

ORKUSTOFNUN – JARÐHITADEILE

ÚTLÁN
Bókasafn Orkustofnunar

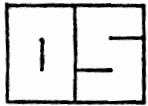
Höfuðborgar- svæði

JARÐHITARANNSÓKNIR 1965-1973



ÓSJHD 7703

FEBRÚAR 1977
HITAVEITA REYKJAVÍKUR



ORKUSTOFNUN – JARÐHITAEILD

Höfuðborgar- svæði

JARÐHITARANNSÓKNIR 1965-1973

JENS TÓMASSON
ÞORSTEINN THORSTEINSSON
HREFNA KRISTMANNSDÓTTIR
INGVAR BIRGIR FRÍÐLEIFSSON

OSJHD 7703

FEBRÚAR 1977
HITAVEITA REYKJAVÍKUR

FORMÁLI.

Skýrsla þessi fjallar um jarðhitarannsóknir á höfuðborgarsvæðinu á árunum 1965-1973.

Árið 1965 hófst nýr áfangi í jarðhitarannsóknum á höfuðborgarsvæðinu með borun hitastigulsholu á Seltjarnarnesi og síðan djúpbörnunum þar.

Árið 1966 var stofnuð samvinnunefnd um jarðhitarannsóknir á höfuðborgarsvæðinu af Reykjavíkurborg, Seltjarnarneshreppi, Kópavogskaupstað, Garðahreppi, Bessastaðahreppi og Hafnarfjarðarbæ. Á árunum 1965-1968 voru boraðar átta 100 m djúpar hitastigulsholur og ein 200 m djúp.

Haustið 1967 var byrjað að bora vinnsluholur á Elliðaársvæðinu.

Í skýrslunni er fjallað um hitastigulsholurnar, djúpbörnun á Seltjarnarnesi og á Elliðaársvæðinu, en einnig er fjallað um jarðeðlisfræðilegar mælingar, einkum viðnámsmælingar, sem gerðar hafa verið á höfuðborgarsvæðinu, aðallega eftir 1971. Áður hefur verið lýst nokkrum hluta þessara viðnámsmælinga í skýrslu um jarðhitaleit í nágrenni Stardals (Ingvar Birgir Friðleifsson og Jens Tómasson, 1972).

Mikill hluti undirbúningsvinnu að skýrslunni fór fram á árunum 1971 - 1973, nema kaflarnir um vatnsstöðumælingar á Seltjarnarness - og Elliðaársvæðum, sem voru skrifaðir 1969 og 1970. Höfundar skýrslunnar eru Jens Tómasson, Þorsteinn Thorsteinsson, Hrefna Kristmannsdóttir og Ingvar Birgir Friðleifsson, og hafa þeir tveir fyrst nefndu unnið að þessum rannsóknum allan tímann frá því að boranir hófust á Elliðaársvæðinu. Þorsteinn var einnig við boranir á Laugarnessvæðinu, sem hófust 1952. Aftan við kaflaheiti í efnisskrá eru upphafsstafir höfunda.

Þessari skýrslu er ætlað tvenns konar hlutverk. Annars vegar að gefa yfirlit yfir stöðu jarðhitarannsóknanna á höfuðborgarsvæðinu eins og þær voru í lok ársins 1973, en hins vegar eiga að varðveitast í skýrslunni flest þau gögn, sem þýðingu hafa fyrir rannsóknirnar. Vonast er til, að hægt verði að nota skýrsluna sem einskönar handbók fyrir rannsóknir á þessu svæði í framtíðinni. Flestum köflunum er því tvískipt þannig að fyrst er almennt yfirlit og ályktanir um það efni, sem kaflinn fjallar um, en seinni hluti kaflans er eins konar gagnasafn. Hluti af efni þessarar skýrslu hefur verið birtur í erlendum ritum. Í sumum þeirra greina eru jafnframt birtar niðurstöður rannsókna, sem gerðar hafa verið eftir 1973 (Jens Tómasson og Hrefna Kristmannsdóttir, 1974. Jens Tómasson o.fl. 1975. Jens Tómasson og Þorsteinn Thorsteinsson, 1975. Ingvar Birgir Friðleifsson, 1975).

EFNISYFIRLI

		bls.
	Formáli	i
1.	ÁGRIP	1
2.	JARÐFRÆÐI <u>IBF</u>	5
2.1	Almenn jarðfræði	5
2.2	Jarðfræði höfuðborgarsvæðisins	6
2.2.1	Myndunarsaga berggrunnisins	6
2.2.2	Jarðlagaskipan	7
2.2.3	Gangar og innskot	9
2.2.4	Sprungur og misgengi	11
2.2.5	Yngri jarðlög	11
3.	VIÐNÁMSMÆLINGAR <u>JT</u>	12
3.1	Almennt yfirlit	12
3.2	Lýsing einstakra mælilína	13
4.	HITASTIGULSHOLUR <u>JT</u>	17
4.1	Yfirlit	17
4.2	Hitastigull	18
4.3	Einstakar holur	20
5.	JARÐHITASVÆÐI Á HÖFUÐBORGARSVÆÐINU <u>JT, IBF, ÞTh</u>	25
5.1	Almennt yfirlit	25
5.2	Rennslislíkan jarðhitavatnsins	26
5.3	Laugarnessvæði	28
6.	JARÐHITASVÆÐI VIÐ ELLIÐAÁR	31
6.1	JARÐFRÆÐI (JARÐLAGASNIÐ OG MYNDBREYTING) <u>JT, HK</u>	31
6.1.1	Greining jarðlaga	31
6.1.2	Jarðlög og jarðlagasnið	34
6.1.3	Myndbreyting	35
6.1.4	Einstakir míneralar	37
6.1.5	Einstakar holur	40
6.2	VATNSÆÐAR OG HITI <u>JT</u>	51
6.2.1	Almennt um vatnsæðar og hita	51
6.2.2	Einstakar holur	52
6.3	ÞRÝSTIPRÓFANIR <u>JT, ÞTh</u>	56
6.3.1	Tilgangur og árangur þrýstiprófana	57
6.3.2	Einstakar þrýstiprófanir	58

	bls.
6.4	EFNA OG ÍSÓTÓPASAMSETNING VATNSINS <u>JT</u> 61
6.4.1	Nýtningarhæfni vatnsins 61
6.4.2	Uppruni vatnsins 61
6.4.3	Önnur uppleyst efni 64
6.5	VATNSSTÖÐUMÆLINGAR Í BORHOLUM VIÐ ELLIÐAÁR <u>ÞTh</u> Í JÚLÍ 1968 - MARS 1969. 74
6.5.1	Inngangur 74
6.5.2	Borholur 76
6.5.3	Vatnsstöðumælingar 76
6.5.4	Úrvinnsla mælinga 77
6.5.5	Loftþyngd og sjávarföll 79
7.	JARÐHITASVÆÐIÐ Á SELTJARNARNESI 80
7.1	JARÐFRÆÐI (JARÐLAGASNIÐ OG MYNDBREYTING) <u>JT, HK</u> 80
7.1.1	Almenn jarðfræði svæðisins 80
7.1.2	Myndbreyting 81
7.1.3	Einstakar holur 83
7.2	VATNSÆÐAR OG HITI <u>JT</u> 87
7.2.1	Einstakar holur 87
7.3	ÞRÝSTIPRÓFANIR <u>JT, ÞTh</u> 91
7.4	EFNA OG ÍSÓTÓPASAMSETNING VATNSINS <u>JT</u> 93
7.4.1	Nýtningarhæfni vatnsins 93
7.4.2	Uppruni vatnsins 93
7.4.3	Önnur uppleyst efni 95
7.5	VATNSSTÖÐUMÆLINGAR Í BORHOLUM <u>ÞTh</u> Á SELTJARNARNESI 1966 - 1969 103
7.5.1	Inngangur 103
7.5.2	Borholur 103
7.5.3	Mælingar 103
7.5.4	Úrvinnsla mælinga 104
7.5.5	Niðurstöður vatnsstöðumælinga 106
	TILVITNANIR 107

T Ö F L U S K R Á

	bls.	
5.1	Efna og ísótópasamsetning jarðvatns	29
5.2	Efnagreiningar úr borholum á Álftanesi	30
6.3.1	Listi yfir þrýstiprófanir	60
6.4.1	Heildarefnagreiningar af Elliðaáarsvæðinu	67
6.4.2	Sýni úr holustút	68
6.4.3	Sýni tekin meðan á borun stóð	70
6.4.4	Djúpsýni	71
6.4.5	Bakrennslisvatn	72
6.4.6	δ-gildi, Cl ⁻ og hiti	73
7.3.1	Listi yfir lengd hveirrar dælingar, magn, þrýsting o.fl.	92
7.4.1	Heildarefnagreiningar frá Seltjarnarnesi	98
7.4.2	Blöndun við skolvatn	99
7.4.3	Sýni úr holustút	100
7.4.4	Djúpsýni	101
7.4.5	δ-gildi, Cl ⁻ og hiti	102

MYNDADKRÁ.

Mynd 2.1	Jarðfræðikort af suð-vesturlandi	Fnr. 12530
" 2.2	Vatnsrennsli í berggrunni við jaðar gosbeltis	" 13786
" 2.3	Þyngdarkort	" 13787
" 2.4	Yfirlitsmynd af Kjalarneseldstöð	" 11753
" 3.1	Staðsetning viðnámsmælinga	" 10525
" 3.2	Viðnámsmælingar	" 10635
" 3.3	Viðnámskort	" 11101
" 4.1	Staðsetning hitastigulshola	" 10605
" 4.2	Hitastigulskort	" 11296
" 4.3.1	Jarðlagaskýringar fyrir higastigulsholur	" 10796
" 4.3.2	Jarðlagasnið og hitamælingar af HS-1 og HS-2	" 10637
" 4.3.3	" " " " HS-3 og HS-4	" 10639
" 4.3.4	" " " " HS-5 og HS-6	" 10640
" 4.3.5	Hitamæling frá holu á Hliði	" 10943
" 4.3.6	Jarðlagasnið og hitamælingar HS-7, HS-8 og HS-9	" 10665
" 4.3.7	" frá holunni við Kaldársel	" 11126
" 4.3.8	Hitamælingar frá holunni við Kaldársel	" 11494
" 4.3.9	Jarðlagasnið og hitamælingar HS-10	" 10638
" 4.3,10	" " " HS-11, HS-12, HS-13	" 10666
" 4.3.11	Hitamæling frá H-20	" 11614
" 4.3.12	Jarðlagasnið og hitamælingar H-38	" 10641
" 4.3.13	" " " H-41	" 10640
" 4.3.14	" " " H-39	" 10644
" 4.3.15	" " " H-37	" 10642
" 4.3.16	" " " H-40	" 10643
" 5.1	Berghiti	" 12739
" 5.2	Ísótópakort af suð-vesturlandi	" 11778
" 5.3	Vatnskerfi höfuðborgarsvæðisins	" 11712
" 5.4	Jarðlagasnið af Laugarnessvæðinu	" 14035
" 6.1.1	Staðsetning borhola og jarðlagasniða á Elliðaáarsvæðinu - loftmynd	
" 6.1.2	Jarðlagasnið B-A	" 10661
" 6.1.3	" C-D	" 10662
" 6.1.4	" B-E-F	" 10663
" 6.1.5	Myndbreytingarbelti	" 14189

Mynd 6.1.6	Leirmínralgerðir	Fnr. 11299
" 6.1.7	Mineralgreining í H-38, H-41	" 13882
" 6.1.8	Mineralgreining í G-26 og G-28	" 13994
" 6.1.9	Mineralgreining í G-33	" 13881
" 6.1.10	Jarðlagasnið G-23	" 8248
" 6.1.11	" G-24	" 8323
" 6.1.12	Jarðlagasnið G-25	" 8521
" 6.1.13	" G-26	" 10059
" 6.1.14	" G-27	" 10060
" 6.1.15	" G-28	" 10038
" 6.1.16	" G-29	" 9934
" 6.1.17	" G-30	" 9901
" 6.1.18	" G-31	" 9935
" 6.1.19	" K-1	" 10444
" 6.1.20	" G-32	Fnr. 9946 og 9947
" 6.1.21	" G-33	" 9948 og 9850
" 6.2.1	Stólpalínurit yfir hita á Elliðaársvæðinu	Fnr. 10562
" 6.2.2	Hitamælingar G-23	" 10587
" 6.2.3	" G-24	" 10624
" 6.2.4	" G-25	" 10588
" 6.2.5	" G-26	" 10593
" 6.2.6	" G-27	" 10594
" 6.2.7	" G-28	" 10595
" 6.2.8	" G-29	" 10625
" 6.2.9	" G-30	" 10627
" 6.2.10	" G-31	" 10626
" 6.2.11	" K-1	" 10596
" 6.2.12	" G-32	" 10597
" 6.2.13	" G-33	" 10598
" 6.3.1	Pakkari og tengistykki milli borstanga og dælu	" 11184
" 6.3.2	Vatnsstöðuhækkun í borholum	" 11186
" 6.3.3	Vatnsstaða í borholum á Elliðaársvæðinu 26.9-6.10'68	" 11185
" 6.5.1	Borholur í Blesugróf og nágrenni	" 8511
" 6.5.2	Borholur við Elliðaár, Skoltap og rennsli	" 8793
" 6.5.3	Borholur við Elliðaár, G-23 - G-26, vatnsmagn	" 8769
" 6.5.4	Borholur við Elliðaár, G-23 - G-26, lækkun vatnsstöðu	" 8767
" 6.5.5	Hola G-23 við Elliðaár, lækkun vatnsstöðu	" 8778

Mynd 6.5.6	Hola G-27 Reykjavík, hækkun vatnsstöðu 23-24.3.69	Fnr.	8792
" 6.5.7	Hola G-27 Reykjavík, vatnsstaða 31.3-3.4.'69	"	8856
" 6.5.8	Borholur við Elliðaár, G-24-H41-G-25- G-27-G-28, lækkun vatnsstöðu	"	8768
" 7.1.1	Staðsetningarkort	"	10161
" 7.1.2	Jarðlagasnið A-B	"	11458
" 7.1.3	Mineralgreining S-3	"	11413
" 7.1.4	" S-4	"	11414
" 7.1.5	Jarðlagasnið í S-1	"	8395
" 7.1.6	" í S-2	"	7830
" 7.1.7	" í S-3	"	10586
" 7.1.8	" í S-4	"	10612
" 7.2.1	Stólpalínurit yfir hita á Seltjarnarnessvæði	"	11441
" 7.2.2	Hitamæling S-1	"	10628
" 7.2.3	" S-2	"	10629
" 7.2.4	" S-3	"	10630
" 7.2.5	" S-4	"	10636
" 7.4.1	Breytingar á hitastigi og klórmagni með tíma í S-4	"	11405
" 7.5.1	Borholur á Seltjarnarnesi	"	8908
" 7.5.2	Holur 1 og 2, vatnsmagn og vatnsstaða	"	8907
" 7.5.3	Hola 1, vatnsmagn og vatnsstaða	"	8905
" 7.5.4	Hola 2, rennsli júlí 1966 - jan. 1968	"	8914
" 7.5.5	Hola A, reiknuð vatnsstaða	"	8917
" 7.5.6	Hola 1, vatnsstaða 7.6.-9.6. 1969	"	8913
" 7.5.7	Hola við Ísbjörn, vatnsstaða 9.6.-13.6.1969	"	8915

1. ÁGRIP.

Á höfuðborgarsvæðinu eru fjögur jarðhitasvæði, á Álftanesi, Seltjarnarnesi, Laugarnesi og við Elliðaár. Þrjú þau síðast nefndu eru nýtt. Einnig eru taldir möguleikar á nýtingu heits vatns í Kópavogsdalnum.

Svæðið er allt í kvarteru bergi, sem yngist til suðausturs. Kvartera bergið er að mestu byggt upp af hraunum og móbergslögum og geta einstök móbergslög verið nokkur hundruð metra þykk. Auk þessara laga eru djúpbergssinnskot nokkuð algeng, og eykst magn þeirra í berggrunninum eftir því sem nær dregur hinni fornu megineldstöð, sem kennd er við Kjalarnes, en rúst megineldstöðvarinnar er í sundunum milli Laugarness og Kjalarness.

Öll nýttu jarðhitasvæðin eru þakin grágrýtishraunum (Reykjavíkurgrágrýtið), sem runnið hafa á síðustu hlýskeyðum ísaldar. Undir grágrýtinu er sjávarset, Elliðavogssetið, og þar fyrir neðan taka við eldri hallandi jarðlög. Jarðhitasvæðin liggja næstum þvert á strikstefnuna, þannig að jarðlögin eru elst á Seltjarnarnesi en yngst á Elliðaársvæðinu.

Með því að tengja saman jarðfræðilega kortlagningu, jarðeðlisfræðilegar mælingar og þær upplýsingar, sem fást með borunum, fást nokkuð heilleg mynd af jarðfræðilegri uppbyggingu svæðisins og dreifingu vatnskerfa í berggrunninum frá Kjalarnesi og suður fyrir Reykjavík. Vegna uppstreymis heits vatns á jarðhitasvæðunum er hitastigullinn þar hár, oftast yfir $200^{\circ}\text{C}/\text{km}$, en á milli þeirra oftast minni en $100^{\circ}\text{C}/\text{km}$. Hitastigulsmælingar í borholum fyrir austan og suðaustan Reykjavík og Hafnarfjörð benda til, að þar sé nokkurra tuga metra þykkt kaldavatnslag, rétt fyrir utan byggðina. Lag þetta þykkar í áttina að gosbeltinu. Í holu við Kaldársel nær þetta kalda lag niður á 750 m dýpi. Þessar niðurstöður eru í samræmi við niðurstöður viðnámsmælinga. Jarðhitasvæðin koma fram sem lágviðnámsvæði. Hátt viðnám mælist hins vegar fyrir austan og suðaustan Reykjavík og Hafnarfjörð og hækkar viðnámið í átt að gosbeltinu.

Jarðlagasnið frá Elliðaár- og Laugarnessvæðunum sýna, að jarðlög eru áþekkt á báðum svæðunum. Þrjú þykkt móbergslög eru í efstu 1000 m, en efsta þykka móbergslagið er á meira dýpi á Elliðaársvæðinu en Laugarnessvæðinu. Þetta er í samræmi við ríkjandi jarðlagahalla, svo vel gæti verið um jafnaldra lög að ræða. Á Seltjarnarnesi er ekki nema eitt þykkt, samfellt móbergslag. Það er nokkuð áþekkt neðsta, þykka móbergslaginu á Elliðaársvæðinu. Reynt hefur verið í grófum dráttum að bera saman jarðlög á jarðhitasvæðunum og jarðlög í Esju. Jarðhitasvæðin eru sennilega aðskilin af ganga- og sprungu-sveimum.

Ummyndun bergs á jarðhitasvæðunum hefur verið rannsökuð og gerður samanburður við ríkjandi hita og myndunarsögu svæðisins. Myndbreytingamíneralar mynda ákveðin belti, sem markast af myndunarhita míneralanna. Ef litið er á myndbreytinguna svæðisbundið, má segja, að myndbreyting á Laugarnessvæðinu og norðvestast á Elliðaársvæðinu sýni meiri hita en nú er á svæðunum vegna fyrri áhrifa Kjalarneseldstöðvarinnar. Á öðrum svæðum er myndbreyting í samræmi við núverandi hitaástand.

Hiti jarðhitavatnsins er háður varmastreymi frá iðrum jarðar og hraða vatnsstreymis í gegnum bergið, sem aftur er háður lekt þess. Lekt bergsins er svo háð m.a. berggerð og magni holufyllinga, en þessir þættir eru beint og óbeint háðir aldri bergsins. Aldur bergsins skiptir því miklu máli fyrir lekt þess. Varmastreymi frá iðrum jarðar eykst í átt að gosbeltinu, en bergið yngist einnig í átt að gosbeltinu og verður poróttara og þar með lekara eftir því sem það yngist. Aukin lekt gerir meira en að vega upp á móti auknu varmastreymi og vatnið í jarðhitakerfunum verður því kaldara eftir því sem austar dregur.

Vatnið á jarðhitasvæðunum er úrkoma, sem sigið hefur niður á mikið dýpi og hitnað þar upp. Með því að mæla hlutfall milli einvetnis og tvívetnis (ísótópa) í úrkomu og jarðhitavatni, og með því að hafa landfræðilegar og jarðfræðilegar aðstæður í huga, er hægt að segja til um, hvar jarðhitavatnið hefur fallið sem úrkoma.

Samanburður á ísótópasamsetningu heita vatnsins, hitaferlum í borholum og jarðfræðilegri legu jarðhitasvæðanna bendir til þess að vatnskerfi svæðanna séu aðskilin og að svæðin hafi mismunandi aðrennsliskerfi. Laugarnes- og Seltjarnarnessvæðin hafa hvort um sig eitt aðrennsliskerfi og eru hitaferlar þeirra eðlilegir með hámarkshita í botni. Heita vatnið er talið hafa runnið um langan veg samsíða gosbeltinu til beggja þessara svæða. Á Elliðaársvæðinu eru hins vegar tvö aðrennsliskerfi og er hitaferillinn viðsnúinn (ekki heitast í botni). Hámarkshitinn þar er á um 600 m dýpi og er heitara vatnið lengra að komið og flýtur ofan á kaldara vatni, sem er með svipaða ísótópasamsetningu og staðbundið grunnvatn. Talið er líklegt að heita vatnið, sem lengra er að komið, renni eftir tiltölulega þröngum rennum samsíða gosbeltinu í gamla berggrunninum. Tvennt gæti afmarkað þessar rennur. Annars vegar sprungu- og gangasveimar og hins vegar þykkir gosmóbergshryggir djúpt grafnir í jarðlagastaflann. Næst gosbeltinu er bergið það ungt, að þar hafa enn ekki myndast samfelld, þétt skil samsíða gosbeltinu. Þar kunna því að vera hringrásarkerfi þvert á gosbeltið. Djúpa vatnskerfið á Elliðaársvæðinu er talið hluti af slíku hringrásarkerfi.

Engin teljandi vandkvæði hafa komið fram við nýtingu heita vatnsins vegna efnasamsetningar þess. Þó er efnasamsetning heita vatnsins á Seltjarnarnessvæðinu lökust vegna seltu og er vatnið á mörkum þess að vera nothæft til upphitunar húsa án varmaskipta.

Undanfarin ár hefur náðst mikill árangur við að örva vatnsgæfni borhola með því að dæla með borðælum með háum þrýstingi í vatnsæðar, sem finnast í holum við borun. Hefur vatnsgæfni sumra hola verið a.m.k. fimmfölduð með þessu móti. Aðferð þessi hefur verið þróuð hér á landi, og þá einkum við boranir í Reykjavík og Mosfellssveit. Þegar borað var á Elliðaársvæðinu voru þrýstiprófanir á byrjunarstigi. Nokkrar holur voru þrýstiprófaðar, en árangurinn varð ekki mikill. Allgóð reynsla var komin á þrýstiprófanir, þegar holur S-3 og S-4 á Seltjarnarnesi voru boraðar, og náðist góður árangur við að örva vatnsrennsli í þeim. Telja má víst að umtalsverður árangur hefði náðst með örvandi aðgerðum á Elliðaársvæðinu, ef allar holur hefðu verið þrýstiprófaðar, og þrýstiprófunartæknin verið jafn þróuð og nú.

Á Seltjarnarnesi eru tvær holur virkjaðar og má dæla um 60 l/s af um 110°C heitu vatni úr þeim. Vinnslu er hægt að auka með auknum borunum. Því fer fjarri, að komið sé nærri afkastagetu svæðisins.

Á Laugarnessvæðinu er nú mögulegt að dæla um 280 l/s, en frá því borunum lauk hafa 3 holur eyðilagst. Upprunaleg vinnslugeta við lok borana var 330 l/s og þoldi svæðið þá vinnslu yfir köldustu mánuðina. Athuganir á dýpstu holunni gefa til kynna, að í djúpu vatnskerfi neðan við þau vatnskerfi, sem nú eru nýtt, megi vinna a.m.k. 140-160 l/s. Hitinn í því vatnskerfi er hærri en 140°C. Þetta þýðir að auka má vinnslugetuna um 200 l/s með nýjum 3 km djúpum holum.

Á Elliðaársvæðinu er núverandi vinnslugeta um 170 l/s af um 100°C heitu vatni. Þessa vinnslu má auka um a.m.k. 40-50 l/s og hefur ein hola verið staðsett norðaustur af núverandi vinnslusvæði. Auk þess er líklegt að fá megi aukið vatnsmagn með dýpri borunum, en dýpsta holan á svæðinu er aðeins 1647 m. Talið er mjög líklegt að dýpri holur myndu auka vinnslugetu svæðisins töluvert, en ekki er hægt að geta sér til um stærðargráðu á þeirri aukningu fyrr en búid er að bora 1-2 djúpar holur á svæðinu.

Einnig er líklegt að með því að dýpka og þrýstiprófa holu G-33 í Smálöndum megi gera hana nýtanlega sem vinnsluholu. Þessi hola er ekki í neinum tengslum við núverandi vinnslusvæði, og kann því hér að vera vísbending um nýtt vinnslusvæði.

Af framangreindu má sjá, að enn eru miklir möguleikar á aukinni vinnslu á jarðhitavatni á höfuðborgarsvæðinu, bæði á svæðum, sem ekki er farið að nýta, einkum á Álftanesi, en einnig með dýpri borunum á svæðum, sem þegar eru nýtt. Hingað til hefur aðeins verið hægt að bora niður á um 2 km dýpi með Gufubor ríkisins og Reykjavíkurborgar. En með tilkomu hins nýja djúpbors, Jötuns, sem kemst niður í 3,5 km, aukast verulega möguleikar á nýtingu djúpra vatnskerfa.

2. JARÐFRÆÐI.

2.1 Almenn jarðfræði.

Berggrunnur Íslands er að langmestu leyti úr basalhraunum og innskotum, minna er af móbergi og miklu minna af seti (algengast móbergsset). Eftir aldri skiptist bergið í tertíer, kvarter og nútíma lög. Þvert í gegnum landið liggur gosbelti og er gosbeltið tvískipt á sunnanverðu landinu. Höfuðborgarsvæðið stendur vestan vestara gosbeltisins (sjá mynd 2.1). Yngsta bergið er í gosbeltunum og eldist bergið úr frá þeim til beggja handa. Í gosbeltunum er mest af móbergi og hraunum, samsíða þeim eru allbreiðar ræmur af kvarteru bergi, móbergi og hraunum, en þar utan við er síðan tertíert berg (sjá mynd 2.1), sem er að mestu hraun.

Samkvæmt plötukeningunni (sjá t.d. Guðmundur Pálmason og Kristján Sæmundsson, 1974), sem gjörbreytt hefur hugmyndum um uppbyggingu jarðskorpunnar, skipta gosbeltin landinu í tvær plötur, sem færast hvor frá annarri um 1 cm á ári í hvora átt. Bilið á milli platanna fyllist jafnóðum af gosbergi og er upphleðsla gosefna bundin við þessi mót plötujaðrana. Nýja gosbergið rekur síðan út frá gosbeltinu, fær halla inn að gosbeltinu, og eldist bergið því jafnt og þétt frá gosbeltinu. Varmaframleiðslan er mest í gosbeltinu, en minnkar mjög þegar kemur út í kvartera og tertíera bergið.

Lagskiptingu berggrunnins má best kanna með jarðsveiflumælingum. Guðmundur Pálmason (1971) hefur rannsakað berggrunn Íslands með þeirri aðferð. Jarðskorpan undir landinu er lagskipt með tilliti til bylgjuhraða og eykst bylgjuhraðinn eftir því sem lögin liggja dýpra. Lægsti bylgjuhraðinn er í lagi 0, en það mynda yfirborðsbergglög, sem eru tiltölulega laus í sér og er lagið bundið við gosbeltin þar sem lítið rof hefur átt sér stað. Lag 1 er úr hraunum og móbergi eins og finnst á yfirborði utan gosbeltanna. Lag 2 er úr ummynduðum, holufylltum hraunum, sem hafa grafist djúpt í jarðlagastafllann, en lagið kemur fram á yfirborði þar sem mest er rofið á Austfjörðum. Lag 3 hefur hvergi fundist á yfirborði, en talið er líklegt að það sé að mestu úr innskotum en eitthvað af mjög ummynduðu bergi á milli innskotanna ofantil í laginu. Á höfuðborgarsvæðinu er lag 3 á 2.5 - 3 km dýpi, en það kemur nær yfirborði í kjarna megineldstöðvanna í Kollafirði og Stardal.

Líklegt er talið, að berggrunnurinn sé meira og minna vatnsgengur niður á 3-5 km dýpi, eða niður á lag 3, sem er sennilega að mestu myndað úr ógegndræpum innskotum (sjá mynd 2.2).

Bergið næst ofan við þetta þetta lag er talsvert mikið ummyndað (lag 2) þannig að vatnsrennsli er bundið við lög með háu poruhlutfalli en á milli þeirra eru alveg þétt og nær ógegndræp lög. Ummyndun minnkar eftir því sem ofar dregur í jarðlagastaflanum (lag 1) og þar kemur, að kalt grunnvatn á greiðan gang um bergið (lag 0). Ekki er að vænta virkjanlegs jarðhita í þessu gegndræpa og því kalda, ferska bergi (hér eru undanskilin háhitasvæðin). Í ummyndaða berginu má á talsverðu dýpi vænta heits vatns í öllu vatnsgengu bergi, sem er nægilega einangrað frá köldu yfirborðsvatni. Samkvæmt þessu má fá heitt vatn hvar sem er í vatnsgengum en einangruðum jarðmyndunum í ummyndaða berginu ofan við lag 3.

2.2 Jarðfræði höfuðborgarsvæðisins.

2.2.1 Myndunarsaga berggrunnins.

Aðalatriðin í myndunarsögu berggrunn höfuðborgarsvæðisins má lesa í Esju, á láglandinu vestan og sunnan fjallsins, í Viðey og á ströndinni við Sundin. Berggrunnur höfuðborgarsvæðisins er allur myndaður á kvartertíma og er því yngri en 3 milljón ára. Jarðlögum hallar yfirleitt til suðausturs og kemur því elsta bergið fram norðvestast, en jarðlagastaflinn yngist til suðausturs.

Á kvartertímanum skiptust á jökulskeið og hlýskeið. Skeiðin voru mismikil, en að jafnaði virðast jökulskeiðin hafa komið með um 100 000 ára millibili. Á jökulskeiðunum var allt land hulið þykkum ís. Við eldsumbrot undir ísnum hlóðust upp móbergsfjöll yfir gosrásum. Skriðjökklar mótuðu landslagið væntanlega mikið. Þegar jöklarnir hopuðu mynduðust jökulurðir og sandkenndar leirur á flatlendi, en yfir það gnæfðu úfin móbergsfjöll. Á hlýskeiðum runnu hraun yfir flatlendið og náðu stundum að fylla dalina á milli móbergsfjallanna. Þannig hlóðst upp jarðlagastaflir þar sem skiptast á þykkar móbergs- hrúgur og hraunlagabelti.

Oft skiptu móbergsfjöllin landinu í reiti þannig að t.d. hraun frá eldvarpi sunnan fjalls gat ekki runnið norður fyrir fjallið. Ef langt hlé varð á gosvirkni í einum dal gat framburður lækja myndað móbergsset við rætur móbergsfjallsins á sama tíma og hraun brunnu í næsta dal. Í jarðlagastaflanum er því að finna þunnar "greinar" af móbergsseti, sem þykkna í áttina að gildum "stofnum" (fjöllum) úr gosmóbergi.

Á svæðinu frá Hvalfirði og austur fyrir Skálafell í Kjósarsýslu var eldvirknin stöðug í rúmlega eina milljón ára. Á þessum tíma voru að minnsta kosti 10 jökulskeið. Gosvirknin var tvíþætt; annars vegar voru flæðigos úr sprungum og dyngjum líkt og á Reykjanesi síðustu árþúsundin, en hins vegar megineldstöðvar líkar Hengilssvæðinu og Öskju í Dyngjufjöllum. Í megineldstöðvum eru eldgos mun tíðari en annars staðar í gosbeltinu. Hvert eldgos hefur að minnsta kosti einn aðfærslugang. Berggrunnurinn undir megineldstöðvum einkennist því öðru fremur af mjög þéttu neti ganga. Á Esjusvæðinu voru tvær megineldstöðvar og eru þær nefndar eftir Kjalarnesi og Stardal. Auk ganganna einkennast þessar tvær eldstöðvar af stórum innskotseitlum, sem hafa troðist upp í móbergs- og hraunabeltin í jarðlagastaflanum. Kjalarneseldstöðin er eldri og mun stærri en Stardalseldstöðin. Stardalseldstöðin er ofar í jarðlagastaflanum (yngri) en jarðlögin í borholum í Reykjavík, sem skýrsla þessi fjallar aðallega um, og er eldstöðinni því ekki lýst hér. Mörg atriði í túlkun á Kjalarneseldstöðinni byggja þó á samanburði við Stardalseldstöðina, sem er mun minna rofin.

2.2.2 Jarðlagaskipan.

Kjalarneseldstöðin er nær algjörlega rofin niður fyrir sjávarmál og sér aðeins í jaðra hennar á Kjalarnesi, á ströndinni þaðan að Mógilsá, í Viðey og við Sundin. Berggrunninn utan eldstöðvarinnar má hins vegar kanna á Hvalfjarðarströnd, í Esju og í borholum í Reykjavík. Í jarðlagastafla Esju eru a.m.k. fjögur þykk móbergslæg (merki um jökulskeið) frá þeim tíma, sem Kjalarneseldstöðin er talin hafa verið virk. Neðar í jarðlagastaflanum er vitað um fjögur jökulskeið; þunn jökulbergslæg frá tveimur afri skeiðunum er að finna á Hvalfjarðarströnd við rætur

Eyrarfjalls í Kjós (Sigríður Friðriksdóttir og fleiri, 1972), en neðsta jökulbergslagið er að finna í toppi Akrafjalls (Hjalte Franzson, munnlegar upplýsingar). Öll þessi jökulbergslög hafa verið rakin upp í Borgarfjörð (Kristján Sæmundsson, munnlegar upplýsingar).

Samanburður á jarðlagaskipan Esju og berggrunnsins undir Reykjavík er enn á frumstigi og hafa aðeins verið borin saman gróf jarðlagasnið, en nákvæmur bergfræðilegur samanburður er í undirbúningi. Í fljótu bragði virðast lögin koma nokkuð vel heim og saman. Í borholum á Seltjarnarnesi kemur fram eitt þykkt móbergslag M (sjá mynd 7.1.2), sem hugsanlega svarar til móbergseininga 4 og 7 í Esju (Ingvar Birgir Friðleifsson, 1973). Norðantil í Esju eru þessi lög aðskilin með hraunum, en sameinast í suðvesturhluta Esju (móbergseining 4 myndaði þar fjall og runnu hrauneiningar 5 og 6 upp að því úr norðri, en kaffærðu það ekki og hlóðst því móbergseining 7 beint ofan á móbergseiningu 4 suðaustantil). Neðan við móbergslagið M á Seltjarnarnesi er þóleít basalt BP, sem ef til vill svarar til þóleíthrauneiningar 3 í Esju, en þessi eining er talin fyrsti gosfasinn í Kjalarneseldstöðinni. Þetta gæti skýrt hversu þykk eining BP₁ er á Seltjarnarnesi. Neðan við BP₁ er ólivínþóleít einnig BÓ, sem svarar til einingar 2 í Esju. Þar fyrir neðan er myndbreytt (hraun) og ferskt (gangar) þóleít basalt BP₂ sem hugsanlega svarar til einingar 1 í Esju. Ef þessi tenging er rétt ætti berg í einingu BS á Seltjarnarnesi (sjá mynd 7.1.2) að hafa öfuga segulstefnu, en einingar M, BP₁, BÓ og BP₂ rétta segulstefnu. Til að kanna þetta þarf að taka kjarnabúta úr þessum lögum til segulmælinga. Ekki verður í þessum kafla reynt að tengja jarðlög á milli Seltjarnarness - og Elliðaársvæðisins, en vel kemur til greina að tengja móbergseiningu M-1 á Elliðaársvæðinu (sjá mynd 6.1.2) við Esju einingu 12.

Þykkt móbergslaganna í jarðlagastaflanum er mjög mismunandi og fer þykkt og lögun eftir fjölda gosa, magni gosefna, lögun gosopa og rofi. Flestar móbergseiningarnar þykkna inn að Kjalarneseldstöðinni, því þar var gosvirknin mest. Meginhluti móbergsins í hverri einingu er gosmóberg, en oft eru kragar af niðurmuldu og endursetnu móbergi neðarlega í hlíðum móbergsfjallanna. Eldstöðin hefur gnæft yfir láglendið umhverfis, eins og títt er um megineldstöðvar. Eiginleg jökulbergslög eru fá og yfirleitt þunn innan þessa gamal fjalllendis. Setmyndanir eru yfirleitt staðbundnar.

2.2.3 Gangar og innskot.

Í kjarna Kjalarneseldstöðvarinnar er mikill fjöldi ganga og innskota. Innskotin eru þéttari og eðlisþyngri en móbergið og hraunin, sem þau hafa troðist inn í, og skapa þau sterkt, jákvætt þyngdarfrávik (Bouguer), sem markar útlínur eldstöðvakjarnans greinilega (mynd 2.3).

Innskotavirkni í Kjalarneseldstöðinni má skipta í þrjá meginfasa (mynd 2.4):

- I. Elstu gangarnir í berggrunninum norðan eldstöðvarinnar stefna N25°A. Þeim keilugöngum, sem sjást, hallar inn að Kjalarnesi. Þessum fasa lauk með því að mjög stór innskot tróðust upp í berggrunninn á Kjalarnesi og væntanlega víðar í vestanverðri eldstöðinni.
- II. Eftir þetta breyttist stefna ganga í um N40°A. Fyrstu eldgosin, sem tengja má af nokkru öryggi við þessa gangastefnu tilheyra móbergseiningu 10 í Esju, sem hugsanlega svarar til móbergseiningar M-2 á Elliðaáarsvæðinu. Þéttur gangasveimur (20% bergsins eru gangar) teygðist norður úr eldstöðinni á móts við bæinn Skrauthóla á Kjalarnesi. Gangarnir eru taldir aðfærslugangar fyrir einingar 11, 12 og 13 í Esju. Ekki er ólíklegt að gangasveimurinn hafi náð þvert yfir eldstöðina. Ef hann hefur legið á beinni línu myndi hann fara um Reykjavíkurbæ og Mela. Athyglisvert er, að einmitt á því svæði eru óvatnsgeng skil á milli jarðhitasvæðanna á Seltjarnarnesi og í Laugarnesi (mynd 5.2).
- III. Á eftir lóðréttu göngunum komu keilugangar með halla að mynni Kollafjarðar. Þessum fasa lauk með því að mjög stór innskot, sem nefna má Þverfellsinnskot, tróðust upp í berggrunninn og eru stærstu innskotseitlarnir í Leiðhömrum, Þverfelli, í giljunum hjá Esjubergi og í Lauganípu. Þessi innskot eru talin jaðarinnskot eldstöðvarinnar og eru væntanlega enn stærri innskot undir sjávarmáli á milli Kollafjarðar og Laugarness. Ekki er vitað hvort innskotin í Viðey hafi verið samtíma Þverfellsinnskotunum. Líta má á keilugangana og Kjalarnesinnskotin annars vegar og keilugangana og Þverfellsinnskotin hins vegar sem innskotamiðstöðvar (intrusive centres), en þær eru tengdar

eins og samvaxnir tvíburar. Hugsanlegt er að þriðja innskotamiðstöðin sé í berggrunninum suðaustan Viðeyjar, og myndu innskotin í borholum á Elliðaársvæðinu vera jaðarinnskot hennar. Innskotamiðstöðvarnar mynda sameiginlega þyngdarfráviknið, sem sýnt er á mynd 2.3 en þyngdarsviðið er teiknað eftir korti Trausta Einarssonar (1954).

Í Esju hefur komið í ljós, að innskotin eru ekki jafnt dreifð í jarðlagastaflanum heldur hafa stærstu innskotseitlamir troðist inn í móbergslögin, en í hraunasyrpunum eru innskotin miklu minni um sig og reglulegri að lögun. Þetta er skýrt með því að móbergið er linara og springur miklu óreglulegar en hraunlögin. Bergkvika, sem þrýstist upp þrönga sprungu í hraunlagastafla, getur allt eins troðist út lárétt, þegar kemur upp í óreglulega sprungið móberg, eins og að troðast upp í gegnum það, ef þrýstingur af völdum jarðlagafargs er ekki of mikill (þ.e. á litlu dýpi). Þessi fylgni móbergs og stórra innskotseitla kemur greinilega fram í holum G-32 og G-24 á Elliðaársvæðinu (sjá kafla 6.1.2).

Telja má víst, að dreifing innskota í berggrunni höfuðborgarsvæðisins hefur mikla þýðingu fyrir dreifingu virkjanlegs heits vatns í berggrunninum. Poruhluti móbergs er mun hærri en hrauna og er því að öðru jöfnu mun meira vatnsmagn í móberginu. Reynsla við boranir í Reykjavík og Mosfellssveit hefur sýnt, að góðar vatnsæðar eru oft á lagamótum. Innskotin mynda mörg og óregluleg lagamót í hrauna- og móbergsstaflanum. Þegar innskotin troðast inn í jarðlögin myndast sprungur, sem vafalítið eru gegndræpar. Þannig mynda innskotin á tvennan hátt "lek" hólf, sem ekki væri að finna í ótrufluðum berggrunni. Hvað virkjanlegt vatnsmagn snertir er væntanlega hagkvæmara að hafa fleiri slík "lek" hólf í þeirri myndun, sem inniheldur meira vatn, þ.e. móberginu. Poruhluti innskotanna sjálfra er venjulega mjög lágur, en þó geta verið í þeim mjög lekar sprungur. Sprungur í stórum innskotum eru væntanlega lekari en samsvarandi sprungur í móbergi og hraunum vegna þess hver hrjúft brotsárið er í grófkornóttu innskotsbergi.

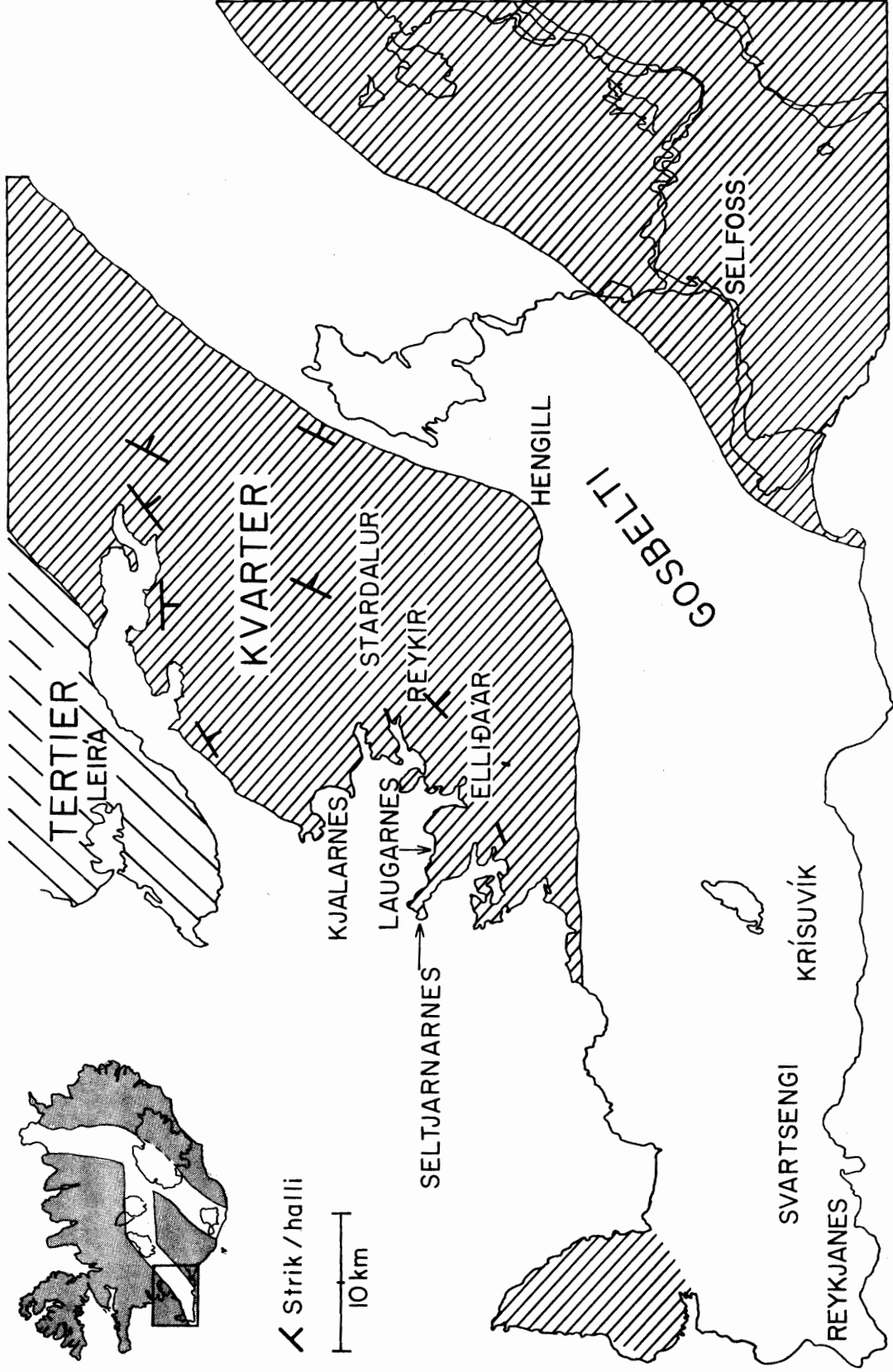
2.2.4 Sprungur og misgengi.

