessi hola var staðsett sumarið 1981 að loknum viðnámsmælingum. Markmiðið með borun holunnar var að kanna hvort hár hitastigull fylgdi lágviðnámsveggnum sem mælt hafði austan veggjarins sem hola GÝ-7 er boruð í.

10.2 Borsaga

Ýmir var fluttur á borplan holu GÝ-8 7. júlí 1981 (Jarðboranir ríkisins 1981). Daginn eftir var byrjað að bora. Fyrst var borað með 9 7/8" krónu og rýmara niður á 5,2 m, en þar var talið vera komið niður á fast berg. Því næst var fóðrað með 8 5/8" röri og það stept. Þá var tekið til við að bora með lofthamri niður á 90 m dýpi en þá losnaði fóðringin. Hún hafði greinilega verið illa stept og þurfti því að steypa á ný. Því næst var borun haldið áfram með 6 1/2" lofthamri niður á 107 m dýpi. Næst var sett niður hjólakróna. Stoppað var á 125 m dýpi, þar sem mikið hrun var í holunni, líklega á 96-99 m dýpi. Settur var niður steypudór og stept á móts við hrunkæflann. Næst var sett niður ný hjólakróna og hún notuð niður á 210 m dýpi. Þá var skipt um krónu og hún notuð niður á 279 m dýpi þar sem borun var hætt. Á mynd 10 er sýnt hvernig borverkinu miðaði áfram, en það tók alls 23 daga.

Meðan á borun stóð var fylgst grennt með hitastigi í holunni. Sá háttur var hafður á þessum borunum að einungis var borað á daginn. Á nóttunni var hitamæli tengdum sírita komið fyrir á botni holunnar og skráð upphitun holunnar eftir skolvatnaskælingu liðins dags. Á morgnana lásu starfsmenn Hitaveitu Akureyrar af síritanum og símsendu niðurstöðurnar til Orkustofnunar, þar sem þær voru notaðar til að reikna út raunverulegan berghita í holunni. Þessari aðferð hefur verið lýst í skýrslu Orkustofnunar til Hitaveitu Akureyrar (Ólafur G. Flóvenz o.fl. 1981). Tilgangur þessara mælinga var að fá upplýsingar um raunverulegt hitastig í holunni jafnhliða borun, þannig að stöðva mætti borun strax, ef í ljós kæmi að holan hitnaði lítið með dýpi. Með þessu móti spörudust umtalsverðar fjárhæðir sem ella hefðu runnið í gagnslitlar boranir.

Berghitamælingar út frá upphitunarferlum eru ekki eins nákvæmar og mælingar sem fást nokkrum mánuðum eftir að borun er lokið, þegar holan hefur náð að fullhitna.

Þegar mæla átti holuna skömmu eftir að borun lauk, kom í ljós fyrirstaða í holunni á 90-100 m dýpi og var ekki unnt að mæla dýpra niður. Dagana 12. og 13. október 1982 hreinsaði Ýmir holuna. Reyndist vera fyrirstaða á 90-100 m dýpi, á 160 m og 200 m dýpi. Í borskýrslum stendur að rauð drulla og grjót hafi komið upp við hreinsunina. Að hreinsun lokinni var 105 m langt plaströr með 1 m löngu járnörri neðan í sett í holuna.

10.3 Jarðlög

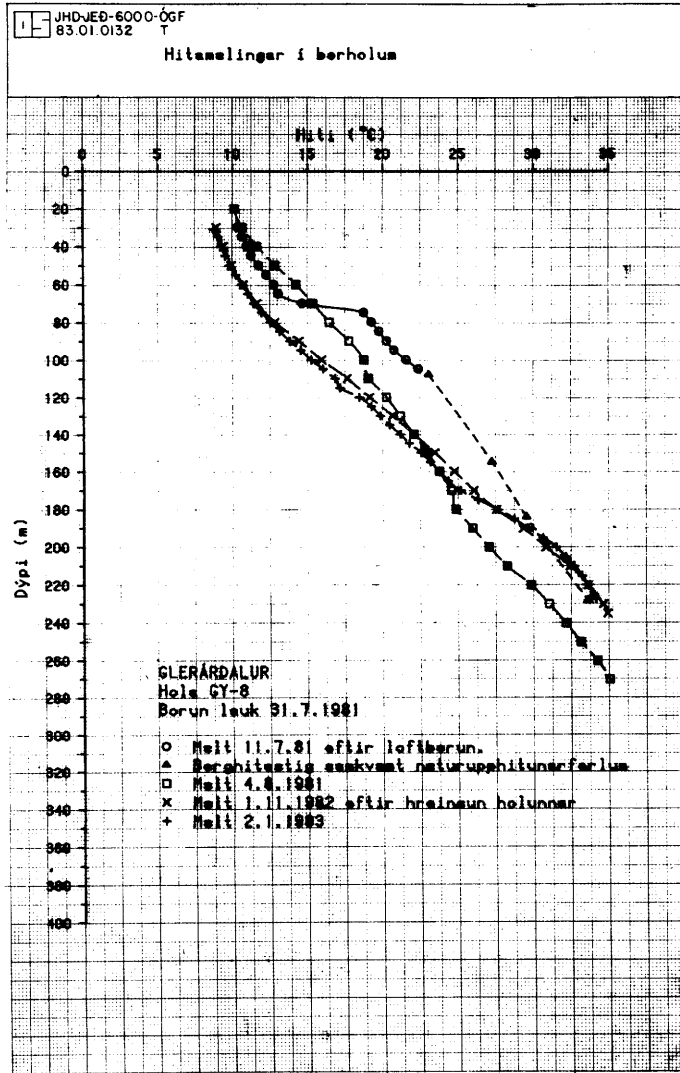
Í borskýrslum er getið um fast berg á liðlega 5 m dýpi. Fyrsta svarfsýnið, sem fékkst, er frá 10-12 m dýpi og í því eru fallega rauðir millilagsmolar. Á 14-20 m dýpi er basalhraunlag, þar neðan við er 6 m þykkt rauðbrúnt millilag. Síðan kemur 18 m þykkt móberg eða móbergsset og neðan við það er 6-7 m þykkt rauðbrúnt millilag. Enginn sambærilegur upphleðslukafli sést í öðrum holum. Ef móbergið er setlag, þá er þarna um að ræða 30 m þykkann setlagabunka og því ekki útilokað að mislægi sé tengt því.

Frá 50 m niður á 98 m dýpi eru 5 basalhraunlög aðskilin af karga og millilögum. Þar neðan við tekur við áþekkur kafli og lýst var í holu GÝ-7 frá 30 m dýpi niður í 85 m, þ.e. efst er 9 m þykkt litskrúðugt millilag (hrungjarnt), þar neðan við 28 m þykkt andesítlag og neðst gæti verið 5 m þykkt millilag, sem sést ekki í svarfi, en borholumælingar gefa til kynna að sé þar. Basalhraunlög eru síðan einkennandi niður á rúmlega 220 m dýpi. Þau eru að jafnaði fínkornótt, en eitt er grófara en önnur, á 150-160 m dýpi og svipar því til dóleríts. Neðan 220 metra er dólerít einkennandi þó ekki sem einn samfelldur gangur. Ummyndun er svipuð og í öðrum holum á Glerárdal.

10.4 Vatnsæðar og hiti

Engar meiriháttar vatnsæðar komu í holuna, en í borskýrslum er getið um litlar æðar á 30 m og 33 dýpi. Mynd 18 sýnir hitamælingar úr GÝ-8. Auk áður nefndra æða virðist vera smáæð á 180 m dýpi samkvæmt hitamælingum. Samanburður á hitamælingu sem gerð var strax eftir loftborun og hitamælingum út frá upphitunarferlum annars vegar og mælingum frá því borun lauk hins vegar, sýna að holan hefur kólnað verulega milli 70 m og u.þ.b. 180 m dýpis. Líklegasta skýring þessa er streymi kalds vatns niður holuna, úr æðinni í 33 m og út í æðarnar í 70 og 180 m. Neðan 200 m dýpis er líklegast ótruflaður berghiti. Hitastig í efstu æðinni var um 8°C, nálægt 20°C í æðinni á 70 m og líklega um 29°C í æðinni á 180 m dýpi. Hitastigul á 70-270 m dýpi má meta út frá hitamælingunni sem gerð var að loftborun lokinni, hita-

gildunum sem fengust frá næturupphitunarferlunum og hitamælingum úr neðsta hluta holunnar eftir hreinsun. Reynist stigullinn vera um $100^{\circ}\text{C}/\text{km}$. Hitastigull á Akureyri er um $62^{\circ}\text{C}/\text{km}$ og ætti að vera talsvert lægri uppi í fjalli ef jarðhiti kæmi ekki til. Því má telja þennan háa stigul í holu GÝ-8 ásamt lágu eðlisviðnámi þar í jörðu órákt merki um að jarðhitakerfi er í nánd holu GÝ-8.



MYND 18 Hitamælingar úr holu GÝ-8.

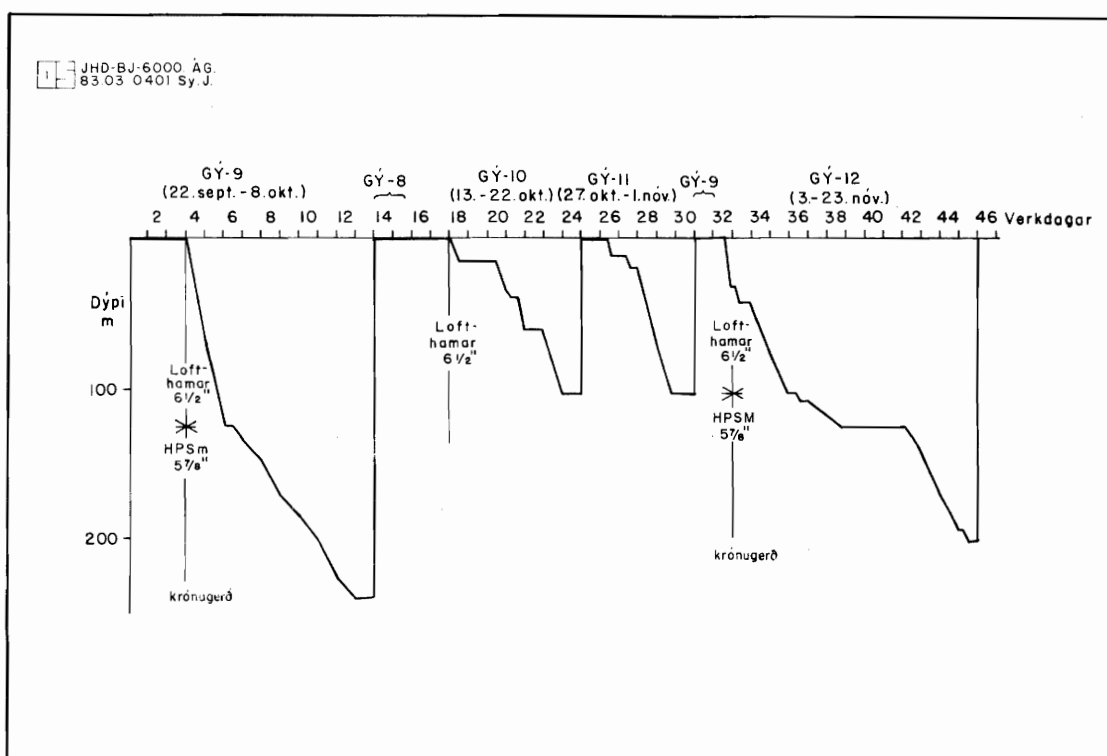
11 HOLA GÝ-9

11.1 Staðsetning

Holan var staðsett við vestasta lágviðnámsvegginn, um 380 m suðsuð-vestur af holu GÝ-7. Markmiðið með boruninni var að kanna hvort heitt vatn fylgir umræddum lágviðnámsvegg. Holan liggur mun lægra í landi en hola GÝ-8 og því auðveldara að vinna vatn þar en í GÝ-8 ef það fyndist.

11.2 Borsaga

Þann 22. sept. 1982 var tekið til við flutning Ýmis og fylgihluta á borplan holu GÝ-9 (Jarðboranir ríkisins 1982). Þrír fyrstu dægarnir fóru í að lagfæra borplanið og koma bornum fyrir. Borun hófst á fjórða degi og var borað með 6 1/2" lofthamri. Á 125 m dýpi var tekið upp og sett niður 5 7/8" hjólakróna. Borunin gekk vandræðalaust en ákveðið var að hætta í 239 m, því þá þótti sýnt að hitastigull væri lágur í holunni. Á mynd 19 er sýnt hvernig borverkið gekk fyrir sig, en það tók alls 13 daga.



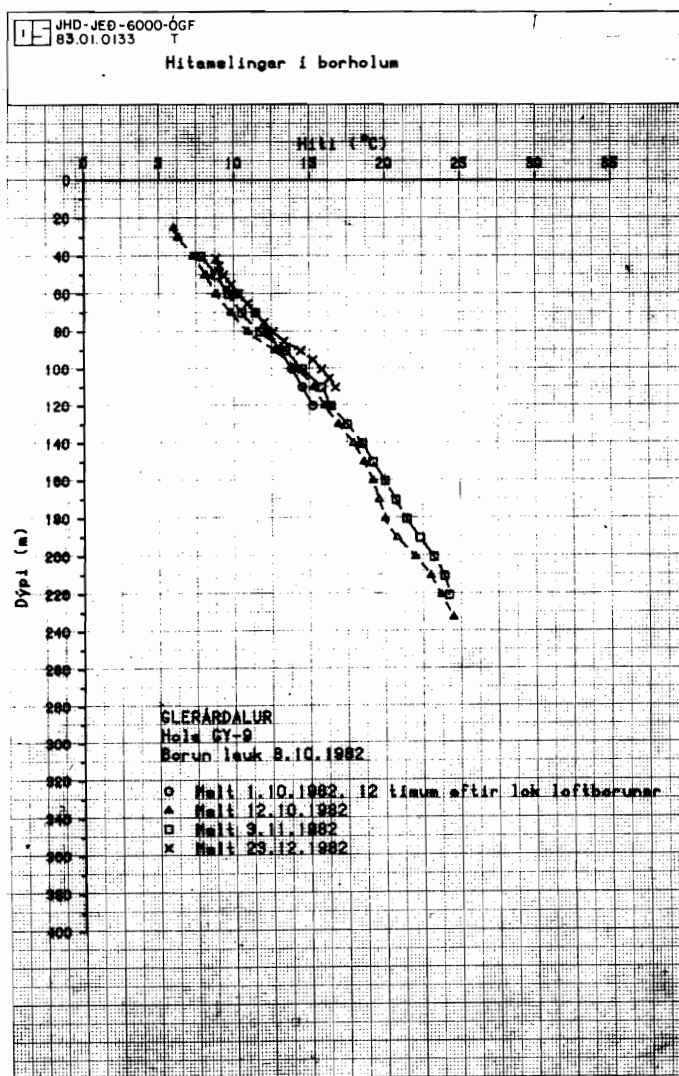
MYND 19 Borun GÝ-9 og GÝ-12 á Glerárdal.

11.3 Jarðlög

Í borskýrslum er talið að 5 m séu niður á fast berg og kemur það heim og saman við svarfgreiningu. Niður að í 22 m dýpi sjást þrjú fínkornótt basalhraunlög. Frá 22 m niður í 30 m er litskrúðugt millilag, þar neðan við gæti verið þunnt baalthraunlag, en það er ekki öruggt. Síðan tekur við andesít eins og lýst hefur verið í holum GÝ-7 og GÝ-8. Hugsanlega er um tvö lög að ræða. Neðan við það er 5 metra þykkt millilag, en það hafði ekki sést í svarfi í fyrri holum. Frá 63 m og niður á botn holunnar í 239 m dýpi eru basalhraunlög ríkjandi, aðskilin af karga og millilögum. Engin einstök lög skera sig úr utan eitt, grófkornótt á 130-140 m dýpi og svipar til dóleríts. Meðalþykkt hraunlaganna er um 5 metrar. Engin áberandi millilög sjást á þessu dýptarbili. Ummyndun er svipuð og í nágrennaholum.