Stefna sprungna er, eins og vænta má, lík stefnu ganga á höfuðborgarsvæðinu. Í elsta berginu vestur við Hvalfjörð er stefnan nálægt N20°E, en austar verður sprungustefnan austlægari N30°E til N40°E. Þrykkt á þetta sprungunet eru svo sprungur tengdar Kjalarnes megineldstöðinni. Sprungustefnur, sem taldar eru tengdar henni, eru sýndar á mynd 2.4. Þessar sprungur mynda sporöskjulagað net, sem að nokkru fylgir útlínunum eldstöðvarinnar (sbr. mynd 2.3). Samkvæmt rennslislíkani því, sem lýst er í kafla 5, er talið líklegast, að heita vatnið renni inn á höfuðborgarsvæðið frá norðaustri og austri. Er því líklegt, að sprungur í austurjaðri megineldstöðvarinnar ráði öðrum fremur til um vatnsrennsli. Athyglisvert er, að elstu sprungurnar næst austan við Kjalarneseldstöðina stefna nær N-S og hefur sigið verið að mestu til vesturs. Þrykkt yfir þetta sprungunet eru síðan yngri misgengi með stefnu NA-SV. Þetta hefur vafalítið áhrif á vatnsrennsli í berggrunninum. Ekki verður frekar um þetta fjallað hér, en vísað til greinar Jóns Jónssonar (1965) um bergsprungur og misgengi í nágrenni Reykjavíkur.

2.2.5 Yngri jarðlög.

Eins og að framan getur var eldvirkni stöðug á svæðinu frá Hvalfirði og austur fyrir Skálafell í Kjósarsýslu í rúmlega eina milljón ára. Kjalarneseldstöðin er talin hafa verið virk í 500-600 þúsund ár. Meðan megineldstöðin var virk voru mikil hverasvæði innan hennar með gufu- og leirhverum líkt og á háhitasvæðum tengdum megineldstöðvum nú. Efstu (yngstu) jarðlög gamla berggrunnins við Sundin eru líklega mynduð um 200 þúsund árum áður en eldstöðin leið undir lok og eru væntanlega rúmlega tveggja milljón ára gömul. Ofan á þessi lög hlóðst um kílómeters þykkur jarðlagastafli líkt og nú má sjá í Esju.

Síðan var þessi stafli rofinn niður, einkum af völdum jökla. Talið er líklegt að fyrir um hálfri milljón ára hafi landslag á höfuðborgarsvæðinu, í stórum dráttum, verið komið í líkt horf og nú. Yfir þennan rofflöt runnu grágrýtishraun (Jón Jónsson, 1972) og á roffletinum mynduðust setlög (Þorleifur Einarsson, 1968). Um þessar yngri myndanir verður ekki fjallað frekar í þessum kafla, enda eru þær ekki taldar hafa mikil áhrif á dreifingu heits vatns í berggrunni höfuðborgarsvæðisins.

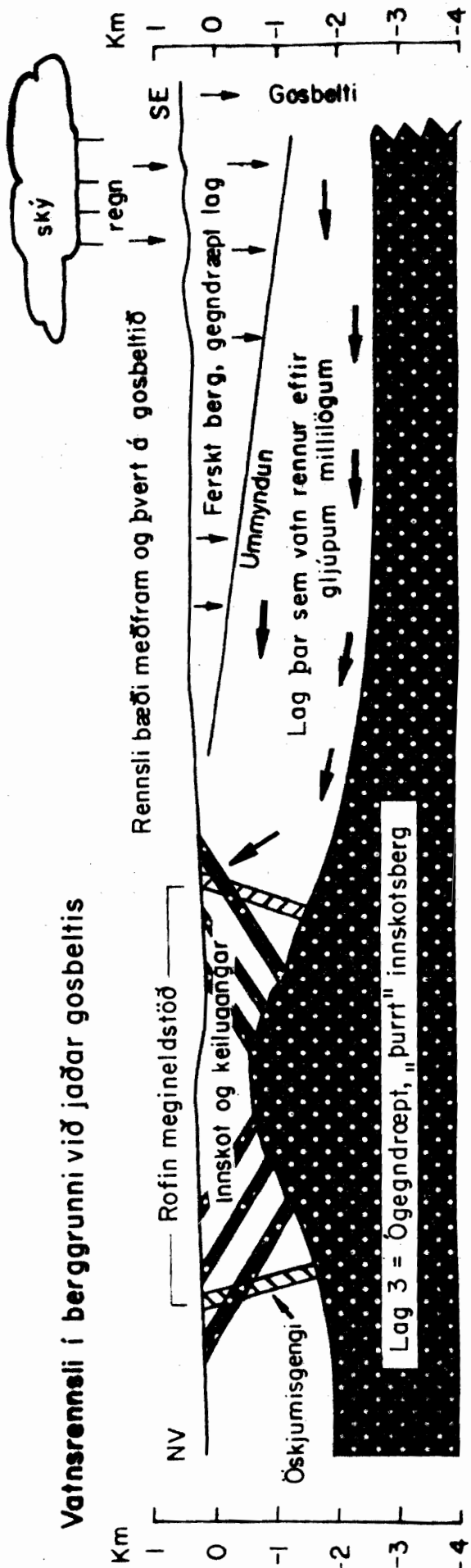


ORKUSTOFNUN

JARÐFR/ÉDIKORT

27.02.75 út/úð Trf. 101
L-Boklaugur Fr. 12530

Vatnsrennsli í berggrunni við jaðar gosbeltis



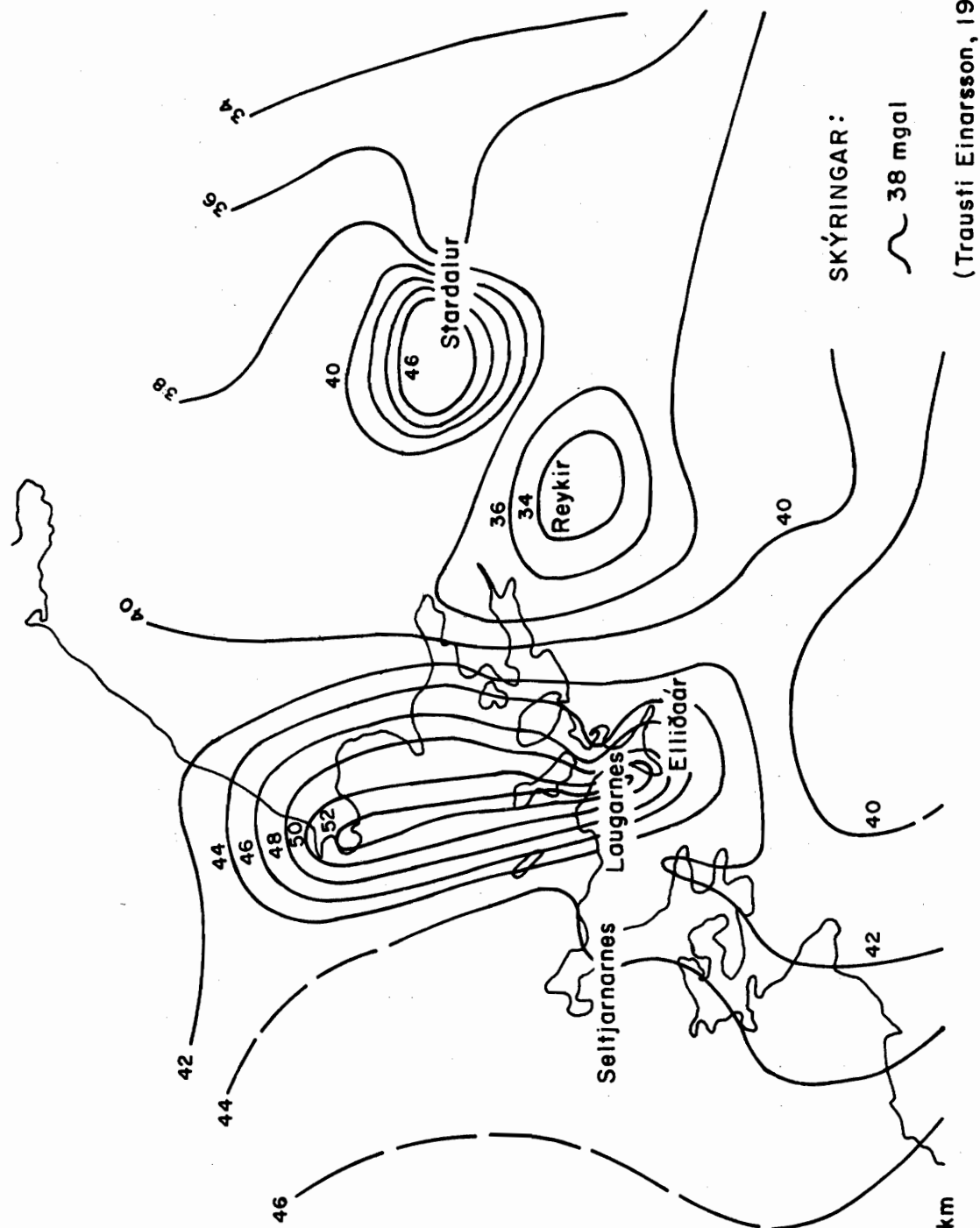
→ = Kalt vatn

→ = Heitt vatn

Sníð hornrétt á gosbelti



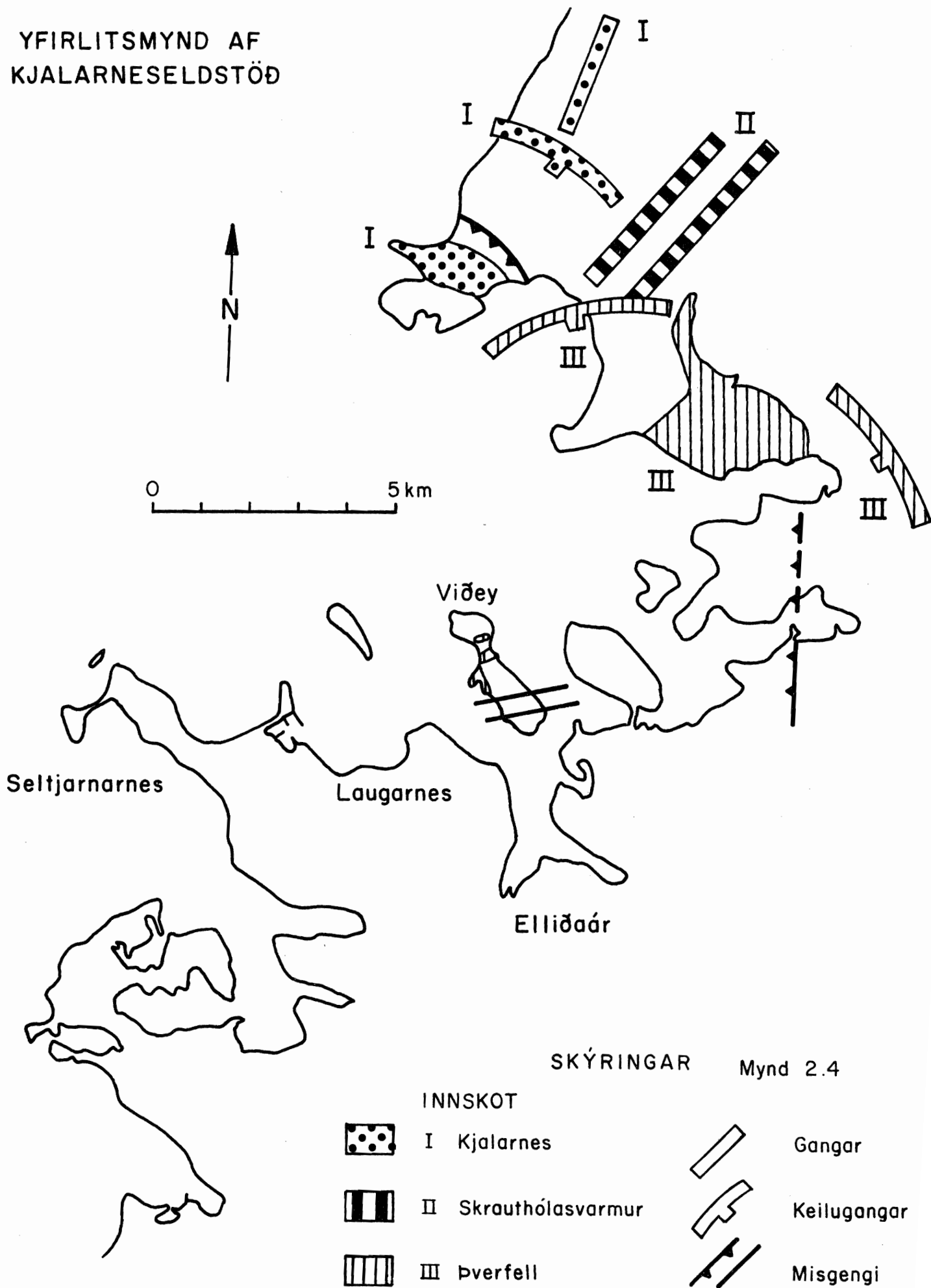
Þyngdarkort
Bouguer frávik



SKÝRINGAR:
38 mgal
(Trausti Einarsson, 1954)

Mynd 2.3

YFIRLITSMYND AF
KJALARNESELDSTÖÐ



3. VIÐNÁMSMÆLINGAR.

3.1 Almennt yfirlit yfir mælingar fram til 1973.

Á árunum 1970-72 fóru fram víðtækar viðnámsmælingar í nágrenni Reykjavíkur. Þessar viðnámsmælingar voru framkvæmdar til að kanna á hve stóru svæði væri berg, sem innihéldi heitt vatn, og á hve miklu dýpi heita vatnið væri. Vitað var, áður en þessar viðnámsmælingar byrjuðu, að gosbeltið gæti innihaldið mikið af köldu vatni og því hefði bergið þar mjög hátt viðnám, eða yfir 1000 Ω m. Kalt, myndbreytt berg hefur hins vegar um 200 Ω m viðnám. Í ljós hefur komið, að viðnámið á nýttum jarðhitasvæðum á höfuðborgarsvæðinu og í nágrenni er minna en 50 Ω m.

Viðnámsmælingar eru hér raktar landfræðilega, en ekki í þeirri tímaröð, sem þær voru framkvæmdar. Byrjað er á Álftanesi, þaðan farið norður með ströndinni og upp í Mosfellssveit og þaðan lengra inn í landið og svo aftur í áttina að Elliðaársvæðinu. Lega og lengd viðnámslínanna er sýnd á mynd 3.1. Á mynd 3.2 er sýnd lagskipting viðnámsins. Mynd 3.3 er svokallað viðnámskort. Það er þannig útbúið, að á kortið er skráð viðnámið neðst í hverri viðnámslínu, en það er jafnframt oftast lægsta viðnámið. Þegar búið er að skrá þessar tölur á viðnámspunktana eru dregnar jafnviðnámslínur með 50 Ω m bili. Lægsta jafnviðnámslínan er 50 Ω m línan. Við sjáum á kortinu, að þessi lína er austan við Reykjavíkursvæðin og Álftanes, en af mældum línunum er lægst viðnám á Álftanesi, aðeins 16 Ω m. Jarðhitasvæðið á Reykjum afmarkast einnig af 50 Ω m línunni. Þar er þó ekki eins lágt viðnám og á Álftanesi. Hins vegar vitum við ekki um viðnámið á Seltjarnarnessvæðinu og Laugarnessvæðinu. Við sjáum því að öll nýtt jarðhitasvæði eru innan 50 Ω m línunnar og auk þess er svæðið á Álftanesi innan við þá línu. Það má ætla, að Álftanesið sé nokkuð öruggt jarðhitasvæði, sem er í samræmi við mælingar í hitastigulsholum á Álftanesi. Ekki er alveg ljóst hvort Kópavogsdalurinn sé einnig innan þeirrar línu, því mælingin D-46 í Kópavogsdalnum er að nokkru leyti misheppnuð. 100 Ω m línan liggur talsvert sunnan við Úlfarsfell og nær samsíða gosbeltinu í átt til Hafnarfjarðar. Nánari legu þessarar línu þarf að kanna með fleiri mælingum. Líklegt er að fá megi nýtanlegt heitt vatn, innan við 100 Ω m línuna, en þó á meira dýpi en á þegar nýttum jarðhitasvæðum.

Jafnviðnámslínurnar fyrir 150, 200 og 300 Ω m eru nær samsíða gosbeltunum og hækkar viðnámið eftir því sem komið er í yngra og kaldara berg. Ekki er líklegt að fá megi nýtanlegt heitt vatn utan við 150 Ω m línuna, nema þá á miklu dýpi (2.5- 3 km). Túlka má niðurstöðurnar af viðnámskortinu og hitastigulskortunum (sjá myndir 3.3 og 4.2 og næsta kafla) á sama hátt. Eftir því sem bergið yngist inniheldur það kaldara vatn vegna örs streymis vatnsins í gegnum bergið. Í gosbeltinu sjálfu er kalt vatn, að minnsta kosti niður á nokkur hundruð metra dýpi, samanber Kaldárselsholuna (sjá bls. 27).

3.2 Lýsing einstakra mælilína.

D-39 liggur á Álftanesi. Efstu 50 m hafa hátt viðnám 400 Ω m og er það sennilega grágrýtislagið, sem kemur fram í hitastigulsholunum, og er 40-80 m þykkt. Þar undir er komið í talsvert eldra berg og sennilega mun heitara með um 40 Ω m viðnám. Í 600 m dýpi eru viðnámskil. Þar lækkar viðnámið niður í 16 Ω m. Auk hitans gætu jarðlagabreytingar og selta vatnsins átt þátt í þessu lága viðnámi.

D-40 er rétt við og samsíða D-39. Þar koma sömu lögin og í D-39 nema lagmótin eru nokkuð á öðrum stöðum. Efst er sennilega grágrýti og síðan er komið í eldra berg með mun lægra viðnámi, en viðnámið snarlækkar fyrir neðan 300 m dýpi (þessi lagmót voru í 600 m dýpi í D-39) og viðnámið fer þar mjög lakkandi.

D-41 er svolítið innar á Álftanesi og liggur langsum eftir nesinu. Efstu 20 m hafa mjög hátt viðnám, um 2500 Ω m, og eru það sennilega laus lög og óhörðnuð. Þar fyrir neðan fer viðnámið mjög lakkandi og í 200 m dýpi er það komið niður í 60 Ω m. Þar virðast vera einhver lagaskil, þó eru þau ekki mjög glögg. Síðan fer viðnámið lakkandi niður í 800-900 m dýpi og er þar um 23 Ω m. Þar hækkar viðnámið aftur, en í rúmlega 1000 m dýpi fer það síðan lakkandi á ný. Þessi síðasta viðnámsbreyting gæti orsakast af lóðréttum lögum en þó er það ekki ljóst. Þessi viðnámslína er einnig innan jarðhitasvæðisins.

D-42 liggur samsíða og rétt við D-41. Mælilínan er nokkuð styttri en hinar línurnar, eða ekki nema um 1000 m. Efstu lögin eru með 1800 Ω m og mun það sennilega vera set og grágrýti. Á milli 50 og 100 m

er einhver óregla, sem gæti stafað af lóðréttum lagskilum, sem koma því ekki fram í dýptarlínunni. Fyrir neðan þessa óreglu fer viðnámið svo niður í 38 Ω m og virðist haldast þar. Einhver truflun er þó við enda mælilínunnar, sem ekki er gott að átta sig á, og stafar hún sennilega frá truflun í tækinu. Þetta berg, sem er með 38 Ω m inniheldur sennilega heitt vatn (eða salt vatn?).

D-43 er einnig á Álftanesinu og liggur þvert á D-42, en er heldur innar á nesinu. Efstu 20 m eru með 1000-5400 Ω m og gæti það aðallega verið laust set. Þar fyrir neðan lækkar viðnámið og fer niður í 120 Ω m. Þetta lag nær niður á 240 m dýpi. Þar fyrir neðan lækkar svo viðnámið enn og fer niður í 23 Ω m.

D-44, sem er innarlega á Álftanesi, liggur þvert á nesið og nær annar armurinn hér um bil til Hafnarfjarðar. Í efstu 20 m mælist hátt viðnám og er sennilega í þeim mjög ungt og laust berg. Fyrir neðan 20 m er komið í nokkuð fastara berg, sennilega grágrýti, sem nær niður í 60 m dýpi. Síðan taka við jarólög með talsvert lægra viðnámi, um 100 Ω m, og ná þau lög niður í um 5-600 m dýpi. Þetta munu sennilega vera basaltlög. Þar fyrir neðan er komið í jarðmyndun, sem hefur mun lægra viðnám og fer a.m.k. niður í 62 Ω m. Á þessum stað er því engan veginn útilokað að heitt vatn fái á talsvert miklu dýpi.

D-45 er fyrir norðaustan Hafnarfjörð. Efstu 20 m eru með mjög hátt viðnám, nokkur þúsund Ω m. Þar fyrir neðan lækkar viðnámið og fer niður í 300 Ω m. Virðist þetta viðnámslag ná niður á 600 m dýpi, og samanstendur sennilega af grágrýti og ungu móbergi. Neðan 600 m dýpis lækkar viðnámið niður í 150 Ω m og fer lakkandi, svo þar er komið í eldra myndbreytt berg, sem gæti innihaldið eitthvað af heitu vatni. Einhver truflun varð í 5-600 m dýpi. Ef einhver hiti er á þessum stað er hann á miklu dýpi.

D-46 er í Kópavogsdalnum. Erfitt er að geta sér til um lárétt lög eftir þessari mælilínu og er líklegt að hún fari yfir einhver lóðrétt lagamót. Hátt viðnám er niður í 105 m dýpi, allt að 500 Ω m, mun það vera grágrýti eða eitthvað því um líkt. Þar fyrir neðan er komið í lag með mun lægra viðnám, sem fer niður í 80 Ω m, en í kringum 700 m

er farið yfir lagamót, sem eru sennilega lóðrétt; mælilínan gefur ekki til kynna að um lárétt lagamót geti verið að ræða. Mælingin útilokar ekki að hiti sé í dalnum, en sennilega er farið yfir sprungu, sem gengur þvert á dalinn.

D-38 liggur meðfram Breiðholtinu og er nærri þvert á D-46. Þar er hátt viðnám niður á rúmlega 100 m dýpi og mun það vera ferskt grágrýti, sem gefur svona hátt viðnám. Þar fyrir neðan kemur lag með mun lægra viðnámi, um 150 Ω m, og er það sjálfsagt sama basaltsyrpan og kemur fram í borholunum við Elliðaár, þ.e.a.s. B-2 basaltið (Mynd 6.1.2). Þar fyrir neðan tekur við jarðlag með mun lægra viðnám, um 50 Ω m, og er það móbergið M-2 fyrir neðan B-2 syrpana. Viðnámsskilin eru í samræmi við niðurstöður, sem komu fram í borholum við Elliðaár.

D-37. Þar var reynt að mæla yfir holurnar við Elliðaár, en sú mæling tókst ekki eins vel og mælilínan D-38. Varð D-37 ekki nema um 900 m löng, en þó kemur efsta lagið með háu viðnámi fram, þ.e.a.s. grágrýtið. Þar fyrir neðan er svo lag með 90 Ω m, sem líklega er B-2 basaltsyrpan, en virðist ná heldur lengra niður en hún. Þess er að geta, að mælipunktur eru mjög óreglulegir og ekki mikið á þessu að byggja. Einhver truflun er á 300 m dýpi, en hún virðist ekki vera á lagamótum, a.m.k. ekki láréttum. Neðan þessa lags fer viðnámið niður í 40 Ω m, sem er í samræmi við hitann, sem hefur mælst í holunum.

D-11 liggur þvert yfir Selásinn. Í þessari mælilínu koma fyrir svipuð lagskipti og eru í holunum. Efst er lag með háu viðnámi, sem mun sennilega vera Reykjavíkurgrágrýtið. Þar fyrir neðan tekur við annað lag með allháu viðnámi, sem mun sennilega svara til B-2 basaltsyrpannar. Þar fyrir neðan tekur svo við lag með lægra viðnámi, um 130 Ω m, og virðist það fara ört lakkandi. Þessi mælilína var ekki nema tæplega 1000 m löng og er ekki nærri eins "hitaleg" og hinar línurnar. Virðist hún liggja á mörkum jarðhitasvæðisins.

D-12 er við Keldur. Lágt viðnám er á þessari mælilínu og virðist jarðhitinn ná upp undir yfirborð. Efst í þessu viðnámslagi er grágrýtismyndun, sem virðist ná niður á rúmlega 100 m dýpi. Þar fyrir neðan er (trúlega) eldra basalt og móberg, því viðnámið fer niður í 46 Ω m, sem er svipað og á jarðhitasvæðinu við Elliðaár.

D-36 er við Korpúlfsstaði. Þar er mjög hátt viðnám í efstu 50 m og er það sennilega, ungt, kalt grágrýti.

Fyrir neðan kemur svo lag með miklu lægra viðnámi, ca 60 Ω m, sem er líklega móberg og með einhvern hita.

D-19 er fyrir sunnan jarðhitasvæðið á Reykjum. Í efstu 50 m er hátt viðnám, og er það lek myndun. Þar fyrir neðan tekur við lag með lægra viðnámi svipað og var í D-36, 63 Ω m.

D-15 liggur yfir jarðhitasvæðið á Reykjum og þar fer viðnámið í móberginu niður í 22 Ω m, en virðist vera herra í basaltlaginu fyrir neðan.

D-3 er fyrir norðan Hafravatn, rétt við Reyki. Mun herra viðnám er á þessari línu en D-15, sem gengur yfir jarðhitasvæðið, svo eitthvað er kaldara vatn á ferðinni hér.

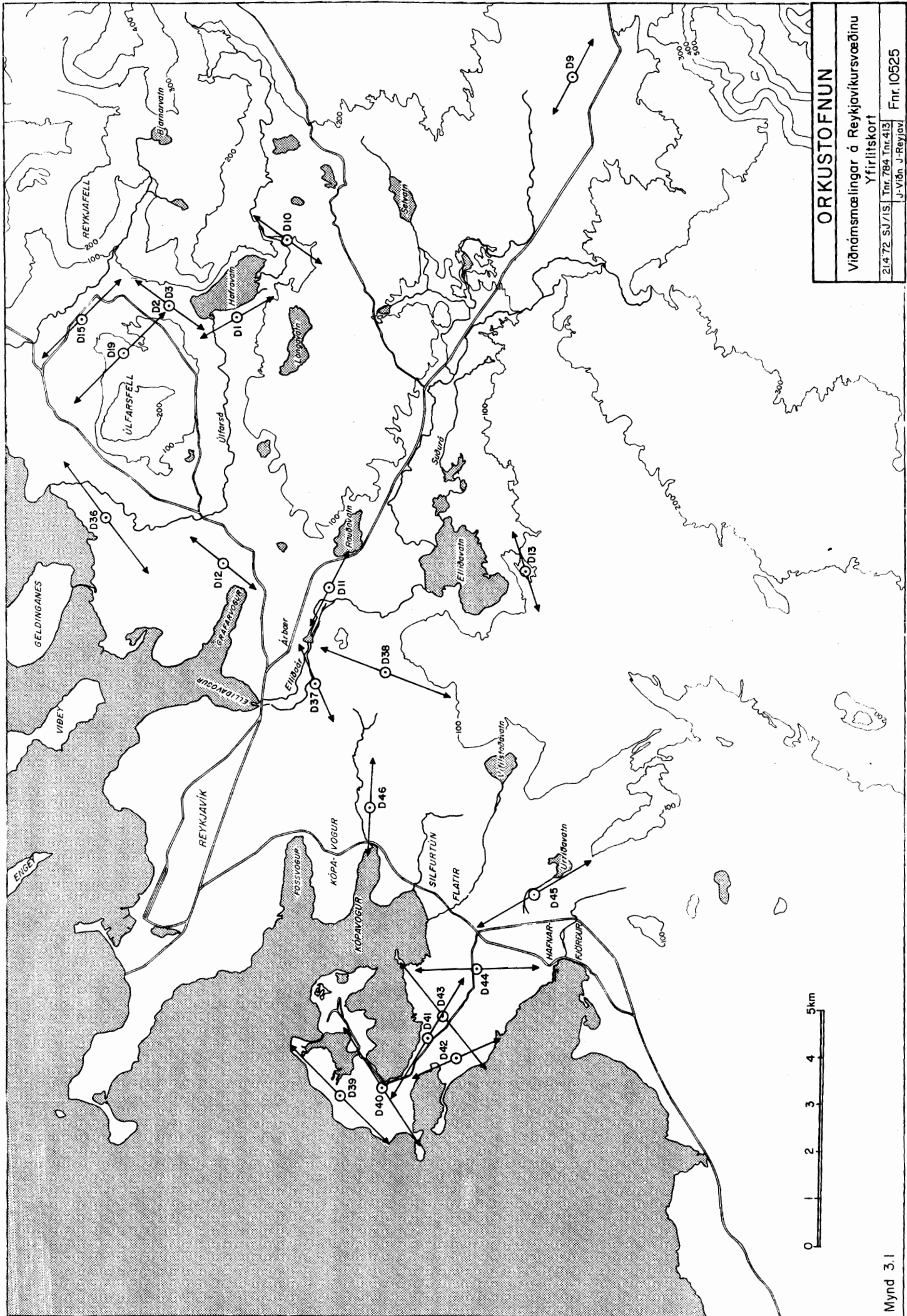
D-1 er fyrir suðvestan Hafravatn og er kuldalegri en D-3.

D-10 er fyrir suðaustan Hafravatn. Er ekkert, sem bendir til hita í þessari mælilínu nema e.t.v. á u.þ.b. 100 m dýpi. Þar er svolítill viðnámslægð, sem gæti bent til að eitthvað volgt vatn væri á ferðinni. Þar fyrir neðan er viðnámið svipað og í köldu basalti.

D-9 er á Sandskeiði. Mjög hátt viðnám er í efstu 300 m. Þar fyrir neðan lækkar viðnámið nokkuð og kemst niður í 230 Ω m, sem er svipað og í myndbreyttu köldu basalti.

D-13 er í Heiðmörk, sunnan Elliðaárvatns. Þar er mjög hátt viðnám og er sennilega um að ræða mjög ungt berg, grágrýti og hraun, sem er fyllt af köldu vatni. Engin sérstök lagmót virðast vera í þessari mælilínu.

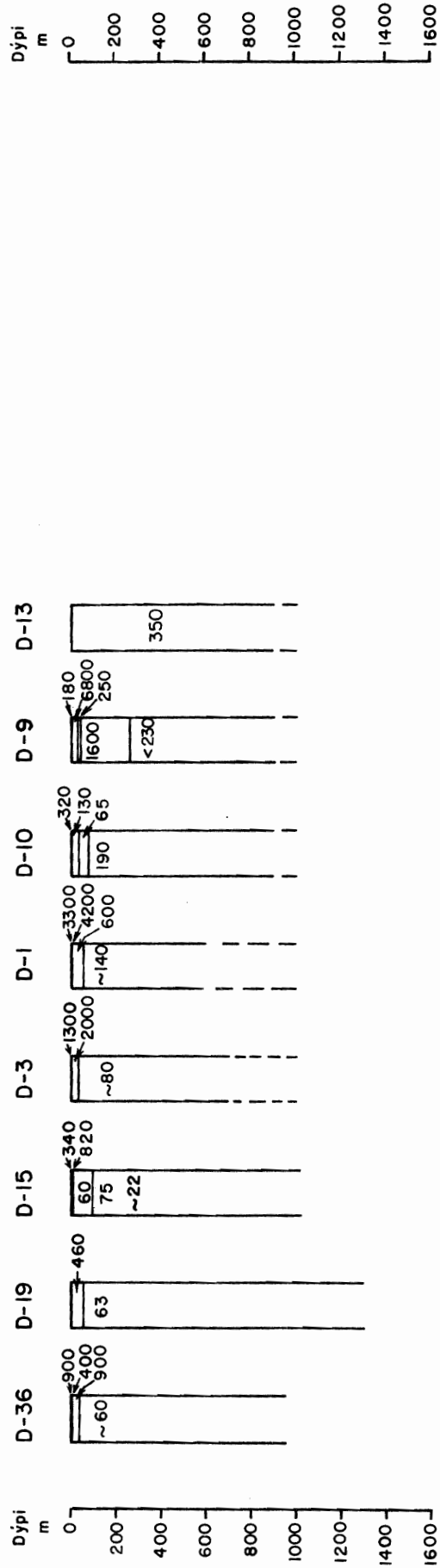
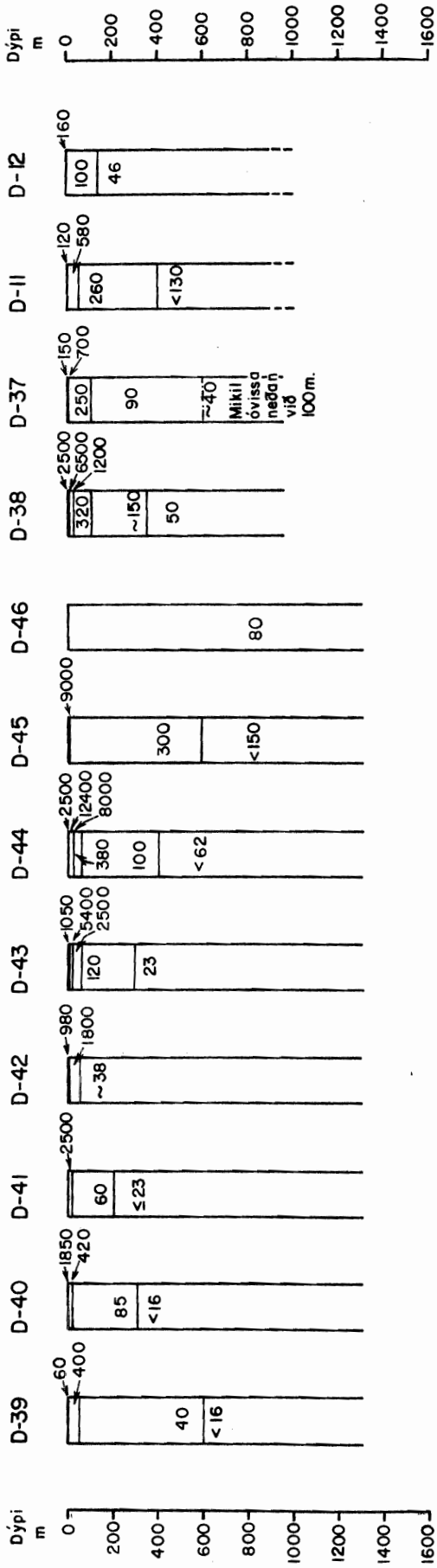
Áður hefur verið lýst viðnámsmælingum í Mosfellsdal og nágrenni (Ingvar Birgir Friðleifsson og Jens Tómasson, 1972).



ORKUSTOFNUN

Viðnámsmælingar á Reykjavíkursvæðinu
Yfirlitskort

2/472 SJ/IS | Tr. 784 Tr. 413
J-Viðn. J-Reyjav



4. HITASTIGULSHOLUR.

4.1 Yfirlit.

Á árunum 1965-1968 voru boraðar 10 hitastigulsholur á Stór-Reykjavíkursvæðinu á vegum samvinnunefndar um hitaveitumál. Að þessum borunum stóðu Seltjarnarneshreppur, Reykjavíkurborg, Kópavogsbær, Bessastaðahreppur, Garðahreppur og Hafnarfjarðarbær. Þetta voru allt um 100 m djúpar kjarnaholur, nema ein, sem var um 200 m djúp. Auk þess hafa verið boraðar tvær holur með snúningsbor á vegum Kópavogskaupstaðar og ein kjarnahola á vegum Hafnarfjarðarbæjar og eru þessar þrjár holur einnig teknar hér með. Staðsetning þessara hola er sýnd á mynd 4.1 og eru þær merktar með stöfunum HS og tölu fyrir aftan. Hér eru einnig teknar með holur, sem voru boraðar af Hitaveitu Reykjavíkur og ekki voru á korti Guðmundar Pálmasonar (Gunnar Böðvarsson og Guðm. Pálmason 1961, Guðm. Pálmason 1967). Allar holur, sem boraðar eru af Hitaveitu Reykjavíkur, eru merktar með stafnum H og tölu fyrir aftan, staðsetningin er sömuleiðis sýnd á mynd 4.1. Að lokum er svo tekin með í þennan kafla ein djúp hola, þ.e. hola í Kaldárseli, sem er um 1000 m djúp. Staðsetning hennar er einnig sýnd á mynd 4.1. Hér eru birt jarðlagasnið af öllum þessum holum ásamt öllum hitamælingum, sem gerðar hafa verið í þeim. Jarðlagasniðin eru öll á sama formi, nema sniðið frá Kaldárselsholunni. HS-holurnar hafa ýmsir greint, aðallega sumarvinnufólk hjá jarðhitadeild og eru til nákvæmari lýsingar á jarðlögum í þessum holum í skýrslum á jarðhitadeild. Á sniðin eru færðir upphafsstafir þeirra, sem greindu kjarnana. Jón Jónsson hefur greint kjarnana úr holum boruðum á vegum Hitaveitu Reykjavíkur. Allar hitamælingarnar eru gerðar með thermistormælum, nema hvað botnmælingar eru gerðar með hámarksæli meðan á borun stendur. Þegar mælt er með hámarksæli hefur þrýstingurinn áhrif á mælinn, þannig að mælirinn sýnir 0.9°C hærri hita fyrir hverja 100 m í dýpi. Ekki hafa verið gerðar leiðréttingar fyrir þessa skekkju og sýna því botnmælingar hærri hita en raunverulegan. Getur munað allt að 3°C neðst í dýpstu holunum.

4.2 Hitastigull.

Hitastigull er mælikvarði á, hvernig hitinn vex með dýpi, og er vanalega gefinn í $^{\circ}\text{C}/\text{km}$. Í ljós hefur komið, að hitastigull í efstu jarðlögum er hár á jarðhitasvæðunum en lágur á milli þeirra. Orsökina fyrir þessu er sú, að á jarðhitasvæðunum er lóðrétt vatnsstreymi upp undir yfirborð, sem flytur með sér mikinn varma frá dýpri jarðlögum. Fyrir utan jarðhitasvæðin er lítið sem ekkert uppstreymi af vatni og er því hitastigullinn þar miklu lægri en á jarðhitasvæðunum.

Á mynd 4.2 eru sýndar jafnhitalínur fyrir hitastigullinn á höfuðborgarsvæðinu. Línurnar eru dregnar út frá hitastigulsholunum, en jafnhitalínurnar fyrir Laugarnessvæðið og Elliðaáarsvæðið eru að nokkru teknar frá djúpum holum. Á mynd 4.2 sést að hitastigullinn er hár á öllum þremur nýttu jarðhitasvæðunum á höfuðborgarsvæðinu, eða yfir $200^{\circ}\text{C}/\text{km}$. Hæstur er hann á Laugarnessvæðinu, enda nær hitinn þar upp á yfirborð. Einnig skiptir máli við hvaða dýpi hitastigullinn er miðaður, á Laugarnessvæðinu er hitastigullinn t.d. miðaður við 0-50 m dýpi, en á hinum svæðunum er miðað við meira dýpi.

Á milli jarðhitasvæðanna er hitastigullinn mun lægri og fer víða niður fyrir $100^{\circ}\text{C}/\text{km}$. Á Álftanesi er hitastigullinn álíka hár og á nýttu jarðhitasvæðunum. Má því ætla að þar sé jarðhitasvæði, sem ekki hefur verið nýtt ennþá. Einnig er mjög líklegt að jarðhitasvæði sé í Kópavogsdalnum (HS-11), því þar er hitastigullinn mun hærri en umhverfis. Hann er þó ekki eins hár og á nýttu jarðhitasvæðunum og á Álftanesi. Aukning á hitastiglinum í Kópavogsholunni, HS-11, gæti stafað af rennsli heits vatns á 200-300 m dýpi, því í holu H-20 við Breiðholtsbæinn (sjá mynd 4.3.11) er borað í gegnum hitann á 200 m dýpi. Auk álitlegs hitastiguls finnast volgrur á þessu svæði (sjá bls. 23), sem styrkja þann grun að Kópavogsdalurinn sé álitlegur staður til virkjunar heits vatns.

Utan við jarðhitasvæðin lækkar hitastigullinn í átt að gosbeltinu (sjá mynd 2.1 og 4.2). Í holunum, sem standa næst gosbeltinu og í því, mælist enginn hitastigull niður á nokkur hundruð metra dýpi. Þessi lökkun á hitastigli er af öðrum toga spunninn en lökkunin á milli jarðhitasvæðanna. Lökkun hitastiguls á milli jarðhitasvæðanna stafar af litlu vatnsstreymi í gegnum jarðlögín sökum þess hve þétt þau eru, en lökkunin í átt að gosbeltinu stafar hins vegar af því, hve ung jarðlögín eru, og því vel vatnsgeng. Guðmundur Pálmason (1973) hefur sýnt fram á að hitastigullinn í þéttu bergi eykst inn að vestra gosbeltinu, sem þýðir að varmauppstreymið frá dýpri jarðlögum eykst í átt að gosbeltinu. Í yngstu og efstu jarðlögum, við og í gosbeltinu, er kaldavatnsstreymið hins vegar svo mikið, að það flytur burt allan varmann úr berginu, jafnvel niður á nokkur hundruð metra dýpi (sbr. Kaldárselsholuna), án þess að séð verði af þeim gögnum, sem hér liggja fyrir, mælanleg upphitun á grunnvatninu. Jafnframt því eykst viðnámið, eins og fram kemur í káfla 3 hér á undan. Guttormur Sigbjarnarson (1972 og persónulegar upplýsingar) hefur þó mælt misheitar lindir í eystra gosbeltinu, frá 3-9°C. Hann telur út frá vatnafræðilegum (ísótópa) og jarðfræðilegum aðstæðum, að vatnið, í að minnsta kosti hluta af þessum volgu lindum, hafi haft tiltölulega langa og djúpa hringrás. Það væri þá dæmi um kalt vatn, sem hefur hitnað lítillega við hringrás um mjög ung og vatnsgeng jarðlög.

Í jarðlögum næst fyrir neðan vatnsgengustu lögín er hitastigullinn 50-90°C/km á svæði þar sem hitastigullinn mundi fara yfir 200°C, ef ekkert vatn væri. Hitastigulsholumar í Hafnarfirði, Garðahreppi og Kaldárselsholan eru dæmi um það.

Ekki er ósennilegt, að hitastigullinn við gosbeltið gefi til kynna hringrásarstreymi af vatni í djúpum jarðlögum. Ef hringrásarstreymið er nægilega djúpt getur þetta vatn verið nýtanlegt til hitaveitu. Nokkur rök eru til fyrir því að slík hringrásarkerfi séu til. Í einni holu á Elliðaáarsvæðinu (G-31) og einni í Mósfellssveit (MG-17) hafa t.d. fundist tiltölulega kaldar og opnar vatnsæðar á 1600-1800 m dýpi, sem eru með staðbundið grunnvatn. Hitinn var 78°C í G-31 (sjá mynd 6.2.10), en 71°C í MG-17. Samkvæmt staðsetningu þessara hola gagnvart

gosbeltinu mætti búast við um 250-300 °C hita á þessu dýpi, ef vatnsstreymið hefði ekki kælt bergið niður. Það má því búast við miklu magni af þessu vatni meðfram gosbeltinu og þetta vatnskerfi nær ef til vill niður á lag 3, sem er talið að mestu ógegndrápt.

4.3 Einstakar holur.

HS-1 og HS-2 eru báðar á Seltjarnarnesi. Jarðlög og hiti: sjá mynd 4.3.2.

HS-1; Jarðlög: Efst er grágrýti, síðan tekur við breksíerað basalt, sennilega bólstraberg, sem nær niður í 21 m dýpi. Þar fyrir neðan skiptast á bólstrabergslög og basaltlög. Þessi bólstrabergslög benda til þess, að hraun hafi runnið út í sjó eða tjarnir nálægt sjávarborði. Í Elliðavogssetunum er dálítið af skeljum. HS-1 sjá mynd 4.3.2.

HS-2; Jarðlög: Efst er grágrýti, síðan tekur við bólstraberg, sem nær niður í 34 metra dýpi og þar undir er Elliðavogssetið, neðst er svo grágrýti. Hitastigullinn er mjög hár í báðum þessum holum og hærri í HS-2 eða 320 °C/km, en í HS-1 er hann 260 °C/km.

HS-3 er við Ánanaust í Reykjavík, en HS-4 er við Ægissíðu, við bæinn Garða. Jarðlög og hiti: sjá mynd 4.3.3. Jarðlög holunnar eru áþekkt jarðlögnum á Seltjarnarnesi. Efst er grágrýti, sem nær niður í um 11 m dýpi. Þar undir tekur við móbergsbreksía, sem er miklu glerkenndari en á Seltjarnarnesi og nær niður í 39 m dýpi. Undir móberginu tekur sennilega við Elliðavogssetið. Það er miklu grófara í þessari holu en á Seltjarnarnesi og eru fín leirsteinslög inn á milli og nokkur basaltlög virðast vera í þessu, sem gætu þó einnig verið stórir steinar, sem hefðu sokkið í setið. Þetta lag (eða lög) nær niður í 77 m dýpi. Neðar taka við nokkur basaltlög. Neðst er svo konglómerat með glerkenndum millimassa. Í þessari holu er hitastigullinn ekki nema 100 °C/km.

HS-4 jarðlögin eru áþekkt og í holunni við Ánanaust. Efst er grágrýti, síðan tekur við móbergsbreksía, síðan kemur þunnt setlag, sem gæti verið Elliðavogssetið. Nær það niður á 45 m dýpi. Undir því eru

samfelld grágrýtislög niður á 88 m dýpi. Þetta grágrýti er fersklegt og mjög lítið myndbreytt. Undir grágrýtinu kemur svo ósamstætt konglómerat. Í þessari holu er hitastigullinn $72^{\circ}\text{C}/\text{km}$.

HS-5 og HS-6 eru á Álftanesi svo og gömul hola að Hliði um 300 m djúp. Jarðlög og hiti í HS-5 og HS-6: sjá mynd 4.3.4.

HS-5. Efst er grágrýti, síðan tekur við breksía eða bólstraberg líkt og á Seltjarnarnesi. Grágrýtið í holunni er lítið myndbreytt, en fyrir neðan 80 m dýpi er mjög myndbreytt basalt. Hitastigullinn í þessari holu er um $205^{\circ}\text{C}/\text{km}$.

HS-6. Kjarninn er mjög illa brotinn neðan til og erfitt að greina jarðlög. Jarðlög ofantil eru bæði grágrýti og bólstrabergslög og í kringum 40 m dýpi er töluvert af setum, sem gætu verið Elliðavogsset. Hitastigullinn í þessari holu er $232^{\circ}\text{C}/\text{km}$.

Hitinn í holunni að Hliði er sýndur á mynd 4.3.5, en ekkert jarðlagasnið er til af þessari holu. Holan er um 300 m djúp og er hitinn í botni holunnar 80°C og hitastigull $228^{\circ}\text{C}/\text{km}$. Er því sami hitastigull í 300 m djúpri holu og 100 m djúpri, sem þýðir að holan að Hliði nær ekki niður í hið eiginlega jarðhitakerfi. Hiti jarðhitakerfisins er því mjög líklega yfir 80°C . Álftanes er því mjög efnilegur staður til heitavatnsvinnslu.

HS-7, HS-8 og HS-9 eru allar í Hafnarfirði. Jarðlög og hiti: sjá mynd 4.3.6.

HS-7. Efst í holunni er móberg, sem nær niður í 62 m dýpi, þar undir eru grágrýtislög. Bergið er mjög ferskt í þessari holu. Hitastigullinn er fremur lágur, aðeins $72^{\circ}\text{C}/\text{km}$, en þó greinilegur hitastigull.

HS-8. Jarðlög eru fersklegt grágrýti og móbergsbreksía. Hitastigullinn er $68^{\circ}\text{C}/\text{km}$.

HS-9 er við Svínholt fyrir sunnan Hafnarfjörð. Þar er nær eingöngu bólstraberg, fersklegt. Enginn hitastigull er í holunni, hitinn 5°C alveg niður. Þessi myndun er sennilega mjög opin og gegnumstreymi vatns trúlega mikið.

Kaldársel. Jarðlög og hiti: sjá mynd 4.3.7 og 4.3.8. Holan við Kaldársel er boruð 1963-64, skammt vestur af vatnsbóli Hafnfirðinga í um 80 m hæð yfir sjó. Hún er 987 m djúp.

Yfirborðsmyndanir í Kaldárseli: Tvö hraunlög, 9 og 6 m þykk, og 32 m þykkt bólstrabergslag ná niður á 49 m dýpi. Þar fyrir neðan allt niður í botn holunnar eru samfelldar grágrýtis-, grágrýtisbólstrabergs- og móbergsmýndanir, með setmillilögum. Grágrýtismýndanirnar eru því sem næst óummyndaðar á bilinu 49-410 m og gætu verið samaldra Reykjavíkurgrágrýtinu. Nokkur ummyndun er á bilinu 412-776 m, þar sem kabasít myndar holufyllingar ásamt kalsedón. Ummyndun vex svo niður á við, en í botni, 987 m, er kabasít þó enn ríkjandi zeolít. Grágrýtismýndanirnar neðan við 412 m dýpi eru svipaðar og sennilega samaldra eldra grágrýtinu á Reykjavíkursvæðinu. Yfirborðsmyndanirnar og yngra grágrýtið eru mjög gegndræpar myndanir, en eldra grágrýtið mun minna, ef undan er skilinn rofflötur á 770-780 m dýpi, þar sem 10 l/s skoltap varð og steipt var í við borun. Hitastigull er lítill sem enginn niður í 750 m dýpi og er þar sennilega truflaður af vatnsrennsli úr yngri í eldri grágrýtismýndunina. Neðan 750 m er hitastigullinn 80°C/km.

HS-10 er í Garðahreppi við Silfurtún. Jarðlög og hiti: sjá mynd 4.3.9. Þar skiptast á móbergsbreksiur og basaltlög, fremur ferskleg, zeólítar finnast þar frá 100 m dýpi. Hitastigullinn er aðeins 50°C/km.

HS-11, HS-12 og HS-13 eru allar í Kópavogi. Jarðlög og hiti: sjá mynd 4.3.10.

HS-11. Jarðlögin í holunni eru efst móberg, sem nær niður á 34 metra dýpi. Þar fyrir neðan koma basaltlög með nokkrum millilögum, og gæti eitthvert þeirra verið Elliðavogsset, en það er þó ekki víst. Basaltið er án zeólíta niður á 50 m dýpi, en zeólítar eru í því þar fyrir neðan. Hitastigullinn er 145°C/km, sem er allhátt gildi, þó ekki eins hátt og á Álftanesi og Seltjarnarnesi, en hitastigullinn er mun hærri en í nálægum holum og er því líklegt, að þarna megi vinna heitt vatn á nokkru meira dýpi en á jarðhitasvæðunum.

HS-12. Ekki hefur verið greint nema lítið af jarðlögum í þessari holu. Þó virðist sem ferskt grágrýti nái niður á rúmlega 50 m dýpi og þar fyrir neðan taka við set, ef til vill Elliðaavogsset. Hitastigullinn er $92^{\circ}\text{C}/\text{km}$, sem er fremur lágt gildi.

HS-13. Þessi hola var boruð með tannhjólabor og er því aðeins til svarf úr holunni en enginn kjarni. Efst er grágrýti án zeólíta, sem nær niður í 76 m dýpi. Síðan kemur rautt, túffkennt millilag, sem er líkt og rauðu millilögum í B-2 basaltinu (sjá kafla 6.1.2), en Elliðaavogssetið virðist vanta í þessari holu. Undir rauða millilögum kemur basalt með ópal og zeólítafyllingum. Basaltið er bæði þóleít og ólívín þóleít. Í botni holunnar er svo annað rautt millilag. Hitastigullinn er um $115^{\circ}\text{C}/\text{km}$, sem er mun minna en inni á jarðhitasvæðinu við Elliðaár.

H-20 er við Breiðholtsbæinn. Hún er 385 m djúp og var borun hennar lokið 1956. Ekkert jarðlagasnið er til af þessari holu, en hitamælingar eru á mynd 4.3.11. Þarna er borað í gegnum hitann og er hámarkshiti á 230 m dýpi 45°C , sem gefur hitastigul um $170^{\circ}\text{C}/\text{km}$, en í botni er hitinn 42°C . Nokkur vandkvæði eru á að skilgreina hitastigul í þessari holu og fæst sinn hvor hitastigull eftir því hvort miðað er við hámarkshitann eða botnshitann. Á hitastigulskortinu er miðað við hámarkshitann, enda er sá hiti meira í samræmi við það, sem mundi mælast í 100 m djúpri holu, þ.e. HS-holunum. Þar sem borað er í gegnum hitann gæti verið að einungis væri um að ræða vatnsrennsli á litlu dýpi. Volgra við Breiðholtsbæinn og fleiri þar í kring. Einnig er volgra í fjöruborði í Kópavoginum og sagnir eru til um heita staði úti í Kópavoginum.

Yfirleitt hefur borun gefið góða raun þar sem jarðhiti finnst á yfirborði. Þegar vogurnar eru hafðar í huga ásamt hitastigulsholum (H-11 og H-20) er Kópavogsdalur álitlegur staður til vinnslu heits vatns. Nánari rannsókn er þó þörf (djúpbörð) áður en hægt er að fullyrða um gæðin. Hins vegar er Fossvogsdalurinn allur með lágan hitastigul sbr. HS-17 og K-1 (sjá mynd 6.2.11) og lítt vænlegur til borana eftir heitu vatni.

H-38 er við Rafmagnsstöð Reykjavíkur við Elliðaár, Ártún. Jarðlög og hiti: sjá mynd 4.3.12 og kafla 6.1.5 bls. 40-41. Hitastigullinn er allhár eða um $173^{\circ}\text{C}/\text{km}$.

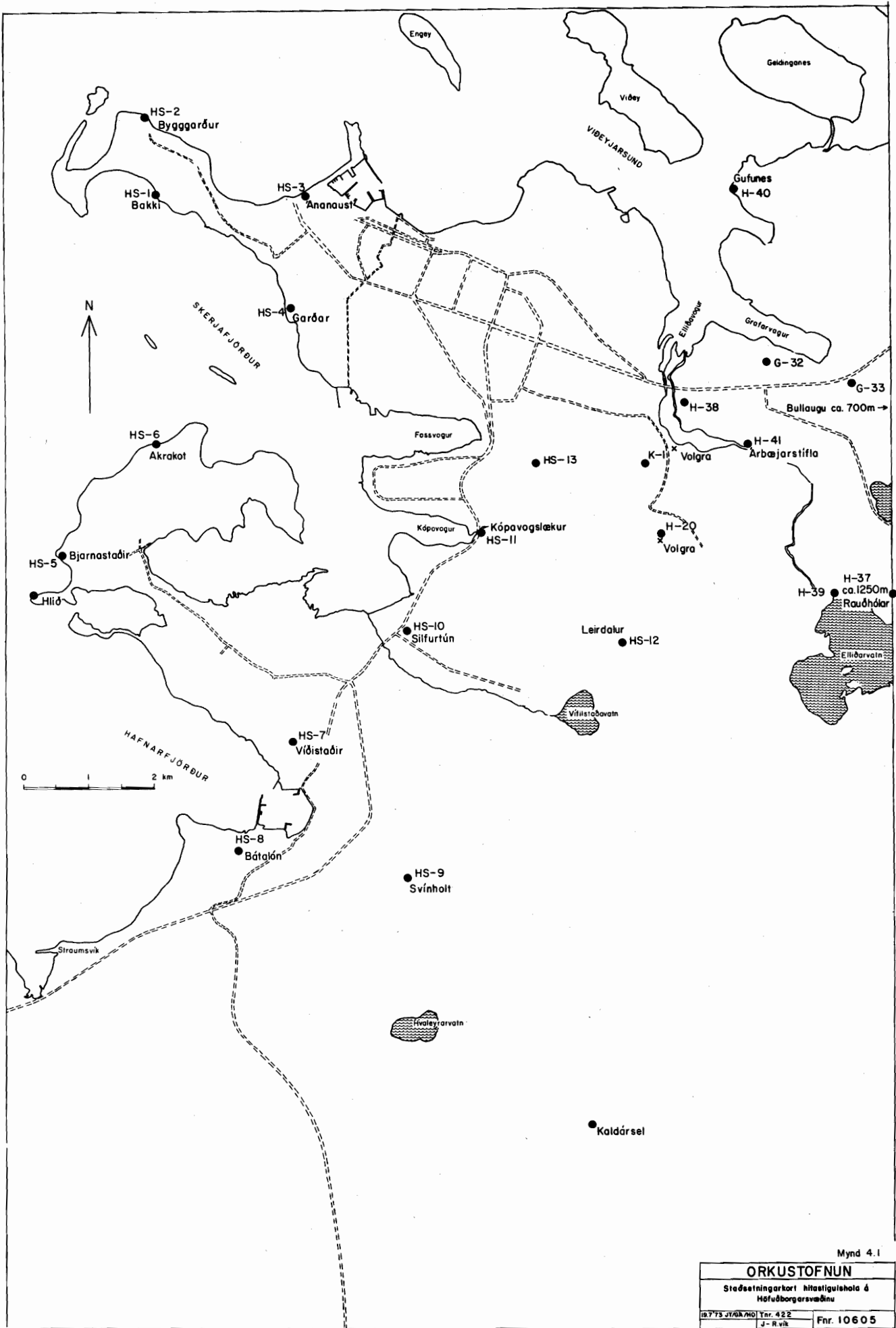
H-41 er við Árbæjarstíflu. Jarðlög og hiti: sjá mynd 4.3.13 og kafla 6.1.5 bls. 41-42. Hitastigullinn er hár, eða um $200^{\circ}\text{C}/\text{km}$. Út frá þessum tveim (H-41 og H-38) holum voru svo boraðar gufuborsholurnar á

Elldáarsvæðinu og hitinn í þeim var mjög í samræmi við þann hita, sem fékkst í þessum holum, það er um 110°C hiti á um 600 m dýpi.

H-39 er við Skyggni. Jarðlög og hiti: sjá mynd 4.3.14. Mest er af grágrýti og er efri hlutinn Reykjavíkurgrágrýtið, en neðri hlutinn tilheyrir B-2 basaltlögum (sjá kafla 6.1.2). Mjög lágur hiti er í þessari holu. Hæsti hitinn, sem mælt hefur í holunni, 9°C , er í 60 m dýpi og var hann mældur með hámarksmæli meðan á borun stóð. Eftir að borun lauk hefur hitinn verið nærri jafn í allri holunni, um 5°C . Þar sem hitinn hefur lækkað ofarlega í holunni eftir að borun lauk er líklegt að vatnsrennsli sé niður eftir holunni og hitinn ráðist því af hitanum í efstu vatnsæðinni. Heitari vatnsæðar fyrir neðan hana hafa því verið kældar. Erfitt er því að segja nokkuð um hitastigul í þessari holu. Ef tekið væri mark á þeim hitamælingum, sem gerðar hafa verið eftir að borun lauk, er hitastigullinn enginn, en ef tekið er mark á 9°C í 60 m dýpi er hitastigullinn $66^{\circ}\text{C}/\text{km}$.

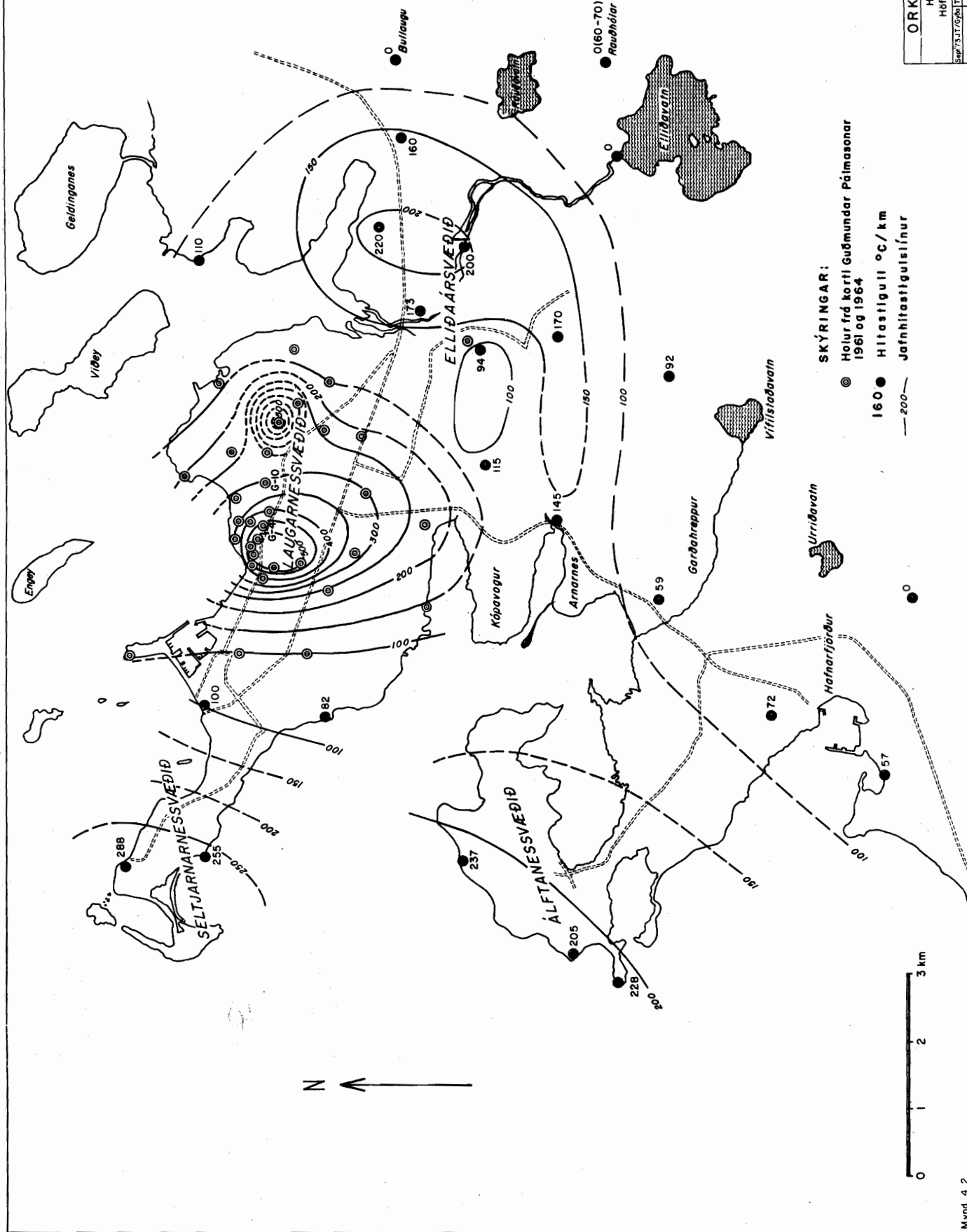
H-37 er við Rauðhóla. Jarðlög og hiti: sjá mynd 4.3.15. Byrjað var að bora í hrauni og síðan tekur við Reykjavíkurgrágrýtið, sem virðist ná niður í 128 m dýpi. Þar fyrir neðan tekur við eldra grágrýtið alveg niður í botn á holunni, 221 m. Þegar mælt var í holunni, eftir að borun lauk, mældist enginn hitastigull, en mælingar, sem gerðar voru í botni á holunni meðan á borun stóð, sýndu talsverðan hita frá 80 m dýpi og niður á 180 m dýpi og var hitinn mestur um 18°C á þessu bili. Orsök þess að allt annar hiti er í holunni nú en áður var, getur vart verið önnur en sú, að vatn úr kaldri æð fyrir ofan þessi heitu lög renni niður í botn á holunni, en þar var algjört skoltap, og kæli vatnið þann hluta holunnar, sem heit var áður. Hvort köld æð er í botni eða ekki er erfitt að segja um. Ef til vill byrjar eitthvað vatn að tapast, þó þess sé ekki getið, inn í bergið fyrir neðan 180 m og það hefði þá getað runnið á milli laga, milli mælinga, og kælt, en þessar mælingar munu vera gerðar að morgni áður en byrjað er að bora. Ef við tókum mark á hitanum eins og hann var á 100 m dýpi væri hitastigull um $100^{\circ}\text{C}/\text{km}$. Það má í öllu falli ætla, að í Rauðhólum séum við ekki að öllu leyti komin út úr eldra berginu, sem inniheldur eitthvað af heitu vatni.

H-50 er við Gufunes. Jarðlög og hiti: sjá mynd 4.3.16. Jarðlög holunnar eru að mestu leyti móberg; gosmóberg og setmóberg. Hitastigull er í samræmi við það, sem vitað er um hitaástand bergsins í nágrenni Reykjavíkur, utan jarðhitasvæðanna.



Mynd 4.1

ORKUSTOFNUN	
Staðsetningarkort hitastiguleiða á Höfuðborgarsvæðinu	
1973 JYGA/NO	Ynr. 422
J - R.vík	Fnr. 10605





ORKUSTOFNUN

Jarðhitadeild

JARÐLAGASKYRINGAR HITASTIGULSHOLA

21.9'72 JT/HB

Tnr. 439

J-Rvík

Fnr. 10796



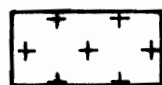
Ferskt basalt



Glerkennt basalt



Myndbr. basalt



Innskot (dólerít)



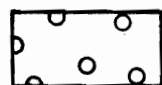
Basaltrik breksía (bólstraberg)



Möbergs breksía



Túff



Gróft set



(Ótilgr.) set



Laust set



Túffkennt set

N

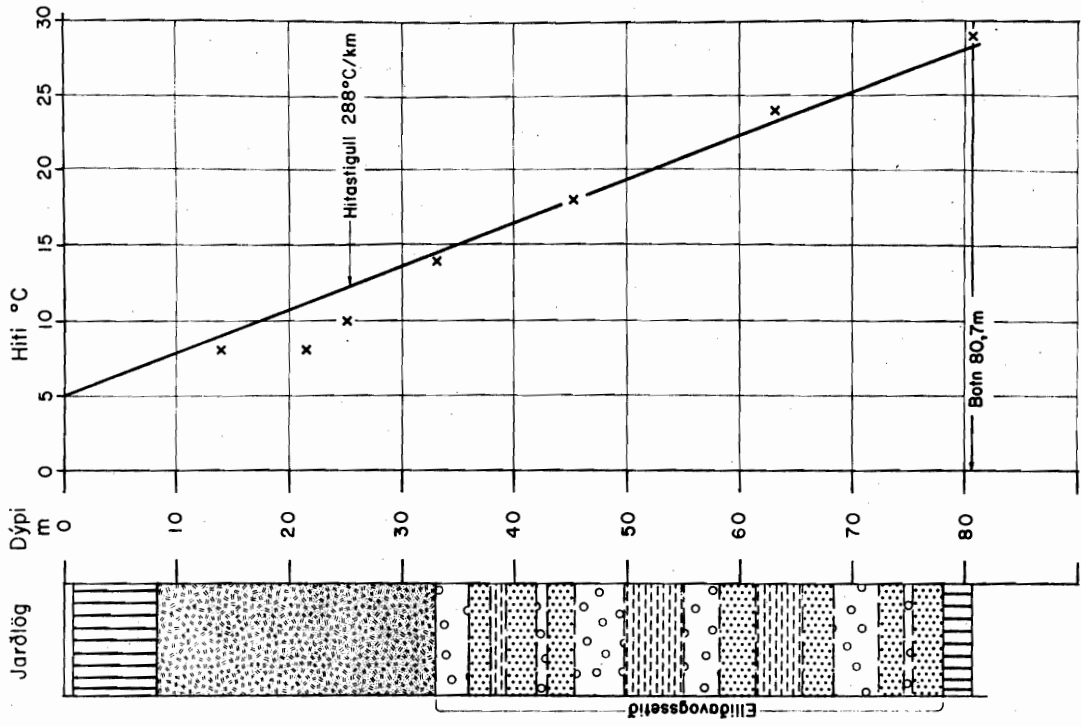
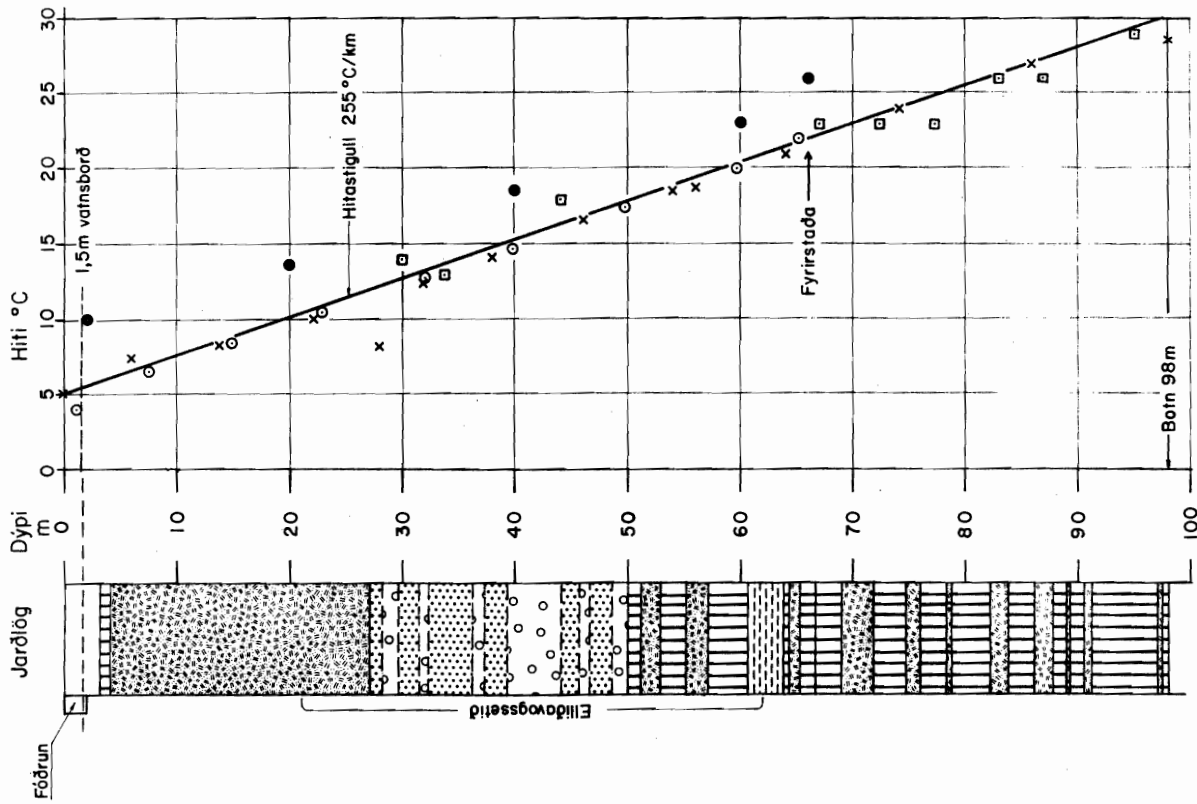
Rétt segulstefna

R

Öfug segulstefna

Z

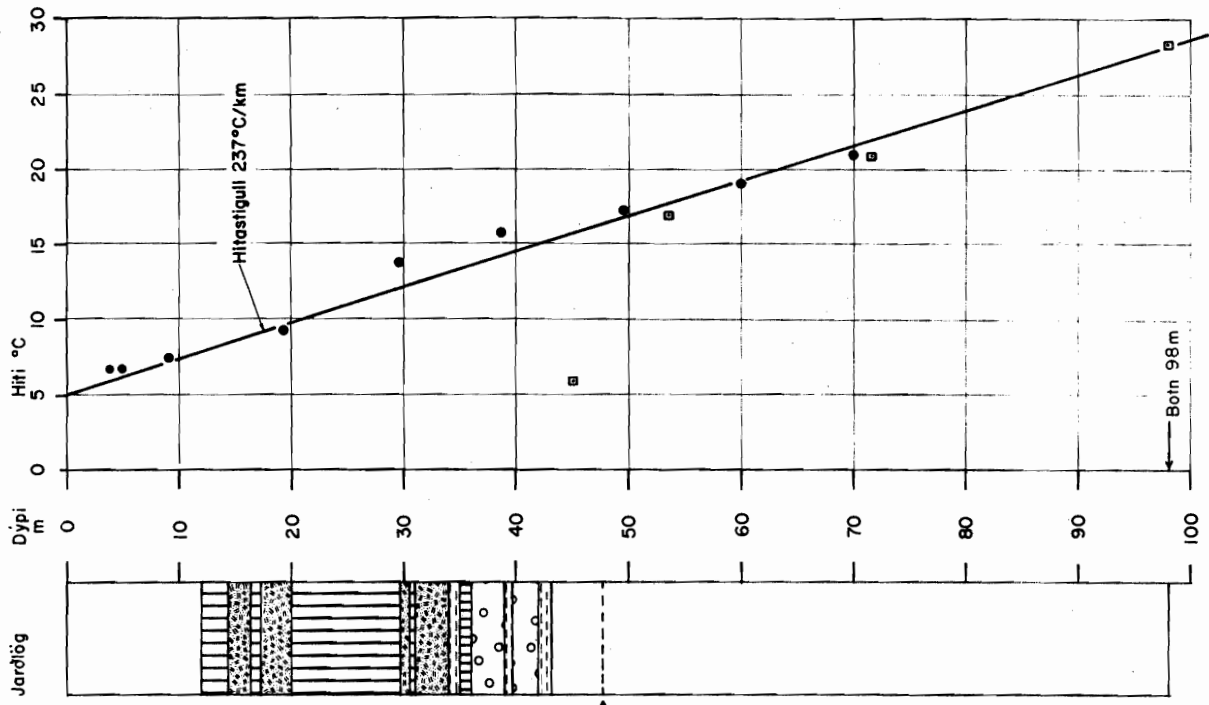
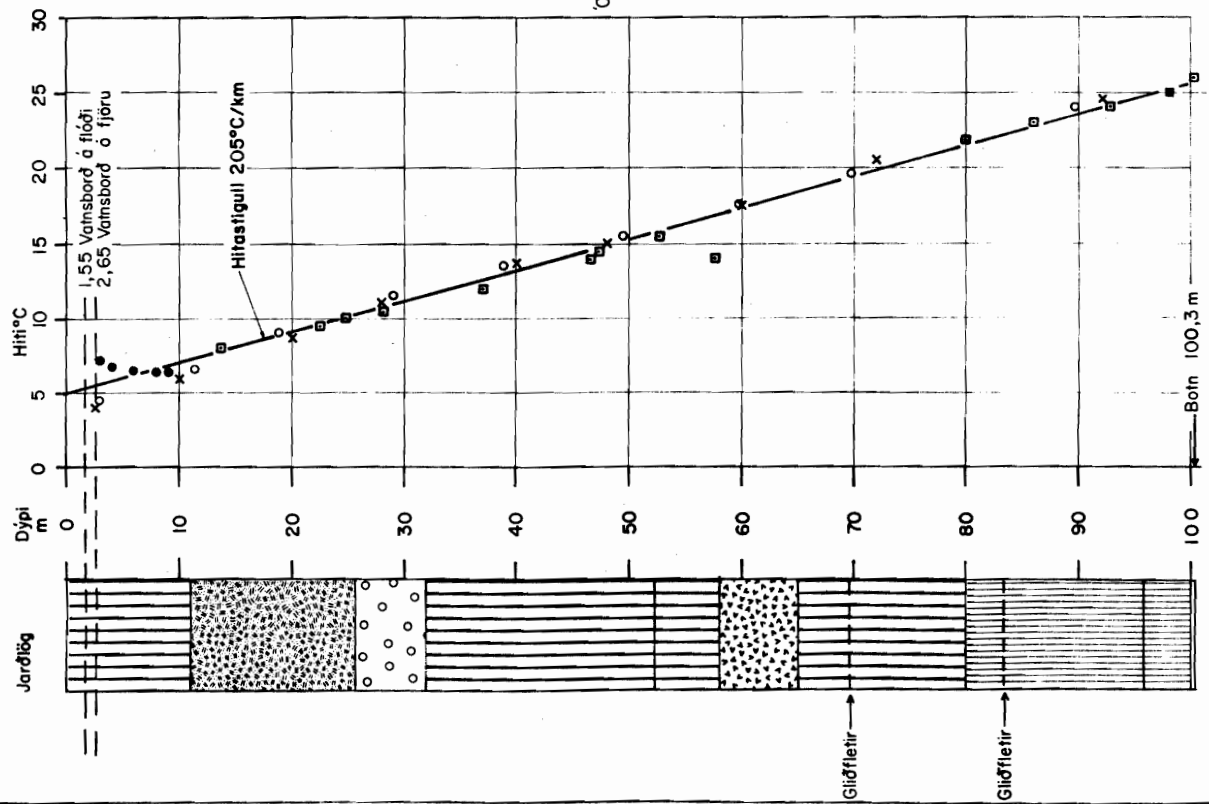
Zeolitar



ORKUSTOFNUN	
SELTJARNARNES HS-1, HS-2	
Hitastigulsholur á Stór-Reykjavíkursvæðinu	
288/72 JT/SL	Fnr. 61
	Fnr. 918
	U-Seltn. v. Hittim.
Fnr. 10637	

Sjá jarðlaugaskýringar mynd 4.3.1

SELTJARNARNES HS-1

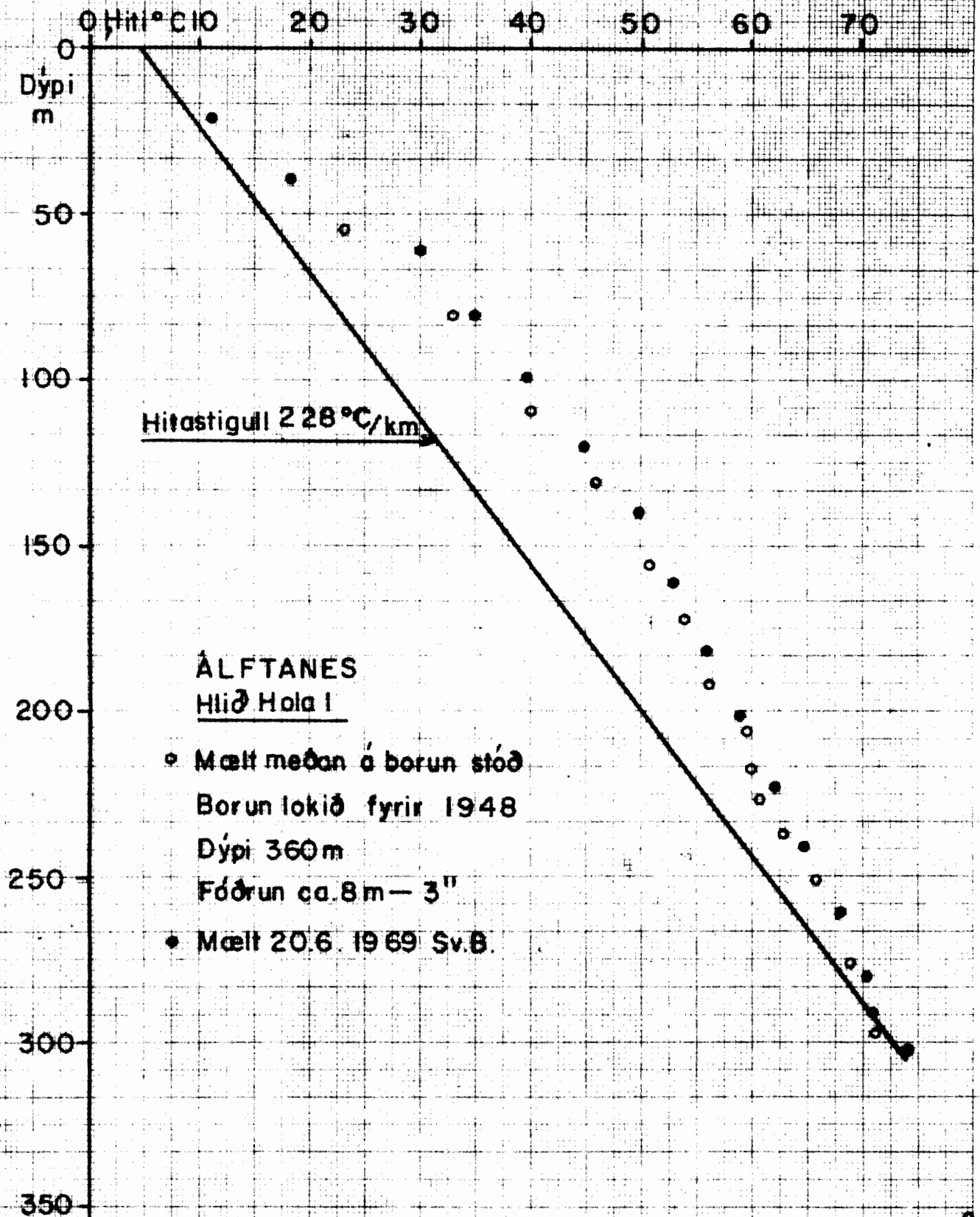


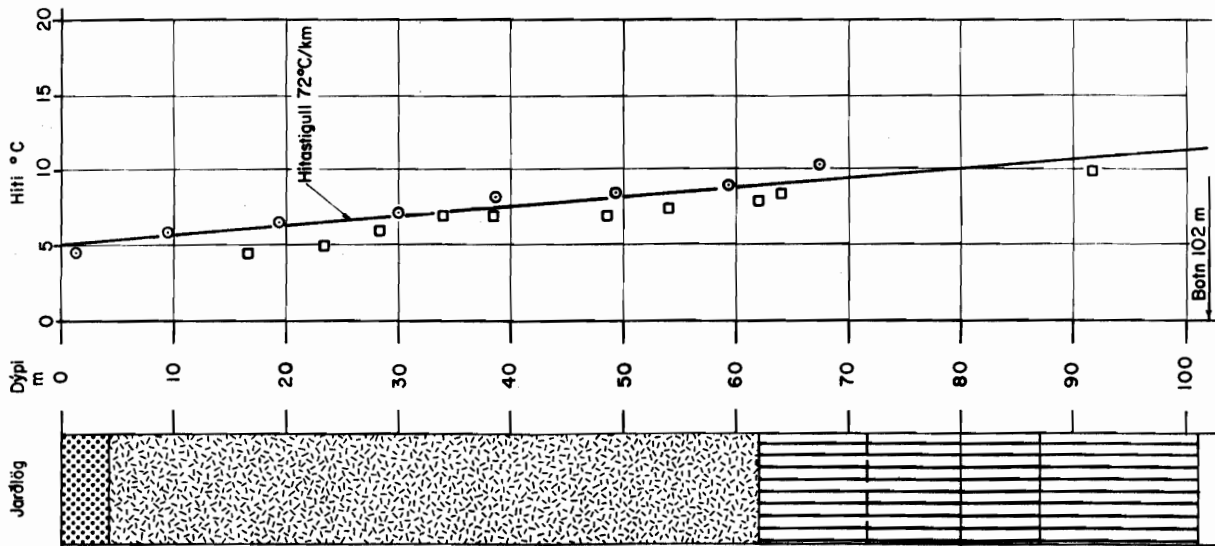
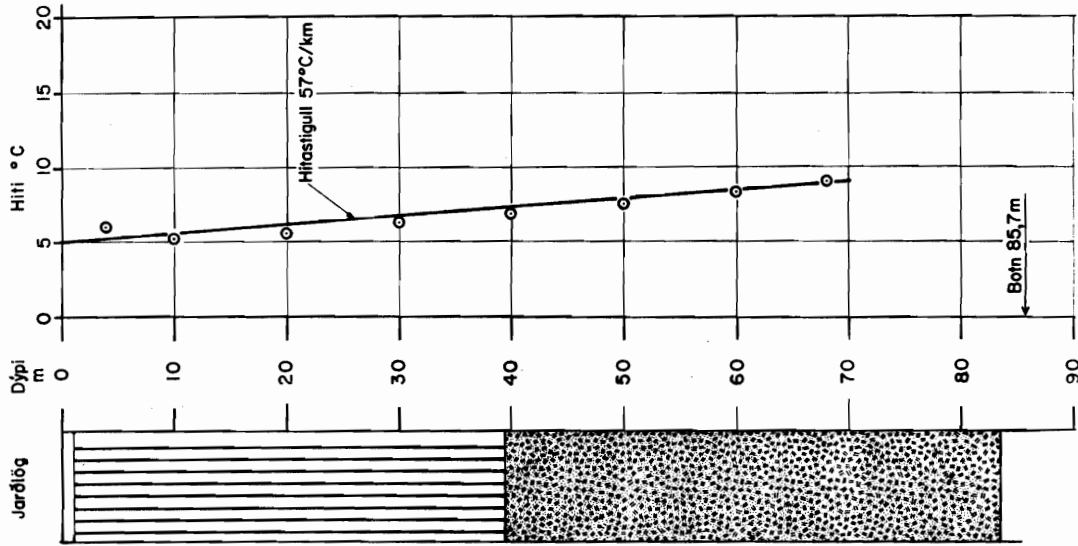
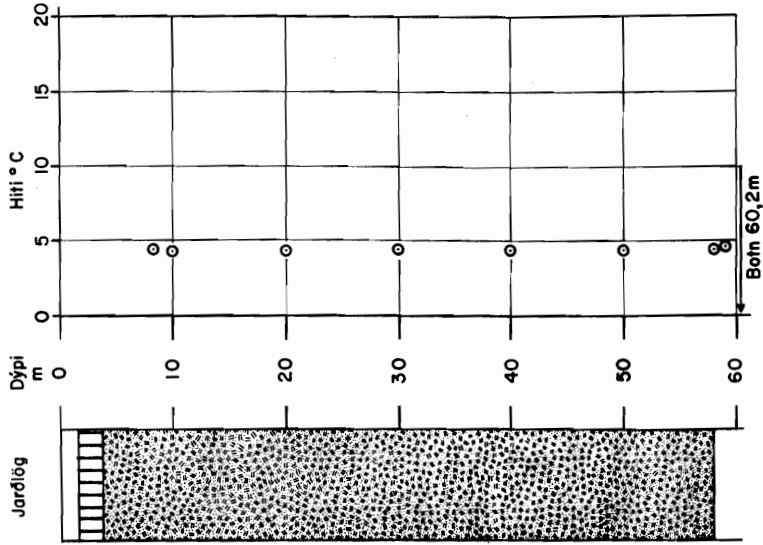
Sjá jarðgaugaskýringar mynd 4.3.1

ORKUSTOFNUN	
ALFTANES	
BJARNAST HS-5 AKKRAKOT HS-6	
Hitastigulsholur á Stór-Reykjavíkursvæðinu	
19.9.72 J.T./HB	Tfr.915 Tfr. 9
J.-Hitom. J.-Alftanes	Fnr. 10664



Hitamælingar og hitastigull í borholu





ORKUSTOFNUN

HAFNARFJÖRÐUR HS-7 til HS-9
Hlitasigulsholur á Stór- Reykjavíkursvæðinu
7.9.'72 J.T./SL Tr. 8 Tr. 916 Tr. 916 J-HH J-HH Tr. 916 Fnr. 10665

HAFNARFJÖRÐUR HS-8
BATALÓN

Greining: E.G.V.'66 Fnr. 7609
Borun lokið 13.7.'64
Mælt 22.9.'64 A.B. Fnr. 6844

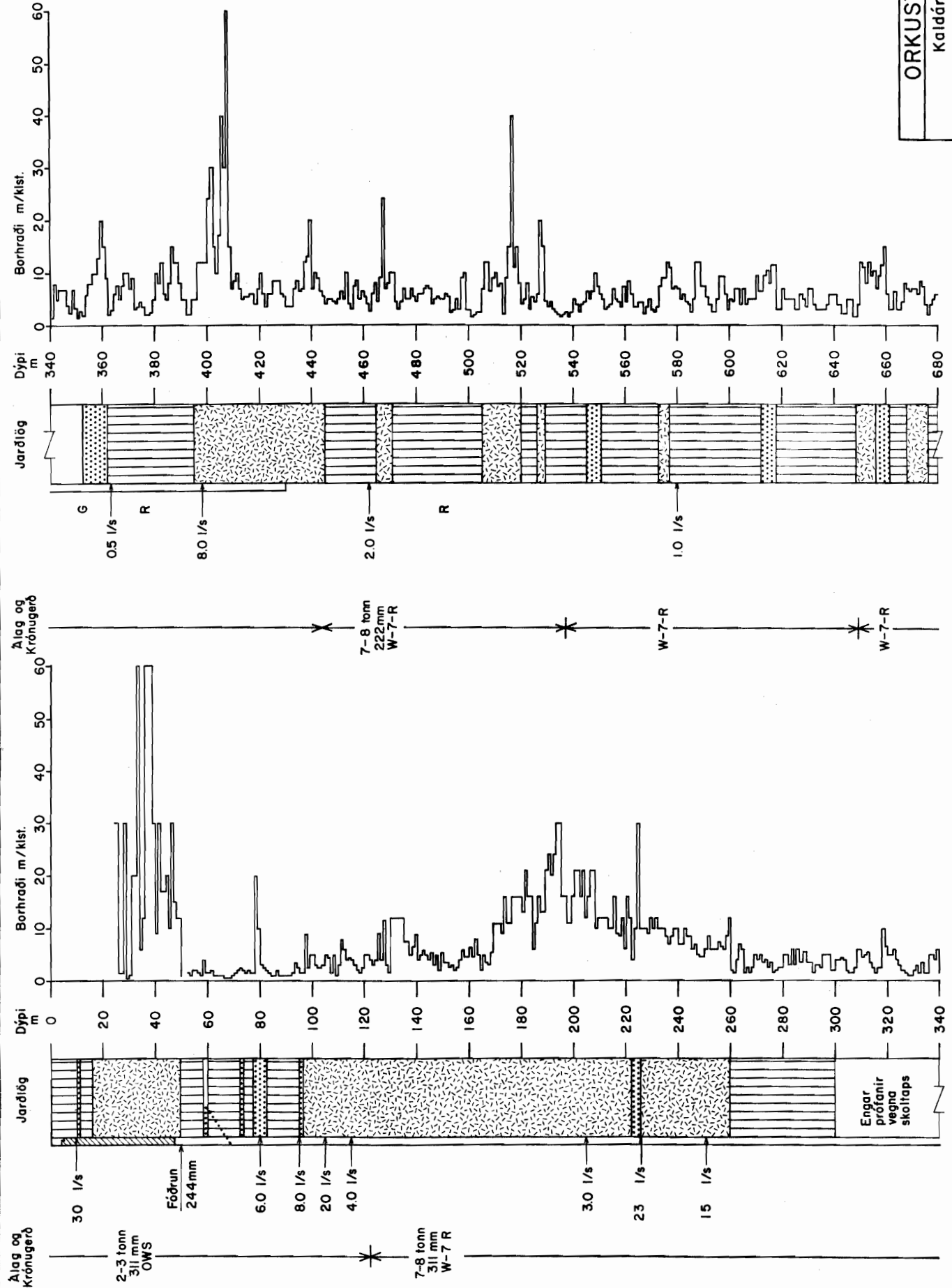
HAFNARFJÖRÐUR HS-7
VIÐSTADJUR

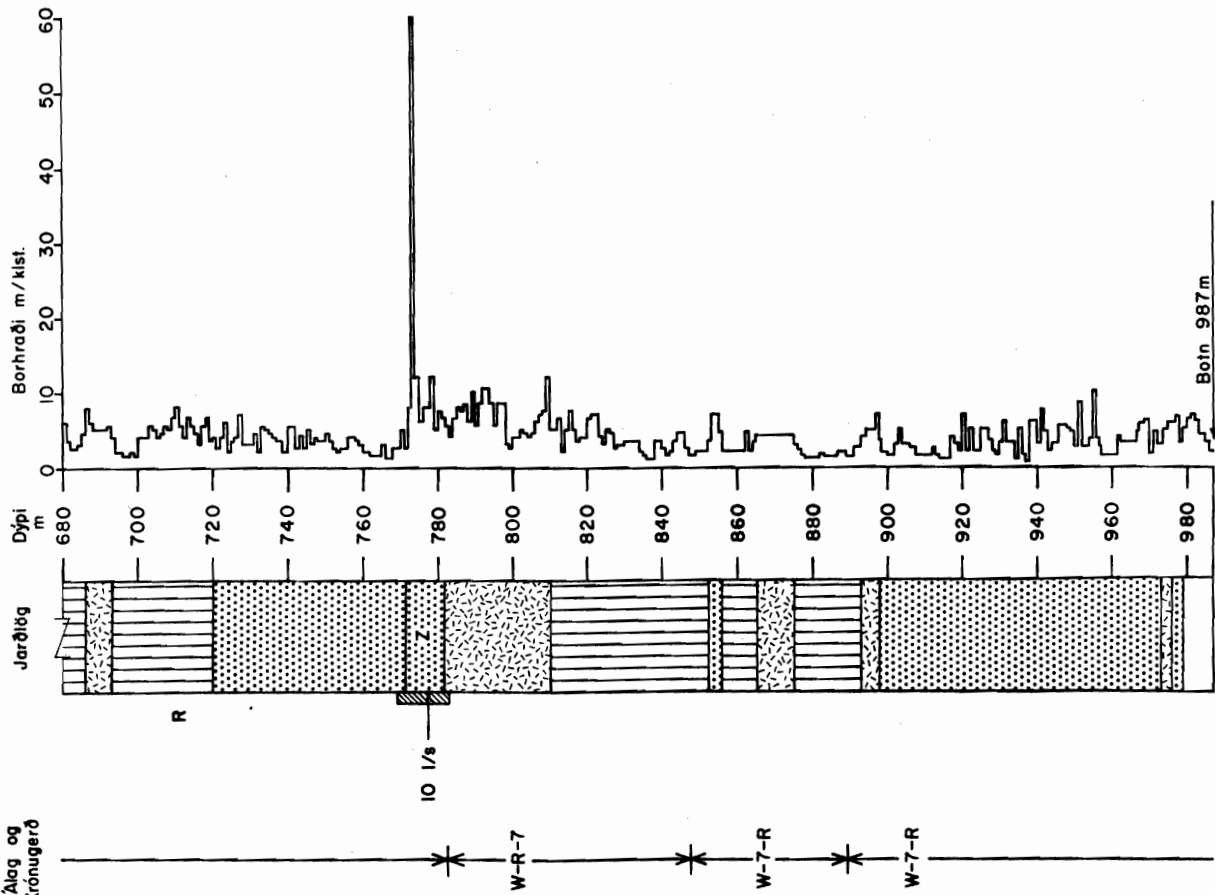
Greining: I.B.F.'68 Fnr. 8586
Borun lokið 6.4.'67
Mælt 23.5.'67 Fnr. 7982
Mælt með hámarksmæli meðan á borun stóð