11.4 Vatnsæðar og hiti

Engra vatnsæða varð vart í borun en í borskýrslu er getið um bleytu á 32 m og 61,5 m dýpi. Á hitamælingum vottar fyrir nokkrum smáæðum. Á mynd 20 eru sýndar hitamælingar úr GÝ-9. Þar sem hitamæliferlarnir eru dálítið óreglulegir er erfitt að meta hitastigulinn nákvæmlega, en þó er ljóst að hann er um 80°C/km í neðri hluta holunnar. Þótt 80°C/km sé hár stigull miðað við stigulinn á Akureyri, er hann þó mun lægri en í holu GÝ-8. Því er líklegt að hola GÝ-9 sé nærri útjaðri jarðhitasvæðisins og ekki vænlegt að bora vinnsluholur í nágrenni hennar.



MYND 20 Hitamælingar úr holu GÝ-9

12 HOLA GÝ-10

12.1 Staðsetning

Holunni var valinn staður um 50 m vestan holu GÝ-8. Tilgangurinn með borun hennar var að kanna hvort umtalsverðar láréttar breytingar myndu í hitastigi og stigli í grennd við lágviðnámsvegginn sem hola GÝ-8 er við. Slíkar breytingar eru mjög gagnlegar þegar meta skal halla á nær lóðréttum vatnsleiðara eins og lágviðnámsveggurinn er talinn tákna.

12.2 Borsaga

Þann 13. okt. 1982 var byrjað á að undirbúa borun GÝ-10 (Jarðboranir ríkisins 1982). Grafið var niður 4 metra til að koma fyrir 10" fódurröri, en ekki var komið niður á fast. Byrjað var að bora með 6 1/2" lofthamri frá 4 m niður á 16 m dýpi og hrundi nokkuð á þeim kafla. Giskað var á að fast berg væri neðan við 15 m dýpi. Lofthamarinn var tekinn upp og steypudór settur niður. Síðan var hola steyp langleiðina niður að botni. Steyping tókst sámilega, en greinilegt var að skápur hafði myndast á 4-6 m dýpi eftir að steypa hafði verið boruð út. Hægt var að fódra hann með 8 5/8" fódurröri sem náði niður í 6 metra. Á 12-15 m dýpi brotnaði steypa og mól, sandur og vatn kom upp með loftinu. Þar af leiðandi var steyp á ný út í gegnum steypudór á 10-16 m dýpi. Steypa var sámileg og haldið var áfram borun með 6 1/2" lofthamri. Á 26 m dýpi varð vart við hrun í millilagi. Borun var haldið áfram niður í 40 m, en þá fór loftpressan að valda vandræðum og jafnframt stíflaðist hamarinn. Nokkrar tilraunir voru gerðar til að halda áfram borun en þær mistókust aðallega vegna hruns. Þá var tekið upp og steyp í gegnum steypudór og stangir á u.þ.b. 12-24 m dýpi. Steypa reyndist góð frá 8-27 m. Borun var því haldið áfram með 6 1/2" lofthamri niður í 103 m, en það varð endanleg dýpt holunnar. Á mynd 19 er gerð grein fyrir gangi borverksins, en í allt tók það 9 1/2 dag.

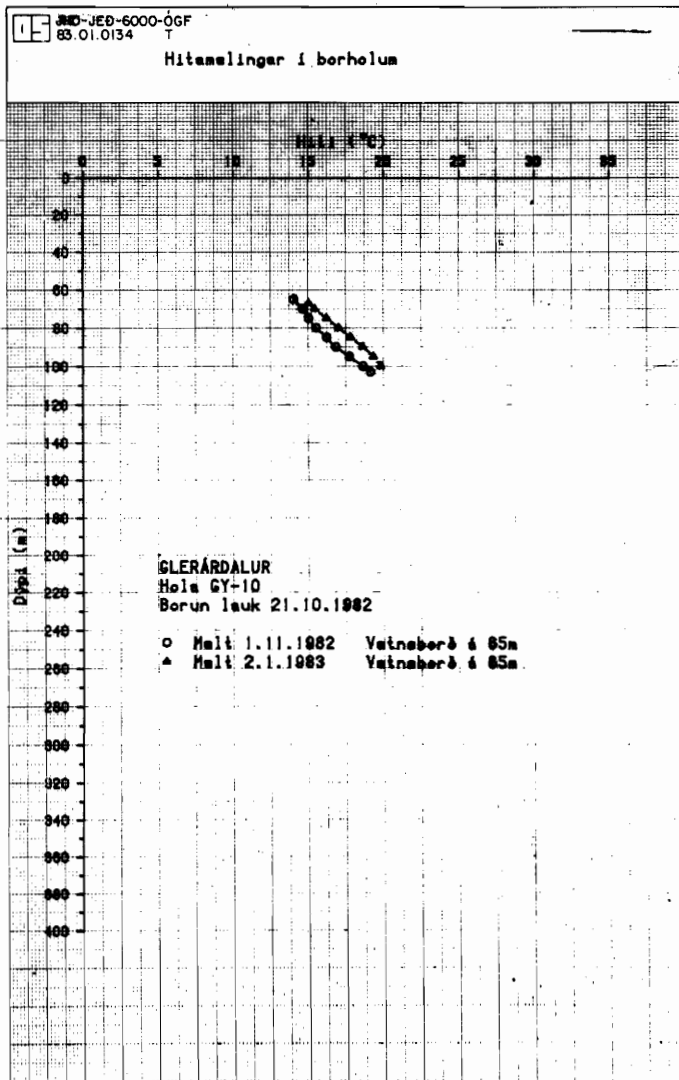
12.3 Jarðlög

Í borskýrslum var þess getið til, að komið hafi verið í fast berg á um 15 m dýpi. Fyrsta sýni er frá 18-20 m dýpi. Þar sést í millilagsmola og er millilag greint niður á 26 m. Lagið er mjög litskrúðugt. Næstu 14 m samanstanda af fínkornóttu basalti, en engin lagamót sjást. Þá taka við 2 m af karga eða breksíu, en síðan koma 10 m af blöðróttu basalti niður á 52 m dýpi. Frá 52 m niður í 68 m eru greind tvö

basaltlög aðskilin af 2 m þykkum blöðróttum karga. Á 68 m dýpi er komið niður á millilag sem er 7 m þykkt og þar neðan við er andesít, sem holan endar í á 103 m dýpi. Engar jarðlagamælingar eru til úr þessari holu. Ummyndun er svipuð og í nágrannaholum.

12.4 Vatnsæðar og hiti

Engar vatnsæðar fundust í holunni. Vatnsborð er á um 65 m dýpi í holunni. Hitamælingar úr holunni eru sýndar á mynd 21. Hitastigull á 65-103 m dýpi í holunni er mjög hár, um 150°C/km. Þessi hái hitastigull gæti stafað af tiltölulega köldum æðum neðan 100 m dýpis og því er hann vart sambærilegur við stigulinn í holu GÝ-8 sem er mældur á dýpinu 100-270 m.



MYND 21 Hitamælingar úr holu GÝ-10.

13 HOLA GÝ-11

13.1 Staðsetning

Holan er um 90 m suðsuðaustan holu GÝ-7 við lágviðnám sem mældist í viðnámssniðmælingum. Holunni var ætlað að rekja áfram til suðurs vatnsæðarnar sem GÝ-7 og GÝ-5 lentu í.

13.2 Borsaga

Flutt var frá holu GÝ-10 yfir á GÝ-11 27. okt. 1982 (Jarðboranir ríkisins 1982). Byrjað var að bora daginn eftir með 6 1/2" lofthamri. Í fyrstu var borað frá 3,5 m niður í 12,5 m (líklega hefur verið búið að koma fyrir 10" rörbút efst, en ekkert er getið um það í borskýrslum). Mól og grjót með vatni í hrundi inn í holuna, líklega mest af 10-12 m dýpi. Holan var því rýmuð með 8 1/2" krónu og 8 5/8" rör rekið niður á 6 m dýpi. Síðan var steipt í gegnum steypudór niður í botn á holunni og hún allt að því fyllt af steypu. Borun var síðan haldið áfram með 6 1/2" lofthamri. Steypan reyndist góð. Frá 12,5 m niður á 14,5 m dýpi var leirlag, sem seinlega gekk að bora. Þar neðan við var komið niður á fast berg. Þegar komið var niður í 20 m var tekið upp og steipt. Frá botni og upp í fóðurrör. Enn einu sinni var 6 1/2" lofthamar settur niður til borunar og borað niður á 103 m dýpi og hætt þar. Við upptekt varð vart við hrun í holunni og var því farið niður í hana með hjólakrónu og holan hreinsuð niður í botn. Sett var niður 75 mm plaströr, sem 2 m járnör var hengt neðan í. Náði rörið frá toppi niður á botn. Á mynd 19 er sýnt hvernig verkinu miðaði áfram en alls tók það 6 daga.

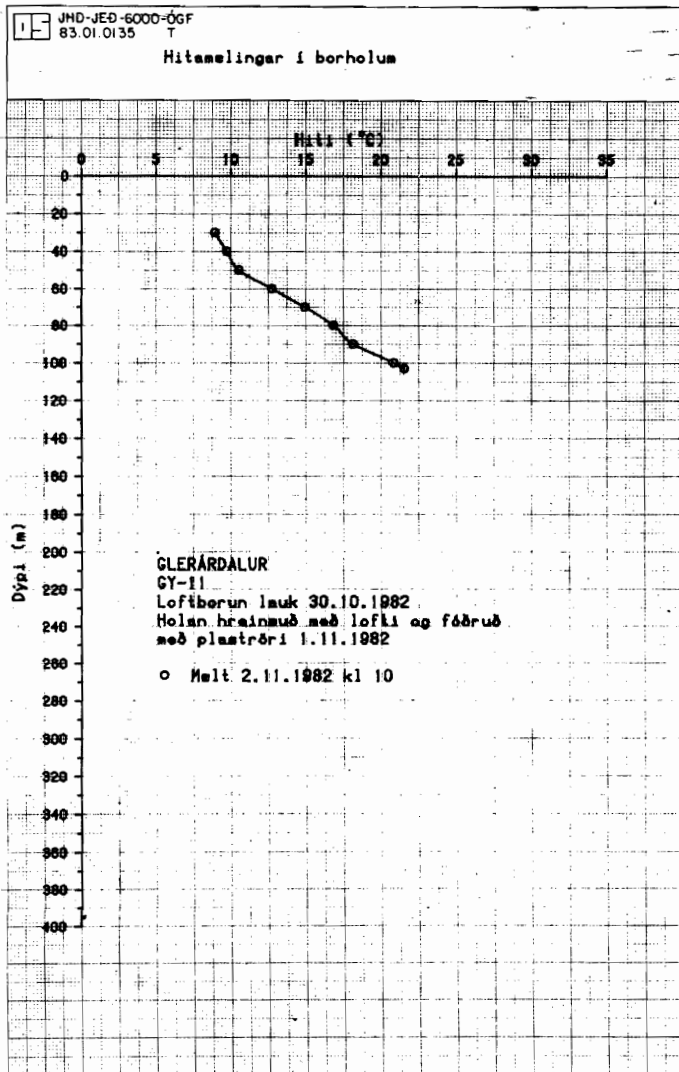
13.3 Jarðlög

Samkvæmt borskýrslum er dýpi niður á fast berg 14-15 m. Fyrsta svarfsýni frá 15 m dýpi sýnir fínkornótt basalhraunlag og nær það lag niður í 18 m. Þar virðist taka við fjögurra metra þykkt völubergslag, en síðan 6 m þykkt fínkornótt basalhraunlag. Þá er komið niður í litskrúðugt millilag og sjást í því útfellingaskellur úr jarðhitavatni. Það er 4 m þykkt og neðan við er 30 m þykkt andesítlag, svipað og í holum GÝ-7, GÝ-8, GÝ-9 og GÝ-10. Nær það niður á 62 m dýpi. Þar neðan við eru tvö basaltlög niður á rúmlega 80 m dýpi og tilheyra þeim þykk kargalög. Þá tekur við blöðrótt og breksíulegt basalt og virðist það allt vera brotið. Ef til vill hefur misgengi verið skorið á þessu dýpi. Frá 94 m dýpi og niður á botn er dólerítgangur. Engar jarðlagamælingar eru til úr holunni. Ummyndun er svipuð og í nágretta-

holum.

13.4 Vatnsæðar og hiti

Engra vatnsæða hefur orðið vart í holunni. Vatnsborð er á 28 m dýpi. Þegar mæla átti holuna í desember 1982 reyndist nauðsynlegt að fjarlægja úr henni plastfóðringu. Á 30 m dýpi var síðan fyrirstaða. eru því engar mælingar til úr holunni utan ein hitamæling sem gerð var sólarhring eftir lok hreinsunar og fóðrunar með plaströri. Sú mæling er sýnd á mynd 22. Af henni má ráða að hitastigull er mjög hár um 160°C/km. Hins vegar sýna hitamælingar úr holum sem eru 200 m eða dýpri að stigullinn lækkar talsvert neðan 100 m dýpis og því ekki ástæða til að fjölyrða mærgt um þennan háa stigul í holu GÝ-11.



MYND 22 Hitamælingar úr holu GÝ-11.

14 HOLA GÝ-12

14.1 Staðsetning

Þessi hola var staðsett við sömu lágviðnámsrennu og GÝ-8 og GÝ-10 en talsvert norðar þar sem land er lægra. Holan var jafnframt boruð lítið eitt vestan lágviðnámsrennunnar.

14.2 Borsaga

Flutt var á holu GÝ-12 3. nóvember 1982 og gert klárt til borunar sama dag (Jarðboranir ríkisins 1982). Borað var frá 3 m niður á 7,4 m með 6 1/2" lofthamri. (Líklega var búið að setja niður 10" fóðurrörsbút, en ekki er getið um það í borsk.). Komið var niður í fast berg á 4,5 m dýpi. Rýmt var með 8 1/2" krónu niður á 5,4 m dýpi og 8 5/8" fóðurrör var rekið niður á 5,2 m dýpi en það komst ekki lengra. Síðan var haldið áfram borun með 6 1/2" lofthamri niður á 43 m dýpi, en þá var hrun frá 35-38 m dýpi farið að valda vandræðum þegar bæta þurfti stöngum í borstrenginn. Tekið var til þess ráðs að taka upp, setja niður steypudór og steypa. Holan fylltist nánast af steypu. Því næst var steypan boruð út og haldið áfram borun með 6 1/2" lofthamri niður á 103 m dýpi. Þá var stoppað um stund, en síðan ákveðið að dýpka holuna með hjólakrónu. Borað var með 5 7/8" krónu niður á 126 m dýpi en þar urðu vandræði vegna hruns og erfiðleikar við að ná krónu frá botni. Hrunið virtist vera á 80-90 m dýpi og var því sett niður og steipt í gegnum stangir og steypudór frá 120 m. Síðan tekið upp og steipt í skáp, sem vitað var um á 5-6 m dýpi. Steypan reyndist góð á 3-6 m dýpi, en á 65-122 m dýpi var hún of hörð. Þrátt fyrir það tókst að halda bornum inni í holunni. Meðan á þessu stóð voru veður slæm og töfðu fyrir verkinu. Að þessum aðgerðum loknum var borun haldið áfram með 5 7/8" hjólakrónu niður á 202 m dýpi, þar sem borun var hætt.