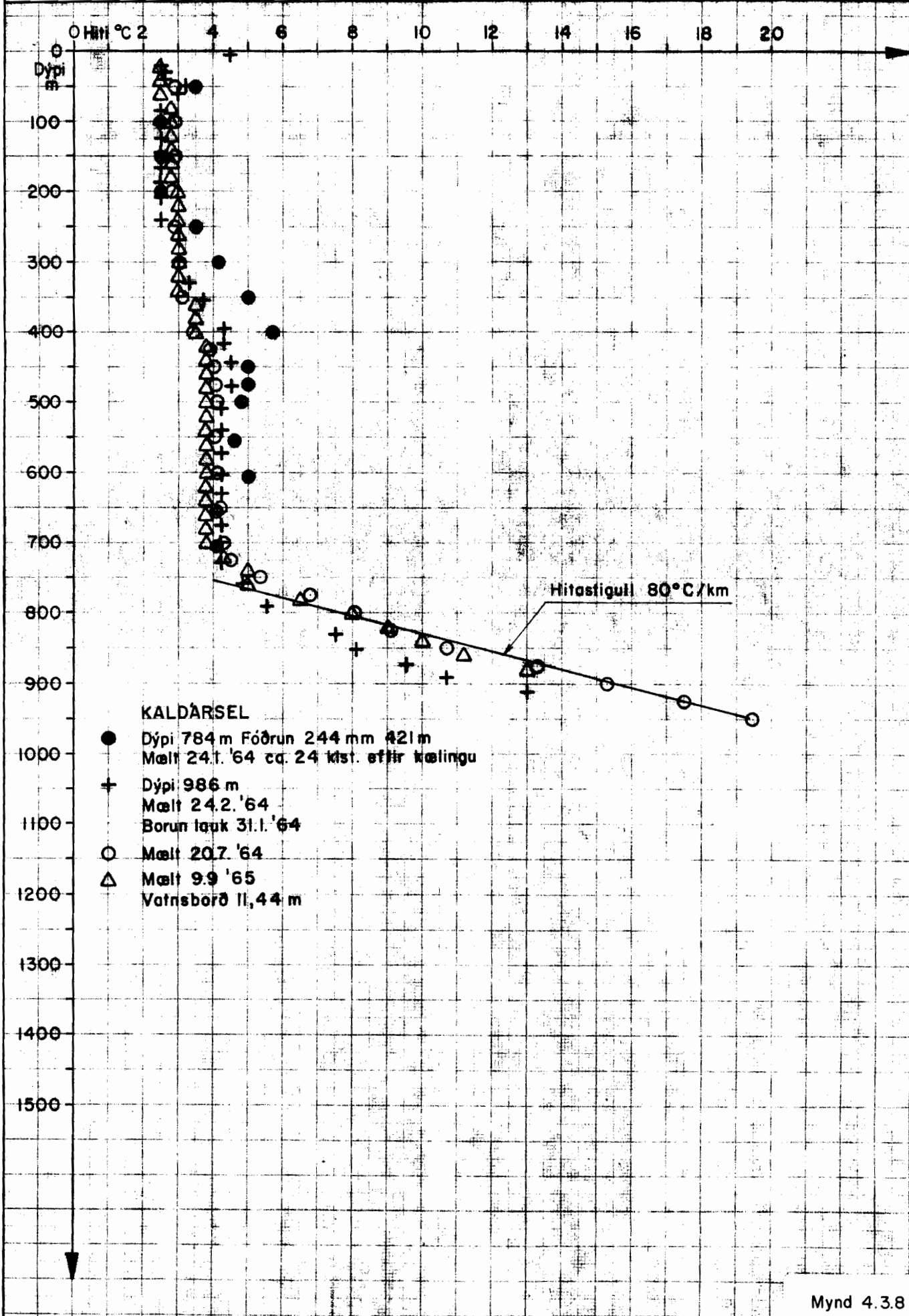
ORKUSTOFNUN

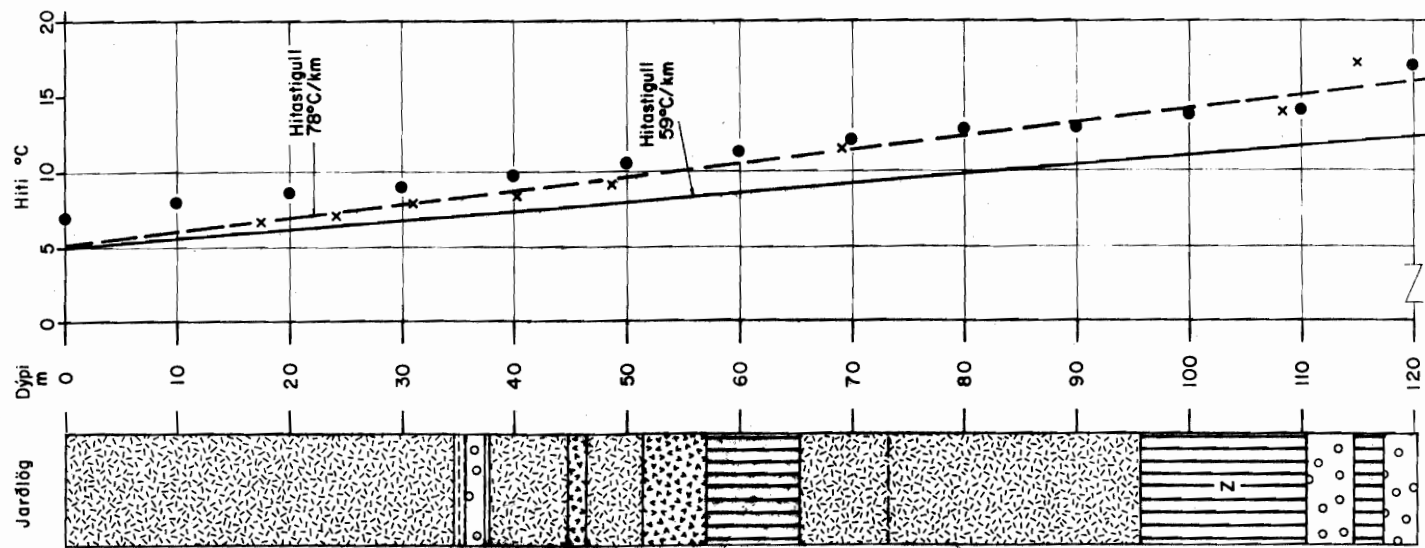
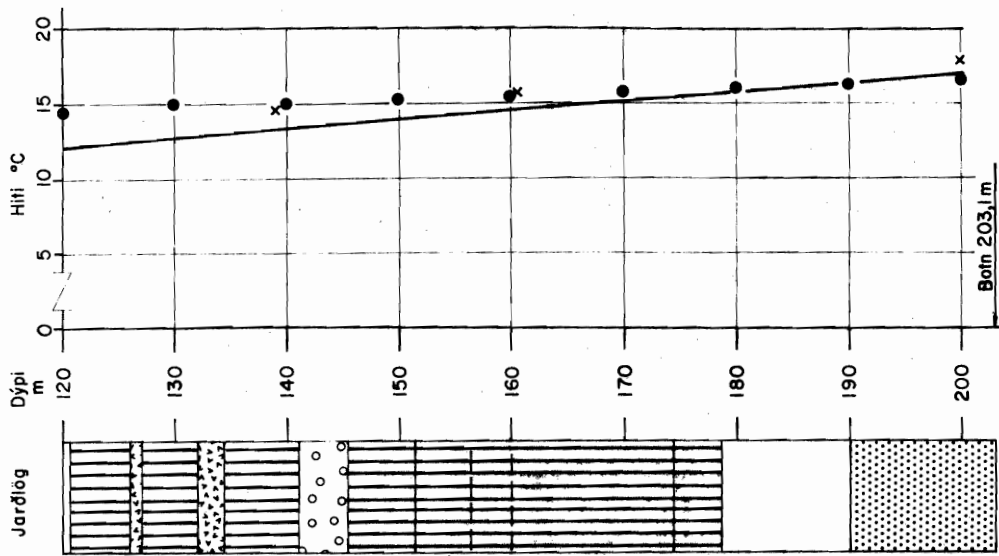
Kaldársel hola 1
Jardlagasnið

28.6.73 EHV/GH/SJ Thr. 10
Blad 1 af 2 J-Kaldarsel Fnr. 11126









SILFURTÚN HS-10

Greining: I.B.F. '68 Fnr. 8292 og 8293

Borun loka 10.5.'67

● Mælt 20.6.'67 S.G.S. Fnr. 7980

x Mælt með hámarksmáli meðan á borun stóð

Sjá jarðlagaskýringar mynd 4.3.1

ORKUSTOFNUN

SILFURTÚN HS-10

Hitastigsholur á Stór- Reykjavíkursvæðinu

28.9.72 J.T./SL

Tmr.3

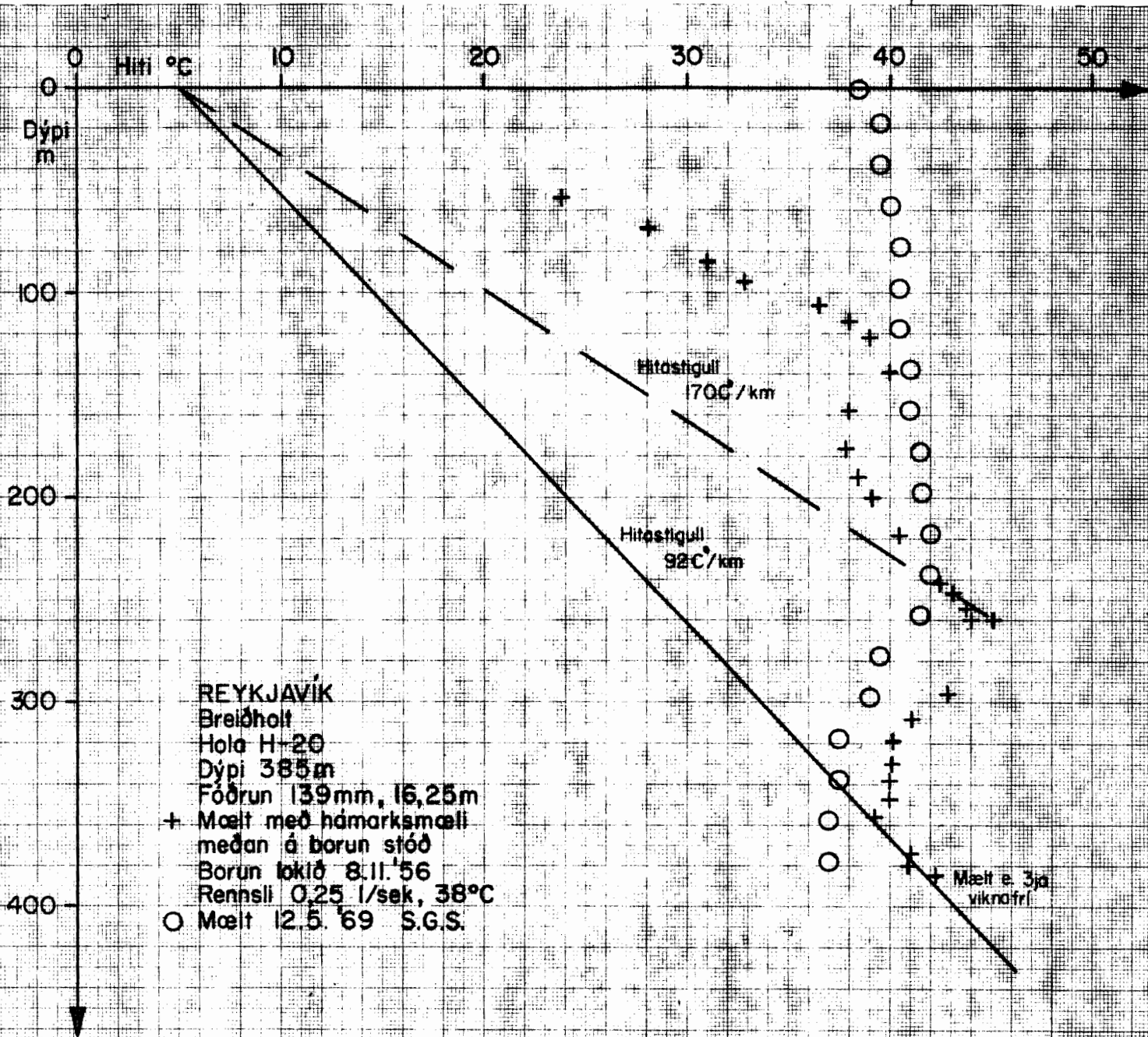
J-Silfurt, J-Hitast

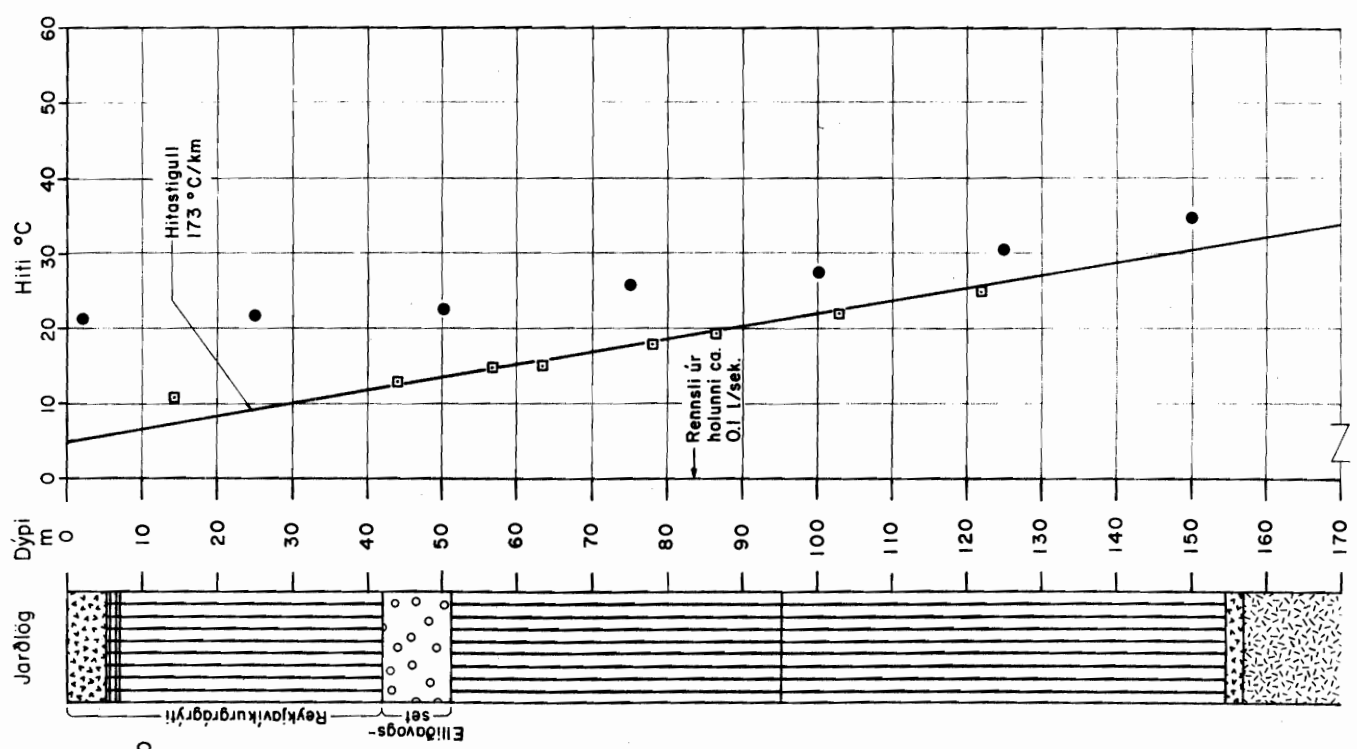
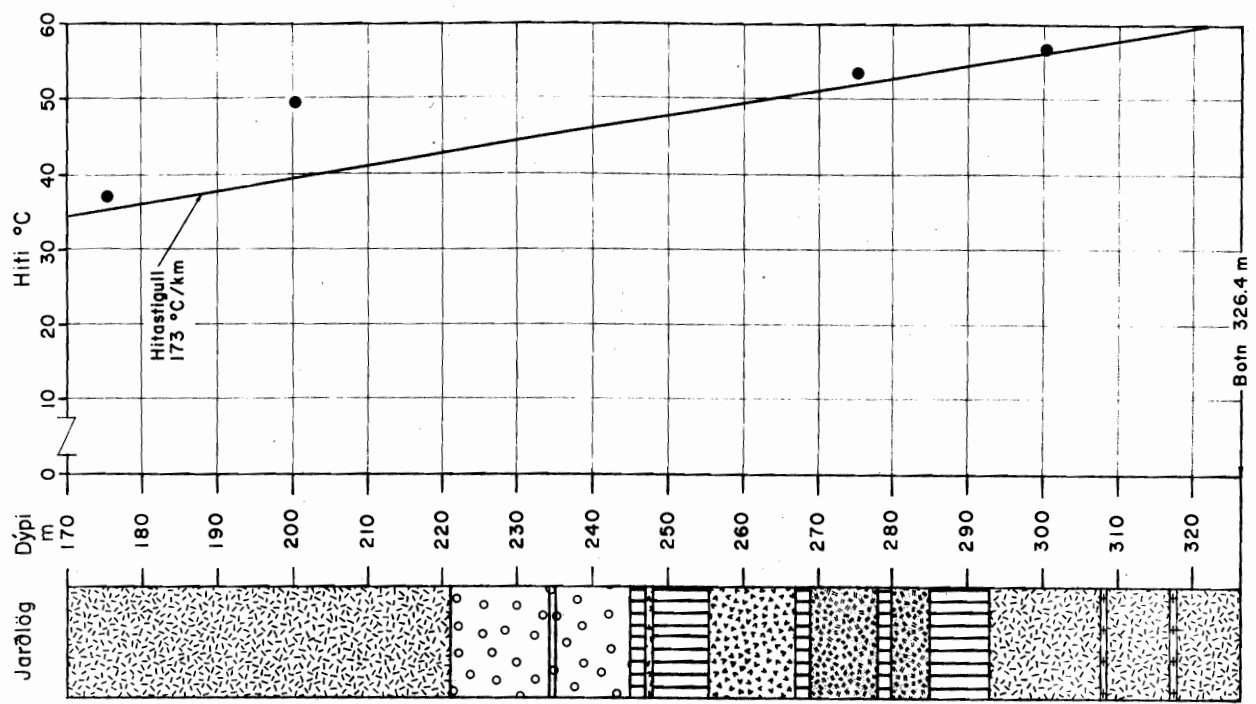
Tmr.919

Fnr. 10638

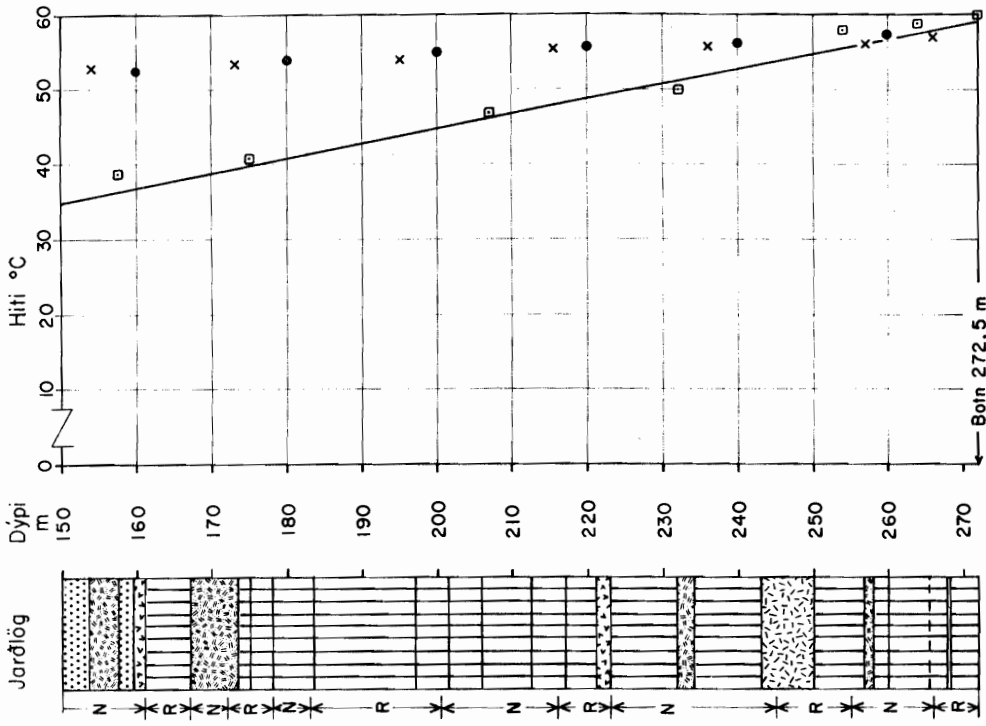
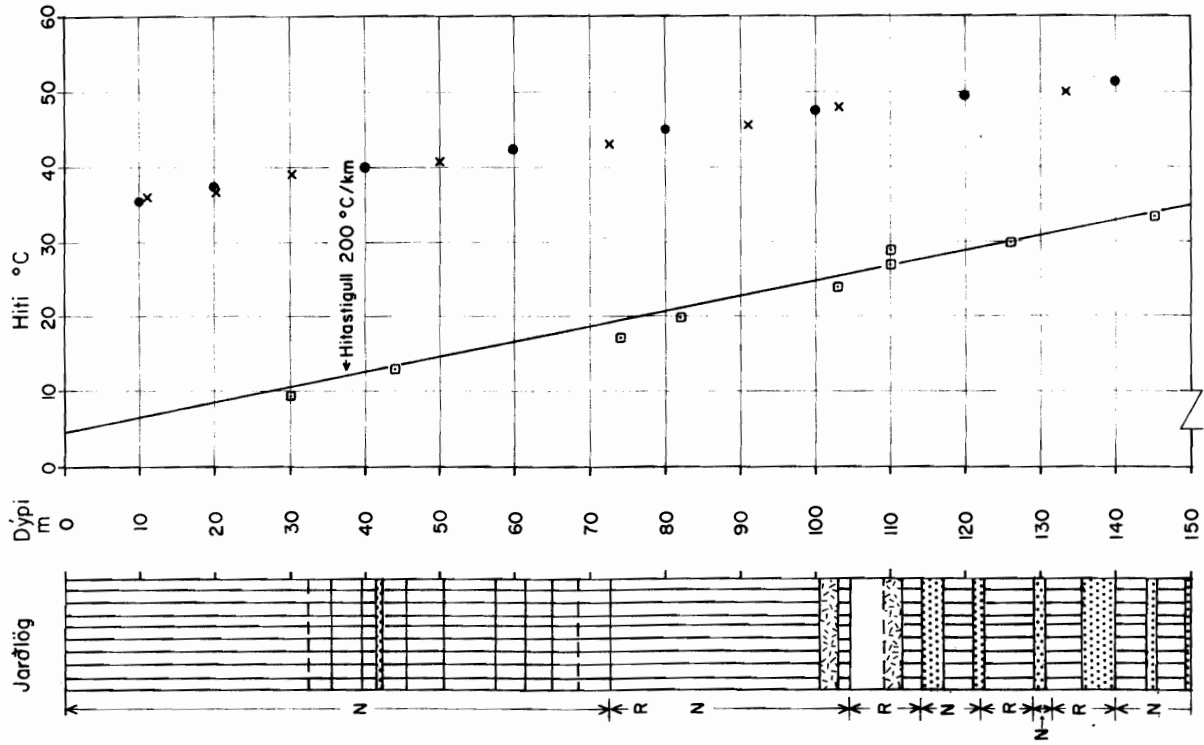


Hitamælingar í borholum



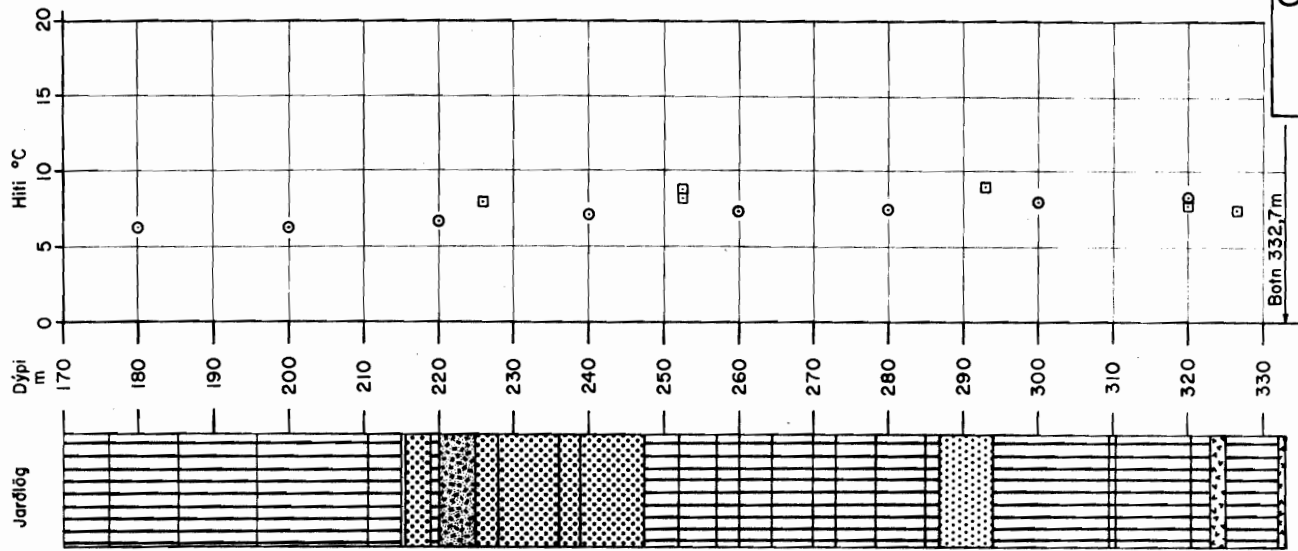
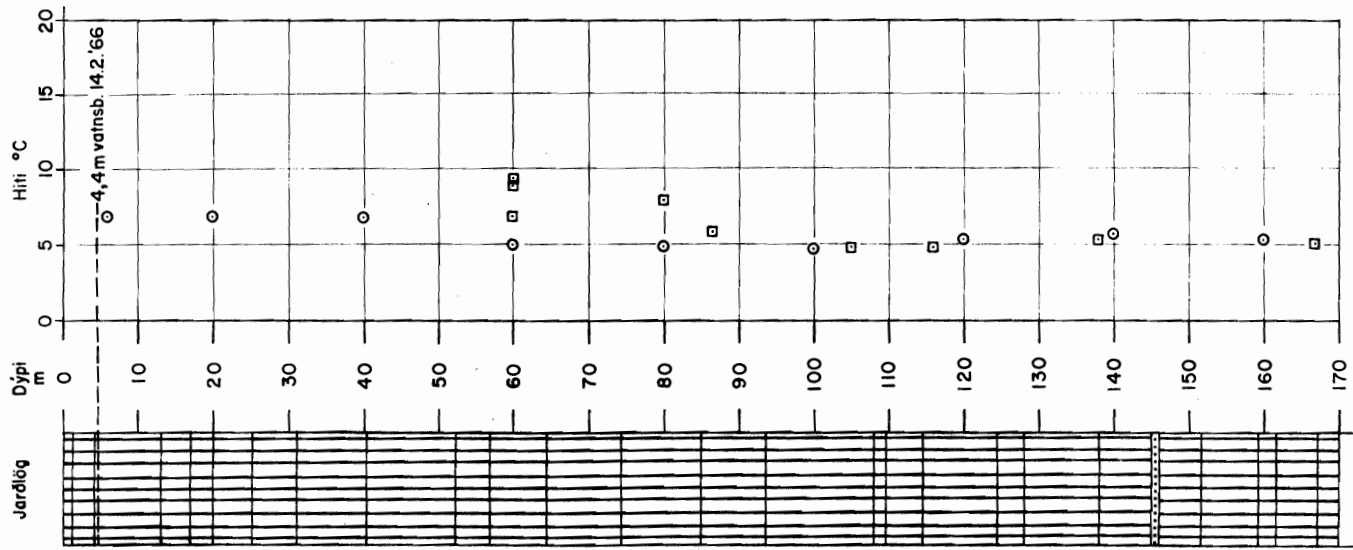


ÁRTÚN H-38
 Greining JJ Fnr. 10096
 Borun lokið 15.5.1963
 ● Mælt 11.11.68 S.G.S. Fnr. 8640
 □ Mælt með hámarksæli,
 meðan á borun stóð.
 Sjá jarðlagaskýringar
 mynd 4.3.1



ÁRBÆJARSTÍFLA H-41
 Greining: JJ Fnr. 10146
 Borun lauk 1.10.62
 ● Mælt 14.2.66 SGS, Fnr. 7317
 x Mælt 4.1.63 G.G. Fnr. 6096
 □ Mælt með hámarksælli meðan á borun stöð Fnr. 6096
 Sja jarðgagaskýringar mynd 4.3.1

ORKUSTOFNUN	
ÁRBÆJARSTÍFLA H-41	
Hitastigulsholur á Stór-Reykjavíkursv.	
26.972 JT/HB	Fnr. 430 Fnr. 921
J. Þóki J. -Hilg.	Fnr. 10640



SKYGGNIR H-39

Greining: J.J. Fnr. 10144
 Borun lauk 25.5.64
 Mælt 14.2. '66 S.G.S.
 Mælt með hámarksælli
 meðan á borun stöð
 Sjá jarðlagsskýringar
 mynd 4.3.1

Botn 332,7m

ORKUSTOFNUN

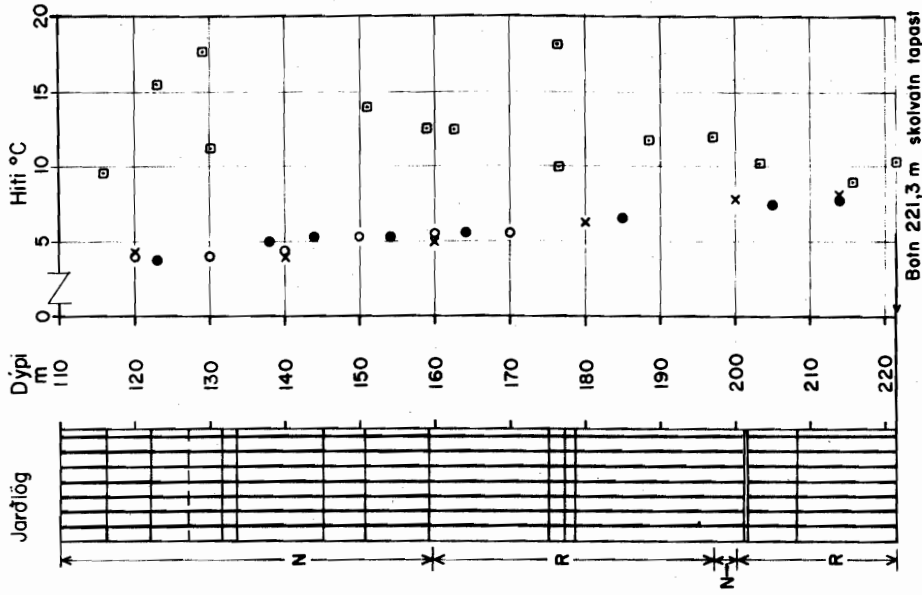
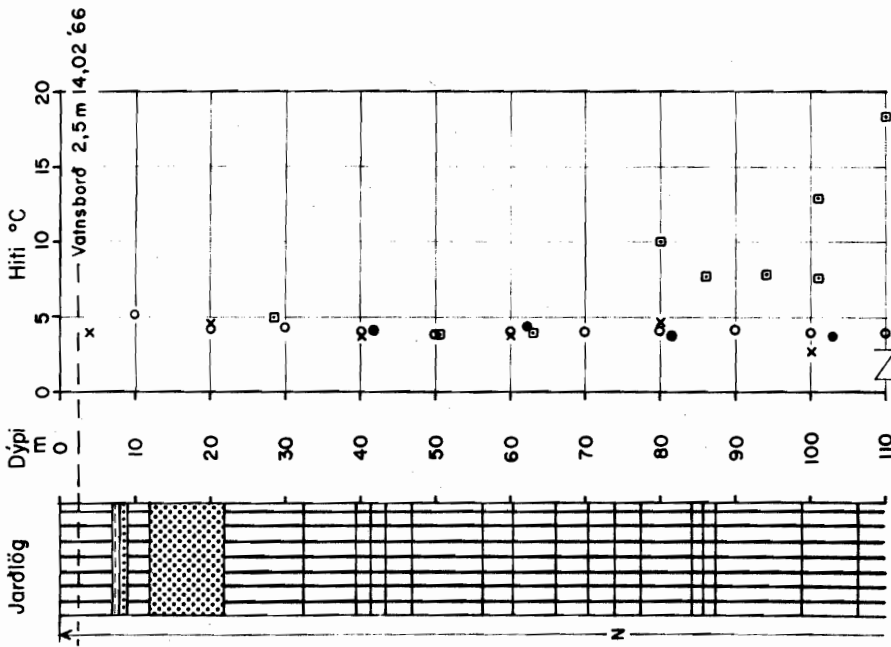
SKYGGNIR H-39

Hitastigisholur á Stór- Reykjavíkursvæðinu

23.6.72 JT/SL Tr. 432 Tr. 925

J-Reykjav. J-Hita.

Fnr. 10644



RAUDHÖLAR H-37
 Greining J.J. Fnr. 10147
 Borun lauk 1.10.62
 ● Mælt 5.1.63 G.G. Fnr. 6095
 □ Mælt með hámarksælli meðan á borun stóð
 ○ Mælt 7.8.62 Þ.V. Fnr. 5810 og 5811
 x Mælt 14.2.66 S.G.S. Fnr. 7316
 N: Rétt segustefna
 R: Öfug segustefna
 Sjá jarðlagaskýringar
 mynd 4.3.1

ORKUSTOFNUN	
RAUDHÖLAR H-37	
Hitastigisholur á Stór-Reykjavíkursv.	
28.972 JT/HB	Fnr. 10642
	Tnr. 8 Tnr. 923
	J-Raudhólar-J-Hiti

ORKUSTOFNUN

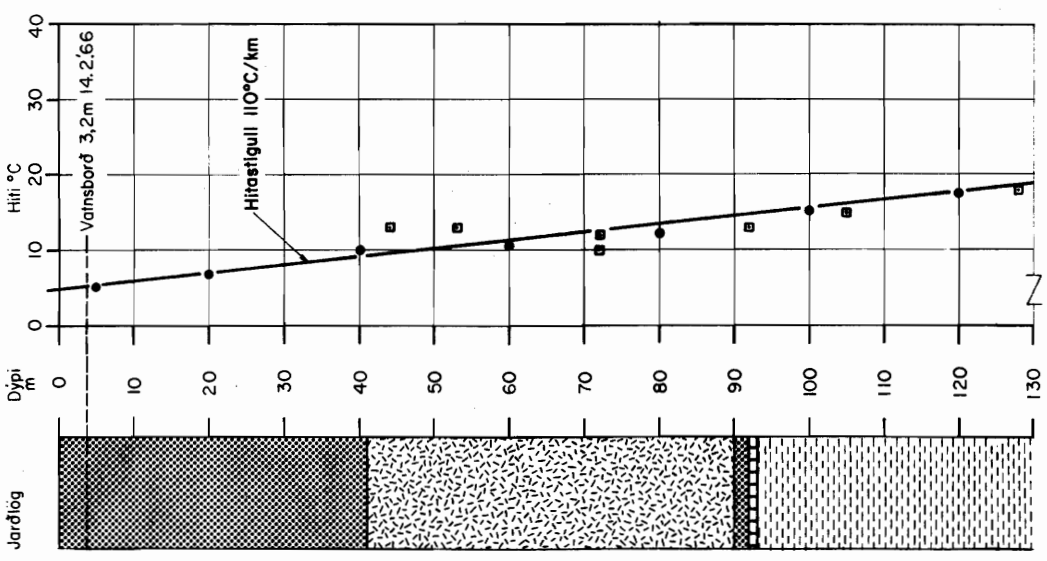
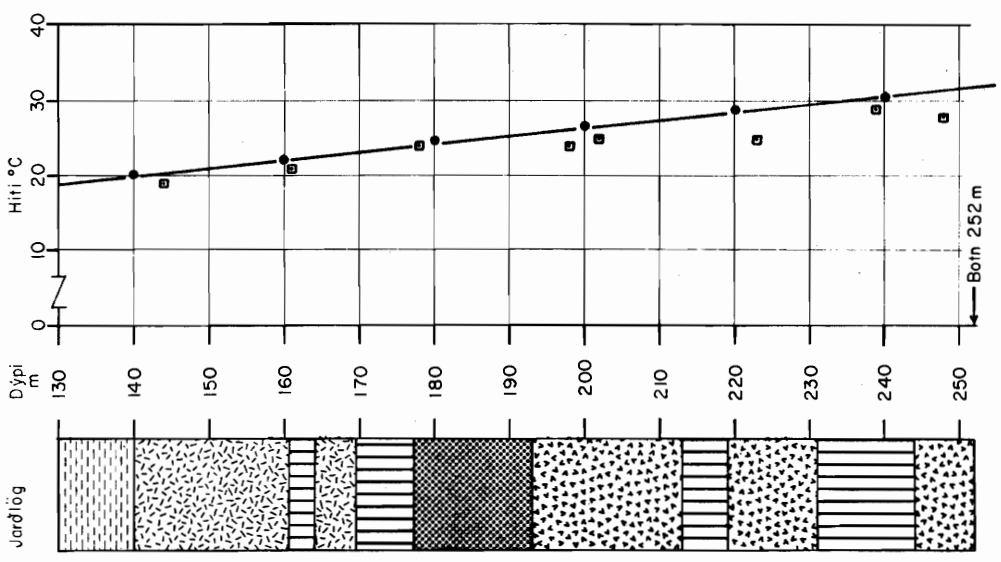
GUFUNES H-40

Hitastigulsholur á Stór - Reykjavíkursvæðinu

19.9.72 JT/HB Tur.488

J-Rvík

Fnr. 10643



GUFUNES H-40

Greining: J.J. Fnr. 10145

Borun lauk: 23.12.64

● Mælt 14.2.66 S.G.S.

□ Mælt með hámarksælli meðan á borun stöð.

Sjá jarðlagaskýringar mynd 4.3.1

5. JARÐHITASVÆÐI Á HÖFUÐBORGARSVÆÐINU

5.1 Almennt yfirlit

Í köflum 3 og 4 hefur að nokkru verið greint frá dreifingu jarðhita á höfuðborgarsvæðinu út frá viðnámsmælingum og hitastigulsholum. Í þessum kafla er ætlunin að tengja þetta betur saman og gera grein fyrir nýttum jarðhitasvæðum á höfuðborgarsvæðinu, en þau eru Elliðaársvæðið, Laugarnessvæðið og Seltjarnarnessvæðið. Á Álftanesi er örugglega nýtanlegt jarðhitasvæði, en auk þess gæti verið nýtanlegt jarðhitasvæði í Kópavogsdal.

Lítill sem enginn samgangur er á milli jarðhitasvæðanna. Þegar dælt er úr holum á einhverju einu þessara svæða, hefur dælingin ekki áhrif á holur á hinum svæðunum. Hitastigull er jafnframt miklu lægri á milli svæðanna, en á svæðunum sjálfum (mynd 4.2). Skýringin er trúlega sú, að svæðin séu aðskilin af ganga- og sprungusveimum, og sjást nokkur merki slíks sveims í vestustu holunni á Elliðaársvæðinu (mynd 6.1.4). Á mynd 5.1 er sýndur berghiti í holum frá Seltjarnanesi, Laugarnesi, Elliðaársvæðinu, Mosfellssveit og frá K-1, sem er milli Elliðaársvæðisins og Laugarnessvæðisins. Hitinn í K-1 vex línulega með dýpi, sem þýðir, að á því dýptarbili, sem hitamælingin nær til, er ekkert hringstreymi af vatni.

Á Elliðaársvæðinu er borað í gegnum heitustu jarðlögin. Hámarkshitinn, um 110°C, er á 600-900 m dýpi, en hitinn lækkar síðan með dýpi (78 - 100°C). Á Laugarnessvæðinu er komið í mjög háan hita (120°C) í 600 m dýpi. Neðar hækkar hitinn hægt og er um 145°C í 2200 m dýpi. Á Seltjarnanesi er aftur á móti tiltölulega lágur hiti (60 - 80°C) niður í 800 m dýpi, en síðan hækkar hitinn og er um 126°C fyrir neðan 1600 m, en hækkar lítið eftir það.

Efna og ísótópasamsetning jarðhitavatnsins er mismunandi á svæðunum (sjá töflu 5.1). Vatnið á Seltjarnarnesi er tiltölulega klórrikt (390-700 ppm), nýttta vatnið þar inniheldur 500-550 ppm af klór. δ -gildi Seltjarnarnesvatnsins er -74 0/00, sem er mjög ólíkt öðru vatni á höfuðborgarsvæðinu. Á Laugarnessvæðinu er klórmagn vatnsins mun lægra, eða um 30 ppm og δ -gildi er um -66 0/00. Á Elliðaársvæðinu er enn lægra klórmagn, 15-20 ppm, en δ -gildið breytilegt frá -58 0/00 til -64 0/00. Vatnið á Álftanesi er klórrikt (með 940-2485 ppm, sjá töflu 5.2). Í einu sýni, hefur δ -gildið verið greint, -65 0/00, en það innihélt 1932 ppm af klór. Ef reiknað er með að djúpvatnið á Álftanesi hafi svipað klórmagn og djúpvatn á Seltjarnarnesi myndi δ -gildið vera svipað á báðum stöðum. Nokkur sýni úr borholum á Álftanesi hafa verið efnagreind (tafla 5.2) og eru þau öll klórrik. Klórmagnið er mismunandi í holunum og er mest efst í holu HS-5, en við holuna er mikill sjógangur. Minnstur klór er í holu HS-6, en þar er sjógangur minni en við hinar holurnar. Líklega blandast sjávarlöður grunnvatninu, og er blöndunin mest efst í holunum. Ef þetta er rétt mun djúpvatnið á Álftanesi innihalda mun minna klór en mælst hefur í holunum.

5.2 Rennslislíkan jarðhitavatnsins

Myndir 5.2 og 5.3 sýna aðalatriðin í rennslislíkani, sem gert hefur verið af höfuðborgarsvæðinu (Jens Tómasson o.fl. 1975). Mynd 5.2 sýnir vetnisisótópahlutfall af úrkomu á suðvesturlandi, frá Braga Árnasyni og Þorbirni Sigurgeirssyni (1967). Jafnframt eru sýnd á myndinni mörk gosbeltisins, kvarters og tertiers bergs. Ör sýnir rennslisátt heita vatnsins, sem upp kemur fjærst gosbeltinu á Seltjarnarnesi, en næst gosbeltinu er talið vera staðbundið hringrásaruppstreymi af heitu vatni (sjá kafla 4). Þetta hringrásaruppstreymi sést betur á mynd 5.3, sem er þverskurðarmynd niður á lag 3 ($V_p = 6.5\text{km/s}$), gegnum jarðhitasvæðin á höfuðborgarsvæðinu og út í hraunsvæðið fyrir suðaustan Elliðaársvæðið. Eins og sagt er frá í inngangi, yngist bergið í átt að gosbeltinu. Austast og efst í sniðinu er því ferskt og gegndræpt berg, sem nær niður á nokkur hundruð m dýpi, samkvæmt viðnámsmælingum í D-13. Vatnsstreymið í gegnum þetta ferska berg er svo mikið, að það tekur burt allan varma úr berginu. Þetta kalda vatnslag kemur fram í mörgum hitastigulsholum, sem liggja næst gosbeltinu, og

hvað best í Kaldárselsholunni, þar sem kalda vatnslagið nær niður á 750 m dýpi. Undir og neðst í kalda vatnslaginu byrjar bergið að myndbreytast, en myndbreytingin eykst með dýpi. Í þessu myndbreytta bergi er hringrásarstreymi af staðbundnu heitu vatni, sem jafnar út hitann í berginu á stóru svæði og nær þetta streymi líklega niður á lag 3. Við efri mörk hringrásarinnar á sér stað allmikil blöndun við kalt vatn. Ef dæma skal eftir hitastiglinum fyrir neðan kalda vatnslagið í Kaldárselsholunni gætu efri mörk hringrásarvatnsins verið á um 1700 m dýpi, ef miðað er við að það sé um 80°C heitt, sem er nálægt þeim hita, sem mælst hefur bæði á Elliðaársvæðinu og Mosfellssveitarsvæðinu.