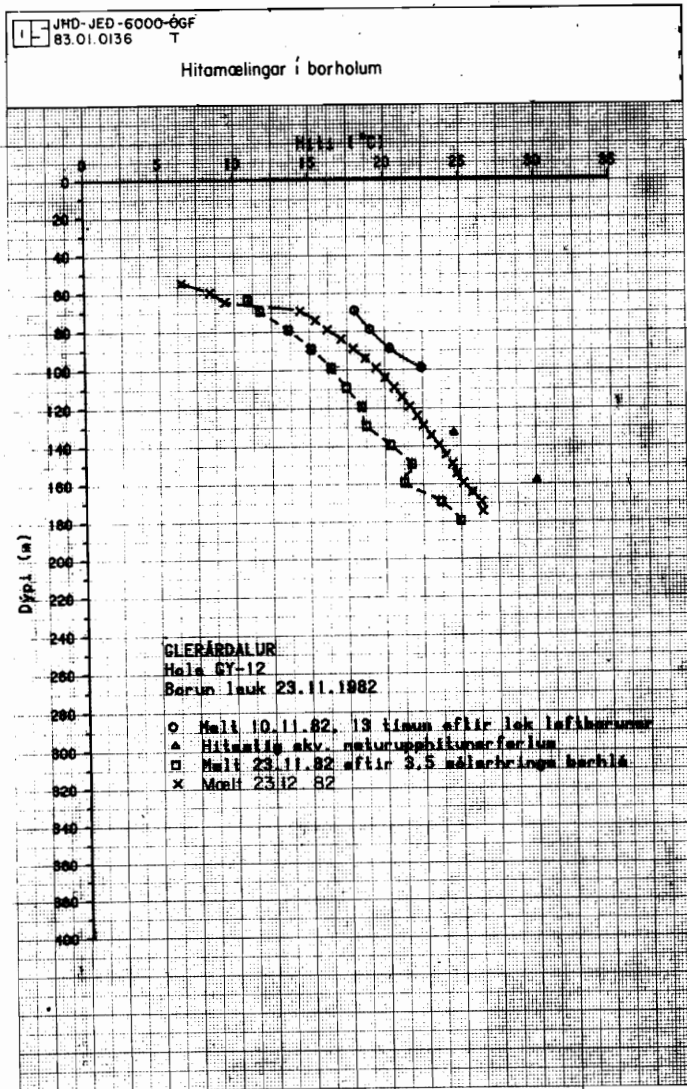
14.3 Jarðlög

Í borskýrslum (Jarðboranir ríkisins 1982) stendur að fast berg sé á 4,5 m dýpi og kemur það heim og saman við svarfgreiningu. Basalt er síðan greint samfellt niður á 23 m dýpi og er fín- eða meðalgróf-kornótt. Þá er komið niður í leiðarlögin. Efst er 5 m þykkt millilag, litskrúðugt að vanda. Síðan tekur við 33 m þykkur andesítkaflir og er bergið nokkuð morkið um miðbik hans. Þar neðan við er 8 m þykkt millilag og er hluti þess mjög móbergslegur. Síðan eru basalhraunlög einkennandi niður að botni holunnar í 202 m. Á 90-100 m dýpi er bergið blöðrótt, breksíulegt og brotið. Þrjú grófkornótt basalhlög

eru greind á 139-147 m, 157-160 m og 165-170 m dýpi. Neðan við 170 m virðist vera þriggja metra þykkt millilag. Ummyndun er svipuð og í nágrannaholunum.

14.4 Vatnsæðar og hiti

Engra vatnsæða er getið í borun. Niðurstöður hitamælinga úr holunni eru sýndar á mynd 23. Þar má greina smáæðar á 65 m, 130 m og 160 m dýpi. Þegar holan var mæld síðast 22. des. 1982 virðist hún ekki hafa náð hitajafnvægi ef marka má hitamælinguna eftir loftborun. Samkvæmt hitamælingum út frá næturupphitunarferlum er stigull um 120°C/km milli 100 og 200 m dýpis. Það er talsvert hærra en í holum GÝ-8 og 10.



MYND 23 Hitamælingar úr holu GÝ-12.

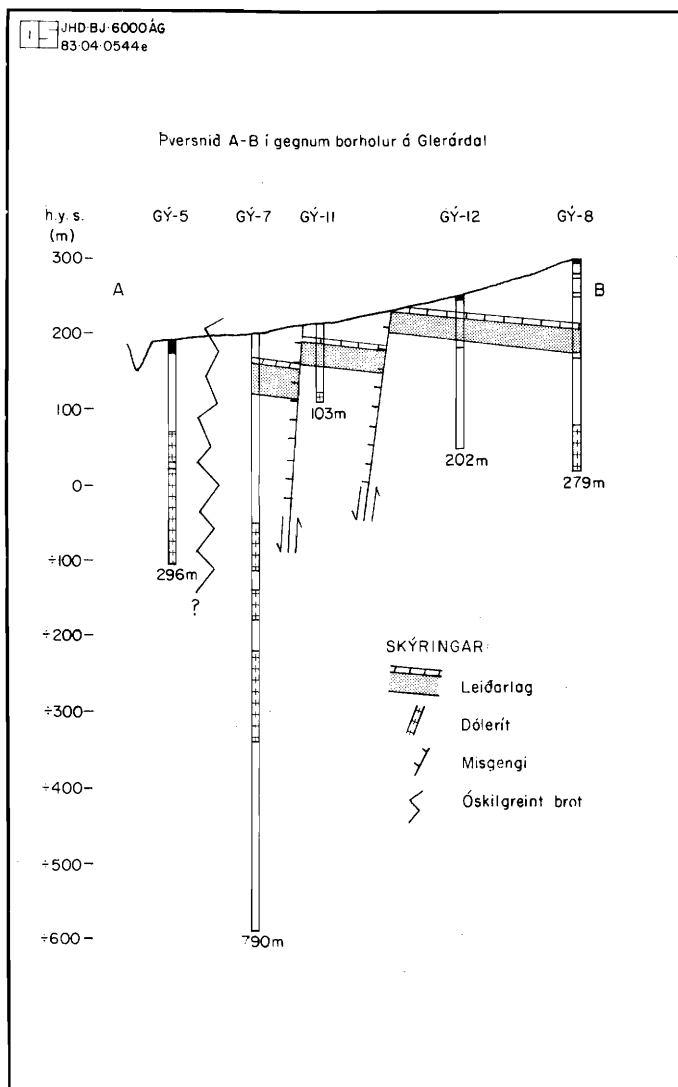
15 TENGING JARÐLAGA MILLI BORHOLA

Í köflunum um einstakar holur hér að framan hefur gangi borunar hola GÝ-5 til GÝ-12 verið lýst. Áberandi er að hrun hefur verið til vandræða í flestum holanna. Annars vegar voru það lausu jarðlög in á yfirborði sem vandræðunum ollu, hinsvegar þykk millilög sem fram koma ofarlega í holunum. Hrúnið olli nokkrum vandræðum við svarfgreiningu þar sem mylsna frá hrunköflunum blandast borsvarfinu. Í öllum holunum nema GÝ-5 og GÝ-6 fannst 50-60 metra þykkur auðþekkjannlegur jarðlagakafli sem hentugt var að nota sem leiðarlög til tenginga milli borhola og fá þannig heildarmynd af svæðinu. Jarðlagamælingar voru gerðar í holum GÝ-5, GÝ-6, GÝ-7, GÝ-8 og GÝ-9. Gott samræmi kom þar fram og jók það áreiðanleika tenginga í þær holur, og milli þeirra, sem ekki höfðu verið mældar.

Með hjálp leiðarlaganna má flokka borholurnar á rannsóknasvæðinu með tilliti til misgengja, þ.e. finna milli hvaða hola umtalsverð misgengi liggja. Er þá jarðlagahallinn tekinn með í dæmið, en hann er talinn 6° til SA og strikið NA. Holur 8, 10 og 12 lenda saman í hóp (þ.e. ekkert misgengi er milli þeirra), holur 9 og 11 falla í annan hóp (þó gæti verið 5 m misgengi milli þeirra), hola 7 er sjálfstæð og loks holur 5, 6 og e.t.v. 4. Á mynd 24 er teiknað þversnið frá Glerárgili í norðri og gegnum holur 5, 7, 11, 12 og 8. Lega sniðsins er sýnd á mynd 17. Á því eru þrjú misgengi sjáanleg, um 30 m misgengi milli holu 7 og 11 og um 75 m misgengi milli holu 11 og 12. Ekki hefur tekist að finna neina tengingu milli holu 7 annars vegar og hola 4, 5 og 6 hins vegar. Þess ber þó að gæta að holur þessar eru að talsverðu leyti í gangbergi.

TAFLA 3 Misgengi í jarðlögum samkvæmt borholujarðfræði

Milli hola nr	Stærð misgengis	Hvor spildan hefur sigið
7 og 11	31 m	umhverfis holu 7
11 og 12	75 m	- " - 11
9 og 11	5 m	- " - 9
7 og 9	27 m	- " - 7
9 og 12	79 m	- " - 9
9 og 10	98 m	- " - 9



MYND 24 Þversnið A-B gegnum
holur á Glerárdal.

16 VATNSVINNSLURANNSÓKNIR

Náttúrulegt rennsli lauganna í Glerárgili var 1,5-3,0 l/s og hitastig allt að 50°C. Eftir að boranir hófust að nýju í ársbyrjun 1981 hafa verið gerðar því sem næst samfelldar mælingar á rennsli og holutoppsþrýstingi eða vatnsborði þeirra tveggja hola sem umtalsverðar vatnsæðar komu fram í, þ.e. GÝ-5 og GÝ-7. Þar að auki hafa verið gerðar skammvinnar prófanir á holunum með mælingum á hækkun vatnsborðs eða þrýstings eftir að þeim hefur verið lokað eða dæla stöðvuð í GÝ-7. Prófanir þessar voru gerðar til að ákvarða leiðni jarðlaga og aðrennslisleiðir heita vatnsins að jarðhitasvæðinu. Mælingarnar hafa að mestu leyti verið framkvæmdar af starfsmönnum Hitaveitu Akureyrar.

16.1 Mælingar

Við lok borunar holu GÝ-5 í febrúar 1981 var rennsli úr æðum á 90-110 m dýpi um 6 l/s. Það minnkaði síðan með tíma og var orðið 3,8 l/s og 53°C heitt 2 1/2 mánuði síðar, 16. apríl, 1981, er holunni var lokað til mælinga. Þrýstingur á holutoppi hækkaði í 3,7 bör á 4 sólarhringum en þá var holan opnuð á ný. Rennsli GÝ-5 minnkaði enn í maí 1981, er 6,5 l/s af 58°C heitu vatni tóku að renna úr æðum ofan við 392 m dýpi í holu GÝ-7 og í janúar 1982, eftir dýpkun GÝ-7 í 792 m, er rennsli hófst úr æðum á 440-450 m og 740 m dýpi.

Þann 16. febrúar 1982 mældist rennsli GÝ-7 12,1 l/s af 59°C heitu vatni, en úr GÝ-5 rann þá 1,0 l/s. Holu GÝ-7 var þá lokað í mánaðar-tíma til mælinga. Holutoppsþrýstingur hækkaði á tímabilinu í 2,85 bör en rennsli GÝ-5 jókst þá jafnframt í 3,0 l/s. Að afloknum mælingum 11. mars 1982 var látið renna úr GÝ-7 í þrepum til ákvörðunar á iðustreymisstuðli holunnar. Rennsli var 6,5 l/s, 13,5 l/s og 18,5 l/s í um klukkustund við hvert þrep.

Þann 24. maí 1982 var djúpdæla gangsett í GÝ-7. Hún var fyrst í stað látin dæla 45-51 l/s. Eftir tengingu við lögn hitaveitunnar 8. júní 1982, voru afköst hennar 34-36 l/s af 61°C vatni. Þann 29. júlí 1982 var dælan stöðvuð vegna mælinga en gangsett aftur 10. ágúst. Vatnsborð holunnar hafði þá hækkað um 108 m, úr 121 m dýpi í 13 m miðað við holutopp. Rennsli úr Glerárlaugum minnkaði eftir að rennsli og vatnsvinnsla hófst úr holum GÝ-5 og GÝ-7 og var að mestu hætt í nóvember 1983.

16.2 Úrvinnsla mælinga

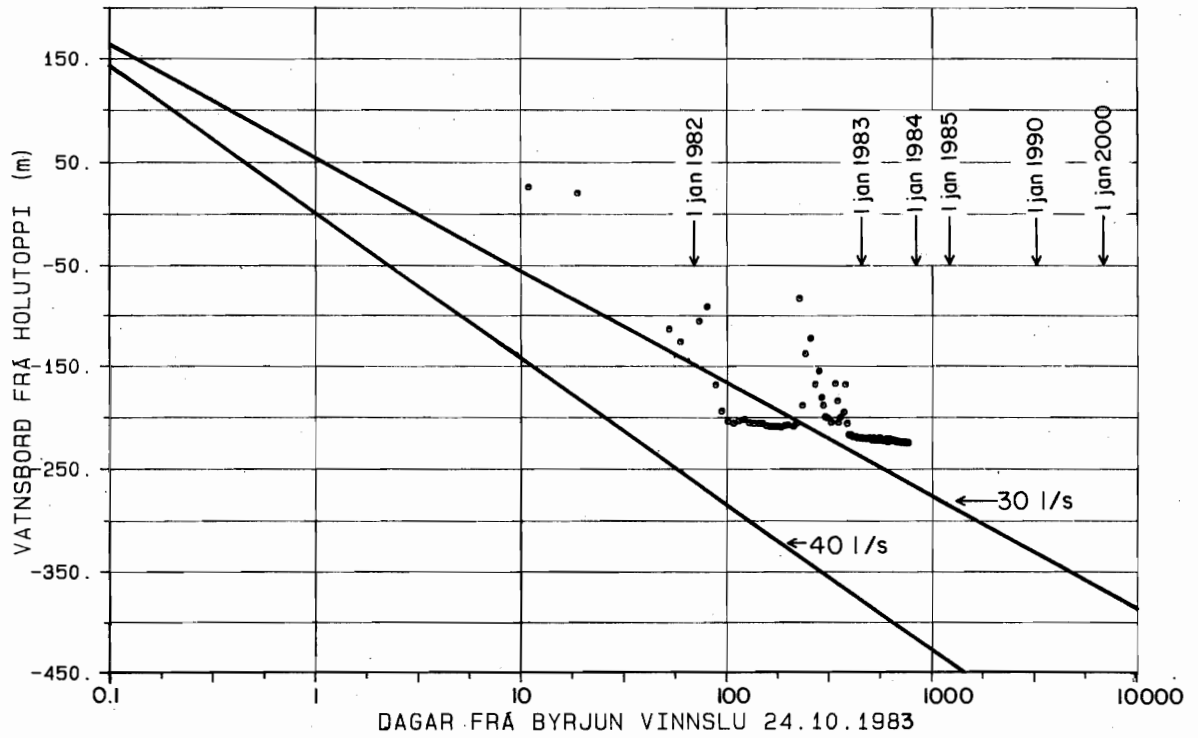
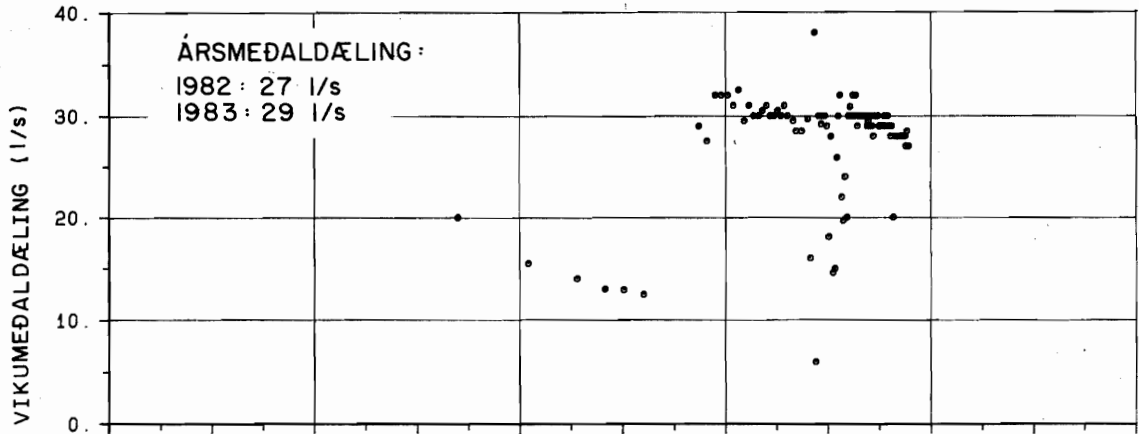
Mynd 26 sýnir feril hækkandi vatnsborðs GÝ-7 á móti logaritma af hlutfallinu $(t_0 + \Delta t) / \Delta t$, eftir stöðvun dælu 29. júlí 1982. Stærðin t_0 er hér vinnslutími fyrir stöðvun en Δt er tími sem liðinn er frá stöðvun dælu. Mælipunktarnir raða sér á tvær um það bil samhliða línur. Stefnir efri línan á +29 m, sem á að vera upphaflegur þrýstingur kerfisins. Er þetta nokkru lægri upphafsþrýstingur en búast mætti við samanborið við hæsta mældan þrýsting eftir lokun holunnar 16. febrúar. Hafa ber þó í huga að vinnslutími t_0 er áætlaður en lengri vinnslutími yrði til þess að hækka upphafsþrýsting. Leiðni reiknuð eftir halla línanna er $2,2 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$. Tregðustuðull reiknaður út frá mismun mældrar vatnsborðshækkunar og hækkunar sem áætluð er út frá leiðnistuðlinum $T = 2,2 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ verður -6,3. Neikvæður tregðustuðull er oftast vísbending um aðrennsli eftir sprungu eða sprungukerfi. Tvær samhliða línur eins og koma fram í ferlinum eru einnig einkennandi fyrir sprungukerfi eða tvo eða fleiri mismunandi leka vatnsleiðara í holunni. Svipað mynstur kemur fram í hækkunarferli frá 16. febrúar, þegar lokað var fyrir 12,1 l/s rennsli, að öðru leyti en því að leiðni reiknast þá nokkru hærra eða $T = 3,1 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$.

Iðustreymisstuðull holunnar reiknaðist $C = 0,047 \text{ m}/(1/\text{s})^2$ samkvæmt þreparennslis 11. mars. Hækkun vatnsborðs vegna iðustreymis við stöðvun dælu 29. júlí hefur því verið $0,047 \times 34 = 54 \text{ m}$ (mynd 27).

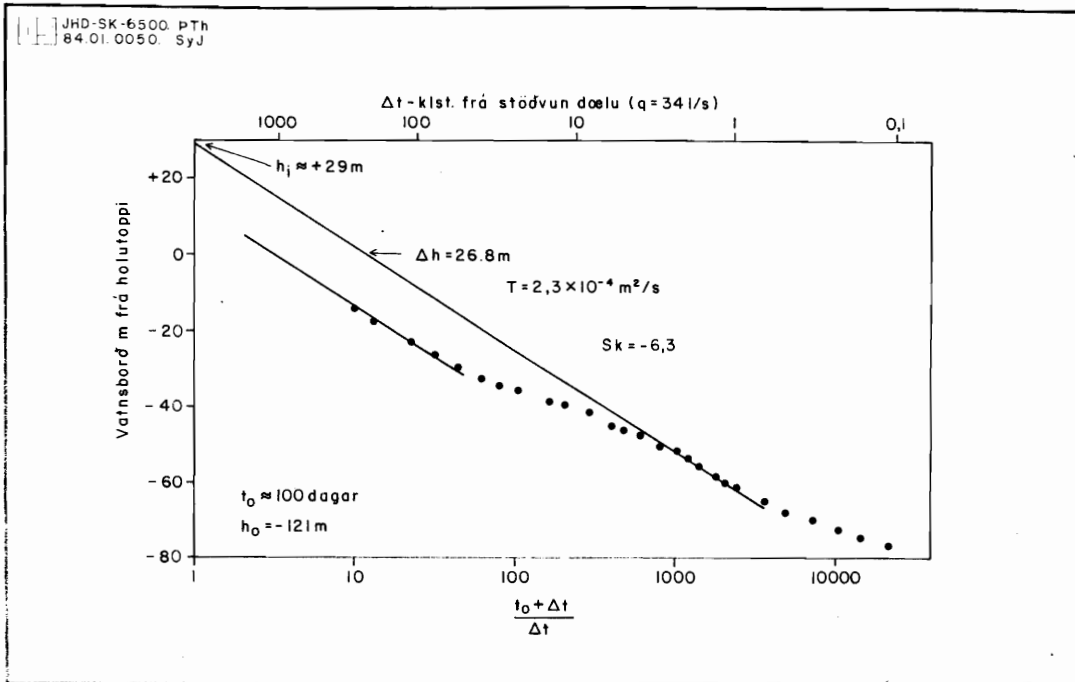
Mynd 25 sýnir vatnsvinnslu og vatnsborð GÝ-7 frá því dæla var gangsett í holunni 24. maí 1982, ásamt vatnsborði GÝ-5. Vatnsvinnsla eftir tengingu við aðveituæð 8. júní var fyrst í stað um 35 l/s út ágústmánuð en hefur síðan verið um 30 l/s að jafnaði (27-34 l/s). Vatnsborð lækkar fyrst í stað í samræmi við ofangreinda rennslisstuðla og sprungumynstur. Þegar kemur fram í september verður lækkunin örari jafnvel þótt þá hafi verið dregið úr dælingu. Jafnframt kemur fram meiri dreifing á mæligildum vatnsborðs en búast mætti við vegna breytinga á vatnsmagni. Sveiflur í mæligildum vatnsborðs halda áfram þar til í apríl 1983 er gildin verða stöðugri.

Ástæður fyrir dreifingu mæligildanna og tiltölulega mikilli lækkun vatnsborðs eru ekki ljósar en gætu hugsanlega verið vegna stíflu í neðri vatnsleiðurum holunnar eða fjarlægum afmörkunum þeirra. Hiti vatnsins sem skráður er 61°C fram í miðjan júlí 1982 en $59-60^\circ\text{C}$ eftir þann tíma rennir frekari stöðum undir þá tilgátu þótt þessi hitamunur sé á mörkum þess að vera marktækur. Þá reiknast lekt nokkru meiri við lokun GÝ-7 16. febrúar en við stöðvun dælu 29. júlí. Ástæður fyrir þessu gætu þó einnig verið aðrar t.d. minnkun náttúrulegs rennslis í Glerárgili og breytileg lekt sprungukerfisins með fjarlægð.

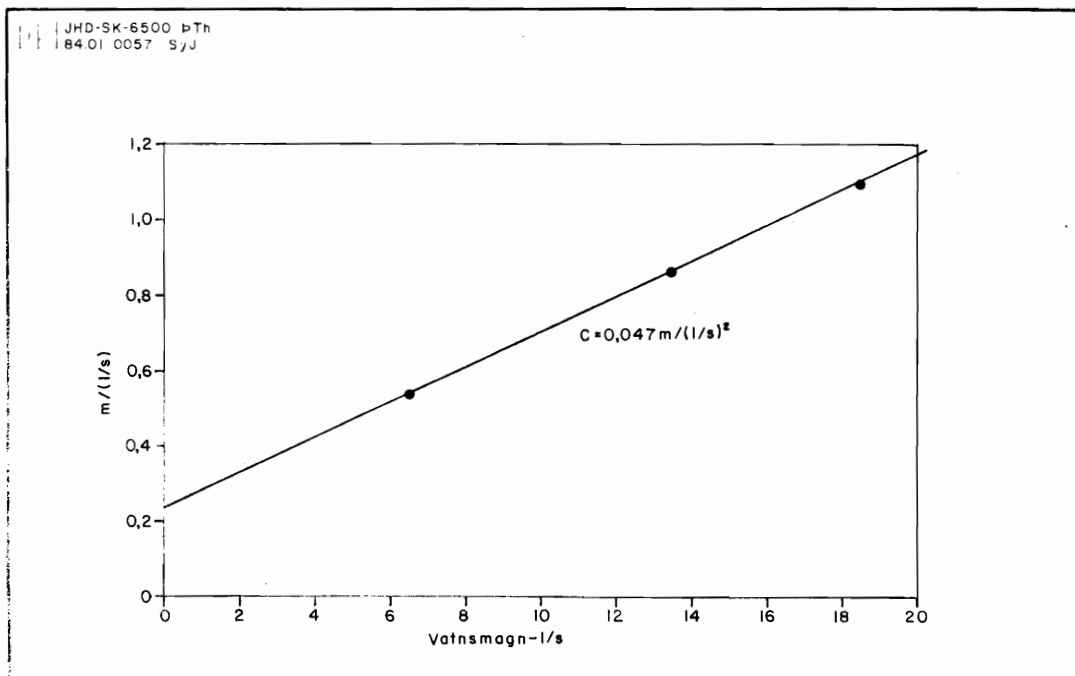
JHD-JED-6510 ÓGF
84.01.0037 AA



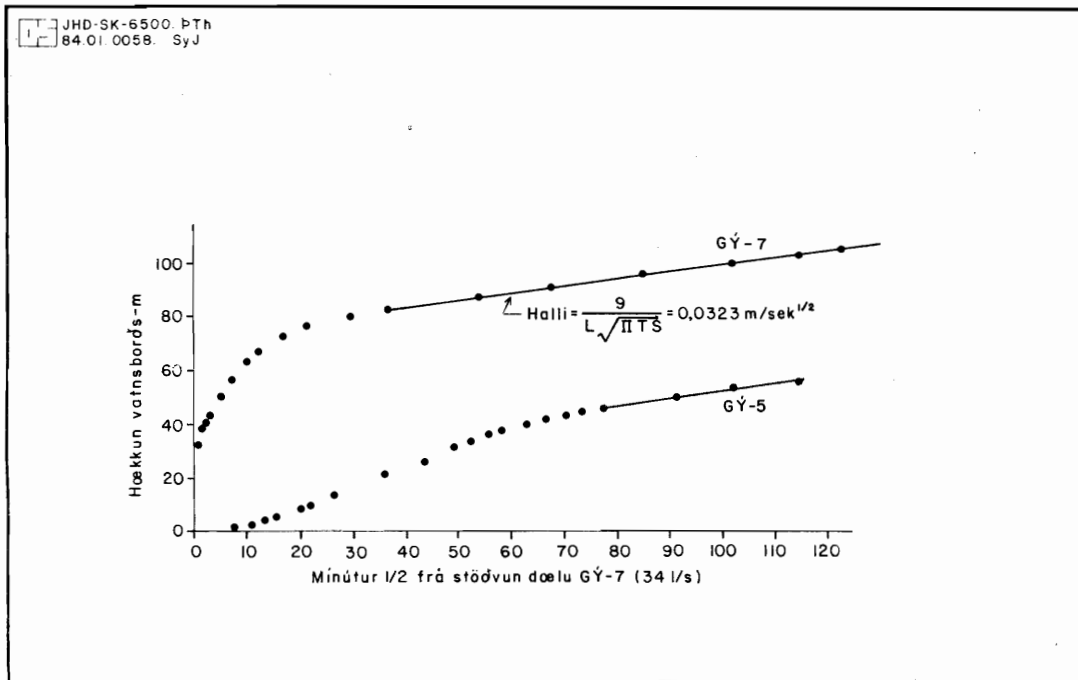
MYND 25 HOLA GÝ-7, GLERÁRDAL. VATNSBÖRD OG DÆLING.



MYND 26 Hækkun vatnsborðs í GÝ-7 frá 29. júlí 1982.



MYND 27 Rennsli í þrepum í GÝ-7 11. mars 1982.



MYND 28 Hækkun vatnsborðs í GÝ-5 og GÝ-7 frá 29. júlí 1982.

Tafla 4 sýnir reiknað vinnsluvatnsborð holu GÝ-7 frá maí 1983 til maí 1988. Miðað er við vatnsvinnsluna eins og hún hefur verið fram til 15. maí 1983 en 15, 20 og 30 l/s eftir þann tíma. Gert er ráð fyrir línulegu rennsli í sprungukerfi og notaðir stuðlar frá hækkunarferlinum 29. júlí 1982 sem sýndur er á mynd 28.

Tafla 4 Reiknað vinnsluvatnsborð holu GÝ-7 frá maí 1983 til maí 1988.

Dags.	Tími í árum	Reiknað vinnsluvatnsborð m frá holutoppi		
		15 l/s	20 l/s	30 l/s
maí 1983	0	141	149	172
maí 1984	1	128	162	239
maí 1985	2	145	191	289
maí 1986	3	163	217	332
maí 1988	5	194	262	404

Tafla 4 er einungis ætluð til grófrar viðmiðunar því að vinnslutími er enn of stuttur til þess að réttlæta spá þetta langt fram í tímann. Þess ber einnig að gæta að spáin tekur einungis til þeirra vatnsæða sem hola GÝ-7 og GÝ-5 skera en segir ekkert til um hugsanlega vatns-
vinnslu í grennd hola 8 og 12.

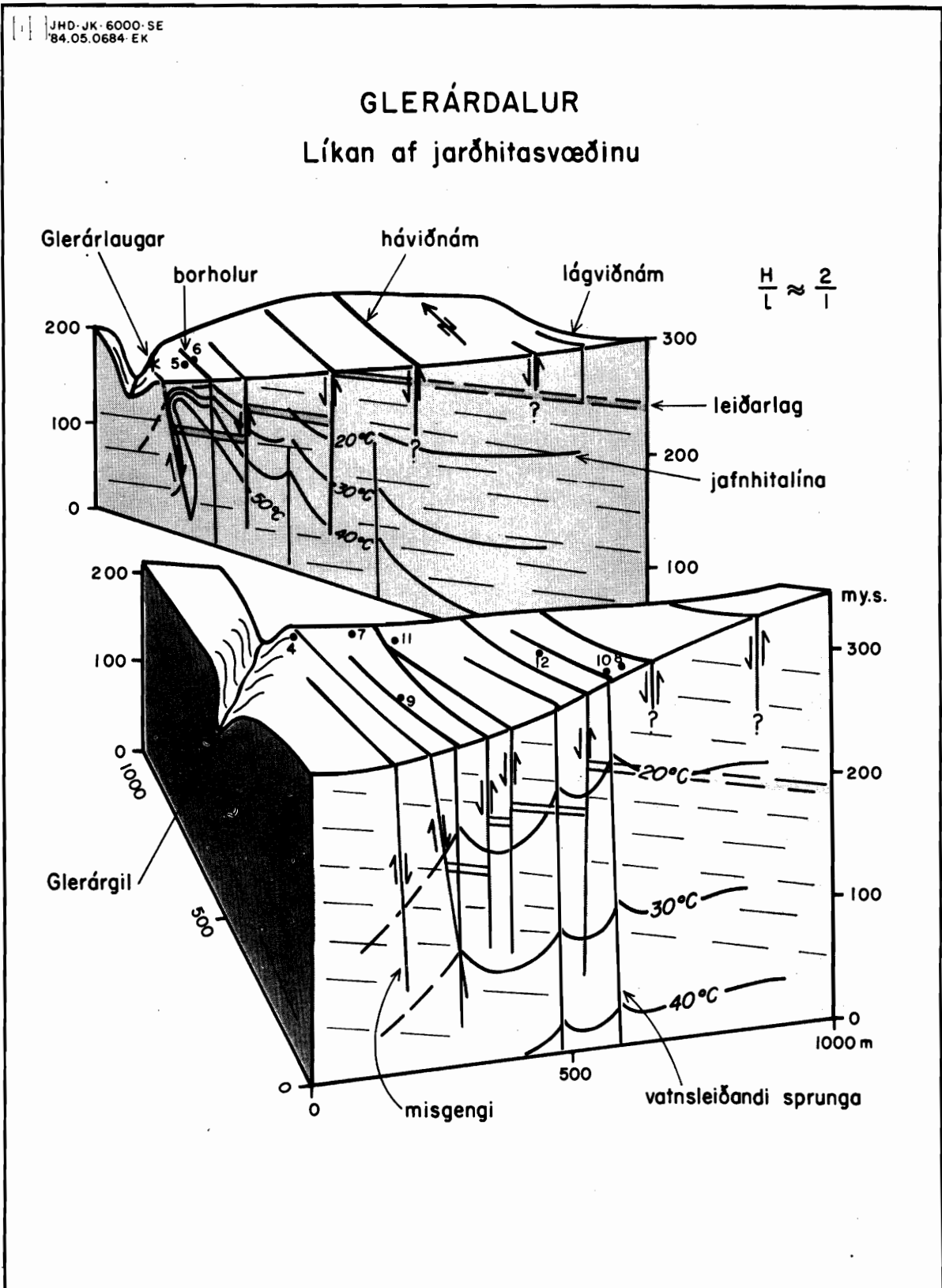
16.3 Tillögur um frekari prófanir

Vegna óvissu sem enn ríkir um afköst GÝ-7 og vatnskerfi hennar er æskilegt að endurtekin verði prófun, sem gerð var 29. júlí 1982, og þá í lengri tíma, t.d. í 1 mánuð. Ennfremur er hitamæling og lóðun holunnar æskileg verði dælan af einhverjum ástæðum tekin upp. Haldið verði áfram nákvæmu vinnslueftirliti eins og gert hefur verið fram til þessa.