Vatnið á Seltjarnarnesi (mynd 5.3) er með δ -gildi, -74 0/00 . Samskonar vatn finnst á Akranesi, Leirá og Brautartungu í Borgarfirði (Bragi Árnason og Jens Tómasson, 1970) og styður þá ályktun, að heitavatnsstraumur með δ -gildi -74 0/00 renni samsíða gosbeltinu, eins og örin á mynd 5.2 sýnir. Einnig er líklegt að straumar með líka rennslis-
stefnu, en styttra að kommir, renni inn á Laugarnes- og Elliðaársvæðið. Jafnframt er hugsanlegt að blöndun eigi sér stað milli staðbundins jarðhitavatns og lengra aðkomins vatns, einkum gæti þetta átt við um Elliðaársvæðið, því þar er talsverður breytileiki í δ -gildinu. Fremur ólíklegt er að um blöndum sé að ræða í Laugarnesi, því þar er lítill breytileiki á δ -gildunum og þar er jafnframt hæsti mældi hiti á höfuðborgarsvæðinu og því ólíklegt að orðið hafi blöndun við tiltölulega kalt staðbundið jarðhitavatn (mynd 5.3).

Út frá hitaferlinum á mynd 5.1 má svo geta sér til um rennsliseiginleika jarðhitavatns innan hvers svæðis. Á Seltjarnarnessvæðinu eru tvö hringrásarkerfi, efra og neðra kerfi (sjá jafnframt kafla 7.2).

Á Laugarnessvæðinu er eitt hringrásarkerfi, sem jafnar út hitann, þannig að efst í kerfinu, á 700 m dýpi, er hitinn 120°C, en á 2200 m dýpi er hitinn orðinn 145°C, sem jafnframt er hæsti mældi hiti á svæðinu.

Á Elliðaársvæðinu er viðsnúinn hitaferill, sem má túlka þannig, að þar mætist tvö vatnskerfi, og flýtur heitara vatnið (110°C) ofan á því kaldara (70-78°C) (sjá nánar kafla 4). Kaldara vatnið hefur sama δ -gildi (-58 0/00) og staðbundið grunnvatn, en hið heitara hefur δ -gildið -62 0/00 . Allt lengra að komið vatn er léttara en staðbundið grunnvatn.

Tvennt gæti afmarkað vatnsrásir samsíða gosbelti (mynd 5.2). Annars vegar misgengi og gangar, sem liggja samsíða gosbeltinu, og hins vegar þykkir móbergshryggir, sem einnig eru samsíða gosbeltinu djúpt í jarðlagastaflanum. Móbergið í hryggjunum er miklu þoróttara en hraunlögin á milli hryggjanna (Ingvar Birgir Friðleifsson, 1975) og er því líklegt að vatn renni greiðar eftir hryggjunum en á milli þeirra. Næst gosbeltinu er bergið hins vegar svo lekt að engar fastar rennslisrásir myndast, heldur stórt hringrásarkerfi.

5.3 Laugarnessvæði

Vinnsla jarðhitavatns af Laugarnessvæðinu hófst 1928 með borun fjögurra grunnra borhola. Hin dýpsta þeirra var 246 m. Rennsli var 15-20 l/s af 95°C heitu vatni. Til samanburðar var rennsli úr laugunum 5-10 l/s. Boranir voru svo hafnar að nýju 1940. Voru þá boraðar tvær holur, við Þvottalaugarnar og Rauðará, 650 m og 760 m djúpar. Næst voru svo boraðar 16 holur frá 1956-1959, einn til tvo km vestur af Þvottalaugunum. Rennsli var áætlað um 69 l/s af 90-98°C heitu vatni.

Á árunum 1959-1963 voru boraðar 22 holur með Gufubor (Dorfa), 650-2198 m djúpar. Rennsli frá þessum holum rétt eftir borun var mjög misjafnt, frá 1-50 l/s. Staðsetningu einstakra hola má sjá á mynd 4.2.

Gerð hafa verið jarðlagasnið af öllum holum boruðum af Gufubor. Hér verður þó einungis sýnt þversnið gegnum nokkrar holur, sem sýnir megin-drætti í jarðfræðilegri uppbyggingu svæðisins (mynd 5.4).

Með samanburði á þessu sniði (mynd 5.4) og samsvarandi jarðlagasniði af Elliðaársvæði (mynd 6.1.2) sést, að móbergslögin eru jafnmörg (M-1 - M-3) og eru trúlega jafnaldra. Móbergslögin liggja heldur dýpra á Elliðaársvæðinu, sem er í samræmi við jarðlagahallann í átt að gosbeltinu.

Á jarðlagasniðinu (mynd 5.4) eru merkt inn þrjú vatnskerfi, A, B, og C (Þorsteinn Thorsteinsson og Jónas Elíasson, 1970). Efsta kerfið hefur hitastigið 110-120°C, kerfi B hefur 135 °C hita og hitastig vatns í kerfi C er 146°C (sjá mynd 5.1). Aðeins ein hola (G-4, mynd 5.4) nær í neðsta vatnskerfið. Athuganir á þeirri holu gefa til kynna, að úr þessu vatnskerfi megi vinna 140-160 l/s, en úr efri kerfunum tveim var upphaflega dælt um 330 l/s, yfir köldustu mánuðina. Þrjár holur hafa eyðilagst frá því borunum lauk og fást því einungis um 280 l/s af tæplega 130°C heitu vatni af svæðinu. Má því auka vinnslugetu svæðisins um allt að 200 l/s með nýjum djúpum holum (2.5 - 3.0 km).

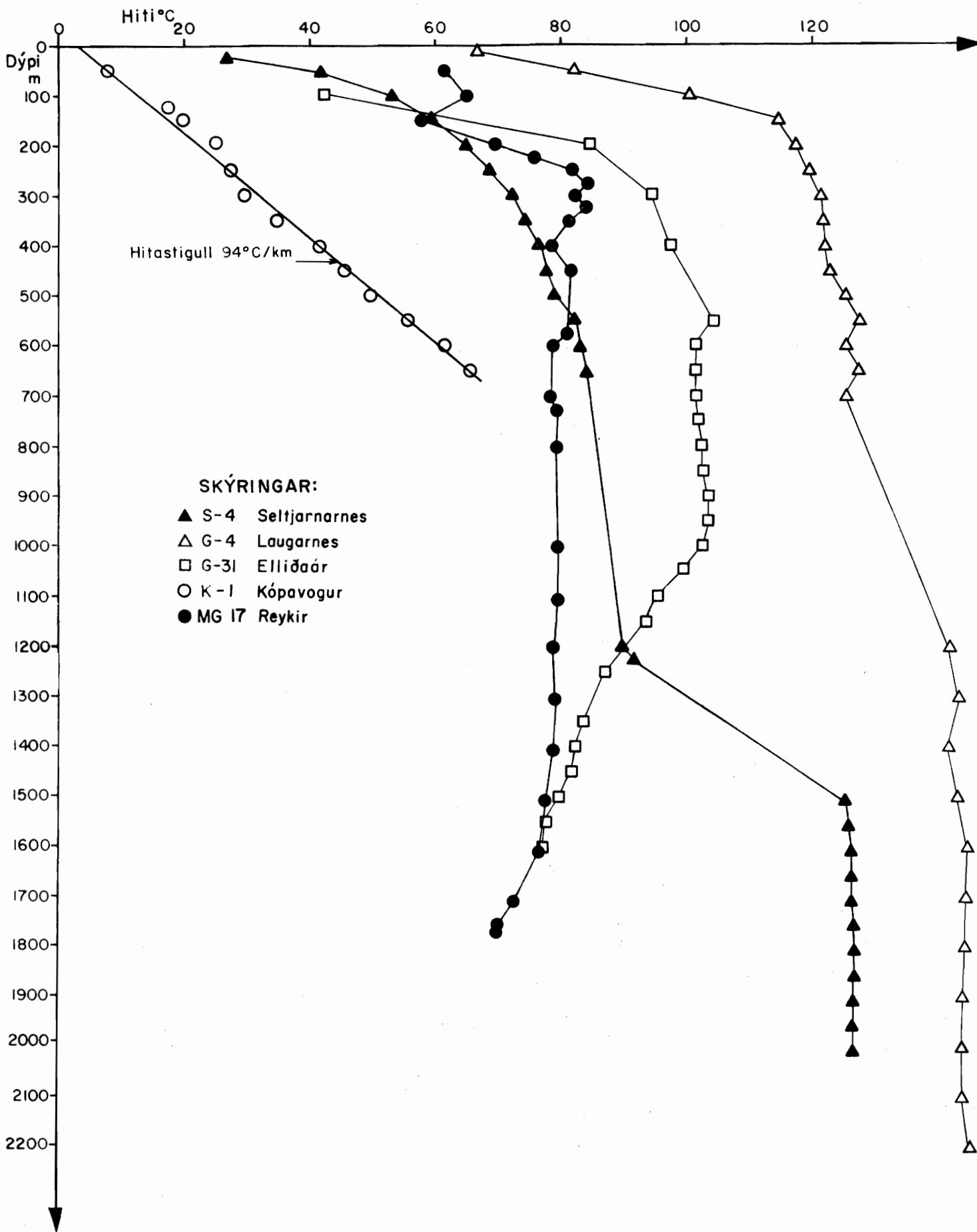
T A F L A 5.1.

Einkennandi sýni fyrir efna- og ísótópasamsetningu jarðhitavatns á höfuðborgarsvæðinu.

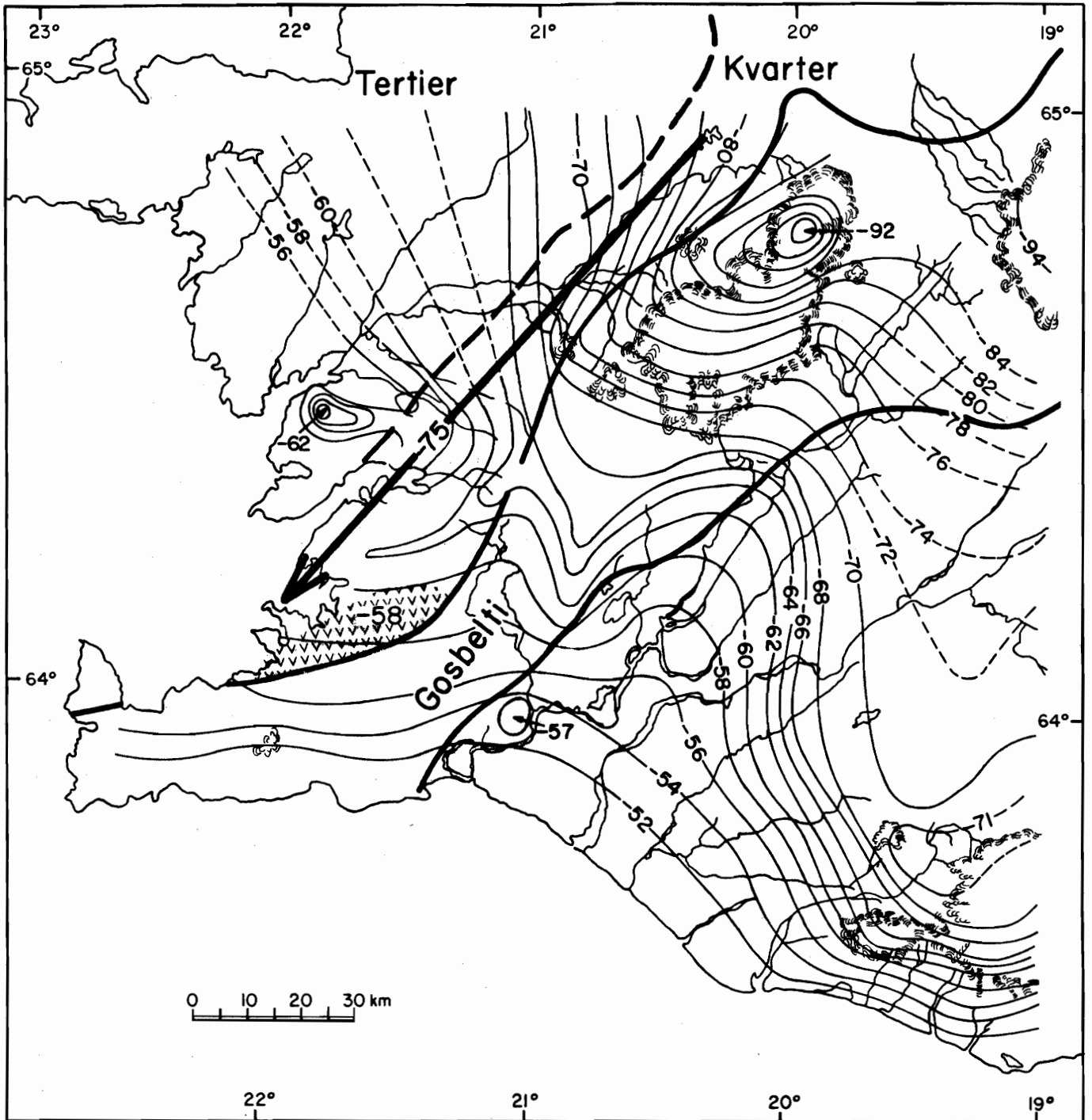
Sýni	Reykjavík Laugarnes G-5 Dæling	Reykjavík Blesugróf G-23 Dæling	Seltjarnarnes S-2 Sjálfrénnandi	Kópavogur K-1 Dýpi 670 m
Dagsetning	12.03.'59	28.12.'67	10.02.'67	22.04.'69
- δ - gildi	66 ‰	62 ‰	73 ‰	74 ‰
Hiti °C	130	100	78	78
Viðnám	3540	3390	450	2807
pH	9.35	9.6	7.8	9.85
HCO ₃ ppm	13.0	55.0	10.0	25.6
CO ₃ ppm	28.0	20.0	13.0	28.8
SO ₄ ppm	21.6	27.0	181.0	58.8
Cl ppm	34.8	19.2	410.0	37.9
SiO ₂ ppm	167.2	130.0	100.0	79.0
Ca ppm	2.6	1.5	56.0	2.4
Mg ppm	1.12	0.24	2.0	0.6
Na ppm	61.0	48.0	285.0	63.8
K ppm	2.61	1.2	5.6	
F ppm	1.1	0.4	1.0	
Steinefni total	328	250	1040.0	272.5

T A F L A 5.2
Efnagreiningar Álftanes

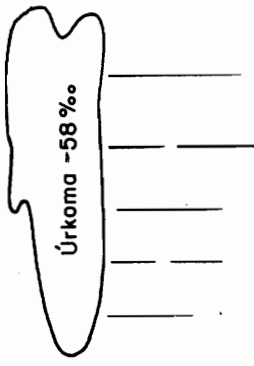
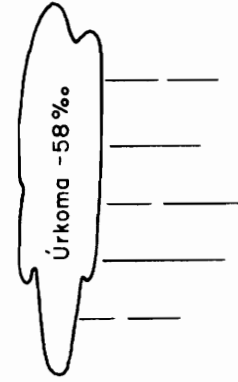
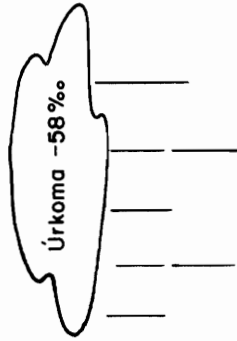
Hola	HS-5	HS-6	Hlið-1	Hlið-1
Númer	29.06.'67	04.11.'67	HÖFV06690045	HÖFV06690046
Dýpt sýnis m	22	65	60	80
Hiti °C	10	20	30	35
- δ - gildi o/oo				65
PH	8.1	7.8	8.05	7.95
Cl ppm	2485	940	1964	1932
SiO ₂ ppm	50	40		41.2
Steinefni ppm	5400	1900		3824
Na ⁺ ppm	1040	384		875
Ca ⁺⁺ ppm	610	80		310
K ⁺ ppm	10.5	25		17.6
Mg ⁺⁺ ppm	24	12.5		1.7
CO ₃ ⁺⁺ ppm	0	0		0
HCO ₃ ⁻ ppm	35	35		19.5
SO ₄ ⁻⁻ ppm	295	200		2915
F ⁺ ppm	0.6	0.1		0.25



Mynd 5.1



Kort af Suðvesturlandi yfir tvívætnismagn í úrkomu (Bragi Arnason ofl. 1965) og skil milli gosbeltis kvartars og tertiers bergs. Örin sýnir rennslisstefnu jarðhitavats með lágu tvívætnisgildi. Á skyggða svæðinu er líklegt að hringrásarstreymi jarðhitavats með delta gildi -58‰ sé þvert á gosbeltið.



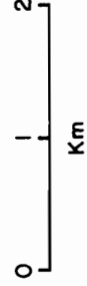
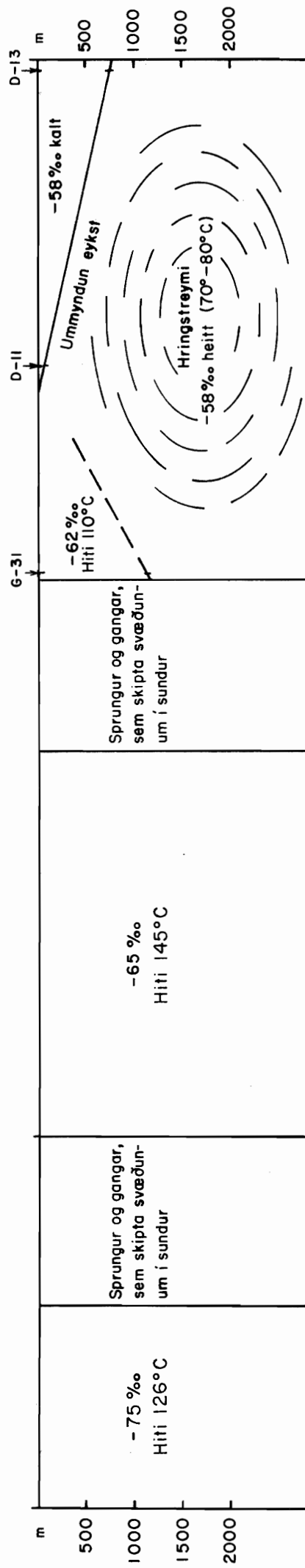
NV

Seltjarnarnes

Laugarnes

Elliðaáir

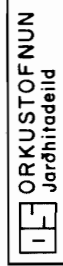
SA



LAG 3

SKÝRINGAR

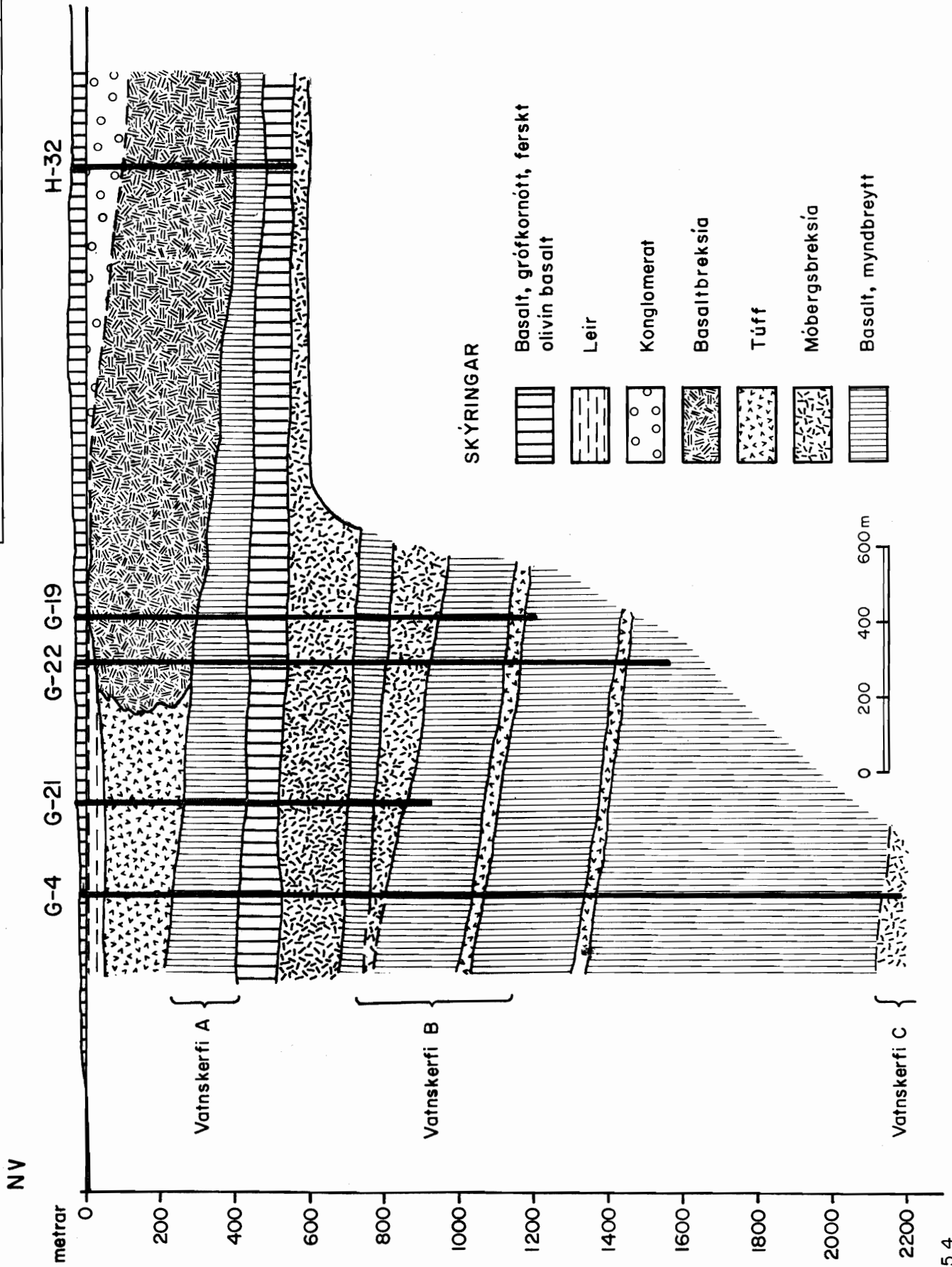
-58‰ = δ-gildi vatns
 D-II = Viðnámsmæling
 G-31 Borhola



Vatnskerfi höfuðborgarsvæðisins

27.3.74 JT/IBF/SL
 Tnr. 454
 J-Reykjavík
 Fnr. 11712

Jarðlagasnið af Laugarnessvæði frá NV til SV



6. JARÐHITASVÆÐI VIÐ ELLIÐAÁR.

Á Elliðaársvæðinu hafa verið boraðar 12 djúpar holur, 11 fyrir Hitaveitu Reykjavíkur og 1 fyrir Kópavogskaupstað K-1. Hér á eftir verður gerð grein fyrir helstu atriðum, sem komu fram við þessar boranir. Einnig er gerð grein fyrir jarðfræði tveggja hitastigulshola.

6.1 Jarðfræði (jarðlagasnið og myndbreyting).

Af öllum þessum holum hafa verið unnin jarðlagasnið og eru þau öll á sama formi. Auk jarðlagagreiningar eru eftirfarandi atriði færð inn á sniðin:

- 1) Álag og krónugerð
- 2) Fóðurrörsbreidd og dýpi
- 3) Steypingar í holunum
- 4) Vatnsæðar (skolvatnstap eða viðbót)
- 5) Borhraði í m/klst.

Einnig eru færðir inn í jarðlagagreininguna stafirnir Z og E, sem tákna míneralana (Z = zeólítar og E = epidót). Utan við jarðlagasniðið er oft merktur áberandi litur svarfs, sem stafar af myndbreytingu bergsins, R fyrir rautt og G fyrir grænt.

6.1.1 Greining jarðlaga.

Borinn malar bergið í svarf. Fínasti hluti svarfsins malast í mylsnu, sem flýtur burt með skolvatninu og kemur aðeins grófari hluti svarfsins til greiningar. Þessi hluti er sigtaður frá mylsnunni með hristisigti. Einstök korn í svarfinu kallast brotkorn. Brotkornin eru 0.3 - 5 mm í þvermál, en algengust um 2 mm í þvermál. Jarðlöggin eru greind eftir svarfinu, en einnig er tekið tillit til borhraðans við greiningu jarðlaga, því að samsetning brotkorna er ekki einhlít, vegna þess að alltaf verður einhver blöndun á milli laga, og einnig getur sláttur borstanga mulið efni úr efri jarðlögum, sem síðan blandast efninu, sem frá borkrónu kemur.

Greiningu jarðлага og bergfræðilegri rannsókn bergsins, sem borað hefur verið í gegnum, má skipta í þrjá áfanga. Í fyrsta áfanganum er bergið greint með því að skoða það í stereosmásjá. Eru þá jarðlöggin greind í nokkra auðþekkjanlega flokka og helstu myndbreytingarmínralar greindir.

Annar áfangi hefst þegar búið er að gera þunnsneiðar, þá er hægt að greina bergtegundir í fleiri undirflokkum, greina fleiri myndbreytingarmínrala og ákveða magn þeirra, og gera sér grein fyrir gangi myndbreytingar.

Þriðji áfangi er röntgenvinna, en þá eru allir myndbreytingarmínralar greindir, sem ekki hafa verið greindir í fyrri áföngum.

Gerð brotkoma: Brotkornin geta verið brot af bergi, þau geta einnig verið einstakir mínralar eða gler. Bergbrotkorn geta verið frá tvenns konar bergi, þ.e. af samstæðu gosbergi eða úr gosbergsbrotum eða mínralabrotum, sem eru límd saman með myndbreytingarmínnerólum löngu eftir storknun bergsins og oft fjarri þeim stöðum, sem gosbergið storknaði upprunalega á. Slíkar bergtegundir eru t.d. set og sumt móberg. Einstök bergkorn eða mínralar eru kallaðir dreifikorn, en það sem bindur dreifikornin saman, bindiefni. Móberg og fínkornótt túffkennd set geta verið mjög líkar bergtegundir og oft er erfitt að skilja þær í sundur. Það, sem skilur setið frá móbergi er, að í seti geta verið ávöl dreifikorn, en ekki í túffi. Dreifikornin í túffi eru samstæð og öll kornin frá sama gosi, en dreifikorn setsins geta verið komin frá margskonar bergi. Meiri og fíngerðari lagskipting er í seti en í túffi. Gler í seti er yfirleitt meira oxað og því rautt eða svart á lit. Þegar setið er orðið það grófkornótt, að dreifikornin í setinu eru orðin jafnstór eða stærri en brotkornin, sést ekki lengur hvort dreifikornin hafa verið ávöl eða ekki. Hin einkenni setsins haldast, ósamstæð brotkorn, lagskiptingin og oxun. Byrjað er á því í fyrsta áfanga, að tínt er nokkuð af zeólítum úr svarfinu, sem síðan eru greindir með röntgenaðferðum. Jafnframt eru greindir zeólítar í sömu sýnum og leirmínralar eru greindir í. Zeólítar voru greindir með röntgenupptökum á Debye Scherrer myndavél og var notuð CuK_α geislun. Voru sýnin mulin mjög fínt niður og ýmist sett í hárpípuplaströr (0,3 mm þvermál) eða blandað saman við plastlím og mótaðar nálar úr blöndunni.

Greiningar á leirmínerölum: Í bergi frá borholum á Reykjavíkursvæðinu er rúmmálshlutfall leirmínerala sjaldan yfir 50% og oftast mun lægra. Til að auðvelda greiningu voru útbúin sýni með meira magni, hlutfallslega af leirmínerölum. Sýni, sem greina má, er betra að mylja ekki mikið niður þurr, því við það getur strúktúrinn skaddast. Sýnin voru útbúin þannig, að svarfið var skolað vel og sett í glerflöskur ásamt eimuðu vatni. Flöskurnar voru síðan hristar í vélhristara í 6-12 tíma eftir gerð sýnanna. Kornastærðin $>53\mu$ var síðan sigtuð frá og úr afgangnum voru skildir út þrjár kornastærðaflokkar, með því að láta setjast til í setflöskum og með þeytivindu. Kornastærðin 4-0,2 μ var notuð við greininguna, en einnig voru í nokkrum sýnum greindir kornastærðaflokkarnir 53-4 μ og $< 0,2\mu$. Hreinasti leirhlutinn fékkst í kornastærðaflokknum 4-0,2 μ og enginn munur var á leirmínerölum í þessum kornastærðarflokkum, nema sá, að í þeim fínasta voru yfirleitt verr kristallaðir mýneralar. Röntgenupptökur voru gerðar á diffraktometer af sýnum, sem voru þannig útbúin að leirkornin voru látin setjast til í vatnsupplausn á glerplötu. Vegna kristallögunar sinnar, sem er blað- og flögulaga, leggjast flest leirkornin samhliða grunnflötunum og fást því sterkari og betur afmarkaðar röntgenspeglanir frá þeim, en speglanir frá allfestum öðrum kristalflötum koma illa eða ekki fram. Allar glerplöturnar voru fyrir upptöku geymdar í nokkra daga í þurrkrukku við ákveðið rakastig til að fá sambærilegar niðurstöður fyrir vötnuðu leirmínerölin. Eftir upptöku voru sýnin sett í þurrkrukku með mettaðri ethylenglycollausn í a.m.k. 48 stundir og síðan gerð ný röntgenupptaka. Að lokum voru sýnin hituð í ofni við 550°C í tvo tíma fyrir þriðju röntgenupptökuna. Sum sýni voru Mg-mettuð fyrst og síðan búin til sýni af þeim á sama hátt og áður. Við diffraktometerupptökur var notuð Ni filteruð Cu geislun (CuK α) og var tækið stillt þannig, að hæst næmi fékkst á bilinu 2-20°. Eftir þessum upptökum er yfirleitt unnt að greina mýneralana í aðalflokka, þ.e. hvort um mýneral af smektít-, klórít, illít- eða vermikulítflokkum er að ræða, eða blandlagsmýneral af tveim eða fleiri þeirra. Greiningarnar segja lítið um gerð silikatlaganna í strúktúrnum (sbr. Hrefna Kristmannsdóttir, 1975) Af öllum sýnum voru því gerðar röntgenmyndatökur á Debye Scherrer myndavél með CuK α geislun af sýnum, þar sem mýneralagnirnar höfðu ekki sest til í eina ákveðna stefnu. Notað var sérstakt collimatorsett ætlað til leirmýneralgreininga. Til að geta ákvarðað suma leirmýneralana hefði verið æskilegt að beita D.T.A. og T.G.A. tækni til að fylgjast með strúkturbreytingum, sem verða við upphitun mýneralanna og einnig að ákvarða jónaskiptagetu. Aðstaða til þessara greininga var ekki fyrir hendi.

6.1.2 Jarðlög og jarðlagasnið

Bergið á Elliðaársvæðinu er greint í eftirfarandi aðalflokka: basalt, dólerít, móberg (móbergsbreksía og túff) og set. Seti og sumu móbergi má skipta í undirflokkar eftir grófleika (það er stærð dreifikornanna) og einnig eftir samsetningu dreifikornanna. Þóleít og ólivínþóleít basalt eru aðalbasalttegundirnar. Þær eru ekki aðgreindar í sniðunum, hins vegar er oft getið í texta um hvora bergtegundina sé að ræða. Basaltinu er hins vegar skipt í tvo flokka í sniðinu, þ.e. myndbreytt og ferskt basalt. Til glöggvunar á tengingu jarðlaga milli einstakra hola hafa verið dregin nokkur snið þvert í gegnum svæðið. Lega þessara sniða er sýnd á mynd 6.1.1. Til einföldunar eru helstu jarðlagasyrpur í sniðunum einkenndar með stöfum og tölustöfum þannig, að efsta basaltsyrpan, sem er Reykjavíkurgrágrýtið, er nefnd B-1 og næsta basaltsyrpan nefnist B-2. Efsta móbergið kallast M-1 og þannig áfram.

Fyrsta sniðið, snið AB, er frá G-27 til K-1, sjá mynd 6.1.2. Efsta jarðlagasyrpan er Reykjavíkurgrágrýtið B-1. Undir Reykjavíkurgrágrýtinu er Elliðavogssetið, en síðan basaltsyrpan B-2, sem er að miklu leyti þóleítbasalt með miklu af rauðum millilögum, þó mismiklu. Víða er efst í þeirri syrpu svolítið af ólivínþóleíti. Undir B-2 tekur við M-1 og efst í því er svart túff, sem er alveg dílalaust og mjög basískt og er með nokkru af fersku gleri. Allt M-1 er frekar glerríkt. Undir M-1 tekur við B-3. B-3 er bæði þóleít og ólivínþóleít basalt, oft mjög myndbreytt, einkum ólivínþóleítið, sem er meira áberandi neðst í syrpunni. Inn á milli í þessari syrpu eru sumstaðar allþykk móbergsgöng og setlög. Síðan tekur við M-2, sem er einnig víða mjög glerríkt móberg, sérstaklega ofan til. Einnig gæti verið töluvert af seti í þessari móbergssyrpu. Undir M-2 tekur við basaltsyrpa, B-4, sem er á um það bil 750 m dýpi í sniðunum víðast hvar, svolítið misþykk. Þetta er yfirleitt þóleítbasalt, sumstaðar eru þó mjög grófkornótt basaltlög og er ef til vill eitthvað af þessu innskot. Sérstaklega eru greinileg innskot í þessu lagi í G-25 og í K-1. Undir B-4 tekur við M-3, sem er basaltríkt móberg og er sennilega að verulegu leyti setmóberg. Þetta lag er misþykkt eins og sést í sniðinu AB og nær niður á 1000 m dýpi í K-1. Undir M-3 taka svo við ný basaltlög og eru þau flest þóleítbasalt og nefnist þessi syrpa B-5. Á um það bil 1200 m dýpi kemur mikið af grófkristölluðu basalti eða dólerít innskotum í G-25 og K-1.

Snið CD er frá G-25 til G-29 og er því rétt fyrir sunnan sniðið AB. Þetta snið er líkt sniðinu AB, sjá mynd 6.1.3, nema að M-2 lagið vantar í G-28. Kann að vera, að þetta lag hafi sorfist þarna í burt og yngri hraun hafi síðan komið þar í staðinn.

Snið BE er frá K-1 til G-32, en sniðið EF er frá G-32 til G-33. Þessi tvö snið eru sett saman í eina mynd, mynd 6.1.4. Ef við lítum á þessi snið sjáum við, að tvær efstu basaltsyrpurnar eru líkar og í fyrri sniðum. Þó er B-2 misjafnar á þykkt í þessum sniðum, en hinum. Það er þynnst í G-24 og þykkast í G-33, þar sem það er nærri 500 m þykkt. Undir B-2 kemur svo M-1 og efst er sama túffið og í hinum holunum. Í öllum holunum er M-1 glerríkt móberg nema í G-33, þar er M-1 basaltríkt móberg. Undir M-1 er svo B-3 basaltið. Það er svipað og B-3 í sniðinu AB. Undir B-1 kemur svo móbergið M-2, sem er svipað í öllum holunum. Svo kemur basaltsería B-4, en hún er víðast hvar með talsverðu af dólerít innskotum og eru þau þéttust í G-32 og það er einmitt hið mikla magn af dóleríti í þessum sniðum, sem skilur þau frá hinum sniðunum. Í G-32 er langmest af dóleríti og er alveg samfelld dólerít í hluta holunnar. Er það tengt dóleríti, sem er í G-33 og G-24. Hér virðist vera um samfelld dólerítlag að ræða. Undir því kemur svo basalt með miklu dóleríti. Þéttast er dólerítið í G-32, en einnig talsvert þétt í G-33. Basaltsyrpan B-4, með dólerít innskotum, nær niður á botn í G-32 og G-33. Neðri jarðlagasyrpurnar eru í hinum holunum eins og lýst var í sniði AB.

6.1.3 Myndbreyting

Rannsókn á myndbreyttu bergi í holunum er misjafnlega langt á veg komin, þó er til eitthvað af þunnsneiðum frá öllum holunum. Í nokkrum holum hefur farið fram kerfisbundin greining á öllum myndbreytingarmínerölum. Á mynd 6.1.6 eru sýndar leirmíneralgerðir, á mynd 6.1.7 - 6.1.9 eru sýndar míneralgreiningar tveggja H-hola (grunnar kjarnaholur) og þriggja G-hola, ásamt einfölduðu jarðlagasniði og hitaferli af hverri holu. Á mynd 6.1.5 er sýnt einfaldað yfirlit yfir myndbreytingarbelti. Zeolítarnir mynda vel afmörkuð belti (mynd 6.1.5), en hins vegar er beltaskipting leirmíneralanna ógreinilegri. Smektít, blandlagsleirmíneralar og klórít mynda óregluleg belti og ekki er með öllu ljóst, hvert samband þeirra er við núverandi hita á svæðinu. Epidót finnst yfirleitt

ekki nema í einstöku lögum eins og t.d. í G-33, þar sem það stendur í beinu sambandi við innskotin. Myndbreytingin er mjög lítil í Reykjavíkurgrágrýtinu og finnst þar aðeins vottur af leirmínerölum. Eru það óreglulegir blandlagsmínaralar, sem erfitt er að greina, en eru sennilega blandlagsmínaralar af klóríti og illíti. Í þunnsneiðum sést, að ólivínið er aðeins byrjað að iddingserast og ópall finnst í einstaka holum.

Ellidavogssetið er harðnað set, nema í G-33, þar finnst nokkuð af óhörðnuðum sandi. Í því er talsverð myndbreyting með nokkru af zeólítum og kalsíti og oft með miklu af ópal, og stundum finnst einnig í því vottur af smektíti.

Myndbreyting er yfirleitt lítil efst í B-2 basaltlögnum, þó koma kalsít og zeólítar fram á mismunandi dýpi í holunum. Fyrsti zeólítinn er alltaf kabasít, en ásamt honum eru sumstaðar mesólít og stilbít. Leirmínaralarnir fylgja zeólítunum þannig, að séu zeólítar ekki fyrir hendi, finnst nær engir leirmínaralar, en þar sem zeólítarnir byrja að koma fram, finnst klórít-illít blandlagsmínaralar. Í G-33 er þó nokkuð um smektít í öllum B-2 basaltlögnum. Klórít-illít blandlagsmínaralarnir myndast aðallega á kostnað dökku múnaralanna. Í sumum holum finnst smektít neðst í B-2 basaltlögnum.

Gler og annað illa kristallað efni myndbreytist mjög auðveldlega. Fyrsta stig myndbreytingarinnar er vötnun og oxun og viss efnaflutningur á sér stað á útjöðrum korna og brotflata. Síðan myndast kristallítar af leirmínerölum og öðrum myndbreytingarmínerölum. Með aukinni myndbreytingu kristallast efnið betur. Í M-1 er nærri allt efnið komið á fyrsta stig myndbreytingar, þannig að ferskt gler finnst aðeins á stöku stað. Kristallítar af leirmínerölum eru byrjaðir að myndast í glerinu og magn þeirra eykst með dýpi. Leirmínaralarnir eru óreglulegir blandlagsmínaralar og smektít, en hlutfallslegt magn smektíts eykst svo með dýpi. Aðal zeólítinn er mesólít og einnig finnst nokkuð af stilbíti. Fyrir neðan M-1 eru leirmínaralar víðast komnir í staðinn fyrir glerið, ólivínið er horfið, nema í sumum innskotum, en plagióklasinn er mjög lítið byrjaður að ummyndast í þessum holum.

Heildarmyndbreyting eykst með dýpi, en þó er alltaf mun minni myndbreyting í innskotunum. Oft er hins vegar mjög mikil myndbreyting næst þeim (sjá 6.1.9). Auk þess finnast afmörkuð belti með mjög mikilli myndbreytingu, t.d. er eitt slíkt belti á dýptabilinu 200-250 m. Í þessu belti á 200 m dýpi er bæði mun meiri myndbreyting að magni til og auk þess eru blandlagsmínerölin betur kristölluð og smektít finnst ásamt þeim í basaltinu. Beltið er mjótt og skarpt afmarkað og er mun minni myndbreyting í sama bergi neðan þess. Augljóst virðist því, að á miklum hluta svæðisins hefur verið lárétt streymi af heitu vatni á þessu dýptarbili. Rásin fylgir ekki ákveðnu berglagi og virðist ekki heldur fylgja lagmótum, þó hún sé ýmist neðarlega í B-2 eða ofarlega í M-1. Ekki er ljóst, hvort lega hennar ákvarðast af sprungukerfi.

6.1.4 Einstakir míneralar

Ópall er efsti myndbreytingarmínerallinn. Hann er oftast brúnleitur með nokkrum glans. Hann er ísotrópur með lágt ljósbrot og oft brúnirjóttur í smásjá. Stundum sést móta fyrir kristallítum í ópalnum (kvars), þá er hann orðinn að kalsedon, en ekki virðist þetta gerast á afmörkuðu dýptarbili. Ópallinn er nærri samfelldur niður í nokkur hundruð m dýpi, þar fyrir neðan kemur hann í einstaka rásum. Kvars virðist ekki taka beint við af ópal. Það kemur nokkru neðar, einkum neðan 1000 m dýpis, og er mest þar sem almenn myndbreyting er mest.

Zeólítar. Aðalzeólítarnir eru kabasít, mesólít, stilbít og laumontít og er kabasít efst en laumontít neðst. Kabasít er í glærum kristöllum, ljósbrot og tvíbrot er lágt en virðist hvorttveggja vaxa eftir því sem kabasít finnst á meira dýpi, en kabasít finnst allt niður á 400 m dýpi. Mesólít finnst næst fyrir neðan kabasít og virðist vera meira í móbergi en basalti. Stilbít finnst litlu neðar en mesólít og finnst oft með því, en virðist vera meira í basalti en í móbergi. Mesólít nær niður á 700-800 m dýpi, en stilbít nær mun lengra niður og myndar einnig belti fyrir neðan mesólít.

Laumontít er í tvenns konar kristöllum, löngum, stangarlaga, möttum kristöllum, og blaðlaga, mjólkurlituðum kristöllum. Þessir kristallar hafa ekki sömu ljóseiginleika. Stangarlöguðu kristallarnir hafa herra

Ljósbrót en þeir blaðlaga. Efst finnst alltaf blaðlaga laumontít, en neðar finnast þessi tvö kristalform hvort innan um annað. Laumontít finnst fyrst í um 600-700 m dýpi og er yfirleitt aðalzeólítinn fyrir neðan 1000 m dýpi. Þó finnst stilbít oft með laumontít fyrir neðan þetta dýpi og stundum eingöngu í stökum rásum. Analsím finnst í örfáum holum og í litlum mæli neðst í kabasítsónunni. Skólesít finnst á svipuðu dýptarbili og mesólít og oft með því. Tomsonít, natrólít, mordenít og epistilbít finnast á stöku stað í holunum, en þó oftast í laumontítsónunni en annars staðar í holunum og þá bæði ásamt laumontít og í sérstökum rásum.

Kalsít finnst oft mjög ofarlega í holunum, stundum um leið og fyrsti zeólítinn, en þá oft í mjög litlu magni. Fyrir neðan 300 m dýpi er kalsít oft í allmiklu magni (upp í 15%). Það er oft í afmörkuðum rásum og þá stundum ekkert kalsít á milli þeirra. Kalsít finnst bæði í sérstökum rásum og ásamt zeólítum og kvarsi.

Epidót finnst í litlum mæli í flestum holunum og er yfirleitt í stökum rásum og finnst fyrst í kringum 1000 m dýpi, en í G-28 ekki fyrr en á 1400 m dýpi og er einna minnst af því þar. G-28 er kaldasta holan, og gæti það bent til þess, að epidót magnið væri í einhverju sambandi við núverandi hita á svæðinu. Önnur gögn benda þó til hins gagnstæða, t.d. er langmest af epidóti í G-33, en hitinn þar er ekki meiri en í öðrum holum, jafnvel minni á sama dýpi. Þar getur epidótmagnið farið upp í 10%. Epidótið er langmest í kringum innskotin en ekkert í innskotunum sjálfum en hefur myndast við þann hita, sem dólerítinnskotin gáfu frá sér, þegar þau tróðust inn í jarðlögin.

Nokkuð af preníti er í holunum og er það oft ásamt epidótinu, en virðist koma heldur neðar en epidótið. Þetta gæti bent til, að á svæðinu eigi sér stað afturhverf myndbreyting, þannig að míneralar eins og epidót væru ekki í jafnvægi við núverandi hitaástand á svæðinu, og aðrir míneralar, sem hafa lægri myndunarhita, myndist á kostnað þeirra eins og prenít á kostnað epidóts.