17 LÍKAN AF JARÐHITASVÆÐINU Á GLERÁRDAL

Mynd 29 sýnir líkan af jarðhitasvæðinu í Glerárdal. Hér er um grófa yfirlitsmynd að ræða, sem er ætlað að draga niðurstöður fyrirbyggjandi rannsókna saman á sem einfaldastan hátt. Því má ekki nota hana beint sem grundvöll að staðsetningu borhola. Líkanið sýnir fyrst og fremst þá heildarmynd, sem fengist hefur með mismunandi rannsóknaraðferðum undanfarin ár. Á yfirborði eru sýndar niðurstöður viðnámsmælinga. Bláar línur tákna hátt viðnám, sem gefur til kynna þétt berg og engar líkur á jarðhita. Rauðar línur tákna lágt viðnám og eru vísbendingar um vatnsleiðandi sprungur þar undir. Samanburður á niðurstöðum jarðfræðikortlagningar og viðnámsmælinga sýnir, að hátt viðnám virðist falla saman við misgengi, sem sjást í Glerárgili. Með þá niðurstöðu í huga voru misgengin, sem jarðlagarannsóknir í borholum leiddu í ljós, staðsett beint undir háviðnáminu. Ákveðnar vísbendingar í Glerárgili gefa til kynna, að lágviðnámið fylgi sprungum í berggrunninum, sem hafa orðið til eða hreyfst á ný í tengslum við jarðskjálfta á nútíma (síðustu 10 þúsund ár). Samkvæmt rannsóknum á tengslum vatnsæða í borholum við jarðlög er líklegast að sprungurnar séu fyrst og fremst í eða við bergganga, en berggrunnurinn virðist brotna eftir slíkum veikleikum. Lágviðnámssvæðin teygja sig því sem næst eftir norður-suður línum og eru aðskilin af háviðnámi. Vegna þess hve landhæð er mikil á meginhluta jarðhitasvæðisins þá er þrýstingur á jarðhitasvæðinu ekki nógur til að veita heita vatninu til yfirborðs. Í Glerárgili, þar sem land er hvað lægst á svæðinu, var vatnsþrýstingur nógur fyrir framrás vatnsins í Glerárlaugar, sem nú eru þornaðar.

Á mynd 29 kemur skýrt í ljós hvernig há- og lágviðnámssvæðin raða sér. Hugsanlegt er, að hvert lágviðnámssvæði sé eitt aðskilið jarðhitakerfi. Ennfremur sést, að Glerárlaugar hafa verið afrennsli úr vestasta kerfinu, sem nú er komið í vinnslu.



MYND 29 Líkan af jarðhitasvæðinu.

18 NIÐURSTÖÐUR

1. Viðnámsmælingar með Schlumbergeraðferð leiddu í ljós að viðnám í jörðu er alllágst suðsuðaustur af Glerárlaugum. Bendir það til þess að virkjanlegt jarðhitasvæði sé þar að finna.
2. Efnagreiningar gáfu vonir um að fá mætti um 70°C heitt vatn með djúpborun á Glerárdal.
3. Nákvæm jarðfræðikortlagning af umhverfi Glerárlauga, borun þriggja rannsóknarhola (GÝ-5, 6, 7) og útreikningar á hitadreifingu í berginu sem byggðir voru á hitamælingum í holum GNo-4 og GÝ-5 leiddu til þess að staðsetja mátti aðfærsluæðar Glerárlauga með nægjanlegri nákvæmni. Með dýpkun holu GÝ-7 tókst að hitta á þær.
4. Vatnsvinnsla hófst úr holu GÝ-7 í maí 1982 og hefur lengst af verið dælt þaðan um 30 l/s af 61°C heitu vatni. Framan af leit út fyrir að vinna mætti allt að 40 l/s úr þessu jarðhitakerfi. Er líða tók á haustið 1982 varð vart töluverðrar óreglu í vatnsborði GÝ-7. Vatnsborðið tók þá einnig að falla hraðar en búast mátti við út frá falli þess fyrstu mánuði dælingarinnar. Orsakir þessa eru ekki ljósar en hugsanlegt er að þarna gæti áhrifa skila í jarðhitakerfinu eða að neðra æðakerfi GÝ-7 hafi stíflast að hluta. Ef fyrri skýringin er rétt má búast við að draga þurfi úr dælingu af Glerárdal næstu árin ef halda á vatnsborði ofan 240 m dýpis og ennfremur að ekki sé að vænta viðbótarvatns þótt frekar verði borað í lágviðnámsvegg þann sem GÝ-7 er boruð við.
5. Viðnámsnniðsmælingar hafa leitt í ljós að lágviðnámsprungur með stefnu lítillega austan við norður liggja um jarðhitasvæðið í Glerárdal. Tvær þeirra eru mest afgerandi. Holur GÝ-5, 6, 7 og e.t.v. GÝ-11 eru boraðar við aðra þeirra. Hin er um 300 m austar og samsíða þeirri fyrrnefndu en liggur sunnar. Virðist hún ná álíka langt í norður og sú fyrri í suður.
6. Holur GÝ-8, 10 og 12 eru boraðar við austari lágviðnámsprunguna. Þær sýna allar háan hitastigul sem bendir til þess að heitavatskerfi fylgi lágviðnáminu þar. Þar sem þrýstingur í heitavatskerfum í Eyjafirði er yfirleitt nærri 200 m vatnssúlu, en holur 8, 10 og 12 eru í um 300 m hæð, má ekki búast við sjálfrennsli úr holum þar og ennfremur að æðar komi fram sem skoltöp í borun.
7. Milli þessara tveggja lágviðnámsprungna er háviðnámsveggur sem talinn er vera misgengi. Líklegt er að hann sé hindrun á vatnsrennsli og vekur vonir um að austara kerfið sé lítið tengt

núverandi vinnslusvæði.

8. Samanburður á jarðlögum í borholum, viðnámsmælingum og jarðfræðikortlagningu hefur leitt í ljós að kerfi misgengja liggur um jarðhitasvæðið á Glerárdal. Yfirleitt fylgir hátt viðnám þessum misgengjum sem bendir til þess að þau séu ekki vatnsgeng en afmarki e.t.v. rennsli heita vatnsins.

19 TILLÖGUR UM FRAMHALD HEITAVATNSLEITAR

1. Boruð verði djúp rannsóknarhola við austari lágviðnámssprunguna. Hún miði að því að kanna hvort um eða yfir 70°C heitt vatnskerfi sé þar að finna. Holan yrði að vera a.m.k. 600-1000 m djúp. Hún yrði staðsett nálægt holu GÝ-10 eða GÝ-12, lítillaga vestan lágviðnámssprungunnar. Ástæða þess er sú að líklegra er talið að heita vatnið fylgi gangi, en misgengja- og gangahalli á þessum slóðum er vestlægur. Vegna þess að fremur djúpt er á heita vatnið er ekki líklegt að grunnar rannsóknarholur (100-300 m) hjálpi til við að meta halla sprungunnar. Staðsetning holunnar verður því ekki eins örugg og ella.
2. Áður en holan verður staðsett verði reynt að segulmæla nokkra spildu umhverfis holur GÝ-10 og GÝ-12 ef takast mætti að finna berggang tengdan lágviðnámssprungunni. Aðstæður til segulmælinga eru að vísu slæmar (þykk laus setlög ofan á berggrunni og töluverð óregla í landslagi) en þar sem kostnaður við slíkar mælingar er mjög lítill miðað við borkostnað er eðlilegt að reyna að segulmæla.
3. Hóla GÝ-7 verði prófuð með dælustöðvun. Næst þegar dæla verður tekin upp úr holu GÝ-7 verði kannað með lóði hvort fyrirstaða sé í holunni ofan neðra æðakerfisins.

HEIMILDASKRÁ

- Axel Björnsson og Kristján Sæmundsson 1975: Jarðhiti í nágrenni Akureyrar. Orkustofnun, OS-JHD 7557, 53 s.
- Axel Björnsson, Kristján Sæmundsson, Sigmundur Einarsson, Freyr Þórarinsson, Stefán Arnórsson, Hrefna Kristmannsdóttir, Ásgrímur Guðmundsson, Benedikt Steingrímsson & Þorsteinn Thorsteinsson 1979: Hitaveita Akureyrar. Rannsókn jarðhita í Eyjafirði. Áfangaskýrsla 1978. Orkustofnun, OS-JHD 7827, 91 s.
- Bára Björgvinsdóttir 1983: Segulmælingar í Hrafnagilshreppi í Eyjafirði. Orkustofnun, OS82100/JHD15, 23 s.
- Barth, T.F.W., 1950: Volcanic Geology, Hot Springs and Geysers of Iceland. Carnegie Institution of Washington. Publication 587, Washington, 174 s.
- Bragi Árnason 1976: Groundwater systems in Iceland, Traced by Deuterium. Soc. Sci. Isl. Publ. 42, 236 s.
- Bæjarstjórinn á Akureyri, 1961: Bréf til raforkumálaskrifstofunnar dags. 11.10.1961.
- Fournier, R.O. 1977: Chemical geothermometers and mixing models for geothermal systems. Geothermics, 5: 41-50.
- Guðmundur Guðmundsson og Kristján Sæmundsson 1972: Jarðhiti í nágrenni Akureyrar. Orkustofnun Jarðhitadeild, 8 s.
- Gunnar Böðvarsson 1949: Bréf til bæjarstjórans á Akureyri, dags. 3.5.1949.
- Gunnar Böðvarsson 1961: Bréf til bæjarstjórans á Akureyri, dags. 26. okt. 1961.
- Helgeson, H.E. 1969: Thermodynamics of hydrothermal systems at elevated temperatures and pressures. Amer. J. Sci., 267: 729-804.
- Hrefna Kristmannsdóttir og Sigfús Johnsen 1981: Eyjafjörður. Efnainnihald og ísótópahlutföll jarðhitavatns. OS81023/JHD14, 49 s.

- Hörður Svavarsson 1981: Forritin "Watch 1" og "Watch 3".
Hjálpartæki til túlkunar efnagreininga á jarðhitavatni.
Leiðbeiningar fyrir notendur. Orkustofnun, OS81007/JHD03, 70
s.
- Jarðboranir ríkisins 1951: Efnagreiningar á hverum og laugum.
Jarðboranir ríkisins, 91 s.
- Jarðboranir ríkisins 1964: Borskýrslur. Sullivan 3.
- Jarðboranir ríkisins 1965: Borskýrslur. Norðurlandsborinn.
- Jarðboranir ríkisins 1982: Borskýrslur. Ýmir.
- Jarðboranir ríkisins 1982: Borskýrslur. Narfi.
- Jón Sólmundsson 1959: Laugabók, dagbók frá athugunum á
jarðhitastöðum á Norðurlandi. Handrit í vörslu Jarðhita-
deildar Orkustofnunar.
- Ólafur G. Flóvenz og Sigmundur Einarsson 1980: Jarðhitarannsóknir
á Glerárdal 1980. Orkustofnun, ÓGF-SE-80/09, 9 s.
- Ólafur G. Flóvenz, Bára Björgvinsdóttir, Sigmundur Einarsson og
Hrefna Kristmannsdóttir 1981: Kristnes-Reykhús. Úttekt á
hálftrar aldar árangurslítilli jarðhitaleit. Orkustofnun,
OS81026/JHD15, 55 s.
- Ólafur G. Flóvenz og Brynjólfur Eyjólfsson 1981: Viðnámsmælingar
og mat á jarðhitastöðum í Eyjafirði. Orkustofnun,
OS81029/JHD17, 65 s.
- Ólafur G. Flóvenz, Sigmundur Einarsson og Bára Björgvinsdóttir
1981: Jarðhitarannsóknir við Gilslaug, Garðsárlaug og
Mjaðmárdalslaug. Orkustofnun, OS81030/JHD18, 22 s.
- Stefán Arnórsson, Einar Gunnlaugsson og Hörður Svavarsson 1983:
The Chemistry of Geothermal Waters in Iceland III. Chemical
geothermometry in geothermal investigations. Geochim.
cosmochim. Acta, 47: 567-577.
- Stefán Sigurmundsson 1968: Djúpdæling, Akureyri 9.-21. febrúar og
18.-27. apríl 1968. Jarðhitadeild - Greinargerð (úr dagbók).
- Steinþór Sigurðsson 1941: Nokkrar rannsóknir á náttúru landsins.
Andvari, 66, bls 84-87.

Andvari, 66, bls 84-87.

Trausti Einarsson 1942: Über das Wesen der heissen Quellen Islands. Vísindafélag Íslendinga, rit 26, 91 s.

Porkell Þorkelsson 1920: Undersøgelse af nogle varme kilder på Nord-Island. Det Kgl. Danske Vid. Selsk., Math-fys. Medd. III, 1, 30 s.

Porkell Þorkelsson 1930: Some additional notes on thermal activity in Iceland. Vísindafél. Ísl., Greinar, V., 31 s.

VIÐAUKI A

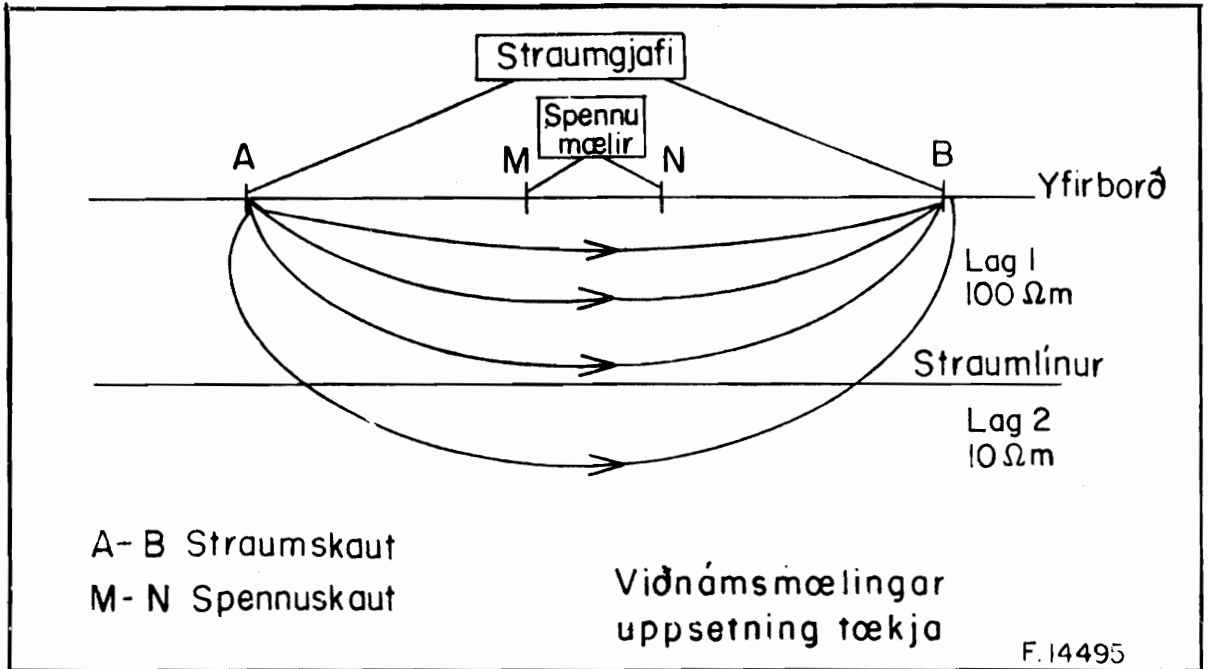
VIÐNÁMSMÆLINGAR

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 náttúrulegar segulsvæiflur eða tilbúnar. Hérlandis 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 meðf. mynd). 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 myndinni. Því lengra bil sem er milli skautanna þeim mun dýpra niður fer straumurinn. Sýndarviðnám er eins konar meðalgildi viðnáms í þeim hluta jarðar sem straumurinn berst um. Á skýringarmyndinni er gert ráð fyrir að jörðin sé gerð úr tveimur viðnámslögum, það efra hefur 100 ohm eðlisviðnám (ohm-metrar, mælieining eðlisviðnáms), það neðra hefur 10 ohm 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 ohm. Þegar fjarlægðin milli straumpóla er orðin mun meiri en þykkt efra lagsins fer straumurinn nær eingöngu eftir því neðra og sýndarviðnámið nálgast 10 ohm (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 lóðréttu vatnsleiðara innan svæðisins.

Til þess leita að vel- eða torleiðandi göngum (sprungum) hefur verið notað sérstakt afbrigði Schlumberger uppsetningar sem kallast viðnámsniðsmæling. 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 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 upp 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 í viðauka B.

Þegar líkangerð er lokið fyrir allar mælilínur eru niðurstöður túlkunar einstakra mælilína bornar saman, og þannig fæst rúmmynd sem er samsett af blokkum með mismunandi viðnámi. Því næst er gert kort sem sýnir legu þessara viðnámsblokka. Á lágheitsvæðum eru vegglega lágviðnámsblokkir merki um vatnsgenga bergganga eða sprungur og borunum beint að þeim. Háviðnámsveggir geta verið þéttir berggengar eða misgengisfletir og virkað sem rennslis-hindranir.

Til að framkvæma viðnámsniðsmælingar 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. Það er oftast á bilinu 250-500 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.