Leirmíneralar: Á mynd 6.1.6 eru settar upp í töfluformi þær aðalgerðir lagsilikata, sem fást fram við flokkun eftir þykkt (001) lagflatanna

í leirmínérólum og þeim breytingum, sem hún tekur við glycolmettun og hitun mínéralanna. Á myndunum (6.1.5 og 6.1.6) eru allir blandlagsleirmínéralar settir saman í einn reit. Greining leirmínéralanna er fremur torveld, þar sem þeir eru tíðum illa kristallaðir, og oft með óreglulega dreifðum strúktúrlögum, sem leiðir svo til þess, að röntgenspeglanir verða bæði veikari og verr afmarkaðar. Yfirleitt eru fleiri en ein gerð mínerala í sama sýni. Hitameðhöndlun er sömu-
leiðis oft til lítillar hjálpar, því sumir strúktúrnir brotna algjörlega niður við hitun (2, 5, 9 og 13 sjá mynd 6.1.6) og hlutfallslegur styrkleiki eftir hitameðhöndlun er einnig oft í ósamræmi við hlutfallslegan styrkleika eftir glycolmettun. Mínéralar, sem ómeðhöndlaðir og glycoleraðir virðast vera blandlagsmínéralar, brotna í sumum tilfellum (7, mynd 6.1.6) upp í kristallíta af mínérólum, sem hafa klórít og illít strúktúr.

Í B-1 finnast því sem næst engir leirmínéralar, nema vottur af illa afmörkuðum blandlagsmínérólum, sem finnast ofarlega í basalt-og móbergslögunum (B-2 og M-1), og hafa þeir breytilega ljóseiginleika og niðurstöður röntgengreininga eru oft óljósar. Efst í B-2 eru þeir aðallega lítið hitamótstaðir klórítiskir mínéralar; (13, 9, stundum 11 og 12, sjá mynd 6.1.6), sem kristallast í þráð- til blaðlaga kristallíta, og eru gulbrúnir til grænleitir að lit, með lágt til meðalhátt tvíbrot.

Ljósfræðilegir eiginleikar blandlagsmínéralanna, sem finnast í beltinu á u.p.b. 100 m dýpi eru svipaðir og í efri lögunum, en röntgengreiningar sýna, að þeir brotna að nokkru leyti niður í 9.5 - 9.8 Å strúktúr við hitun og að sumir þeirra svella nokkuð við glycolmettun. Í ómeðhöndluðum sýnum er þykkt (001) lagflata álíka og í hinum blandlagsmínérólunum (10, 8, 7, sjá mynd 6.1.6). Einnig finnast sömu gerðir og ofar. Betur afmarkaðar röntgenspeglanir benda til betri kristöllumar og minni óreglu í dreifingu strúktúrlaga.

Smektítmínéralar finnast á stöku stað í litlu magni ofarlega í B-2, en yfirleitt kemur smektít (2 og 3) fyrst fram í B-2 á u.p.b. 200 m dýpi, en á meira dýpi í M-1. Smektítið (bæði 2 og 3) er grænt til brúnleitt að lit og hefur herra tvíbrot en blandlagsmínéralarnir. Það hefur $d(001)$ 13.6 - 14.6 Å, sem svellur til u.p.b. 16.4 Å og brotnar venjulega niður í 9.6 - 9.8 Å við hitun. Sumir mínéralarnir brotna þó algjörlega niður við hitun, sérstaklega smektítið, sem kemur fram ofarlega í B-2.

Hlutfallslegt magn smektíts miðað við blandlagsleirmineralana eykst með dýpi og á 400-500 m dýpi er það nær einrátt. Ljóseiginleikar og röntgenniðurstöður eru eins og lýst var að ofan. Í einstaka sýni finnast á dýptarbilinu 300-500 m blandlagsmíníralar af klóríti, illíti og smektíti (6, stundum 7, sjá mynd 6.1.6.). Ljóseiginleikar þessara mínírala hafa ekki verið athugaðir (ekki til þunnsneið af þeim sýnum).

Klórít finnst fyrst á 700-900 m dýpi og myndar stundum belti á u.þ.b. 1000 m dýpi, en finnst síðan ásamt smektíti neðar. Neðan 1400 m dýpis finnst klórít ásamt míníerölum, sem svella jafnmikið og smektít, en brotna annaðhvort algjörlega niður eða í 13,5-13,6 Å; (4 og 2; sjá mynd 6.1.6.). Eru þessir míníralar þríoktaeðrískir. Báðir þessir míníralar eru greindir sem svellandi klórít. Blandlagsmíníralar, aðallega klórítískir (11; mynd 6.1.6) finnast dreifðir með þessum míníerölum. Klórítið er grænt til grænbrúnt og kristallast í beltuðum þyrpingum. Hafa míníralarnir lágt en nokkuð breytilegt tvíbrot. Venjulega klórítið er sennilega það, sem hefur lægst tvíbrot, „svellandi klórítið“ nokkru herra og breytilegra, en sömuleiðis virðist „svellandi klórítið“ vera nokkuð breytilegt að gerð, sé litið á niðurstöður röntgenmælinga.

Seladónít fannst í tveim sýnum (í G-28) á 800-900 m dýpi. Er það skærgrænt, blaðlaga, frekar grófkristallað og með hátt tvíbrot. Það er í svo litlu magni, að það merkist ekki við diffraktometer-upptökur, en er hins vegar áberandi í útliti og finnst við skoðun svarfsins í smásjá.

6.1.5 Einstakar holur

H-38 (kjarnahola). Jarðlagasnið, sjá mynd 4.3.12. Í efstu 40 m er Reykjavíkurgrágrýtið. Neðan þess er Elliðavogssetið, sem nær niður á 51 m og neðan þess eru samfelld basaltlög B-2 niður á 156 m. Þá taka við móbergsbreksíur M-1 niður á botn holunnar í 326 m. Skiptast á túffkenndar og basaltríkar breksíur, með nokkrum misþykkingum, en yfirleitt þunnum basaltlögum úr fínkornóttu, oft talsvert oxuðu basalti á milli. Þunn dólerítinnskot (<1/2 m á þykkt) fundust í ca. 307 og 318 m.

Myndbreyting í Reykjavíkurgrágrýtinu er því sem næst engin. Neðst í Elliðavogssetinu er myndbreyting á byrjunarstigi og finnst þar kalsít

og fyrsti zeólítinn, sem er kabasít og vottur finnst af óreglulegum blandlagsleirmínarölum.

Breksían neðan B-2 basaltseríunnar er nokkuð farin að myndbreytast á 168 m dýpi og allmikið á 200 m dýpi. Kalsít finnst í talsverðu magni og kabasít er aðal zeólítinn.

Leirmínaralarnir eru lítið hitamótstæðir, vægt svellandi blandlagsmínaralar, aðallega byggðir af 14 Å strúktúrlögum, en með dreifðum illítlögum í strúktúrnum.

Myndbreyting eykst á bilinu 200-260 m dýpi og eru þar kabasít, kalsít og blandlagsleirmínaralar, sem byggðir eru aðallega af smektít eða vermikúlít og brotna niður í 9.5 Å strúktúr við hitun. Auk þess eru samskonar blandlagsleirmínaralar og þeir, sem fundust ofar í sniðinu. Í neðstu 70 m holunnar er myndbreyting minni, þótt þar séu þykk móbergs- og breksiúlög. Þar finnst þó í minna magni kalsít, kabasít og blandlagsleirmínaralar, sem eru ósvellandi, lítið hitamótstæðir og greindir sem klórít með nokkru af illíti í strúktúrnum. Allir blandlagsleirmínaralarnir kristallast í þyrpingum af blaðlaga eða þráðóttum kornum, eru gulir til brúnleitir eða gulgrænleitir og hafa frekar hátt tvíbrott. Leirmínaralarnir hafa myndast í mestu magni á kostnað glers og að litlu leyti á kostnað dökku mínaralanna í basalti.

Myndbreyting bergsins yfirleitt er mjög lítil og engar leifar myndbreytingar á hærra stigi finnast.

H-41 (kjarnahola). Jarðlagasnið, sjá mynd (4.3.13). Efstu 40 m í sniðinu er Reykjavíkurgrágrýtið. Neðan þess á 41.5 m dýpi er örþunnt setlag og síðan tekur við basaltsería (B-2). Basaltið er gráleitt og líkist grágrýtinu.

Á 100-110 m dýpi er nokkuð um móbergs-, túff og basaltbreksiur með basaltlögum á milli. Mikið er um rauð millilög í basaltinu á 100-170 m dýpi.

Samfelld basaltlög eru svo niður í 220 m. Basaltið er aðallega gráleitt, frekar grófkornótt og ólivíndílótt. Frá 220 m og í botn í 272 m eru nokkur þunn móbergstúff og breksiúlög ásamt basaltinu. Basaltið neðst í holunni er meðalgróft ólivínbasalt.

Allt berg í holunni neðan 42 m tilheyrir B-2 basaltsyrpunni.

Myndbreyting er hverfandi í Reykjavíkurgrágrýtinu og efst í B-2. Í sýni frá 108 m dýpi er fremur lítil myndbreyting, en kalsít og kabasít finnast sem blöðrufyllingar.

Í basaltbreksíu á 154,7 m dýpi er einnig lítil myndbreyting, en þar finnast kabasít og kalsít og í sprungum eru leirmínaralar. Eru það óreglulegir blandlagsmínaralar af klórít-illít gerð og finnast a.m.k. tvær gerðir þeirra. Gróft basalt eða dólerít á 173,5 m dýpi er nær alveg ferskt, og er ólivínið mjög lítið byrjað að myndbreytast. Leirmínaralar sjást þó sem húð innan á blöðrum fylltum kabasíti og kalsíti.

Í vel afmörkuðu mjóu belti á um 200 m dýpi er talsvert meiri myndbreyting. Í basalti af sömu gerð og í 173,5 m dýpi er ólivínið algjörlega myndbreytt og liggja að því æðar og smásprungur fylltar leirmínarölum, kalsíti og kabasíti. Leirmínaralarnir eru smektít og klóritískir blandlagsmínaralar.

Neðan við þetta belti er minni myndbreyting og finnst ekki smektít í öðrum sýnum frá holunni. Kabasít, kalsít og samskonar blandlagsmínaralar og áður finnast áfram, og frá 220 m dýpi fannst auk þess tomsonít og analsím fannst í sýni frá 272 m dýpi.

Ólivínbasaltið í botni holunnar er lítið myndbreytt, en vel holufyllt með kalsíti og zeólítum. Ólivínið er nokkuð iddingserað.

G-23. Jarðlagasnið, sjá mynd 6.1.10. Efst er Reykjavíkurgrágrýtið eins og í flestum holum þarna og nær það niður á 64 m dýpi. Undir því kemur set, sennilega Elliðavogssetið, sem nær niður á 78 m dýpi. Þar undir tekur við samfelld basaltsyrpa niður á 404 m dýpi, B-2 basaltið. Í þessum basaltlögum er mikið af rauðum millilögum. Undir B-2 basaltlögum er túffkennt set eða túfflag. Þar undir er mjög fínkornótt basalt, og undir því eru svo glerríkar breksíur og ná þær niður fyrir 482 m dýpi. Á milli 482-590 m dýpis eru mestmegnis fínkristölluð, myndbreytt þóleítbasaltlög með allþykkum millilögum. Einnig eru eitt eða tvö mjög myndbreytt ólivínþóleít basaltlög. Millilögin eru merkt sem breksíur, en gætu eins verið gróf setlög. Talsverð merki eru um oxun og einnig finnast nokkur ávöl dreifikorn, sem benda til setuppruna. Undir basaltsyrpunni eru svo glerríkar breksíur og ná þær niður undir 700 m dýpi, en þar fyrir neðan taka við samfelld basaltlög með einstaka dólerít innskotum og ná þau niður á 860 m dýpi. Á milli basaltlaganna og breksíulaganna er þunnt setlag. Undir basaltlögum taka við breksíur, ef til vill túffkennd set, sem ná niður á 1020 m dýpi. Þar fyrir neðan

eru svo næstum samfelld basaltlög og eru þau að miklu leyti myndbreytt þóleítbasalt, þó er á stöku stað nokkuð af myndbreyttu ólivínþóleíti, eins og t.d. í kringum 1060 m dýpi.

Zeólítar koma fyrst fyrir í B-2 basaltlögunum og er kabasít efst, en neðst í þeim eru bæði stilbít og mesólít. Stilbít og mesólít eru einnig í móberginu (M-1) fyrir neðan. Á u.þ.b. 520 m dýpi finnast bæði analsím og stilbít. Heulandít finnst í kringum 700 m dýpi og á um það bil 800 m dýpi er laumontít og finnst það meira og minna niður í botn holunnar. Á stöku stað kemur heulandít í stað laumontítsins. Laumontítið er tvenns konar, þ.e. stangarlega og blaðlega. Epidót finnst bæði ofan og neðan basaltlagsins á um það bil 1000 m dýpi, í móberginu þar, en lítið sem ekkert annars staðar.

G-24. Jarðlagasnið (sjá mynd 6.1.11). Byrjað var að bora í Elliða-
árhrauni og undir því var þunnt sandlag, síðan var komið í Reykja-
víkurgrágrýtið, sem nær niður á 40 m dýpi. Þar undir kom Elliða-
vogsetið, sem nær niður á 58 m dýpi. Svo er basaltserían B-2 og
nær hún niður á 150 m dýpi. Í henni er mikið af rauðum millilögum.
Undir B-2 basaltinu tekur við móbergssyrpa, sem nær niður á 366 m
dýpi. Efst í henni er svart, fersklegt, basískt túff með svolitlu
af fersku gleri. Undir túffinu skiptast svo á grófar breksiur og
set og örfá basaltlög. Frá 366 m dýpi og niður í 563 m dýpi er að
mestu leyti móberg og set, en með fáeinum dólerítinnskotum. Þetta
er mjög grófkornótt dólerít og er svolítið byrjað að myndbreytast.
Þunn dólerít innskot finnast frá 308 m dýpi. Í 566 m er basalt,
en dólerítgangarnir halda áfram og skiptast á basalt, set og dólerít.
Þetta nær niður á 690 m dýpi, þar fyrir neðan er svo móbergsbreksía,
sem nær niður í botn á holunni. Stórt dólerítinnskot er þó frá 730
m dýpi niður á 818 m dýpi.

Í Reykjavíkurgrágrýtinu er aðeins svolítið af ópal og einnig finnst
ópall í B-2 basaltlögunum, en þar finnst líka kabasít efst og síðan
bæði mesólít og stilbít. Laumontít finnst frá 700 m dýpi og epidót
finnst í 980 m dýpi.

G-25. Jarðlagasnið (sjá mynd 6.1.12). Efst er grágrýti niður í
22 m dýpi, sennilega grágrýtið sem er efst í B-2 basaltlögunum, og
hefur stundum verið kallað eldra grágrýtið. Fyrir neðan þessi grá-
grýtislög hafa B-2 basaltlögin mikið af rauðum millilögum og ná niður

í um 338 m dýpi. Þar undir er móberg, sem nær niður á 338 m dýpi. Ekki er mjög mikið að marka svarfið frá 388-620 m dýpi, þar sem mikið hrun var í holunni. Svarfið úr efri jarðlögum hefur þó verið greint á eftirfarandi hátt. Frá 388-460 m dýpi eru myndbreytt þóleítbasaltlög, efst er þó þunnt lag af ólivínþóleíti. Frá 460-552 m dýpi er gróft set og móbergsbreksía, og loks frá 552-620 m dýpi kemur myndbreytt fínkristallað þóleítbasalt. Frá 620 m er sennilega að mestu leyti móberg niður undir 1050 m dýpi, en þessi greining er ekki ábyggileg og sennilega er móbergið ofmetið. Síðan tekur við myndbreytt basalt, en frá 1200 m dýpi er dálítið af dólerít innskotum. Myndbreyting er svipuð og í G-23, nema hvað epidótið kemur ekki fyrr en í 1540 m dýpi.

G-26. Jarðlagasnið, sjá mynd 6.1.13. Efst er Reykjavíkurgrágrýti, sem nær niður á 52 m dýpi, þar undir er líklega Elliðavogssetið, en sýni vantaði að mestu frá því. Þar undir eru svo B-2 basaltlögin, með miklu af rauðum millilögum, sem ná niður á 336 m dýpi. Svo taka við móbergsbreksiur með svarta dílalausá túffinu efst niður á 500 m dýpi. Þar fyrir neðan taka við basaltlög með þykkum millilögum allt niður á 580 m dýpi. Basaltið er bæði þóleít og ólivínþóleítbasalt og er ólivínþóleítið neðst. Fyrir neðan basaltsyrpuna er móberg niður á 780 m dýpi. Frá 780 m dýpi eru svo samfelld basaltlög.

Myndbreytingin er svipuð og í hinum holunum og byrjar ekki fyrr en í B-2 basaltlögunum, aðallega frá 200 m dýpi. Mest ber á zeólítum frá 270 m dýpi. Efsti zeólítinn er kabasít, en mest ber á mesólíti frá 270 m dýpi, og nokkru neðar kemur svo stilbít og eru þeir aðal zeólítarnir í holunni, en neðst finnst jafnframt heulandít.

Fyrir ofan 200 m dýpi finnst lítið af leirmínerölum og eru þeir einungis klórít-illít blandlagsmíneralar. Neðan við 200 m dýpi er meiri myndbreyting og þar finnst einnig smektít og fleiri gerðir blandlagsmínerala. Í túffi og breksiulögum fyrir neðan B-2 basaltlögin er myndbreyting mun meiri og aðalleirmínerall er smektít, en sennilega með nokkru af illíti í strúktúrnum og blandlagsmíneralar, sem skipt hefur verið í þrjár gerðir (sjá mynd 6.1.6).

Oft er varasamt að skipa þessum mínerölum í ákveðna flokka, því þeir virðast flestir vera óreglulegir og kristöllun ófullkomin. Neðst í breksiunni kemur fram klórít, en 100 m ofar fannst blandlagsmínerall af klóríti og smektíti. Í basaltinu neðst í holunni finnast bæði smektít og klórít, en klórít-smektít blandlagsmíneralar finnast ekki.

G-27. Jarðlagasnið, sjá mynd 6.1.14. G-27 byrjar í Reykjavíkurgrágrýtinu, sem nær niður á 48 m dýpi. Þar er þunnt setlag undir, sennilega Elliðavogssetið. Undir því eru svo B-2 basaltlögin, sem ná niður á 350 m dýpi. Undir þeim er svart túfflag efst, eins og í hinum holunum, og nær það niður á 422 m dýpi. Undir túfflaginu eru jarðlög nokkuð óviss vegna hruns í holunni allt niður fyrir 600 m dýpi. Jarðlögin eru þó líklega þannig, að efst er fínkristallað, myndbreytt þóleítbasalt, sem nær niður á 466 m dýpi, síðan tekur við móbergsbreksía, sem nær niður á 536 m dýpi. Þar fyrir neðan taka við myndbreytt basaltlög, sem sum gætu verið ólivínþóleít. Ná þau niður á 580 m dýpi. Frá 760 m eru samfelldar basaltsyrpur niður í botn á holunni.

Myndbreyting er svipuð og í G-23 og epidótið finnst á líku dýpi, fyrst í 960 m dýpi og einnig rétt fyrir neðan 1000 m dýpi.

G-28. Jarðlagasnið, sjá mynd 6.1.15. Byrjað er í Reykjavíkurgrágrýtinu, sem nær sennilega niður á 50 m dýpi. Þar var mikið skoltap og vantar sýni á nokkru bili. Fyrir neðan tapið er einnig grágrýti, eldra grágrýtið, tiltölulega fá lög, sem ná niður undir 100 m dýpi og er þetta hluti af B-2 basaltlögunum. Grágrýtið er mjög grófkornótt og ber talsvert ólivín, sem er aðeins byrjað að iddingserast, annars eru ekki merki um myndbreytingu. Á 100 m dýpi tekur við þóleítbasalt og myndbreyting eykst. B-2 basaltlögin ná svo niður á 390 m dýpi. Þar undir, eins og í hinum holunum, kemur svo svarta túffið, sem nær aðeins niður á 474 m dýpi. Frá 480 m og niður í 860 m eru að mestu leyti basaltlög, sem flest eru þóleítísk. Þar fyrir neðan kemur svo móbergsbreksía, sem nær niður undir 1100 m dýpi. Síðan eru samfelld basaltlög niður í botn á holunni, en frá 1200 m dýpi byrja að koma stöku dólerítgangar, sem ná niður á 1460 m dýpi. Þeir eru þéttastir á milli 1250-1360 m.

Myndbreyting er mjög lítil í B-2 basaltinu. Þar finnast samt fyrst leirmínralar og zeólítar. Aðal zeólítinn í B-2 basaltinu er kabasít, en í móberginu fyrir neðan B-2 basaltið koma mesólít og stilbít og eru þeir ráðandi zeólítar niður á a.m.k. 900 m dýpi og er mesólítið heldur meira í móbergi en í basalti. Mjög oft eru báðir þessir mínralar saman. Mesólít og stilbít finnst dreift niður á 1400 m dýpi. Laumontít finnst fyrst í 900 m, en frá 1350 m og niður úr er hann

aðal zeólítinn. Í sýninu frá 1350 m dýpi fannst einnig mordenít ásamt stilbíti og heulandíti. Einnig kom fram truflun í belta-skiptingu leirmínerala á þessu dýptarbili. Í 850 m dýpi var mjög mikið af zeólítum á mörkum móbergs og basalts, þar fannst mesólít og stilbít eins og áður, en einnig heulandít, epistilbít, tomsonít og laumontít. Kalsít er með fyrstu myndbreytingarmínereölunum, sem myndast og er í talsverðum mæli frá 600 m dýpi. Kalsít fer upp í 4-5%, en fyrir ofan 600 m dýpi er það rétt sporrækt. Epidót finnst í móbergi í kringum 1000 m dýpi en lítið sem ekkert annars staðar, nema örlítið neðst í holunni.

Leirmínerealar byrja að finnast, eins og áður er sagt, á 200 m dýpi. Þeir myndast aðeins á kostnað dökku mínerealanna, eru grænir til brúnleitir og hafa stundum daufan pleokroisma. Þeir kristallast sem þráðlaða korn á beltþyrpingum. Tvíbrot mínerealanna er lágt. Þetta eru klórít-illít blandlagsmínerealar samkvæmt röntgen-ákvörðunum. Í B-2 basaltinu finnast gulbrúnleitir leirmínerealar með herra tvíbroti, og á svipuðu dýpi fundust með röntgenákvörðunum smektítmínerealar, sem að minnsta kost sums staðar virðast hafa illítlög í strúktúrnum. Þessir tvenns konar leirmínerealar finnast svo áfram niður eftir holunni hvort sem um móberg eða basalt er að ræða. Í basaltlögunum fyrir neðan efsta móbergið, M-1, B-3 basaltlögunum, eru þessir tvenns konar leirmínerealar töluvert háðir basaltgerð, þannig að í fínkornóttu, myndbreyttu basalti eru yfirleitt klórítískir mínerealar, en í grófara basaltinu er meira um smektít. Í breksiulögunum frá 870-1100 m dýpi verður klórít aðalleirmínereallinn og finnast svellandi gerðir af honum. Smektít og blandlagsmínerealar hverfa, en koma aftur fram í belti á um það bil 1350-1370 m dýpi, á mörkum innskotslaða og basalts. Þar fyrir neðan er klórít svo aftur ráðandi.

G-29, sjá mynd 6.1.16. Efst er Reykjavíkurgrágrýtið og nær það niður á 70 m dýpi. Undir því taka við B-2 basaltlögin, sem ná niður á 374 m dýpi. Undir þeim er svo móberg, og efst í því er svartá túffið, eins og í hinum holunum. Það nær aðeins niður á 430 m dýpi, en þar taka við basaltlög, að mestu leyti þóleít, niður á 640 m dýpi. Þaðan er svo móbergssyrpa niður á 790 m dýpi. Síðan taka aftur við basaltlög niður á 880 m dýpi og loks er móbergssyrpa niður á 990 m dýpi. Þetta gæti að einhverju leyti verið setmóberg. Þaðan ná svo samfelld basaltlög niður í botn á holunni, en þar sem stærsta tapið kom fram í 1070 m dýpi bendir borhraði til að sé millilag. Zeólítar byrja að myndast

í B-basaltinu. Þar er kabasít og í 236 m dýpi finnst mesólít og einnig er skólesít frá og með 302 m dýpi. Í 446 m dýpi kemur fram heulandít, en einnig er nokkuð af mesólíti. Laumontít finnst frá 724 m dýpi. Ekkert epidót fannst í þessari holu, enda er holan ekki fullir 1100 m á dýpt.

G-30. Jarðlagasnið, sjá mynd 6.1.17. Reykjavíkurgrágrýtið er efst eins og í hinum holunum og nær það niður á 91 m dýpi. Þar undir taka við B-2 basaltlögin, sem ná niður á 340 m dýpi. Undir þeim tekur við svart, basískt túff, eins og í hinum holunum, og nær það niður á 420 m dýpi. Þar fyrir neðan tekur við basaltsyrpa, sem nær niður á 540 m dýpi. Þetta er að mestu myndbreytt ólivínþóleít, nema hvað þóleít-basalt er efst og neðst í syrpu. Frá 540 m dýpi er túff og móberg niður á 710 m dýpi, þar fyrir neðan eru að mestu leyti basaltlög og eru flest þeirra þóleítísk, en basaltlögin frá 750-820 m dýpi eru mjög grófkornótt og gætu verið dólerít. Fyrstu útfellingarnar, sem sjást, eru ópall, en fyrsti zeólítinn sést ekki fyrr en í 140 m dýpi og er það kabasít. Nær það óslitið niður í 200 m dýpi. Á 340 m dýpi finnst analsím, stilbit í 440 m og mordenít í 550 m. Laumontít finnst frá 770 m dýpi og er í miklu magni frá 840 m dýpi, en í 1150 m kemur heulandít fram. Þar fyrir neðan er aftur laumontít. Ekkert epidót hefur fundist svo öruggt sé, ef til vill er þó örlítið af því nálægt 1000 m dýptarmörkunum.

G-31. Jarðlagasnið, sjá mynd 6.1.18. Reykjavíkurgrágrýtið finnst ekki í þessari holu, en efsta sýnið er frá 32 m dýpi. Efst eru því B-2 basaltlögin, sem ná niður á 420 m dýpi. Efst í B-2 basaltlögunum er mikið af grágrýti (eldra grágrýti), sem nær niður á 100 m dýpi. Undir B-2 basaltlögunum er móberg, hér er svarta túffið aðeins örþunnt, en glerrík móbergsbreksía og túff nær niður á 593 m dýpi. Þar undir eru myndbreytt basaltlög með rauðum millilögum og dólerít innskotum allt niður á 650 m dýpi. Þar fyrir neðan er svo meira móberg, sem nær niður á 800 m dýpi. Frá 800 m dýpi er að mestu leyti basalt niður í botn á holunni. Sumt af ferska basaltinu gæti verið gangar. Þá eru nokkur móbergslög og gætu sum þeirra verið setlög. Þykkasta lagið er á milli 890-950 m dýpis, svo er annað lag í kringum 1020 m dýpi og eitt í kringum 1140 m dýpi.

Zeólítar finnast frá 40 m dýpi. Kabasít efst, en frá 150 m dýpi einnig mesólít. Kabasítið er samt aðal zeólítinn niður í 394 m dýpi, en þaðan er mesólít aðal zeólítinn. Í 442 m dýpi kemur svo fram stilbít, í 640 m dýpi fannst bæði natrolít og skólesít, í 820 m dýpi finnst laumontít og í 870 m dýpi er orðið mikið af því, ásamt kalsít og stilbít. Laumontítið er þaðan ráðandi zeólíti niður í botn á holunni. Í 1140 m dýpi finnst epidót, en í litlum mæli. Með epidótinu finnst þráðlaga laumontít, sem hefur nokkuð aðra ljóseiginleika en blaðlaga laumontítið.

K-1. Jarðlagasnið, sjá mynd 6.1.19. Byrjað var að bora í Reykjavíkurgrágrýtinu og nær það niður á 82 m dýpi. Undir því er svo Elliðavogssetið og þar undir eru B-2 basaltlögin, sem ná niður á 380 m dýpi. Undir B-2 basaltlögunum kemur móbergsbreksía, en hún er minna túffkennd en í hinum holunum. Nær þessi syrpa niður á 440 m dýpi og síðan tekur við basaltsyrpa með nokkrum millilögum, og nær hún niður á 580 m dýpi. Mikill hluti basaltsins er mjög myndbreytt ólivínþóleít, en hinn hlutinn er nær ferskt þóleítbasalt. Þaðan er svo móbergssyrpa, sem nær allt niður á 740 m dýpi. Frá 740-800 m dýpi er basalt með dólerítinnskotum, en frá 800 m dýpi og niður á 1050 m dýpi er að mestu móbergssyrpa. Síðan er nær samfelld basaltsyrpa niður í botn á holunni, en þó finnast einstaka dólerítgangar. Grágrýtið er nærri ferskt, aðeins með svolitlu af ópal og ólivínið er byrjað að iddingserast. Elliðavogssetið er með töluverðu af ópal og einnig zeólítum og þá fyrst og fremst kbasíti og ef til vill tomsóníti. Síðan er kbasít ráðandi, en í 143 m dýpi kemur inn mesólít. Kabasítið finnst þó öðru hvoru niður fyrir 300 m dýpi. Kalsít er all áberandi neðan 500 m. Laumontít kemur svo inn á um það bil 940 m dýpi og spor af epidóti finnst í 1360 m dýpi.

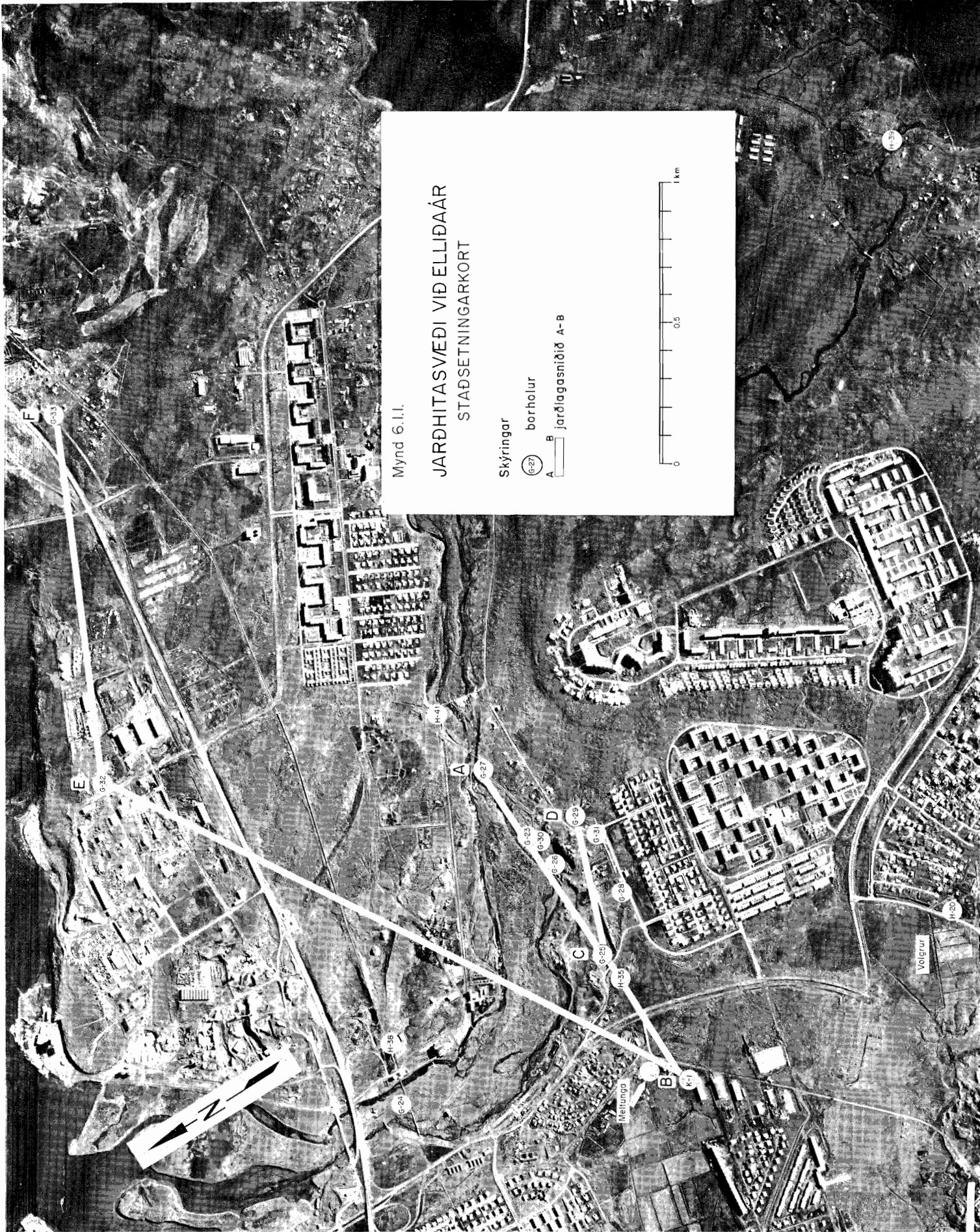
G-32. Jarðlagasnið, sjá mynd 6.1.20. Ártúnshöfðinn er úr grágrýti, en þykkt grágrýtisins í G-32 er minni en 20 m, því að á 20 m dýpi byrjaði gufuborinn að bora, og ekkert Reykjavíkurgrágrýti kemur fram í þeim hluta, sem boraður var með gufubor. Þar finnst hins vegar basaltsería, B-2, sem nær niður á 257 m dýpi. Innan hennar er talsvert af rauðum millilögum. Efstu berglögin eru ferskt fínkornótt þóleítbasalt, en í syrpu eru jafnframt stöku ólivínþóleít lög. Síðan tekur við

móbergsbreksía, sem nær niður á 670 m dýpi, hún er mjög túffkennd og er svartá túffið, sem algengt er undir H-2 basaltinu, einnig hér. Frá 670 m dýpi er mjög mikið af dólerítinnskotum svo að segja samfelld niður í botn holunnar, t.d. alveg samfelld á milli 780-1040 m dýpis. Á milli dólerítinnskotanna er basalt og móberg. Að vísu er nokkuð erfitt að átta sig á jarðlögum í þessari holu, því að illa gekk að bora og féll mjög mikið á borkrónuna og lítið samræmi er milli svarfsins og hinna raunverulegu jarðlaga, sem borað var í gegnum. Efsta basaltlagið er alveg ferskt og sjást engin merki um myndbreytingu í því. En strax fyrir neðan það ber nokkuð á myndbreytingu og er ólivínið byrjað að iddingserast og einnig finnst kabasít. Kabasítið nær að minnsta kosti niður í 270 m og er nær einrátt. Auk þess er kalsít neðst í þessari syrpu. Magnið af zeólítum er algengast 1-4%, en í einu tilfelli fer það upp í 8%. Fyrir neðan 270 m dýpi er svo mesólít aðalzeólítinn, en í 380 m dýpi finnst einnig analsím, sem svo nær allt niður í 670 m dýpi. Epidót finnst fyrir ofan dólerítið í 670 m dýpi, og er það með (eitthvað) minnsta dýpi á svæðinu, sem epidót hefur fundist í, en svo finnst það einnig í 1280 m dýpi, ásamt preníti, en það finnst ekki í dólerítinnskotunum sjálfum.

G-33. Jarðlagasnið, sjá mynd 6.1.21. Efst er Reykjavíkurgrágrýtið, sem nær niður á tæpa 40 m, þar undir tekur við Elliðavogssetið, sem er að hluta óharðnað landset, og nær niður á 60 m dýpi. Þar undir eru svo B-2 basaltlögin með töluverðu grágrýti efst, B-2 basaltlögin ná niður á 430 m dýpi. Yfirleitt er bergið fremur ferskt, en einstaka lög eru þó mjög myndbreytt. Myndbreytta bergið vitnar sennilega um vatnstrásir, sem hafa verið í sprungnu bergi, t.d. bólstrabergi eða einhverju því um líku. Undir þessu tekur við móbergsmýndun. Hún er talsvert frábrugðin móbergsmýndunum í hinum holunum og er miklu basaltríkari, þ.e. mun meira er um basaltbrot í svarfi. Móbergssyrpan, sem kannski er að miklu leyti bólstraberg, er gegnumstungin af nokkrum basaltlögum. Þessi myndun nær niður á 710 m dýpi. Þar fyrir neðan eru nær samfelld basaltlög, en þó með stöku móbergs- og setlagi inn á milli. Frá 820 m dýpi er svo mjög mikið um dólerítinnskot í þessari syrpu. Þessi innskot eru þéttust á milli 820-1249 m dýpi. Á þessu dýptarbili er um helmingur af berginu dólerítinnskot, en fyrir neðan þetta dýpi er einnig talsvert af innskotum og neðsta innskotið er í 1540 m dýpi.

Myndbreyting, sjá mynd 6.1.9. Lítið sem ekkert finnst af zeólítum ofan 200 m dýpis. Zeólítabelti virðast vera svipuð og í hinum holunum, nema hvað analsím finnst strax á um það bil 202 m dýpi. Kalsít finnst nærri samfelld frá 500 m dýpi og niður, þó ekki í dólerítinnskotum. Einnig finnst talsvert af ópal á víð og dreif og kvars finnst frá og með 900 m. Talsvert mikið er af epidóti frá 1260 m dýpi, allt upp í 16%, og er það samfelld niður á víð, nema í dólerítinnskotunum. Frá 1326 m dýpi finnst prenit í talsverðum mæli með epidótinu, en þó ekki alls staðar og virðist aukast með dýpi. Frá 1480 m dýpi er það svo samfelld.

Í Reykjavíkurgrágrýtinu er aðeins sumstaðar vottur af leirmínarölum, sem eru blandlagsmínaralar af klórítí og illítí. Í setlaginu eru sams konar mínaralar í meira magni og jafnframt þeim finnst smektít. Í basaltinu neðan við eykst myndbreytingin með dýpi. Sömu leirmínaralar eru þar og í setinu, en magn smektíts eykst, er neðar dregur og er það ráðandi leirmínarall neðan u.þ.b. 350 m dýpis. Niður á 900 m dýpi, bæði í breksíu- og basaltlögum, og í efsta innskotslaginu finnast þessir sömu leirmínaralar. Í sýni frá innskotslagi á 918 m dýpi eru þrjár gerðir óreglulegra blandlagsleirmínarala, sem allir eru lítið hita-mótstæðir. Í basaltlaginu neðan við, á 940 m dýpi, eru sams konar klórít-illít blandlög og finnast í öllu sniðinu ofan við, en aðalleirmínaralinn er smektít, sem brotnar algjörlega niður við hitameðhöndlun. Mínaralinn gæti þó líka verið svellandi klórít. Þessir sömu mínaralar finnast í sýni frá 1040 m dýpi, í innskoti og í basalti frá 1118 m dýpi. Í sýni úr innskoti í 1160 m dýpi er klórít hins vegar ráðandi. Vottur af blandlagsmínarölum finnast með klórítinu. Í sýni 20 m neðar (á 1180 m dýpi) er smektít aftur ráðandi og ásamt því er vottur af klórít-illít blandlagsmínarölum. Finnast þessir tveir mínaralar áfram niður á 1450 m dýpi, en þar hverfur smektít að mestu og klórít verður ráðandi, bæði venjuleg og svellandi gerð.



Mynd 6. l.l.

JARÐHITASVEÐI VIÐ ELLIÐAÁR STAÐSETNINGARKORT

Skýringar

○ (6-27) borholur

A B jarðlagasnið A-B



F

6-33

E

6-32

A

6-27

D

6-23

6-30

6-26

6-29

6-31

6-28

6-25

6-35

6-24

6-21

6-20

H-41

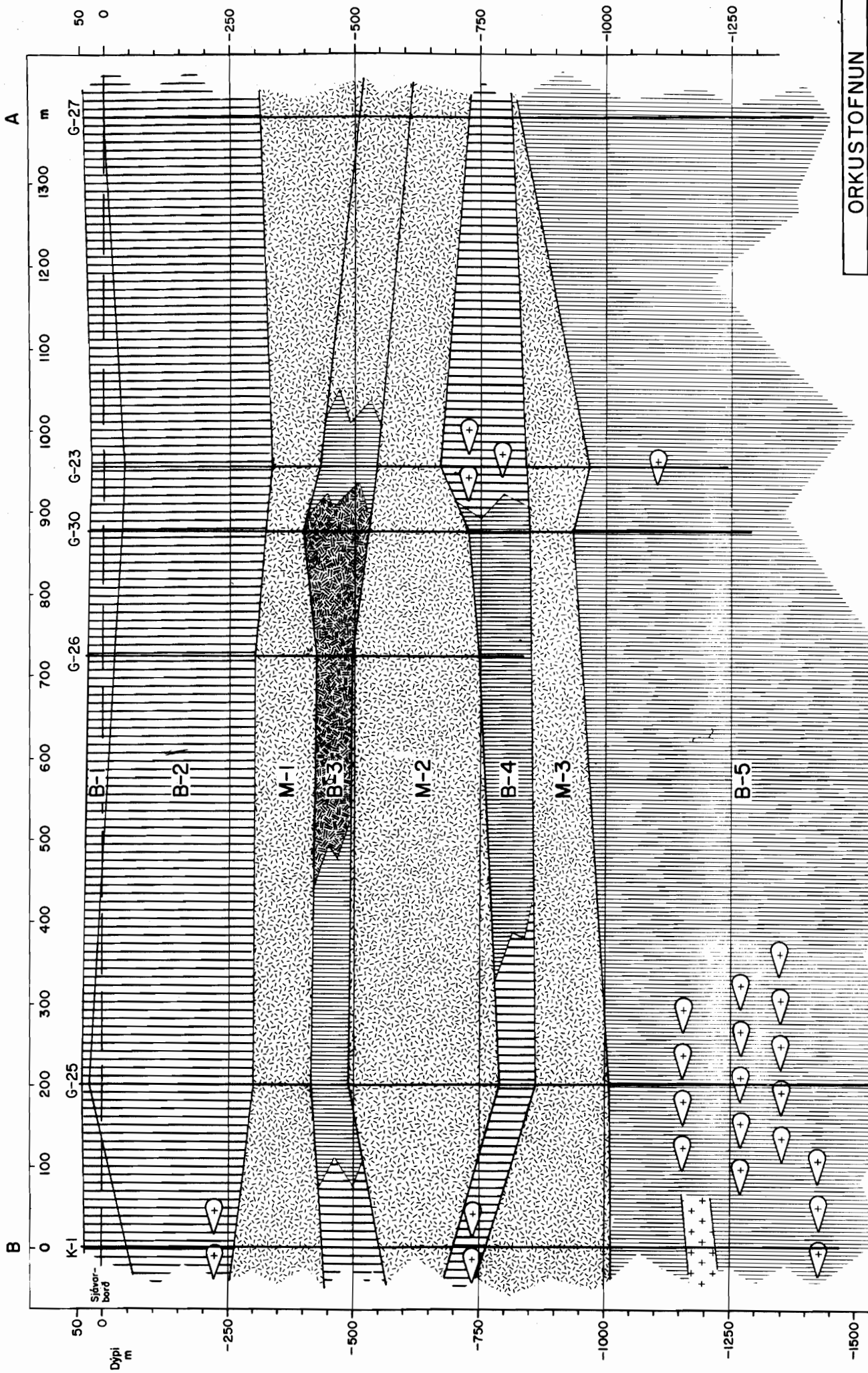
H-20

Netungu

K-1

Volgrur

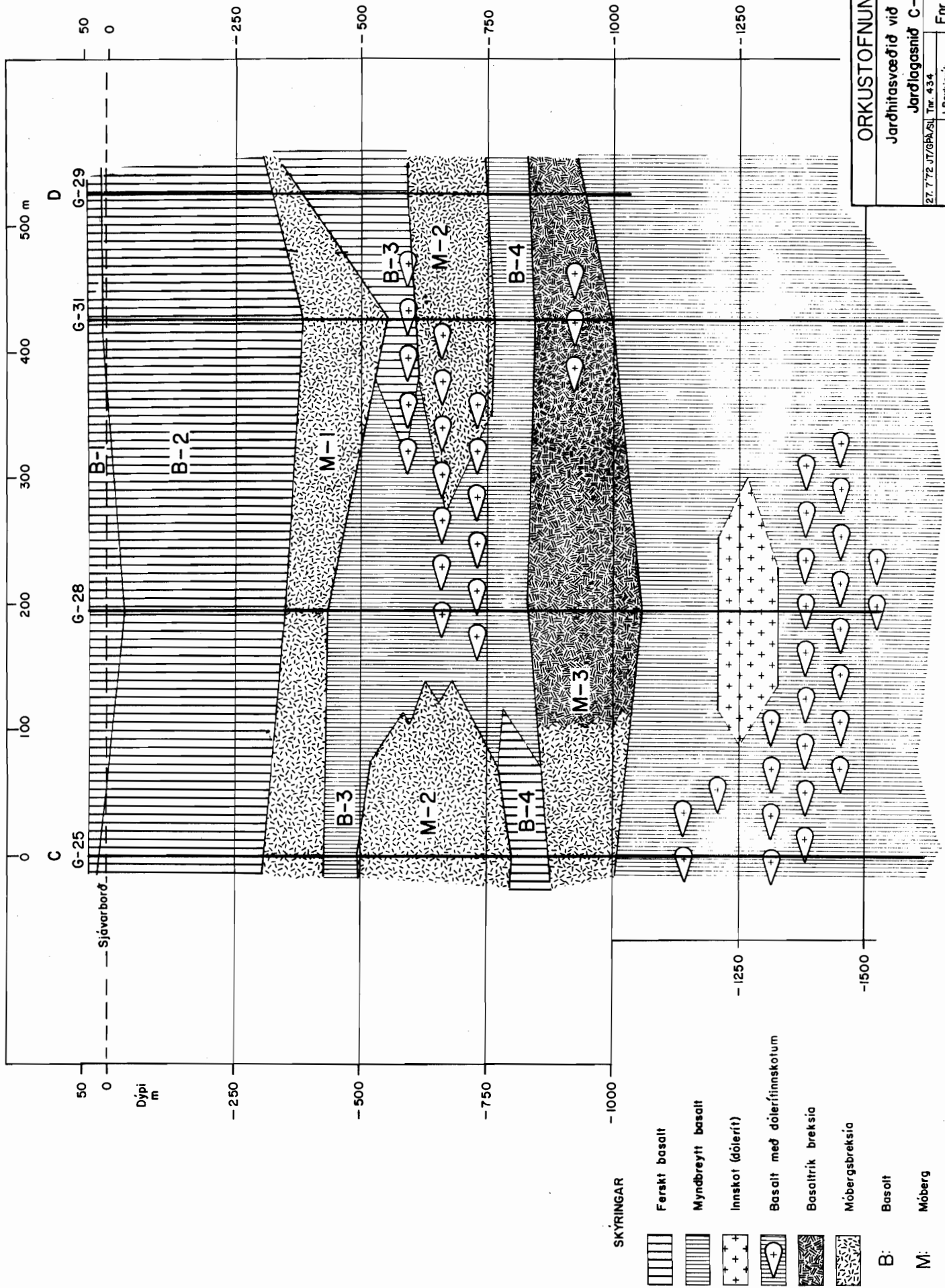
H-35



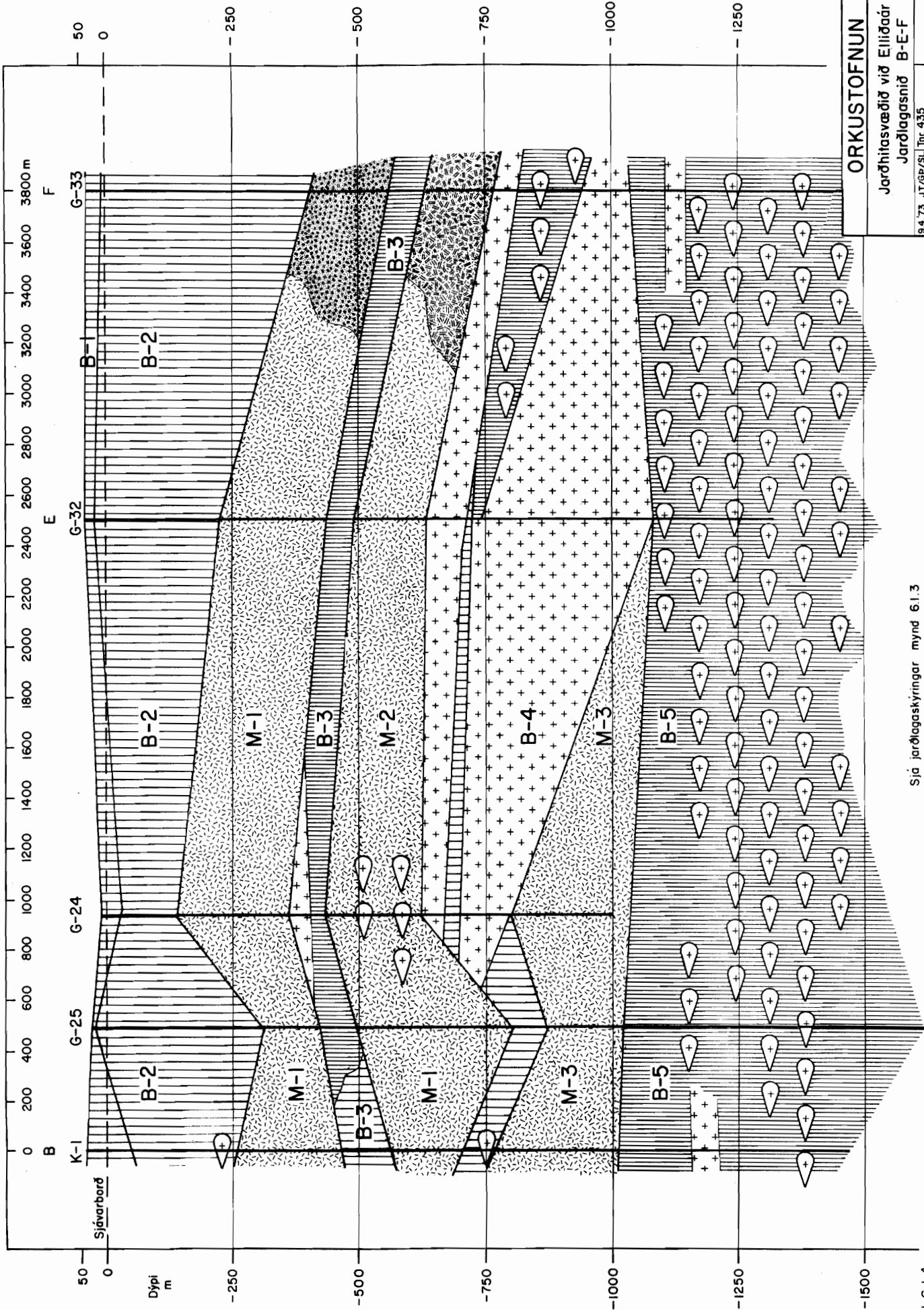
ORKUSTOFNUN
 Jarðhitavæðid við Elliðaár
 Jarðlagasnið B-A
 21.7.72 JT/SL Fr. 433
 J-Reykjavík Fr. 10661