VIÐAUKI B

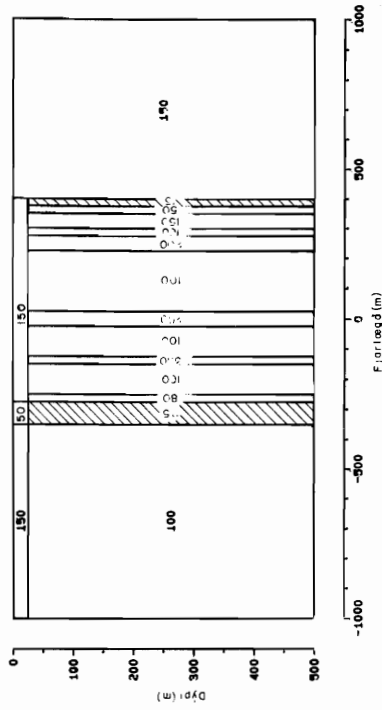
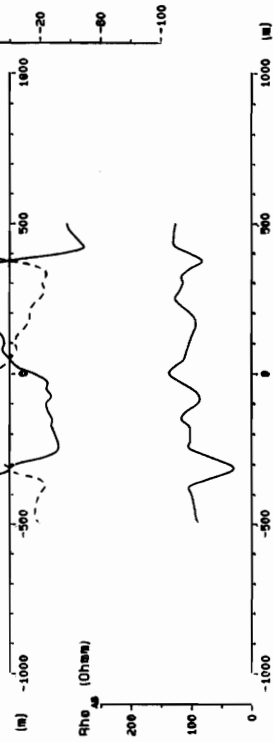
VIÐNÁMSSNIÐSMÆLINGAR:

Einstakar mælingar og túlkun þeirra

JHD-JED-6000 ÖGF
83.11.1664 7/Sy J

GLERÁRDALUR

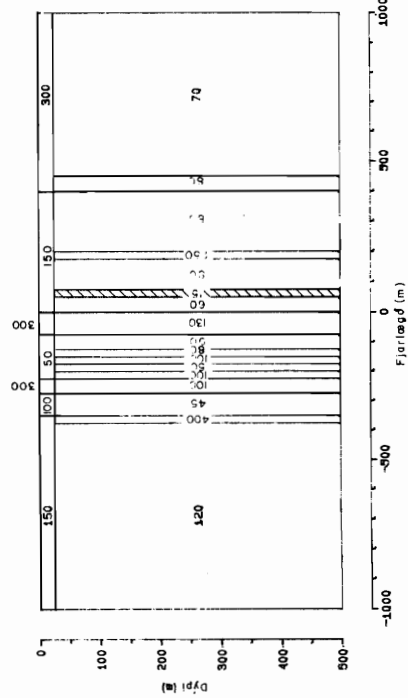
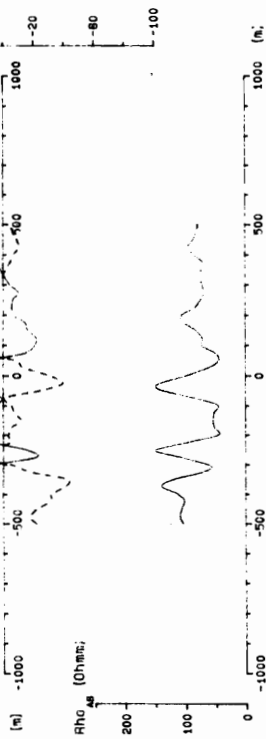
Lína 6. Líkan
AB/2 = 200m MN/2 = 25m
Fjarlægðir vaxa til austurs
AC er austar.
Miðja í 300 m.



JHD-JED-6000 ÖGF
83.11.1667 7/Sy J

GLERÁRDALUR

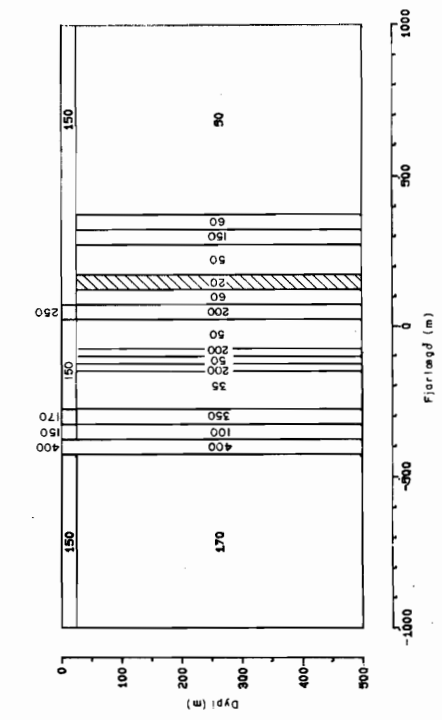
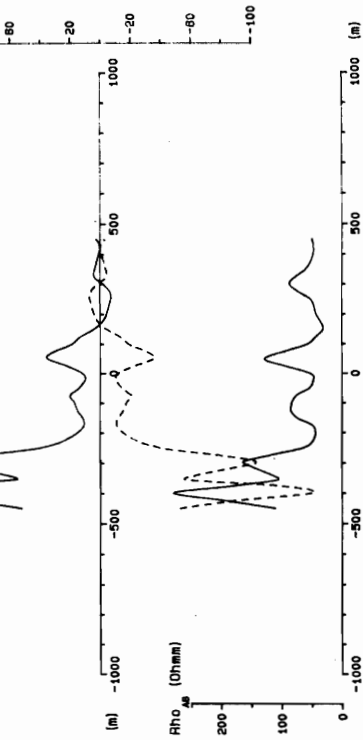
Lína 2. Líkan
AB/2 = 200m MN/2 = 25m
Fjarlægðir vaxa til austurs
AC er austar.
Miðja í 100 m.



1 JND-JED-5000_OGF
83.11.1668 T/Sy.J

GLERÁRDALUR

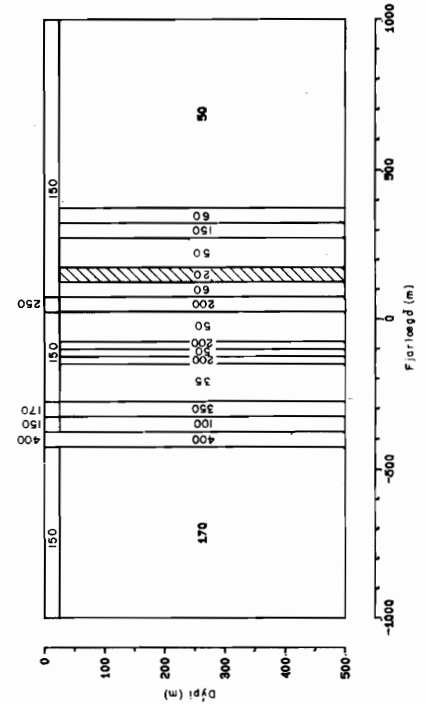
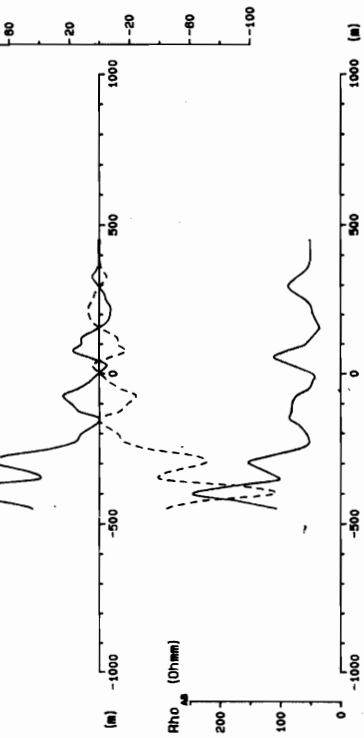
Lína 3. Líkan
AB/2 = 400m MN/2 = 25m
Fjarlægðir vaxa til austurs
AC er austar.
Miðja í 100 m.



1 JND-JED-6000_OGF
83.11.1661 T/Sy.J

GLERÁRDALUR

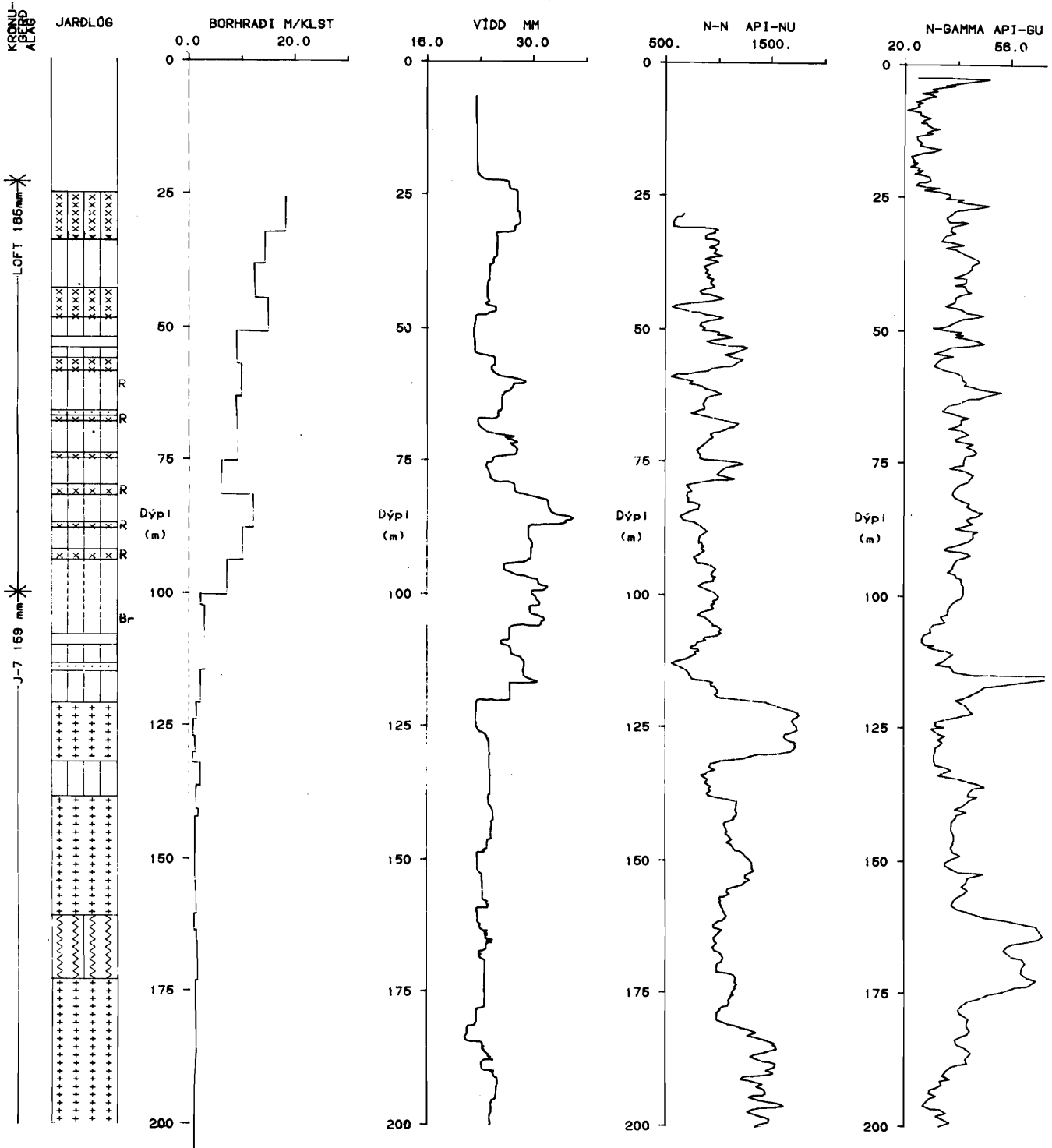
Lína 3. Líkan
AB/2 = 200m MN/2 = 25m
Fjarlægðir vaxa til austurs
AC er austar.
Miðja í 100 m.