Sjá jarðlagaskýringar mynd 6.1.3

Mynd 6.1.2



ORKUSTOFNUN
 Jarðhitasveiðir við Elliðaár
 Jarðlagasnið C-D
 27.772 JT/GRASL Tr. 434
 J. Reykjavík
 Fr. 10662



ORKUSTOFNUN

Jarðhitasvæðið við Elliðaár
Jarðlagasnið B-E-F

9.4.73 JT/62/SJL Tm. 435
J.-Reykjav.

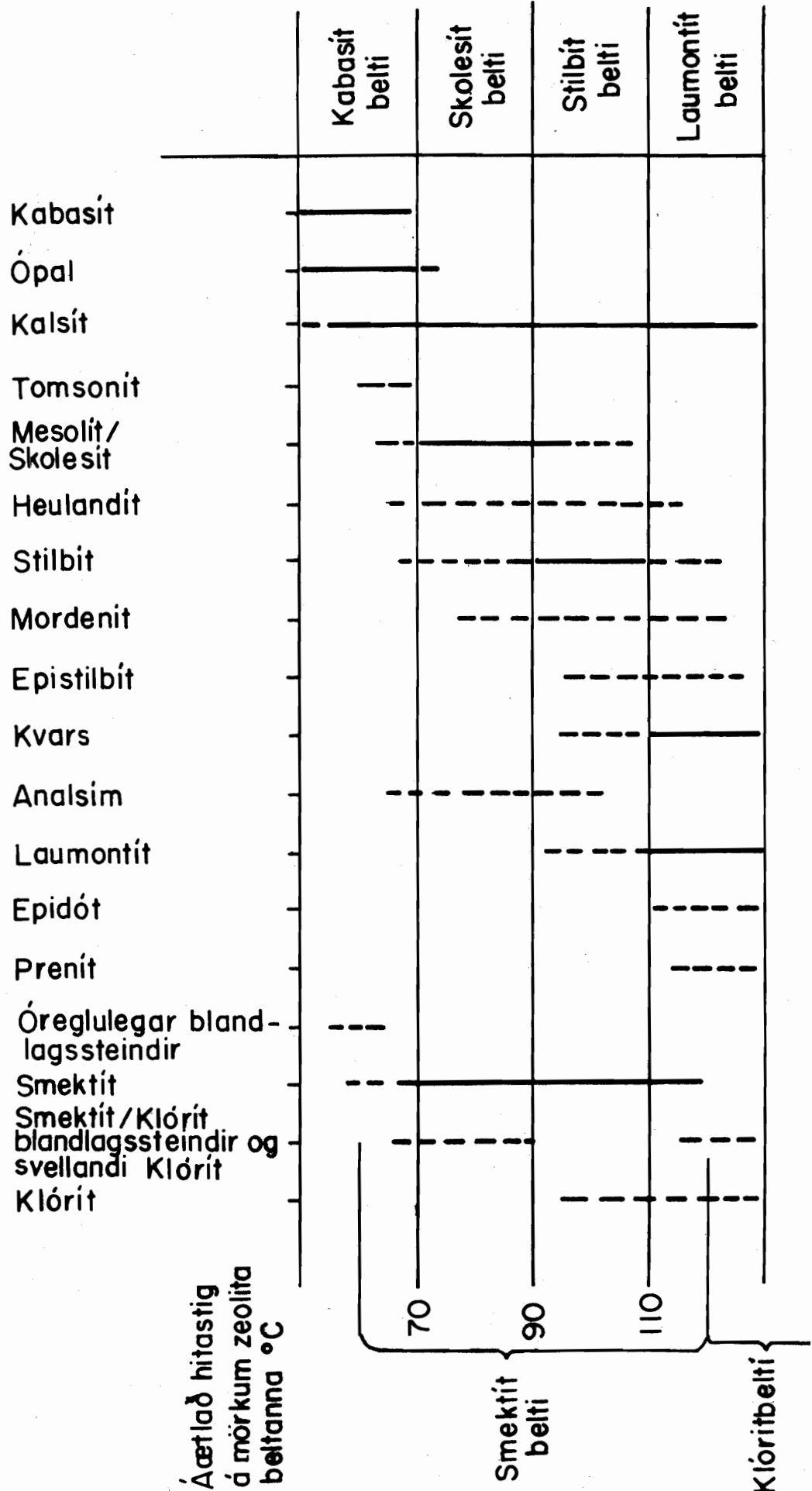
Fnr. 10663

Sjá jarðlagaskýringar mynd 6.1.3

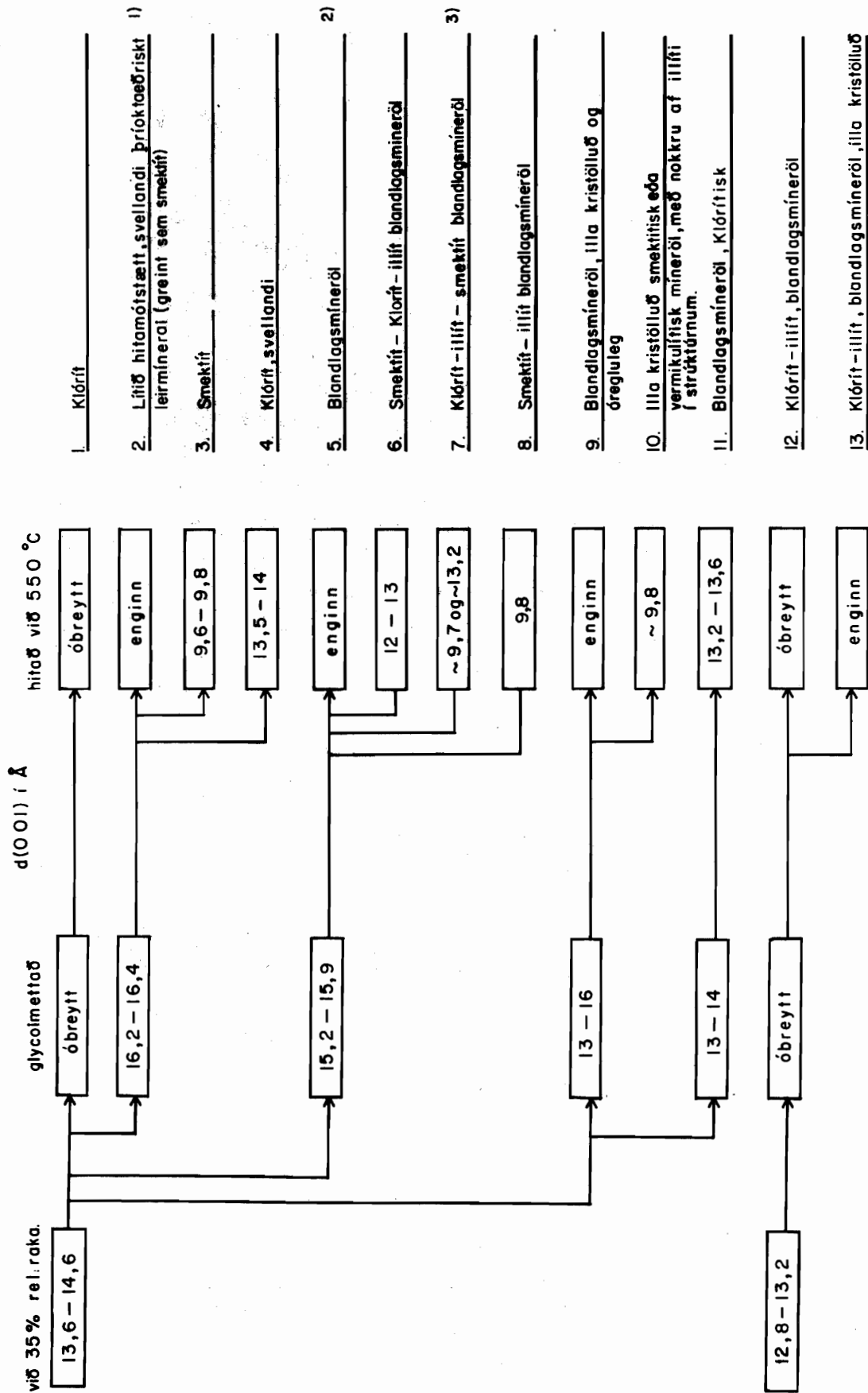
Mynd 6.1.4



YFIRLIT YFIR MYNDBREYTINGARBELTI Í
JARÐHITASVÆÐUM Í REYKJAVÍK

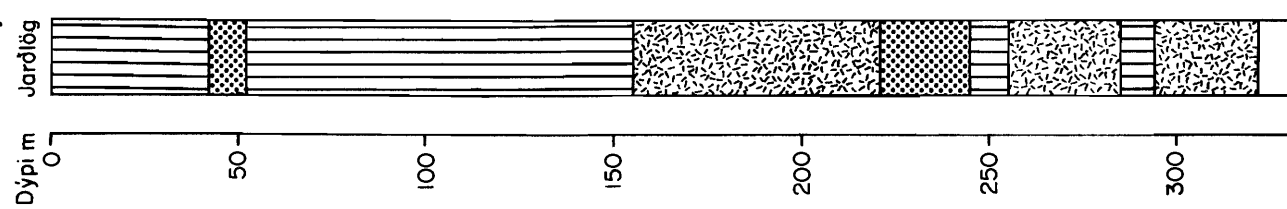


Yfirlit yfir flokkun leirminerala í bergi frá borholum á Elliðaársvæðinu

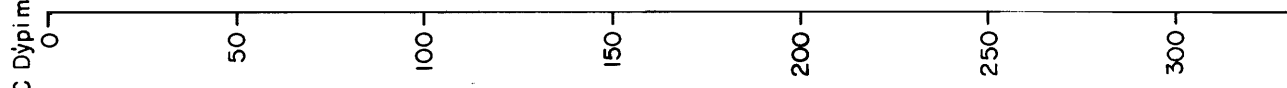


H-38

Dreifing myndbreytingarminerala
Jardlög

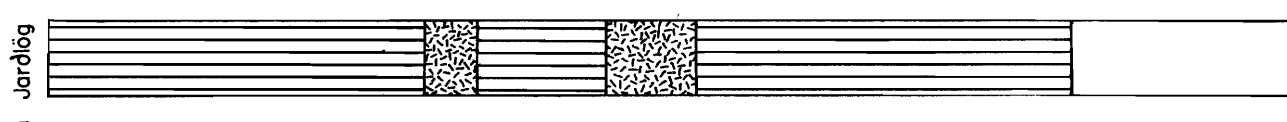


Áættladur berghiti

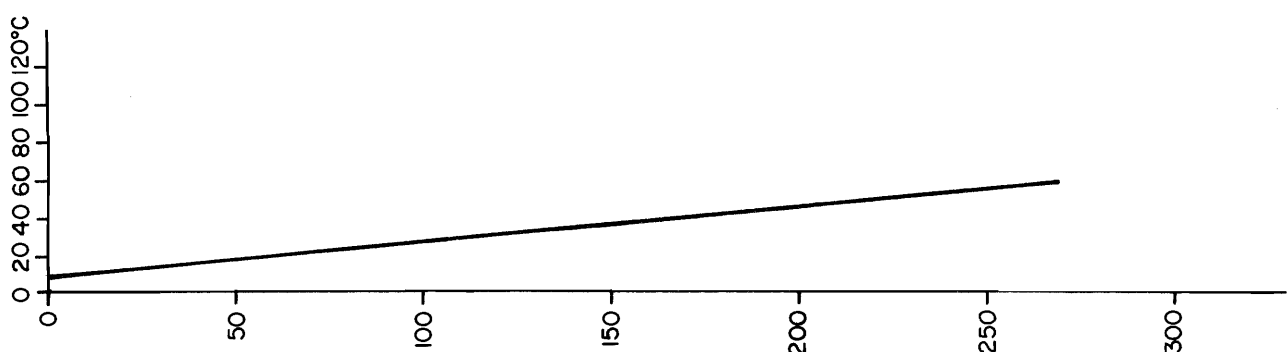


H-41

Dreifing myndbreytingarminerala
Jardlög

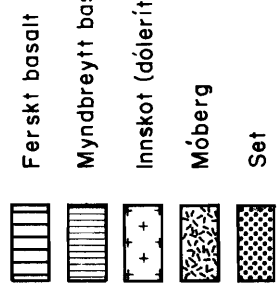


Áættladur berghiti



SKÝRINGAR

- 1 Smektit
- 2 Blandlagsmineralar
- 3 Klórít
- 4 Kabasít
- 5 Tomsónít
- 6 Analsím
- 7 Mesolít/Skólesít
- 8 Mordenít
- 9 Stílbít
- 10 Heulandít
- 11 Epistílbít
- 12 Laumontít
- 13 Kalsít
- 14 Kvars



ORKUSTOFNUN

Mineralgreining í holum H-38 og H-41

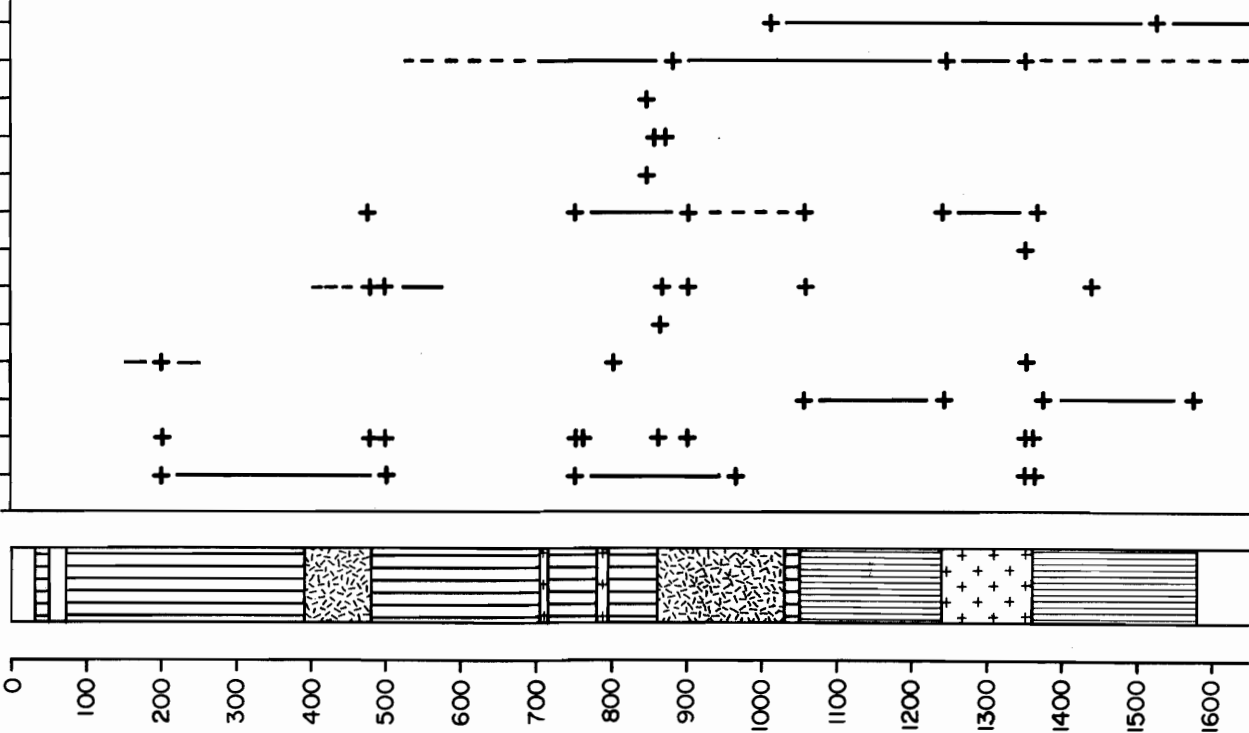
76 03 08 HK/SK Thr. 467 J-Rík.

Fnr. 13882

G-28

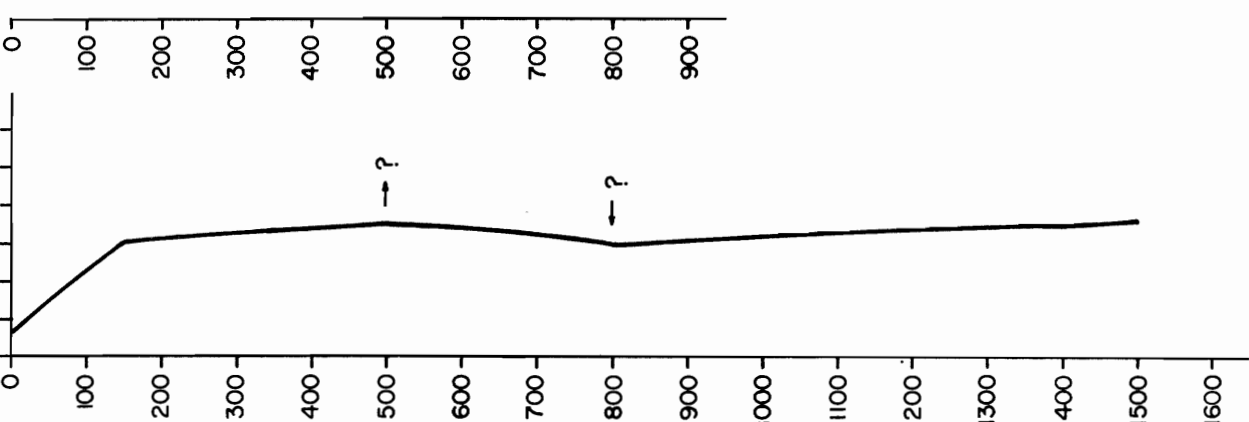
Dreifing myndbreytingarminerala

Dýpi m



Áætladur bergþiti

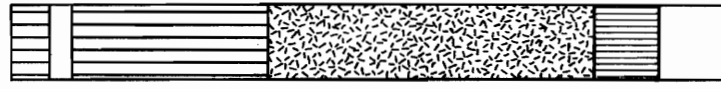
Dýpi m



G-26

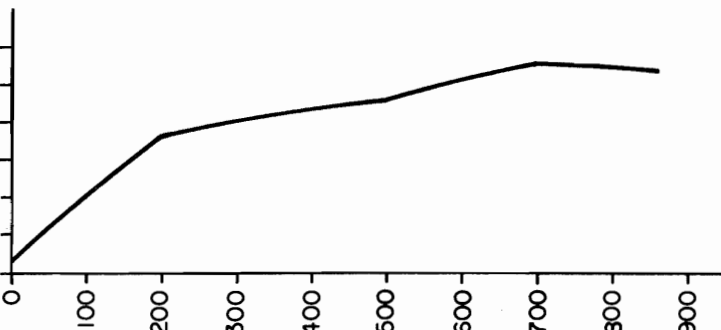
Dreifing myndbreytingarminerala

Jardlög



Áætladur bergþiti

Dýpi m



SKÝRINGAR

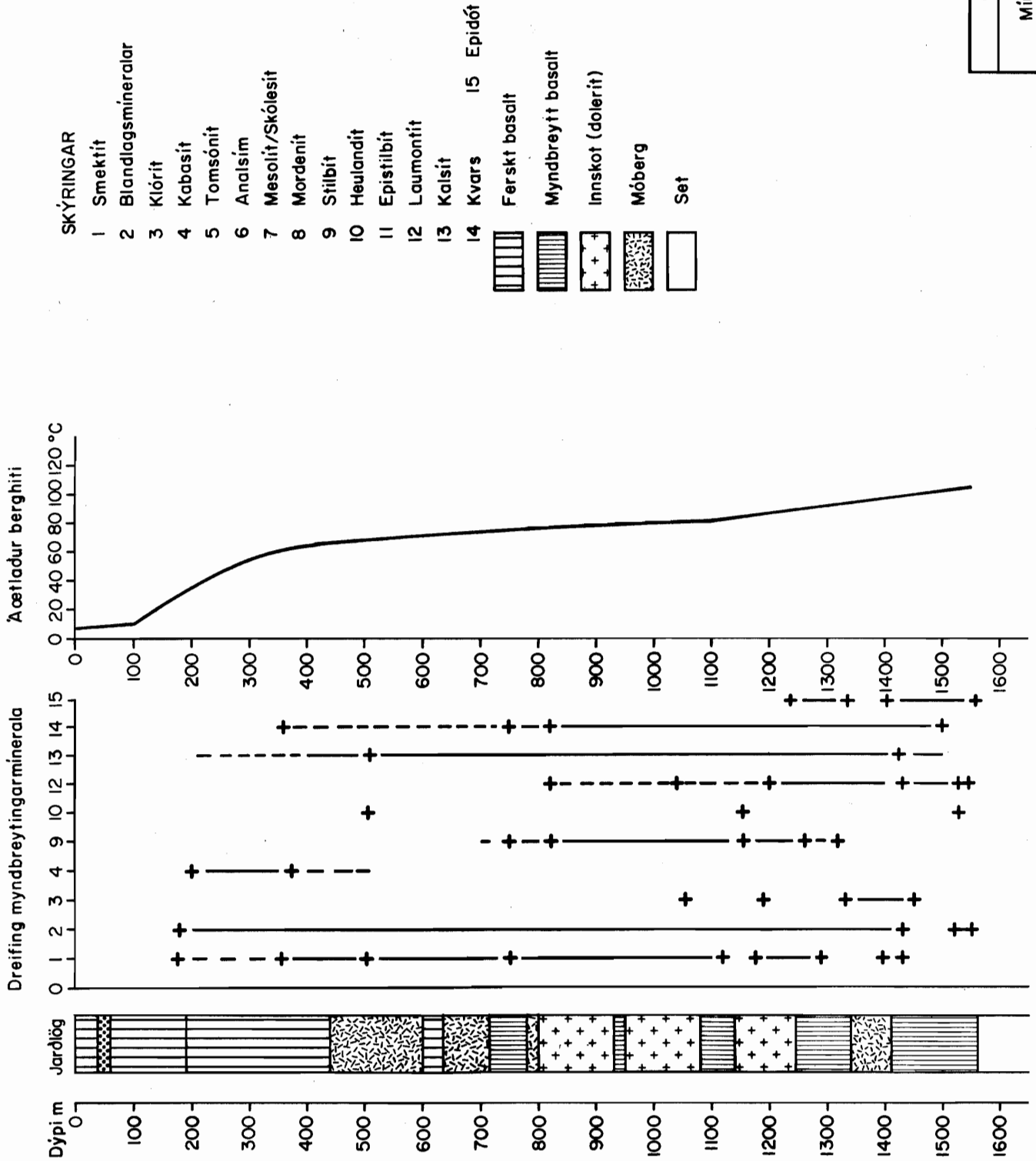
- | | | | |
|----------------------|--|-------------------|--|
| 1 Smektít | | Ferskt basalt | |
| 2 Blandlagsmineralar | | Myndbreytt basalt | |
| 3 Klórít | | Innskot (dólerít) | |
| 4 Kabasít | | Móberg | |
| 5 Tomsónít | | Set | |
| 6 Analsím | | Bergþiti óviss | |
| 7 Mesolít/Skólesít | | | |
| 8 Mordenít | | | |
| 9 Stílbít | | | |
| 10 Heulandít | | | |
| 11 Epistílbít | | | |
| 12 Laumontít | | | |
| 13 Kalsít | | | |
| 14 Kvars | | | |

ORKUSTOFNUN

Mineralgreining í holum G-26 og G-28

76.03.09 H.K./S.V. Tr. 471 J.-R.vik F.nr. 13994

G-33

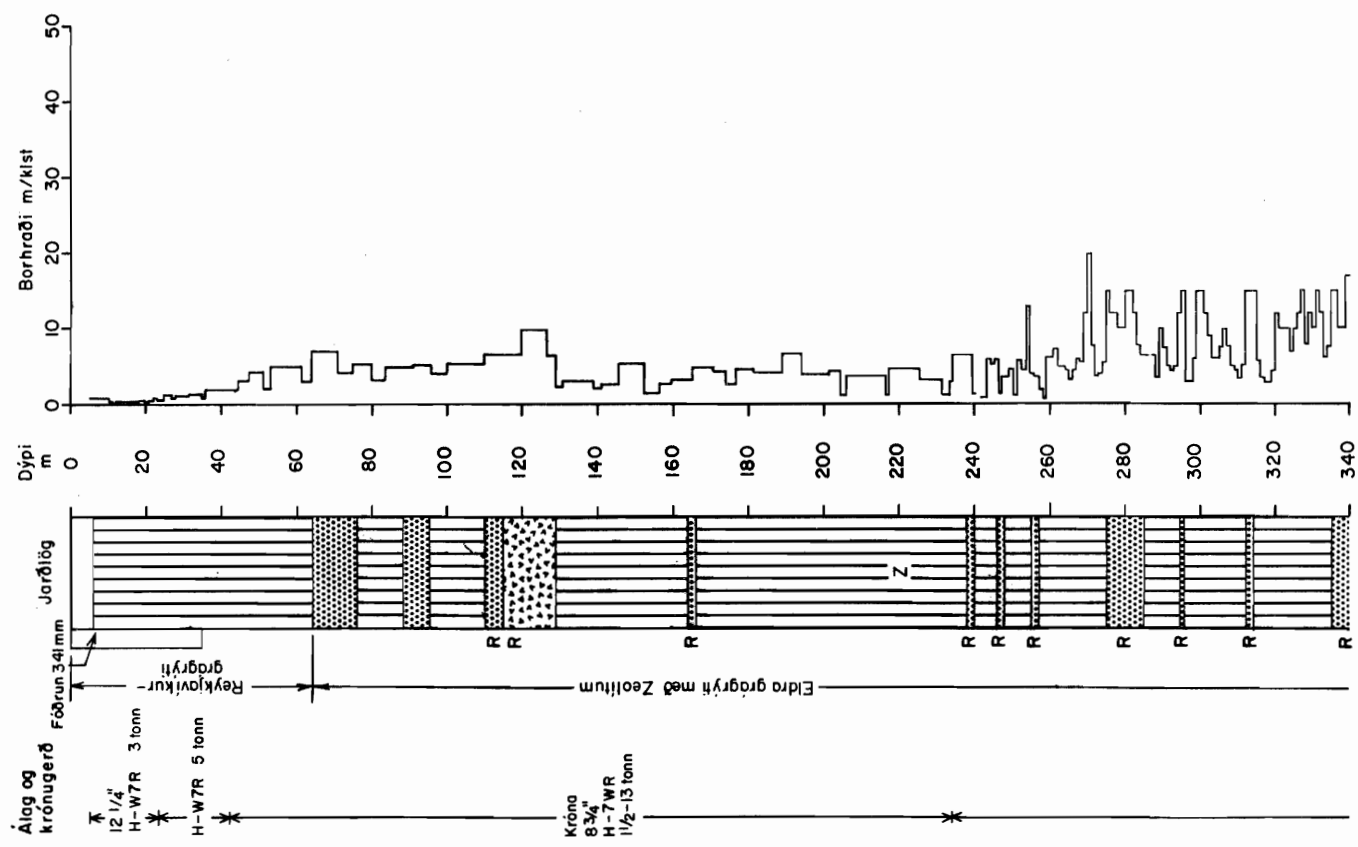
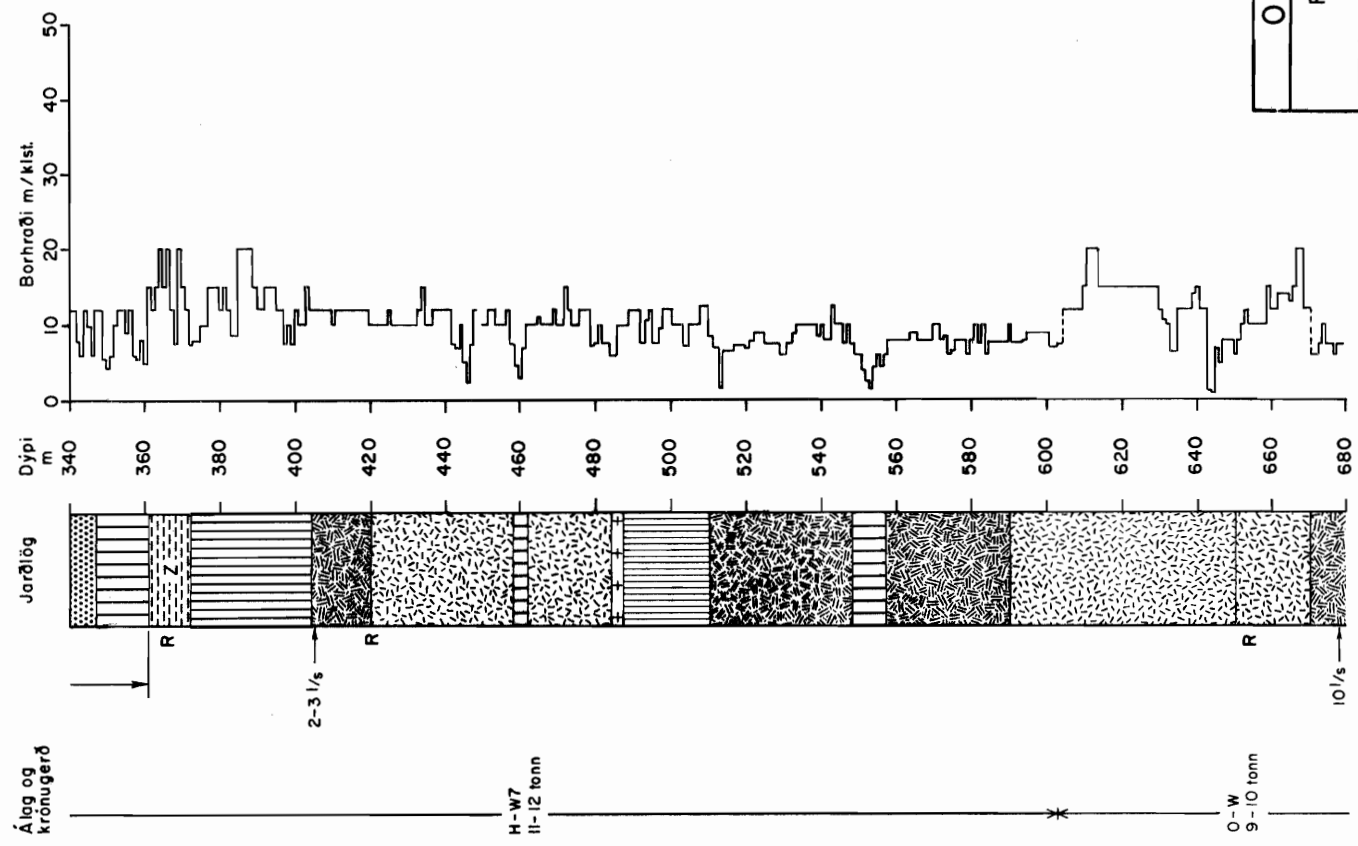


ORKUSTOFNUN

Mínalgreining í hól G-33

76.03.08 H.K./S.v. Trn.466 J-Rvik

Fnr. 13881



ORKUSTOFNUN

Reykjavík, hola G-23

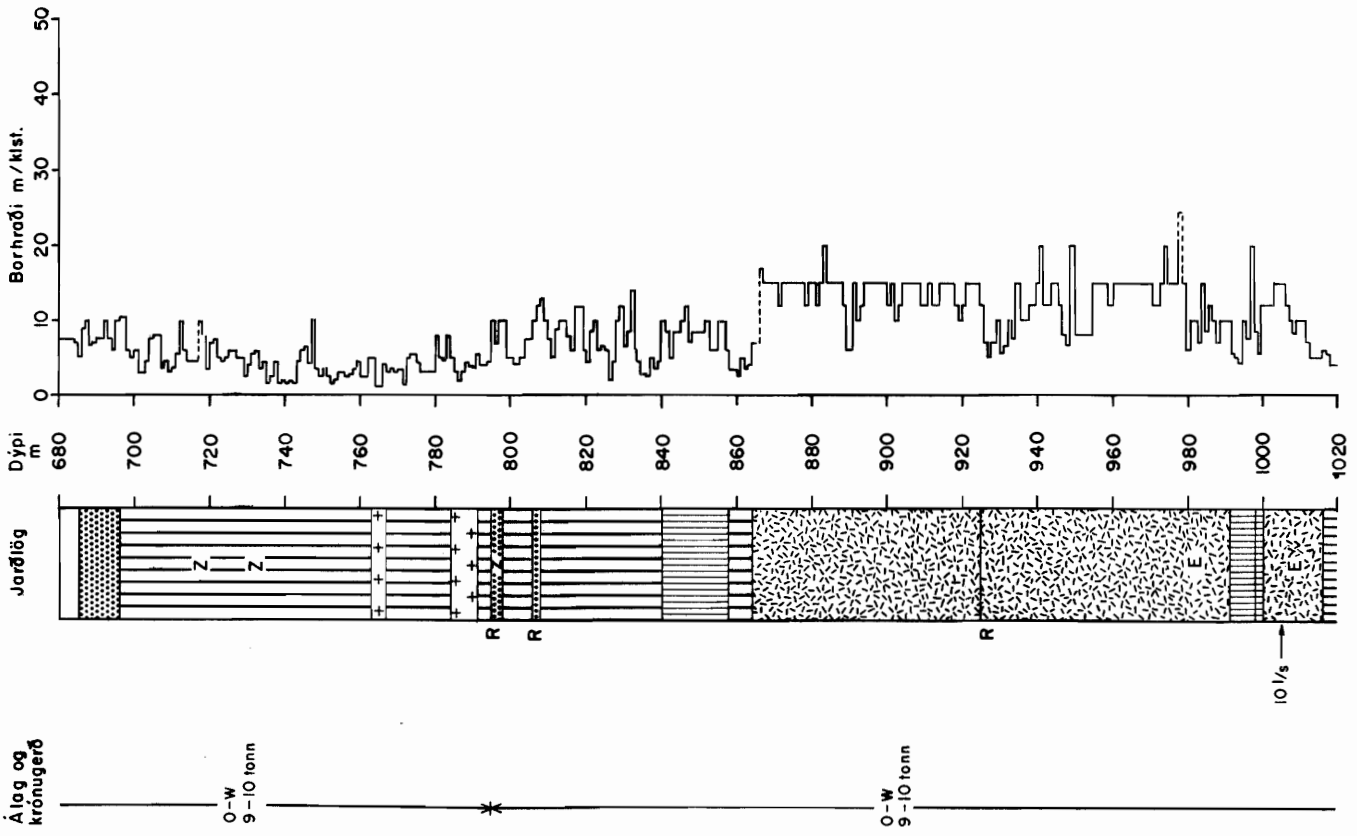
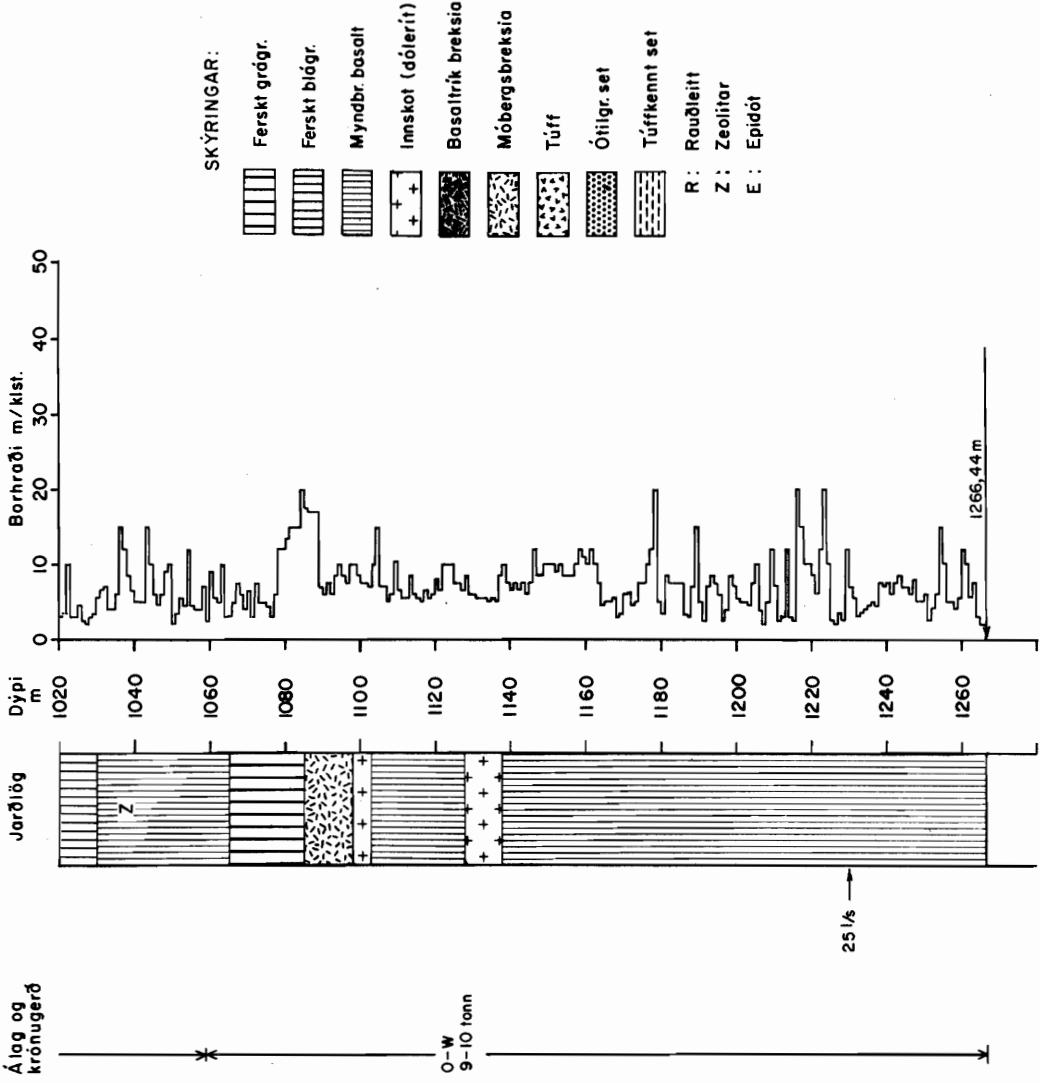
Jarðlagasnið