VIÐAUKI C

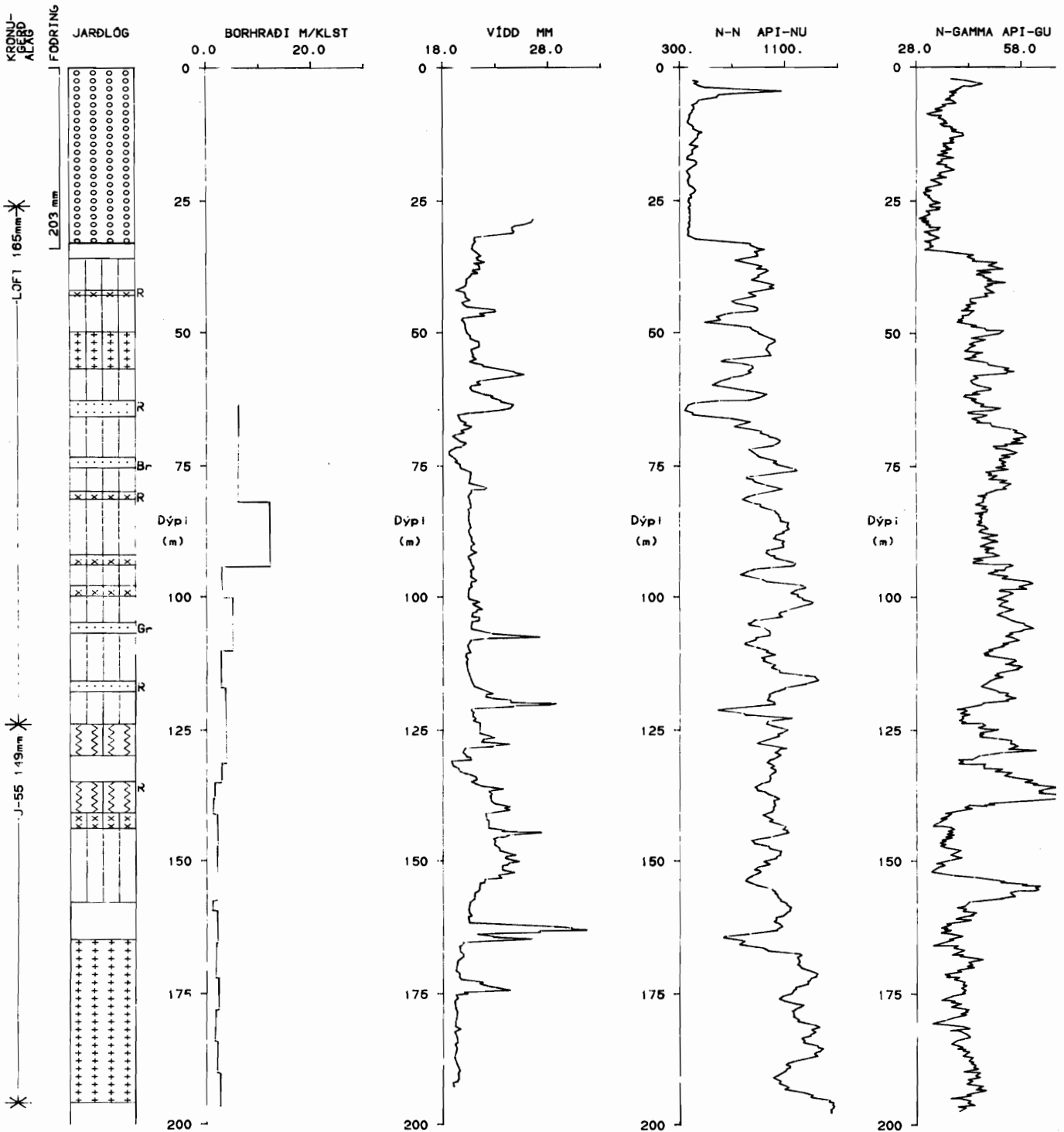
JARÐLAGAMÆLINGAR

GLERÁRGIL HOLA GY-5



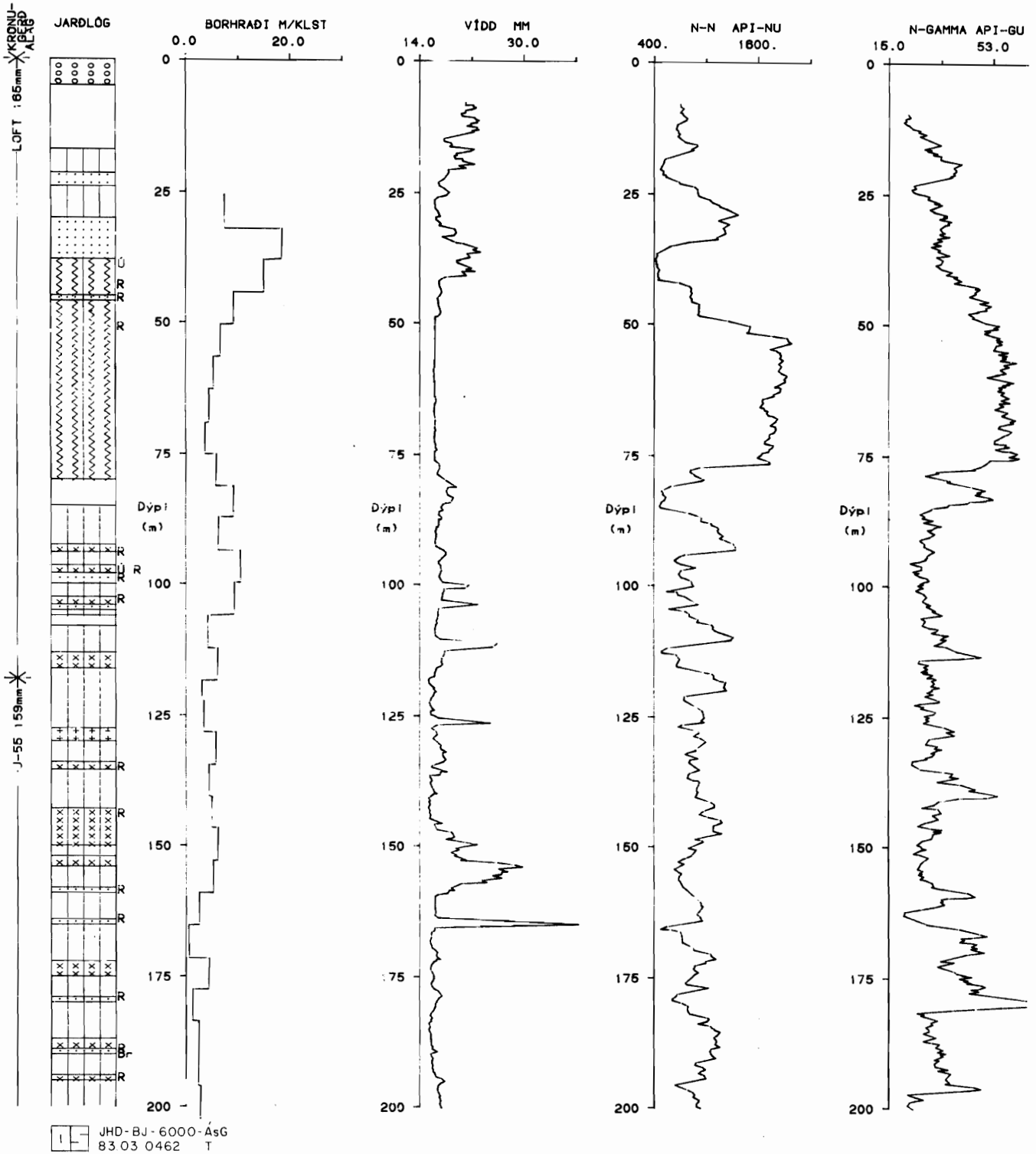
JHD-BJ-6000-Ásg
83 03 0460

GLERÁRDALUR HOLA GÝ-6

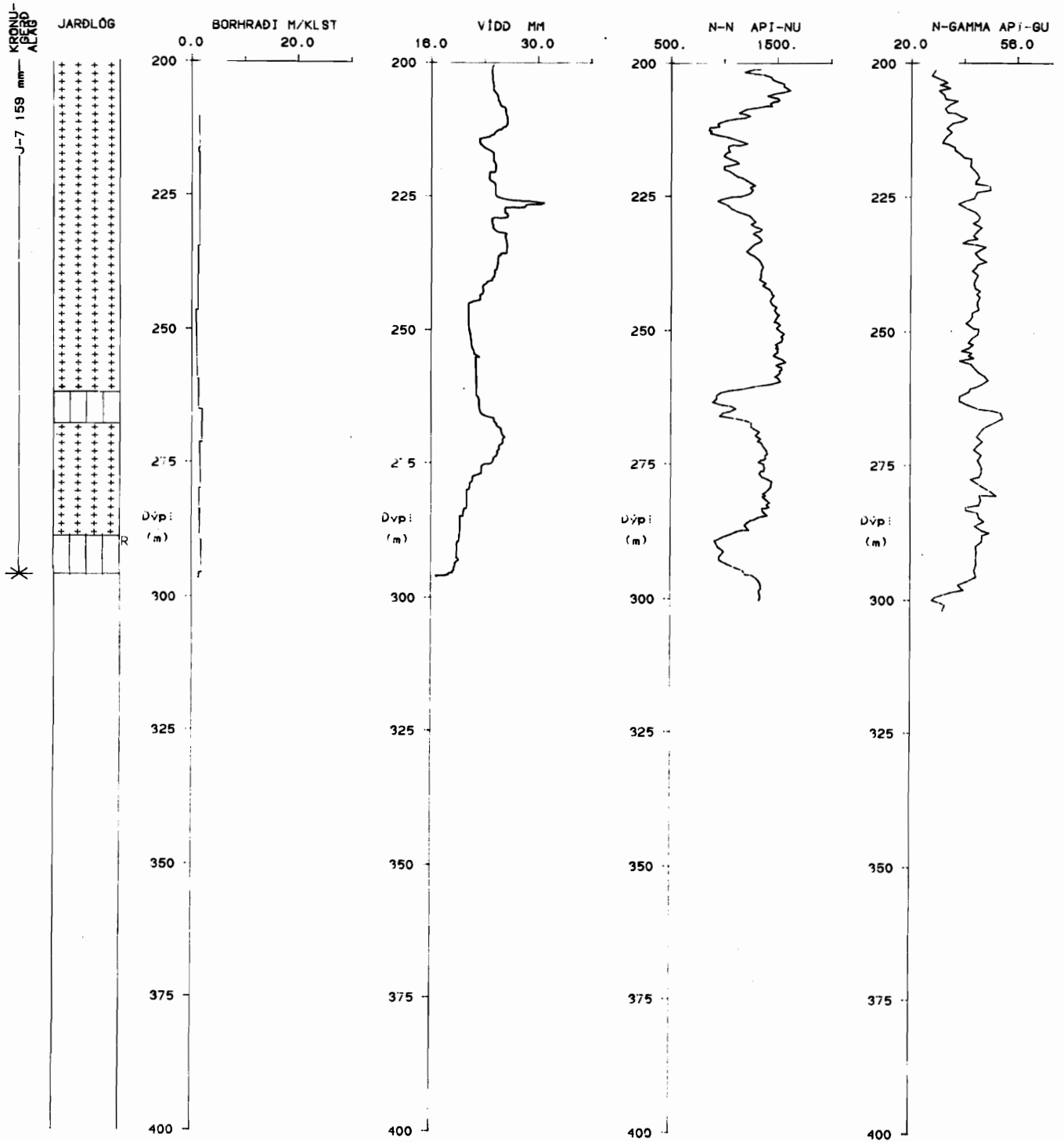


JHD-BJ-6000-ÁsG
83.03.0461 T

GLER'ARDALUR HOLA GY-7

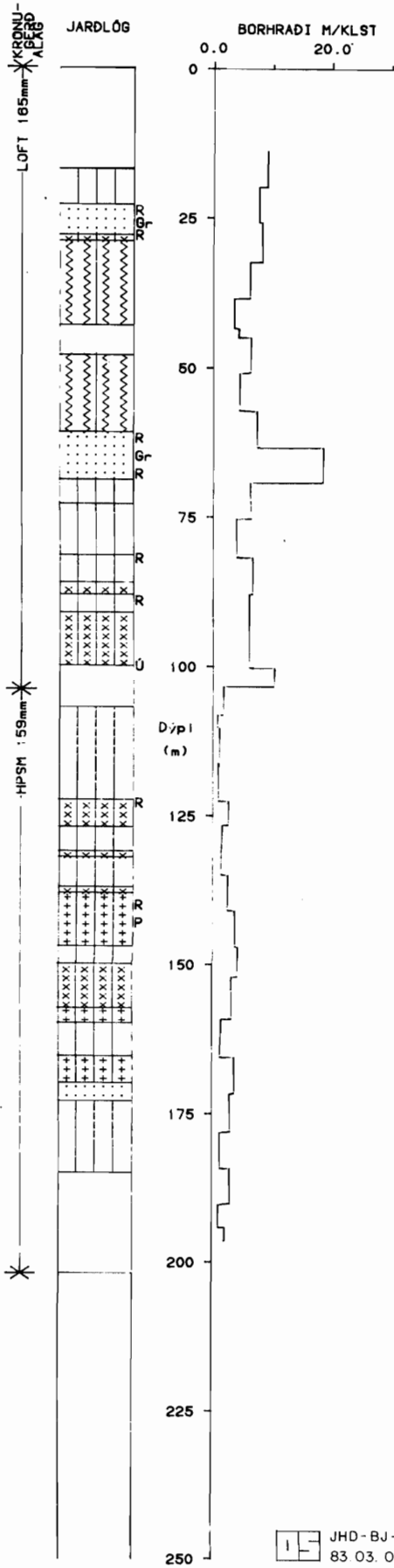


GLERÁRDALUR HOLUR GÝ-5

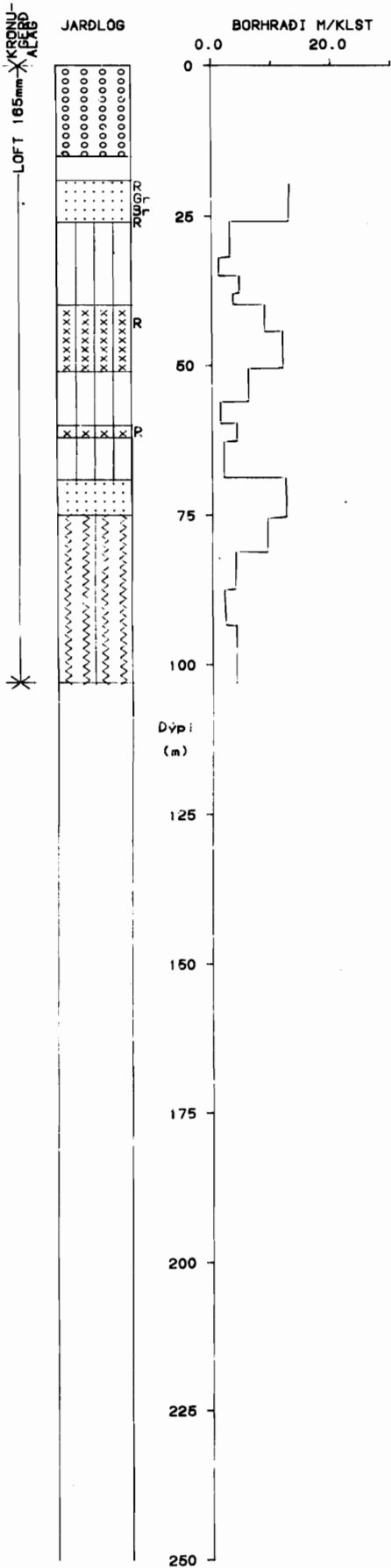


JHD-BJ-6000-Ásg
83 03. 0460

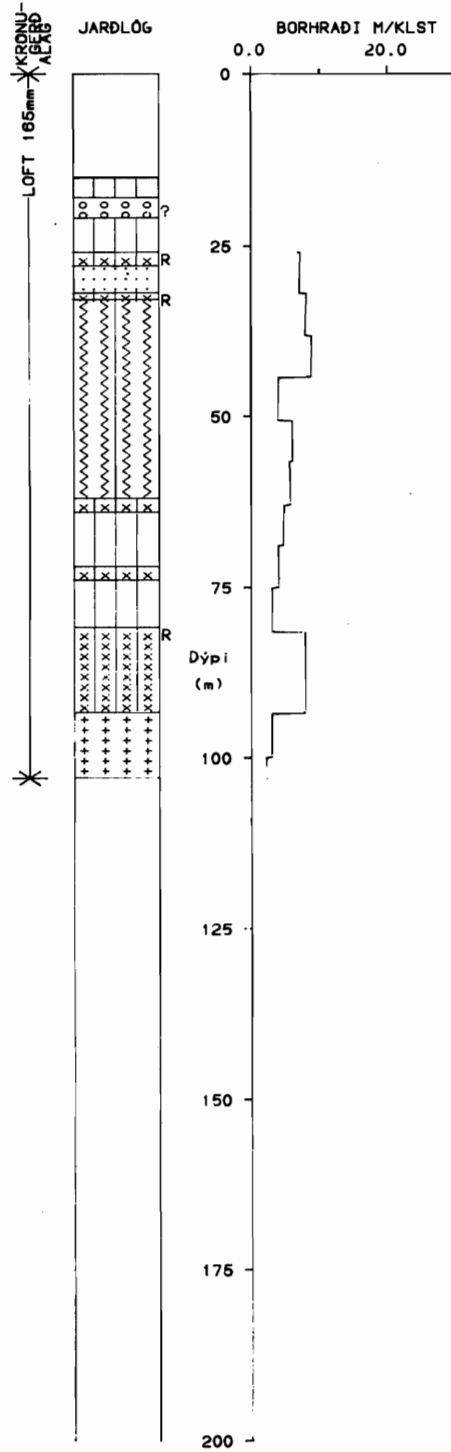
GLERÁRDALUR HOLA GÝ-12



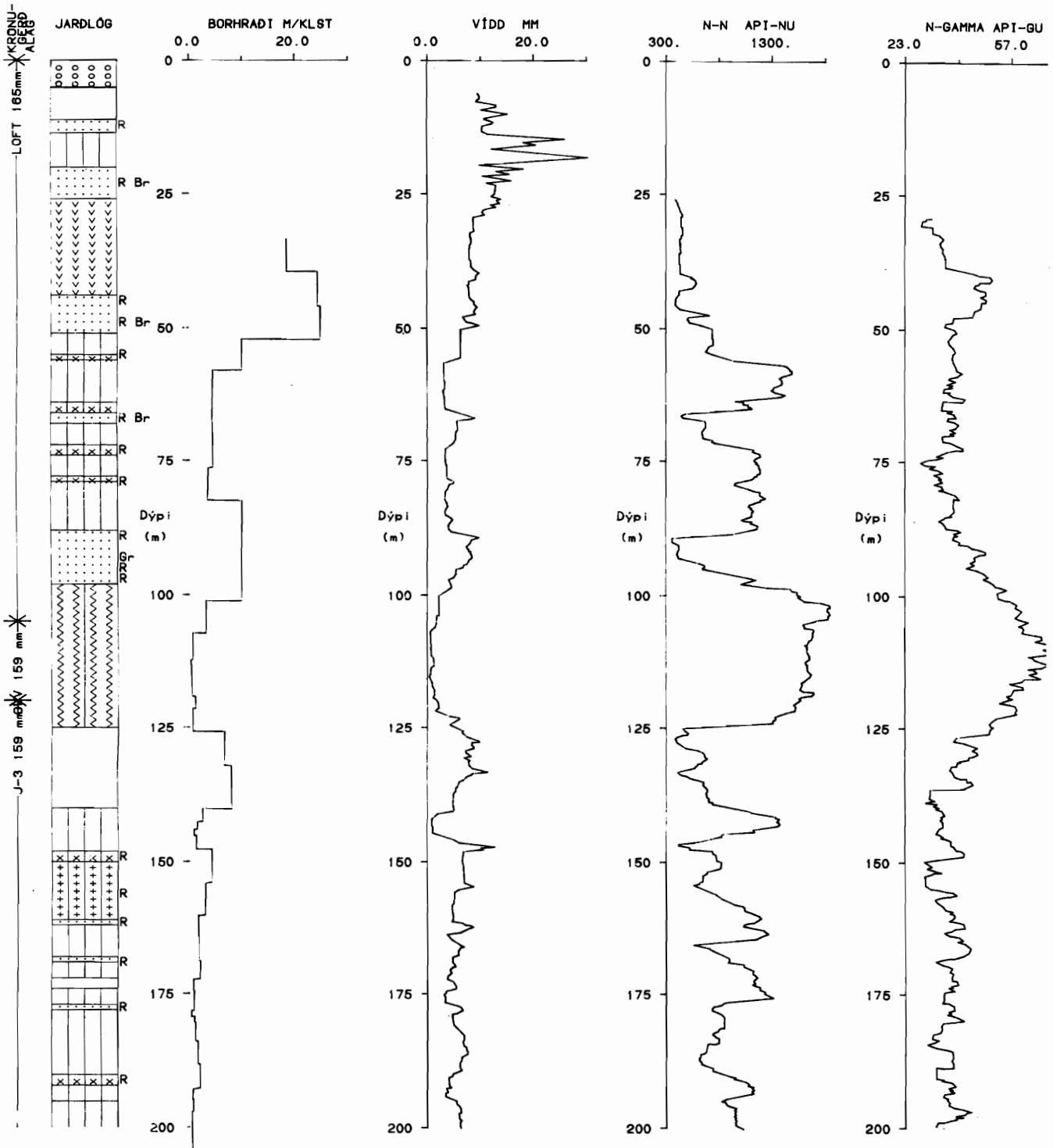
GLERÁRDALUR HOLA GÝ-10



GLERÁRDALUR HOLA GÝ-11



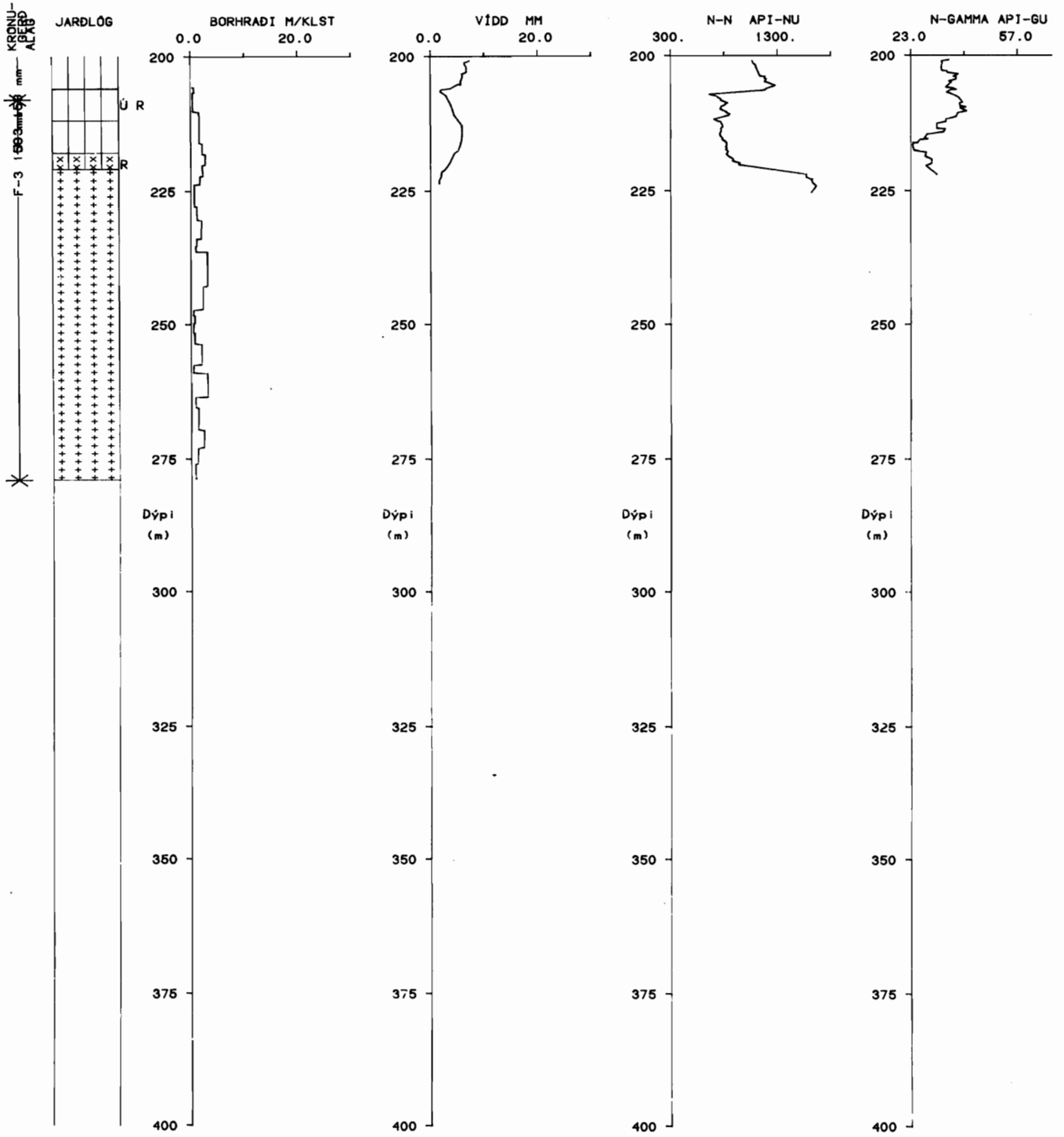
GLERÁRDALUR HOLA GÝ-8



LOFT 165mm * KRONU-GEIG ALKAG
J-3 159 mm * 159 mm *

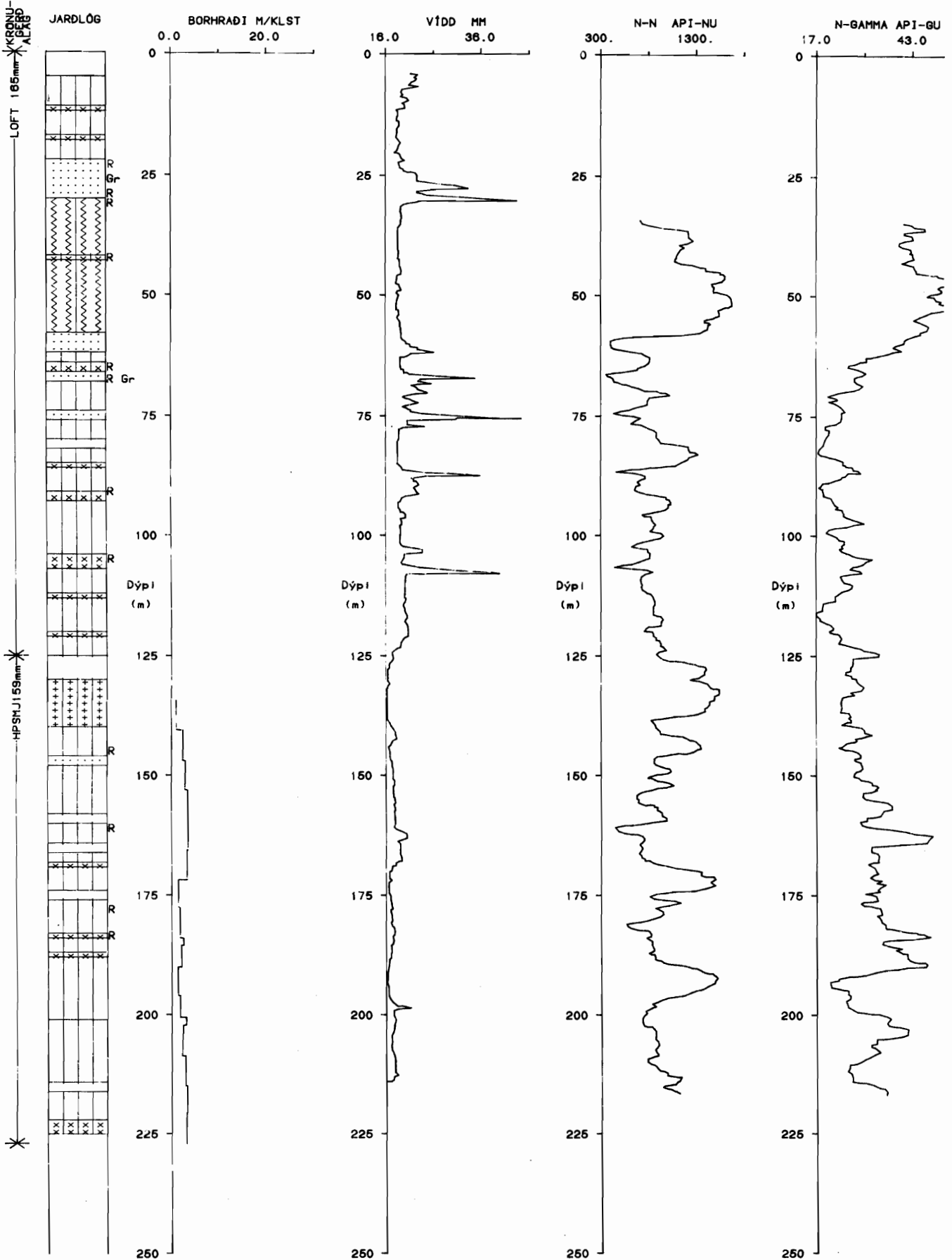
JHD-BJ-6000-ÁsG
83 03 0463

GLERÁRDALUR HOLA GÝ-8

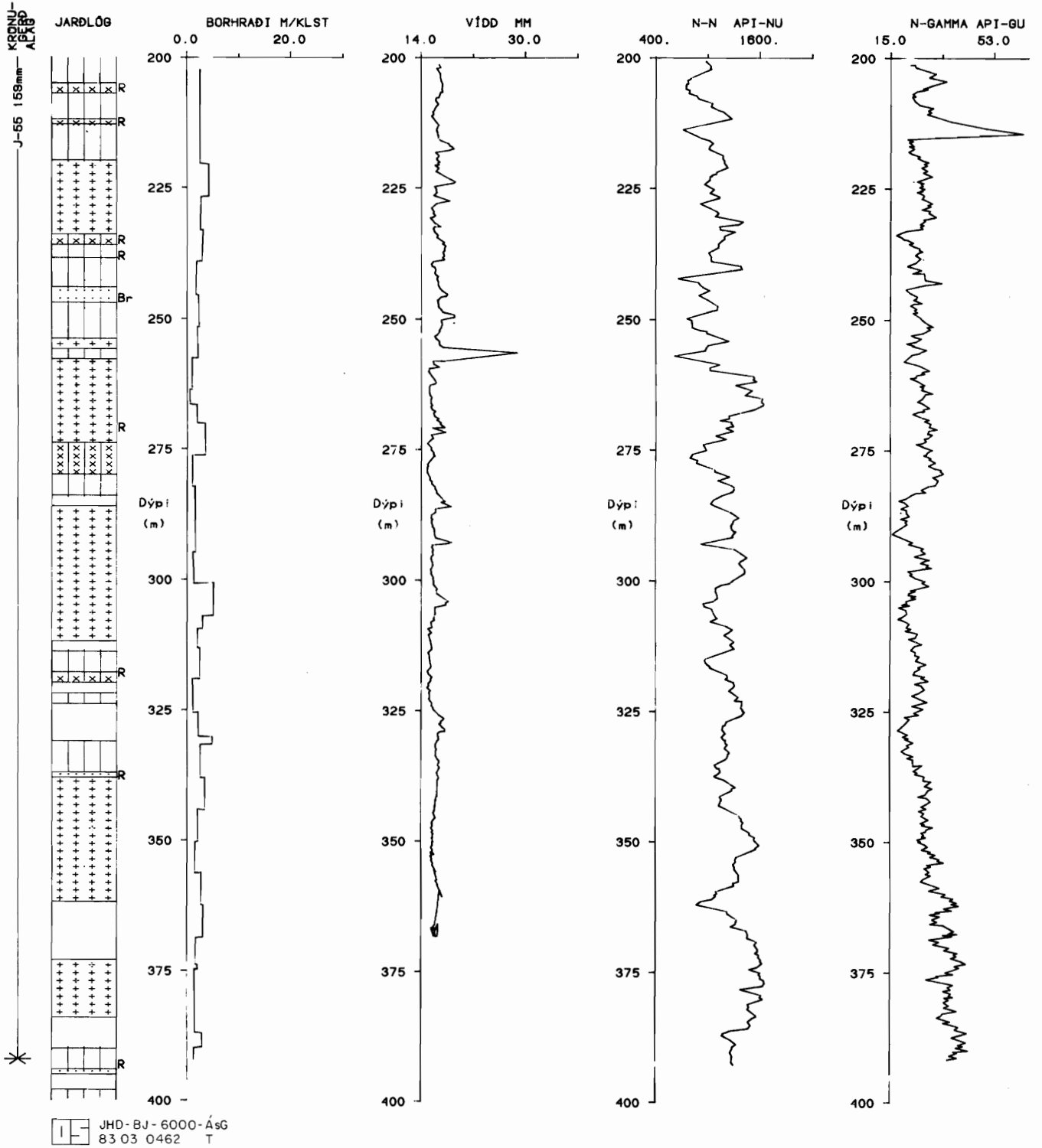


JHD-BJ-6000-ÁsG
83 03 0463 T

GLERÁRDALUR HOLA GÝ-9



GLERÁRDALUR HOLA GÝ-7



VIÐAUKI D

EFNAHITAMÆLAR

SKÝRGREINING NOKKURRA HUGTAKA

Vatnshitastig er mælt hitastig í vatninu þegar sýni er tekið.

Djúphitastig

Djúphitastig er það hitastig, sem fæst með nálgunarreikningi út frá efnasamsetningu vatnssýnis teknu á yfirborði (í laug eða borholu). Miðað er við, að vatnið hafi verið í jafnvægi við berggrunn og hafi ekki hvarfast í uppstreymisrásum og að engin efni hafi fallið út á leiðinni.

Efnahitastig

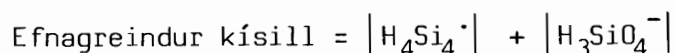
Styrkur og virknihlutfall efna í lausn er háð hitastigi og fyrir sum efni er til kvörðun miðuð við hitastig. Slík kvörðun er ýmist reynslubundin eða byggð á rannsóknarstofutilraunum. Frá mældu magni og hlutfalli slíkra efna í jarðhitavatni má því reikna út djúphitastig vatnsins. Efnahitamælarnir gefa þannig til kynna líklegt vatnshitastig í jarðhitageyminum sem fæðir viðkomandi svæði. Engar ályktanir er hægt að draga um lekt, líklegt dýpi eða aðra staðsetningu jarðhitageymisins frá efnafræðilegum aðferðum eingöngu. Þeir efnahitamælur, sem mest eru notaðir til að reikna út djúphitastig í lághitavatni eru kalsedónhitastig og alkalíhitastig.

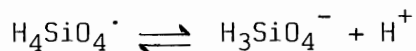
Útreikningur kalsedónhitastigs

Styrkur kísils í jarðhitavatni er mælikvarði á hitastig vatnsins og ræðst hann af uppleysanleika kísilsteinda. Í lághitavatni er miðað við uppleysanleika kísilsteindarinnar kalsedóns. Samband hitastigs og kísils er reiknað út samkvæmt jöfnunni:

$$t^{\circ}\text{C} = \frac{1032}{4,69 - \log \text{SiO}_2} - 273,15 \text{ (Fournier, 1977).}$$

Aðeins sá hluti uppleystrar kísilsýru sem er óklofinn tekur þátt í jafnvægi við kísilsteindirnar. Við útreikning á þeim hluta kísils, sem er óklofinn er stuðst við líkingarnar:





$$K_{\text{H}_4\text{SiO}_4} = \frac{(\text{H}^+) (\text{H}_3\text{SiO}_4^-)}{(\text{H}_4\text{SiO}_4)}$$

$$-\log |\text{H}^+| = \text{pH (sýrustig)}$$

$K_{\text{H}_4\text{SiO}_4}$ = kleyfnistuðull kísilsýru; | | :styrkur; (): virkni; γ : virknistuðull

$$(\text{H}_3\text{SiO}_4^-) = \frac{|\text{H}_3\text{SiO}_4^-|}{\gamma_{\text{H}_3\text{SiO}_4^-}} ; (\text{H}_4\text{SiO}_4) = |\text{H}_4\text{SiO}_4|$$

Notað gildi fyrir kleyfnistuðul kísilsýru er reiknað á sama hátt og í grein Stefáns Arnórssonar o.fl (1983).

Útreikningur alkalíhitastigs

Virknihlutfall Na+ og K+ er miðað beint við hitaháð jafnvægi milli alkalífeldspata (míkróklíns og lágalbíts) í vatni: $\text{KAlSi}_3\text{O}_8 + \text{Na} + \text{NaAl}_3\text{Si}_3\text{O}_8 + \text{K}$ samkvæmt gögnum frá Helgeson (1969). Einnig var reiknað NaK-hitastig í WATCH forriti Orkustofnunar (Hörður Svavarsson, 1981) samkvæmt kvörðun Stefáns Arnórssonar o.fl. (1983):

$$t^\circ\text{C} = \frac{933}{0,993 + \log \text{Na/K}} - 273,15$$

Styrkur Na og K er í mg/kg

Neysluhæfni

Mat á neysluhæfni miðast við það hvort vatnið sé hæft til drykkjar, þvotta og til notkunar í matvælaíðnaði.