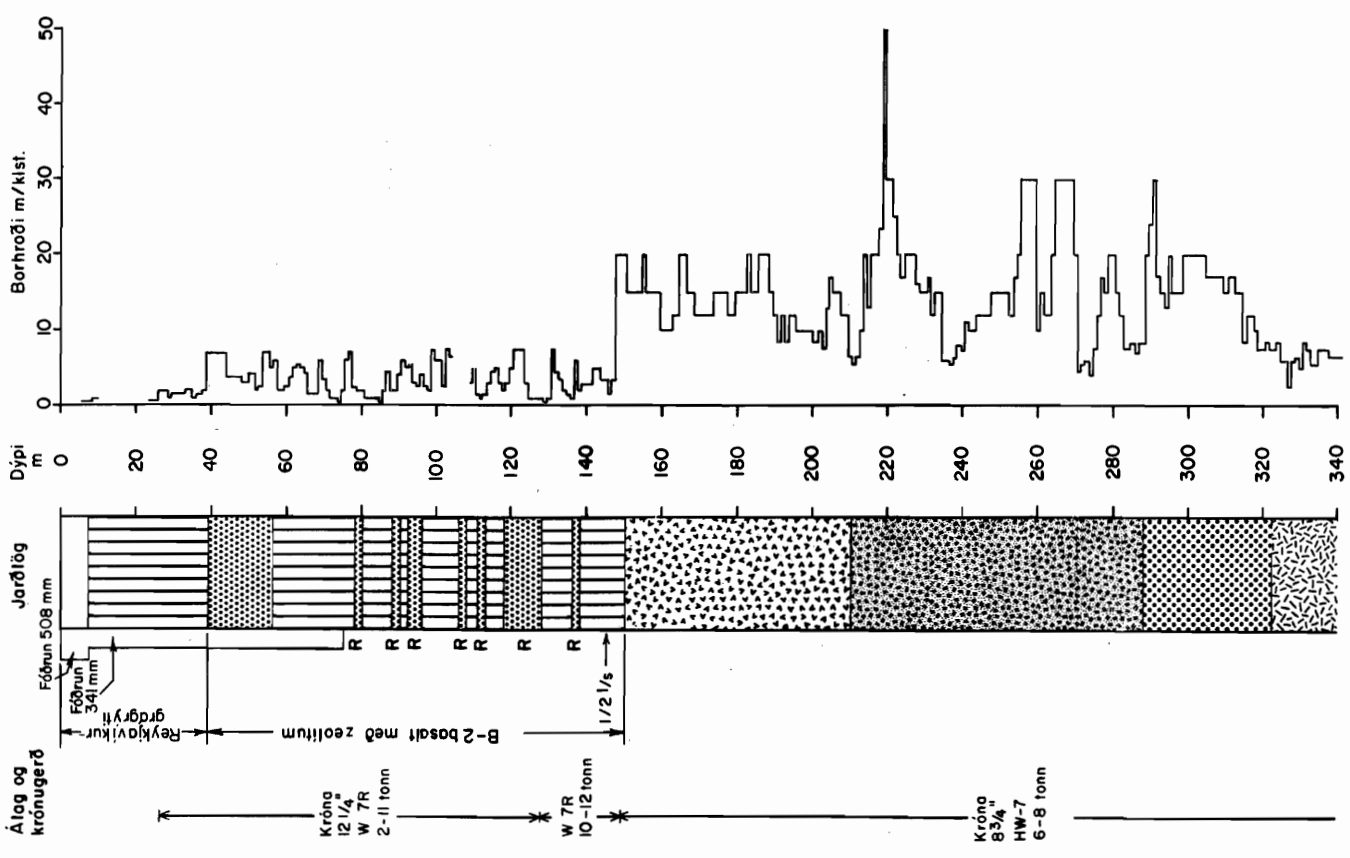
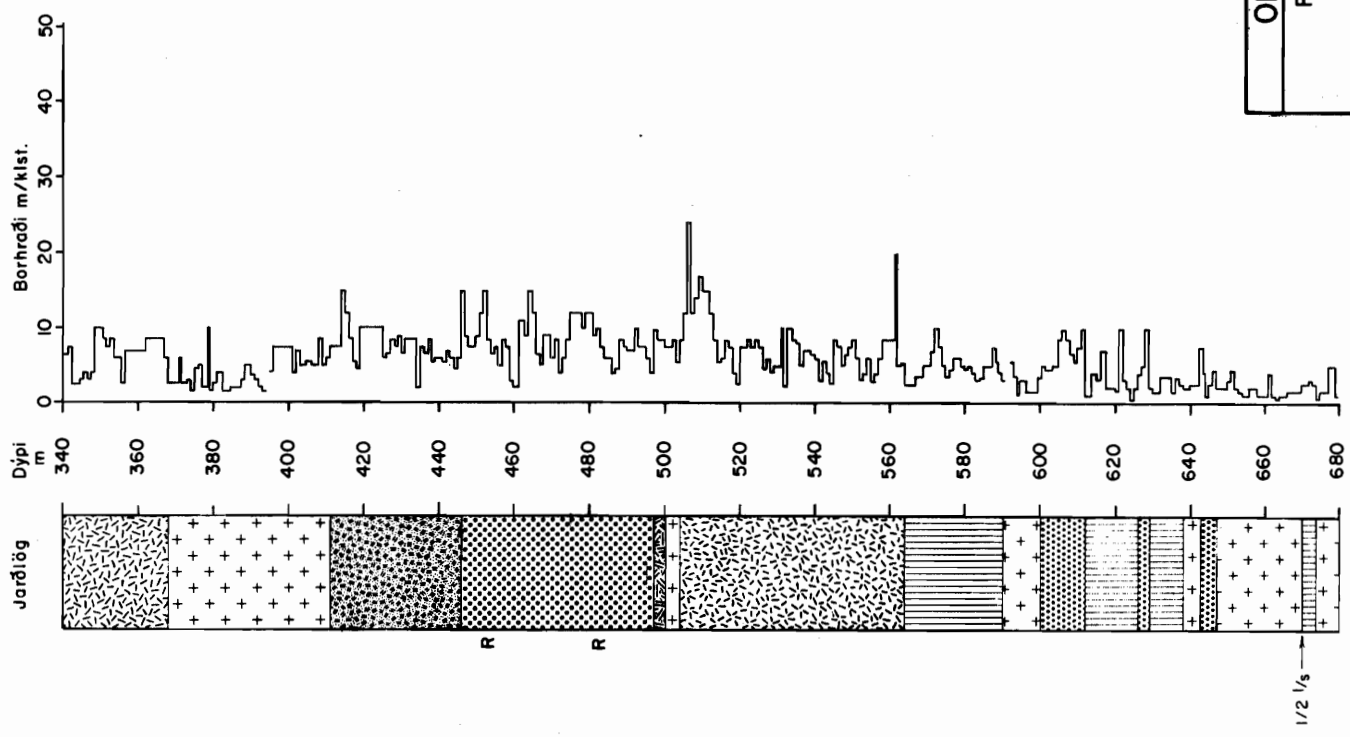
17.8.71/JT/AMG/S. Tr. 266

Bl. 2 of 2

J-Reykjavík

Fnr. 8248



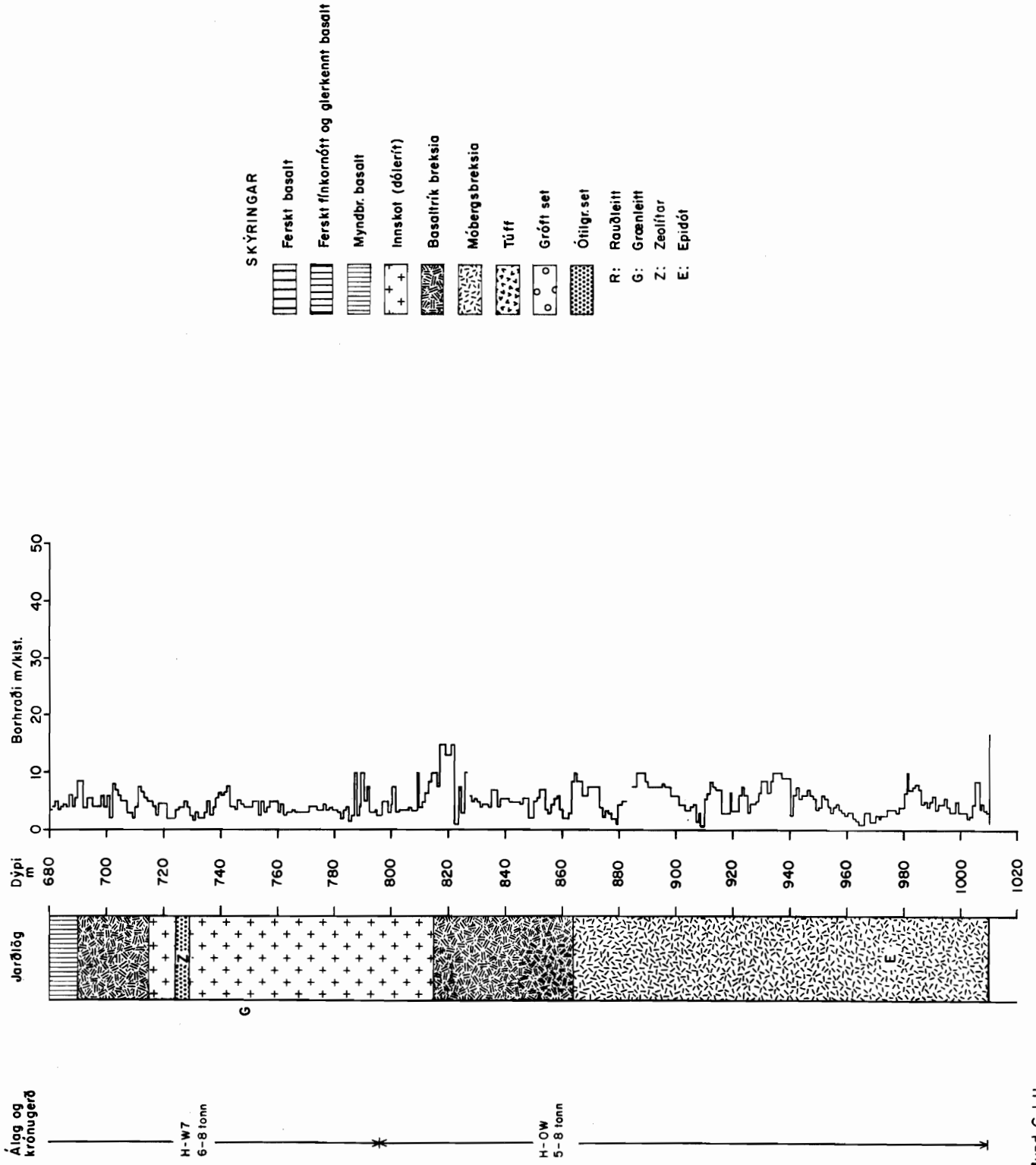


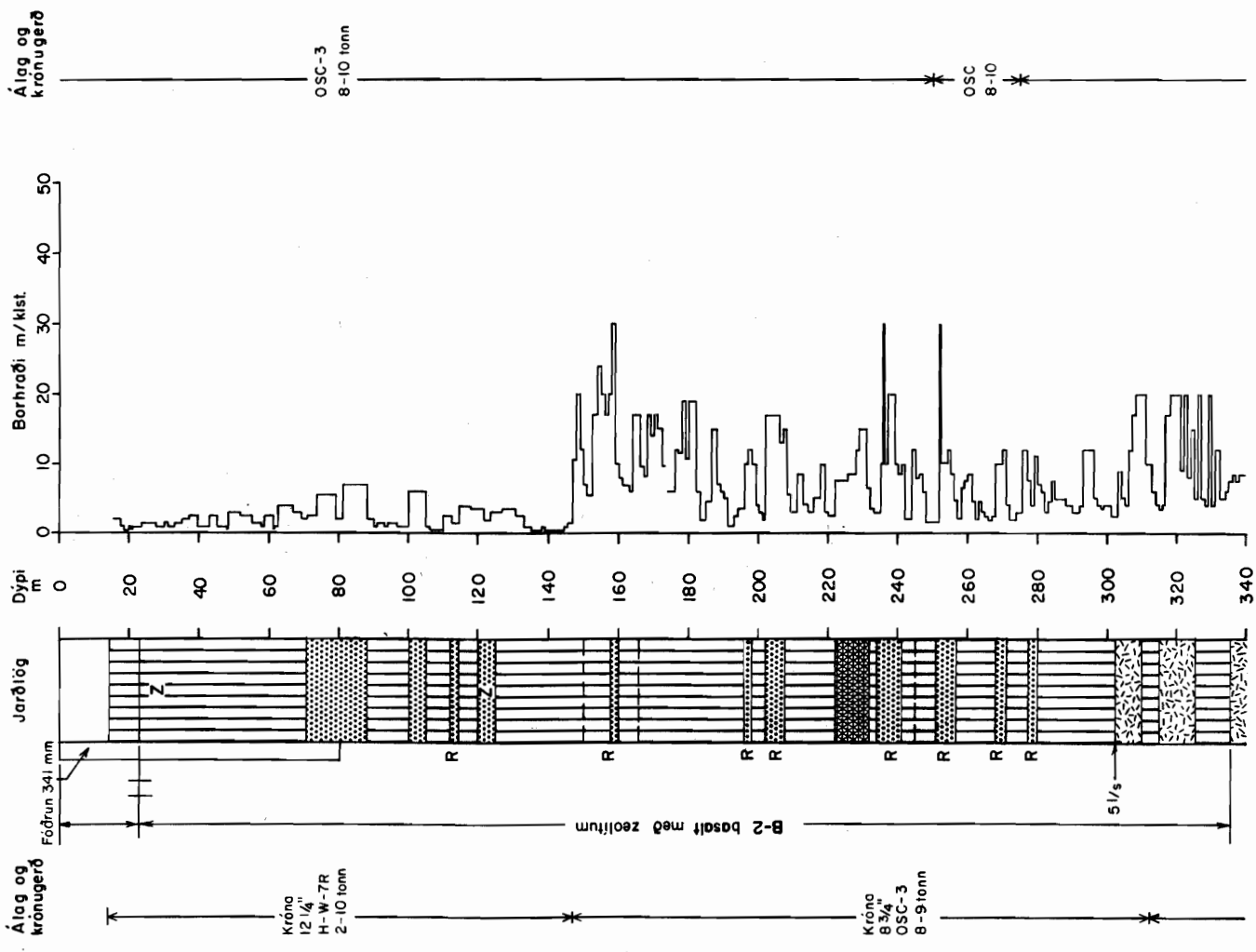
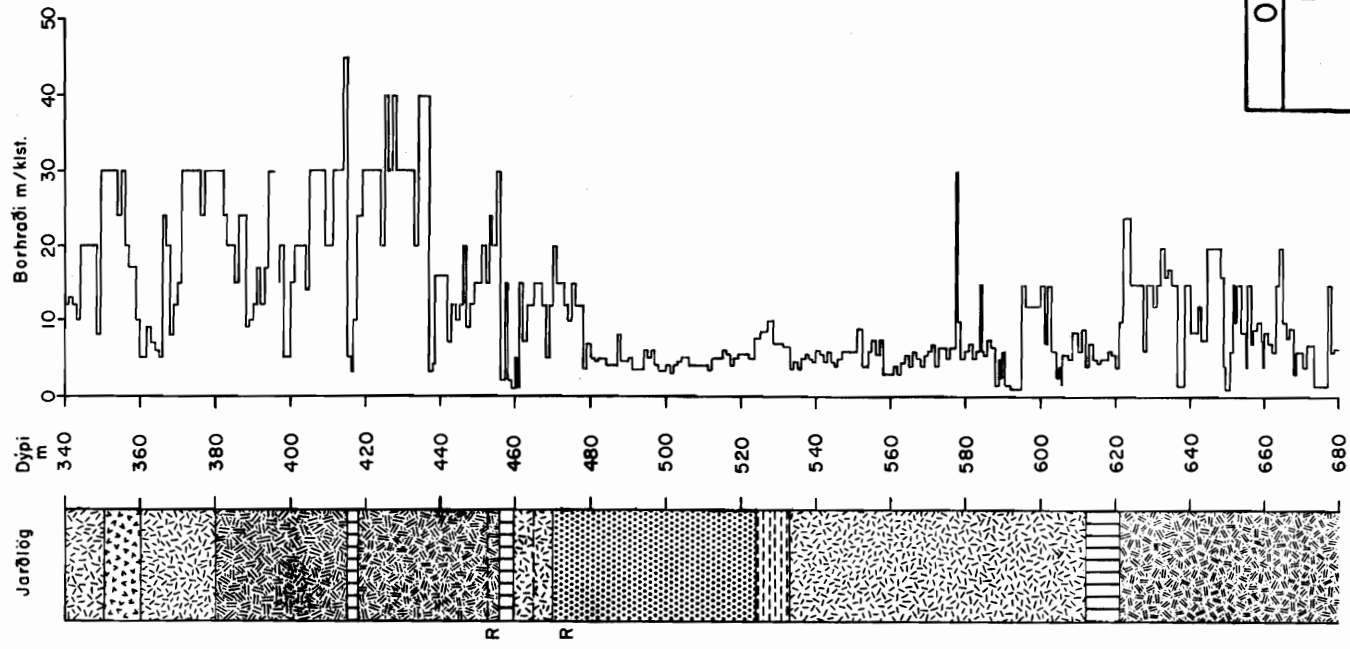
ORKUSTOFNUN

Reykjavík, hola G-24
Jardlagasnið

48711/DT/ATG/IS Tm. 274
Bl. 2 af 2 J-Reykjavík

Fnr. 8324





ORKUSTOFNUN

Reykjavík, hola G-25

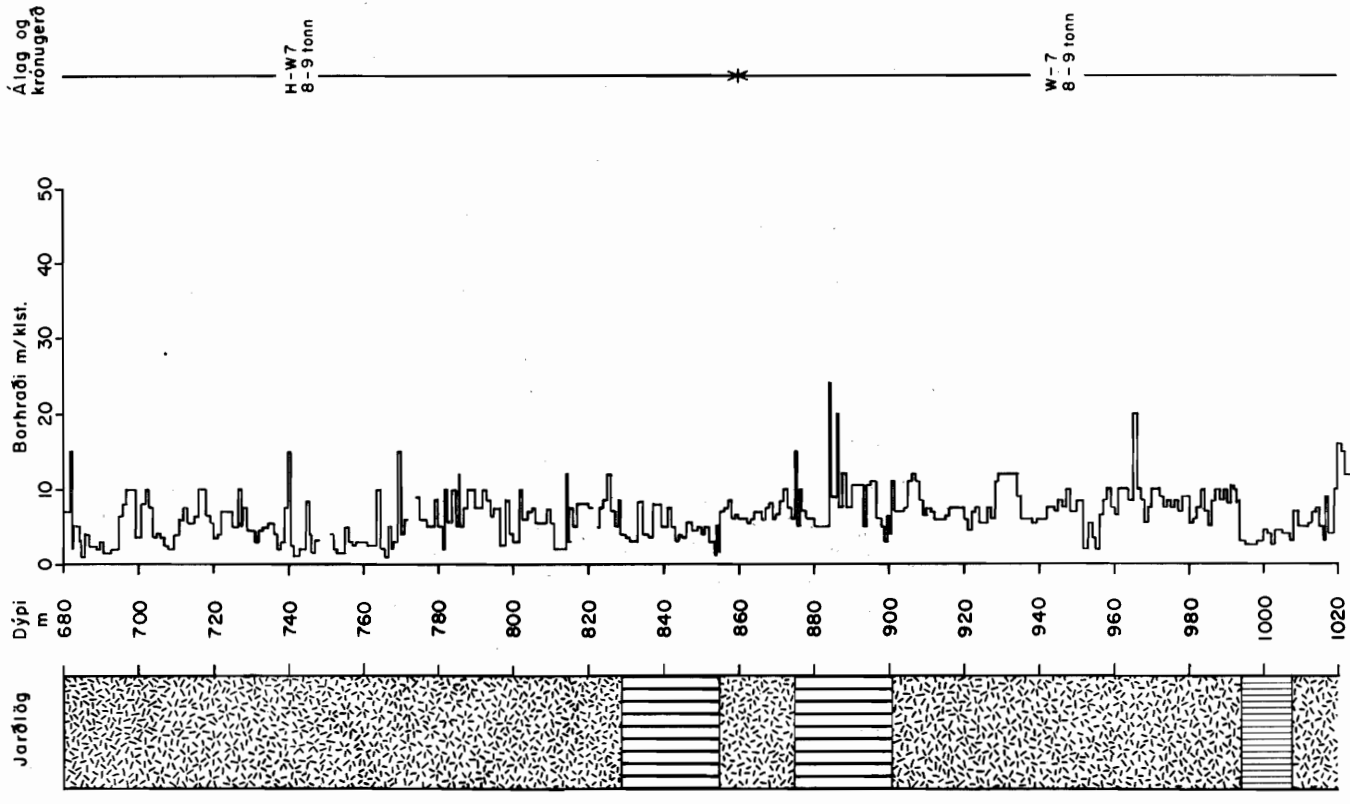
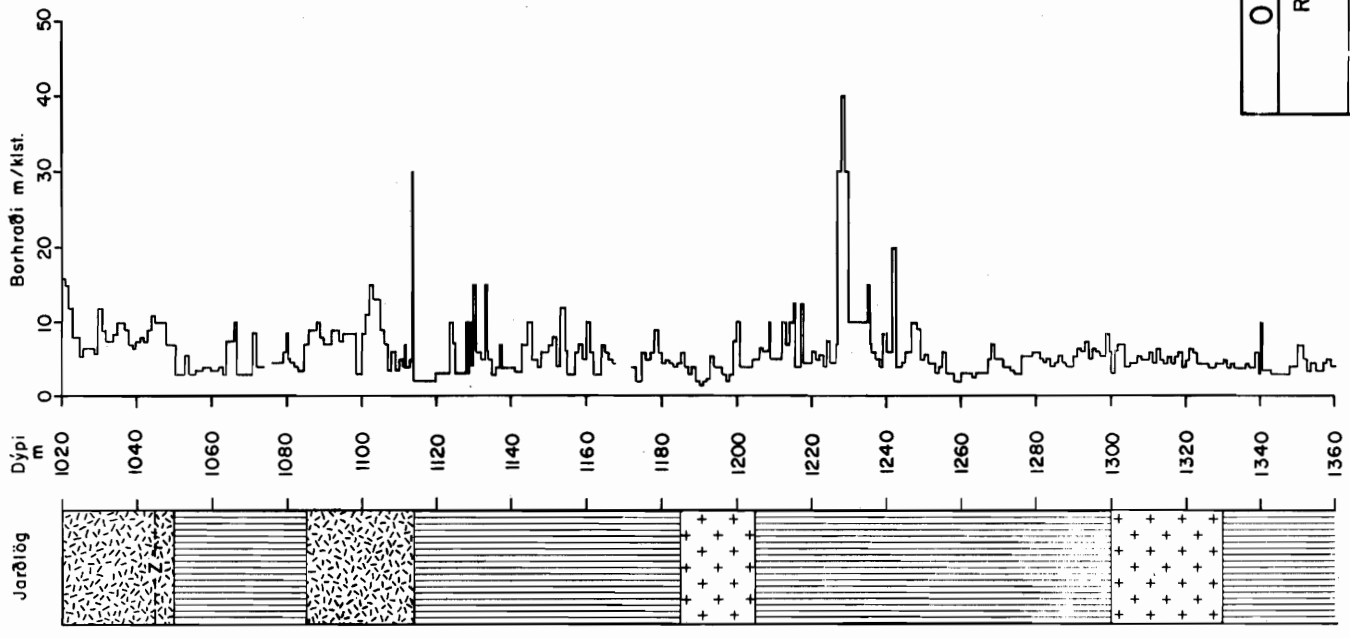
Jarðlagasnið

24.8.71/J.P./M.B./S. Tr. 290

Blað 2 af 3

J-Reykjavík

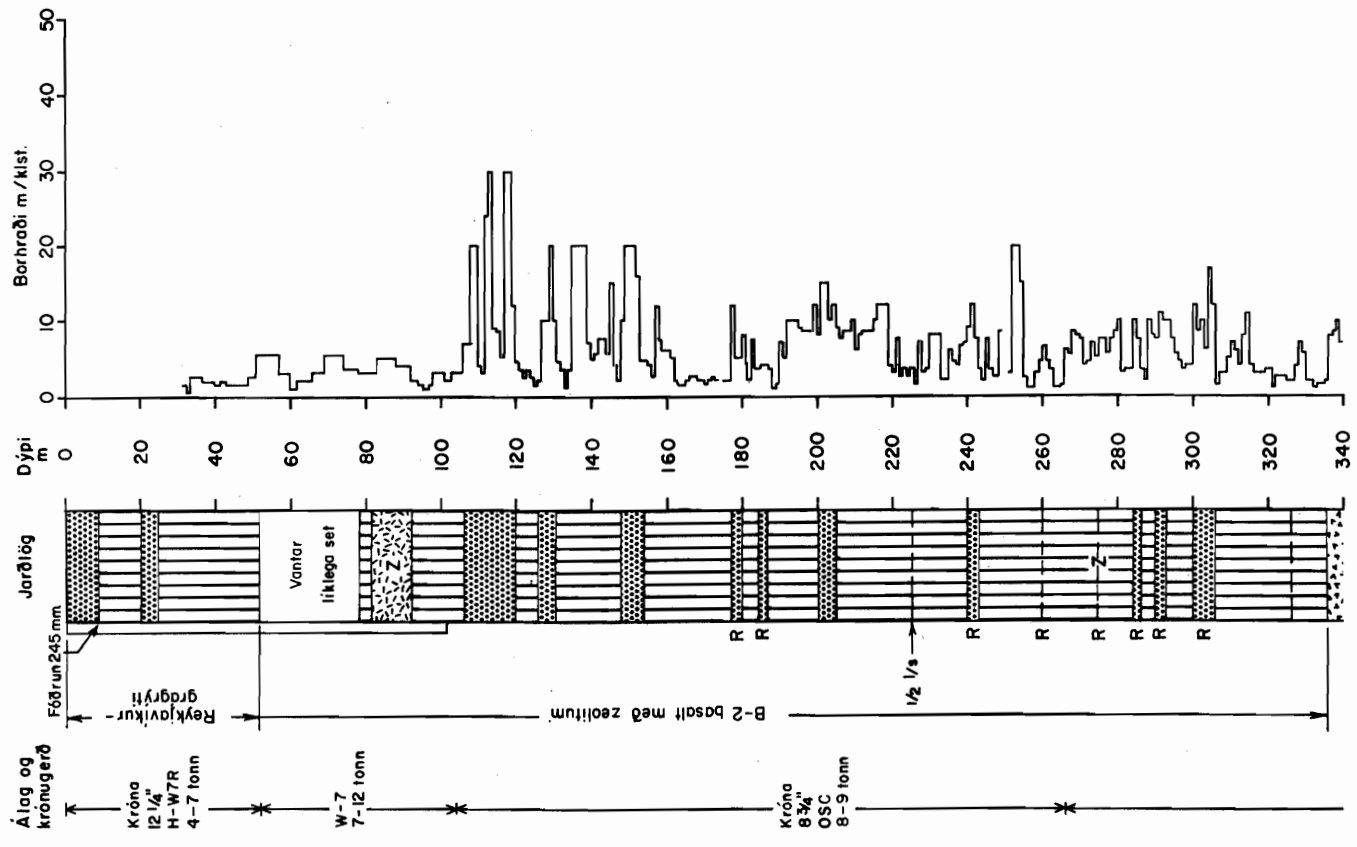
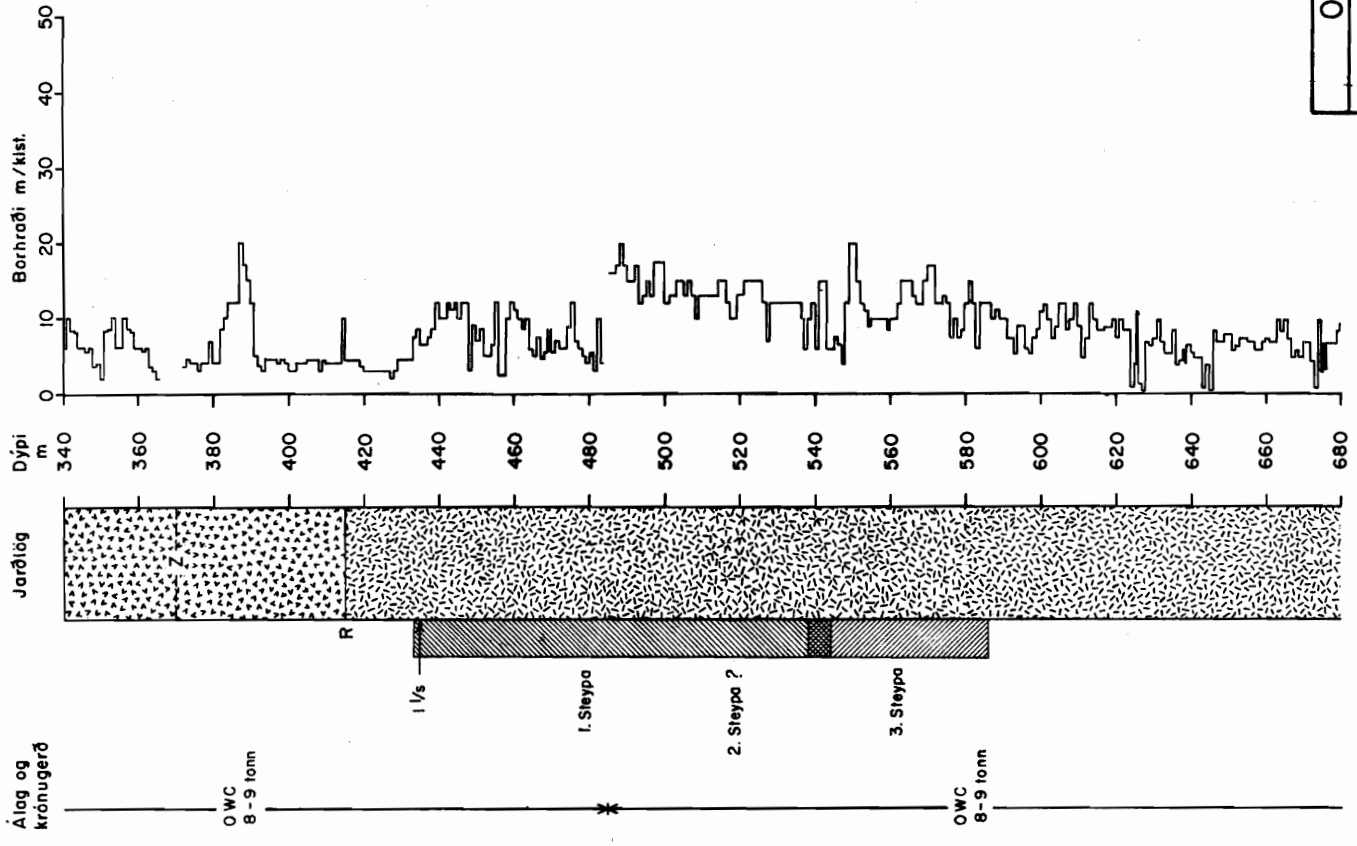
Fnr. 8521

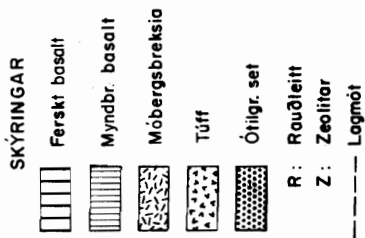
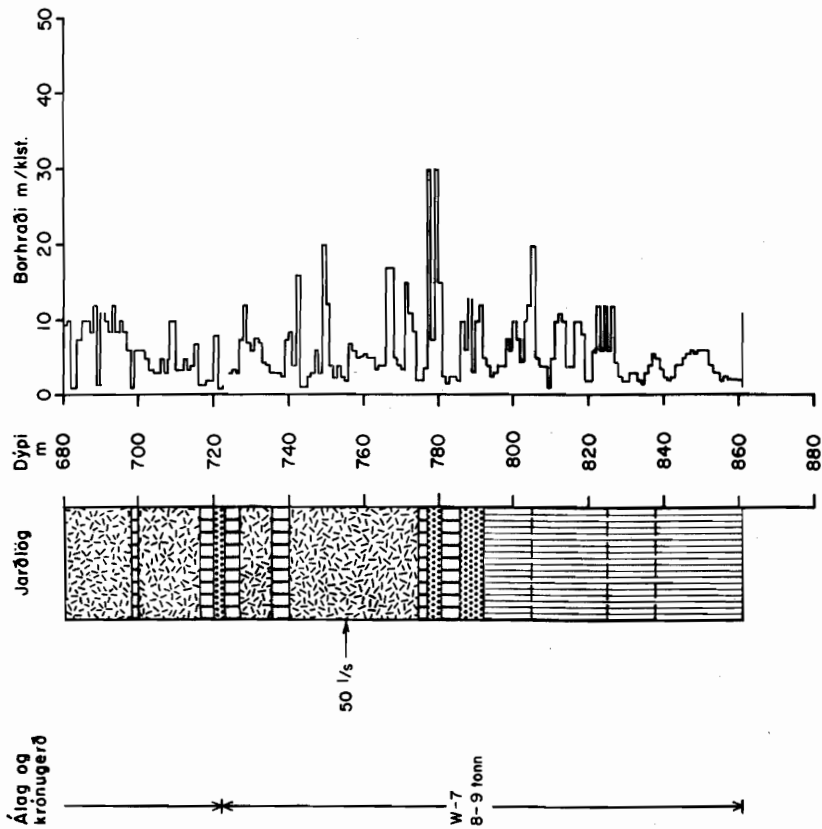


ORKUSTOFNUN

Reykjavík, hola G - 26
Jardlagasnið

19.7.1971 J.A.T./G./S. Tr. 394
Bl. 6 laf. 2 J-Reykjavík Fnr. 10059



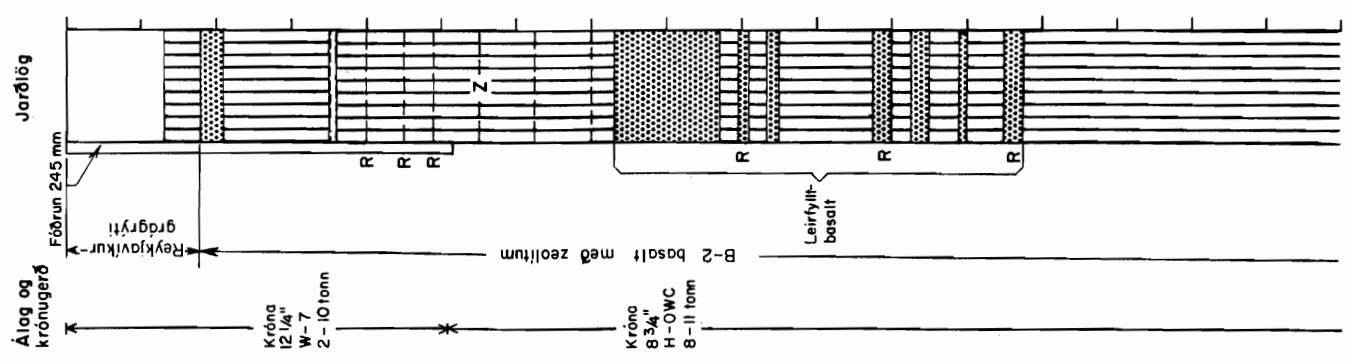
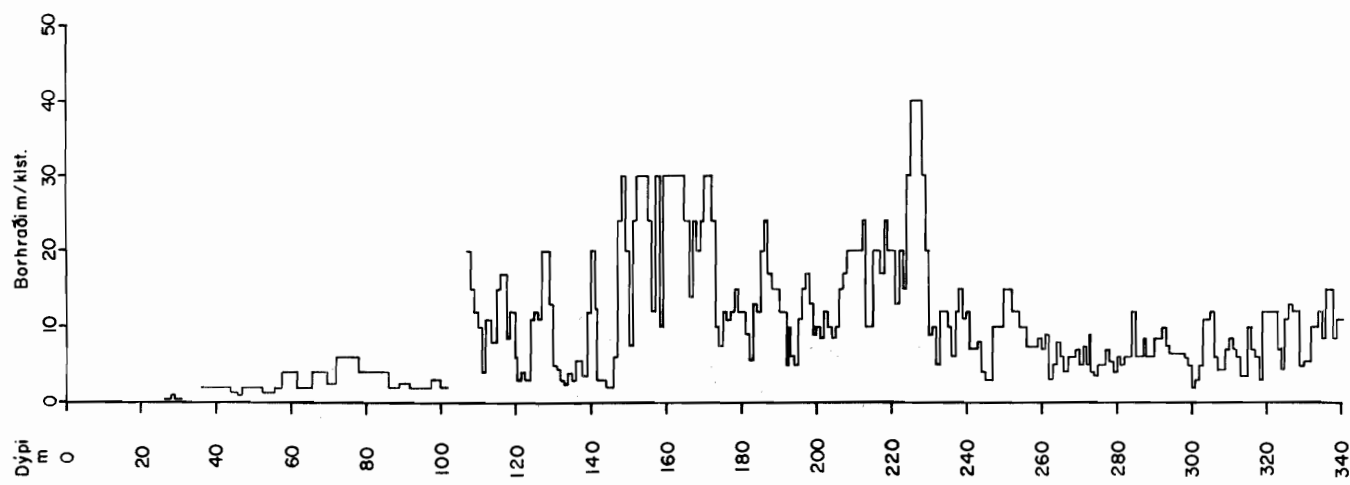
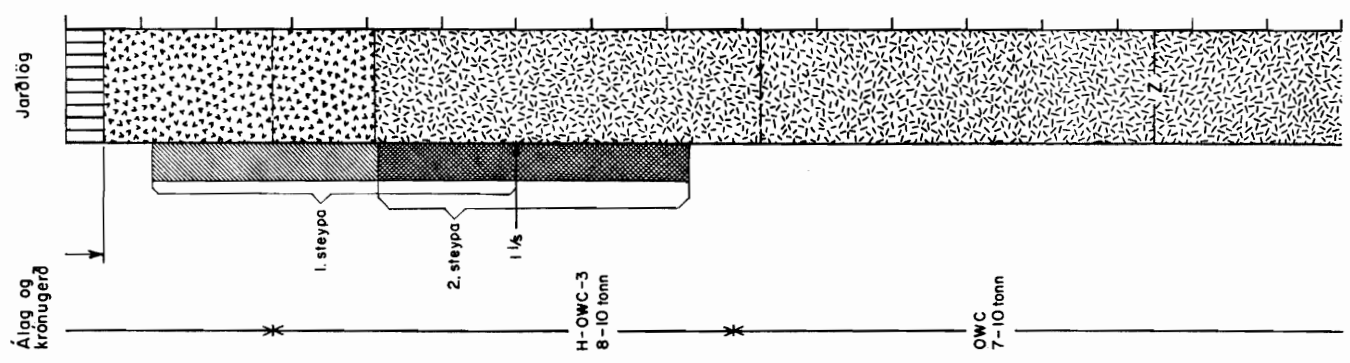
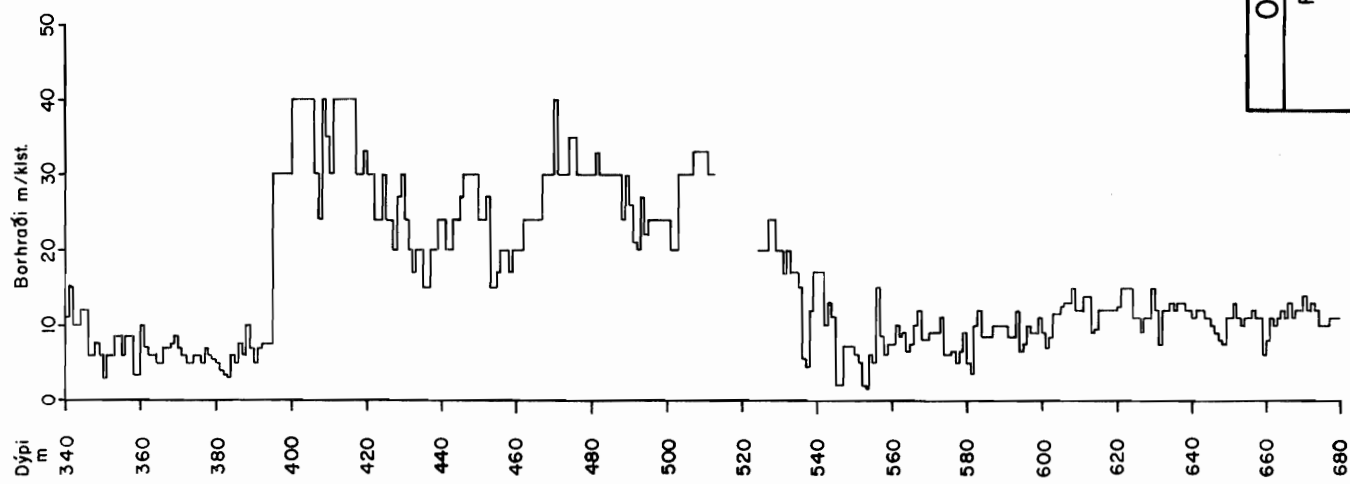


ORKUSTOFNUN

Reykjavík hola G-26
Jarðlagasnið

1.971 JH/ATG/IS Thr. 394
Blað 2 of 2 J-Reykjavík

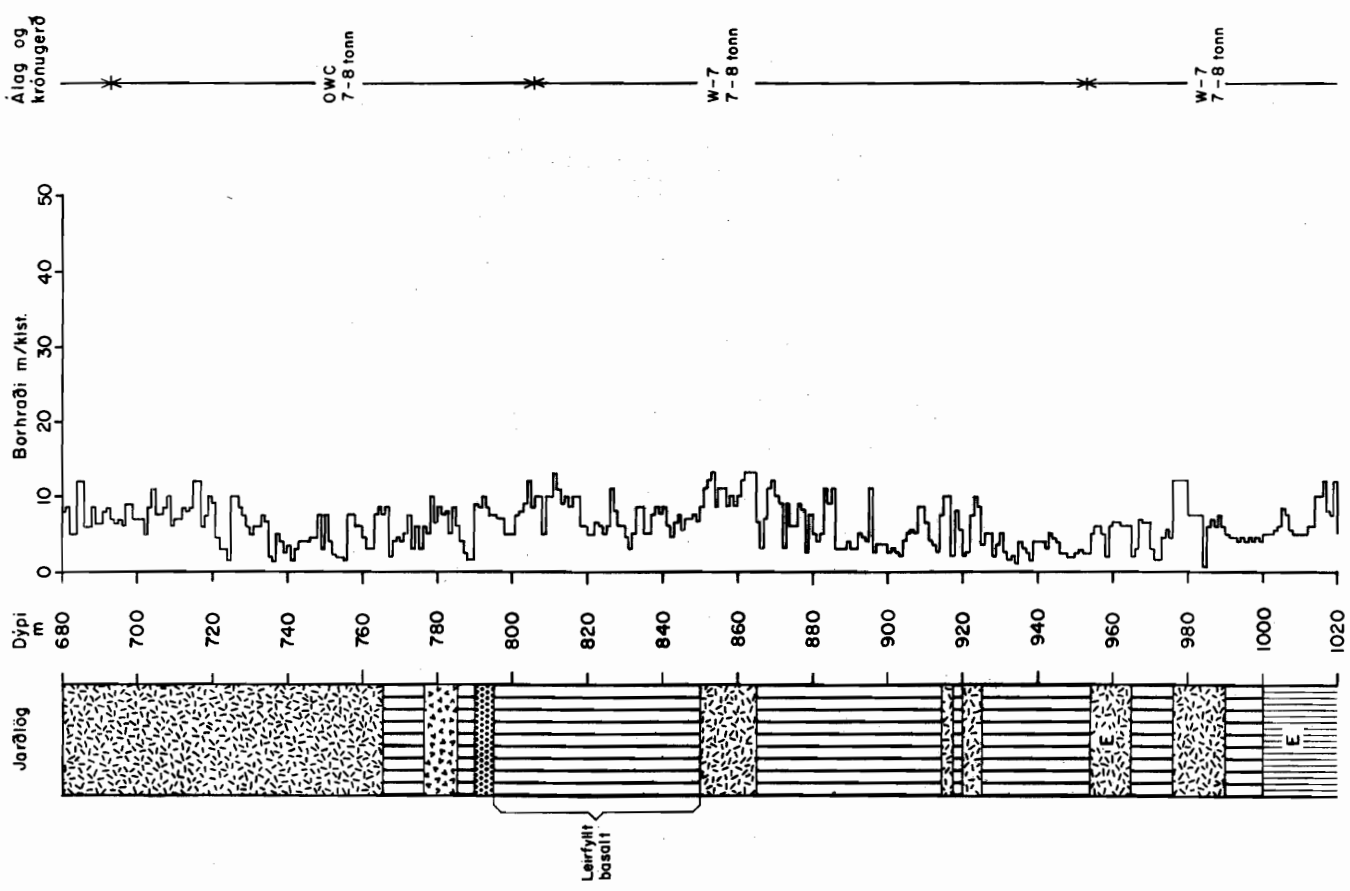
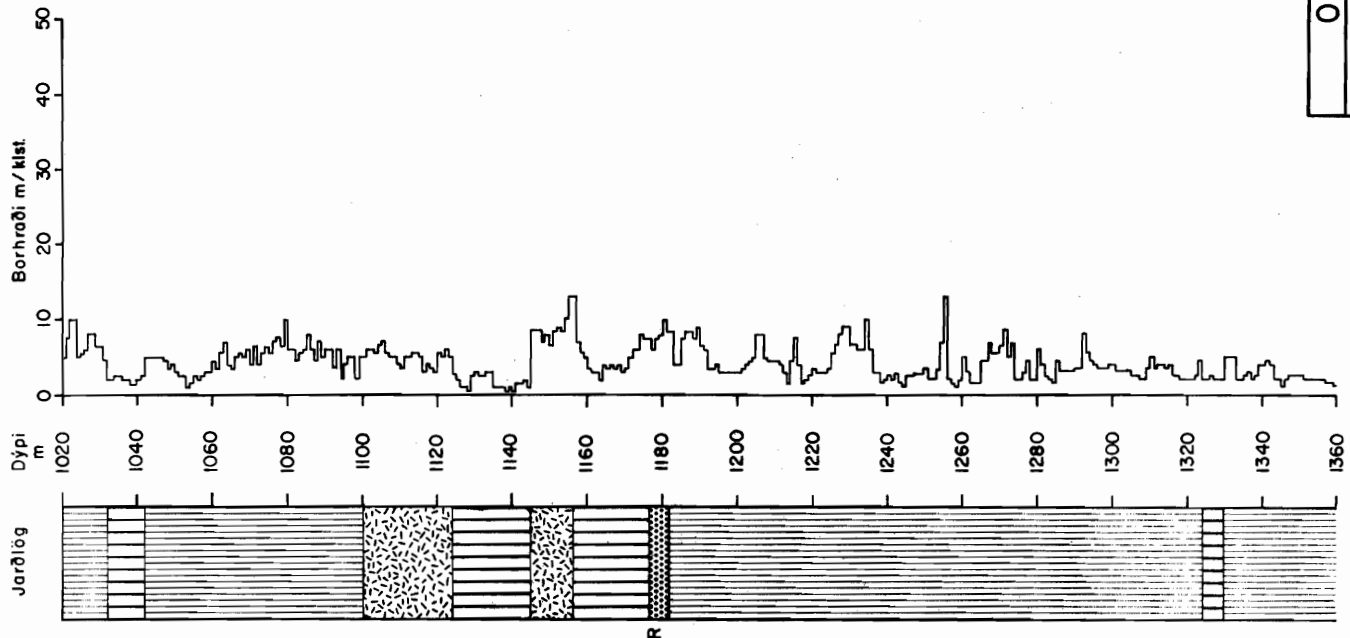
Fnr. 10059



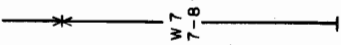
ORKUSTOFNUN

Reykjavík, hola G-27
Jardlagasnið

1971/JUN/JUL/AUG/15 Træ 395
Blæ 02 af 3 J-Reykjavík Fnr. 10060

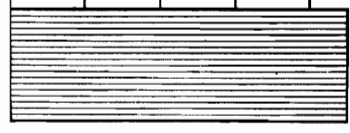


Álag og
kröngugæð

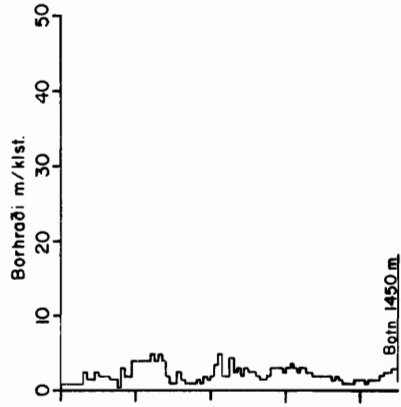


W 7
7-8 tonn

Jörðlög



Dýpi
m
1360
1380
1400
1420
1440



SKÝRINGAR:

- Ferskt basalt
- Myndbr. basalt
- Móbergsbreksia
- Túff
- Ótilgreint set
- Túffkennt set
- R: Rauðleitt
- E: Epidót
- Z: Zeolítar
- Logmát

ORKUSTOFNUN

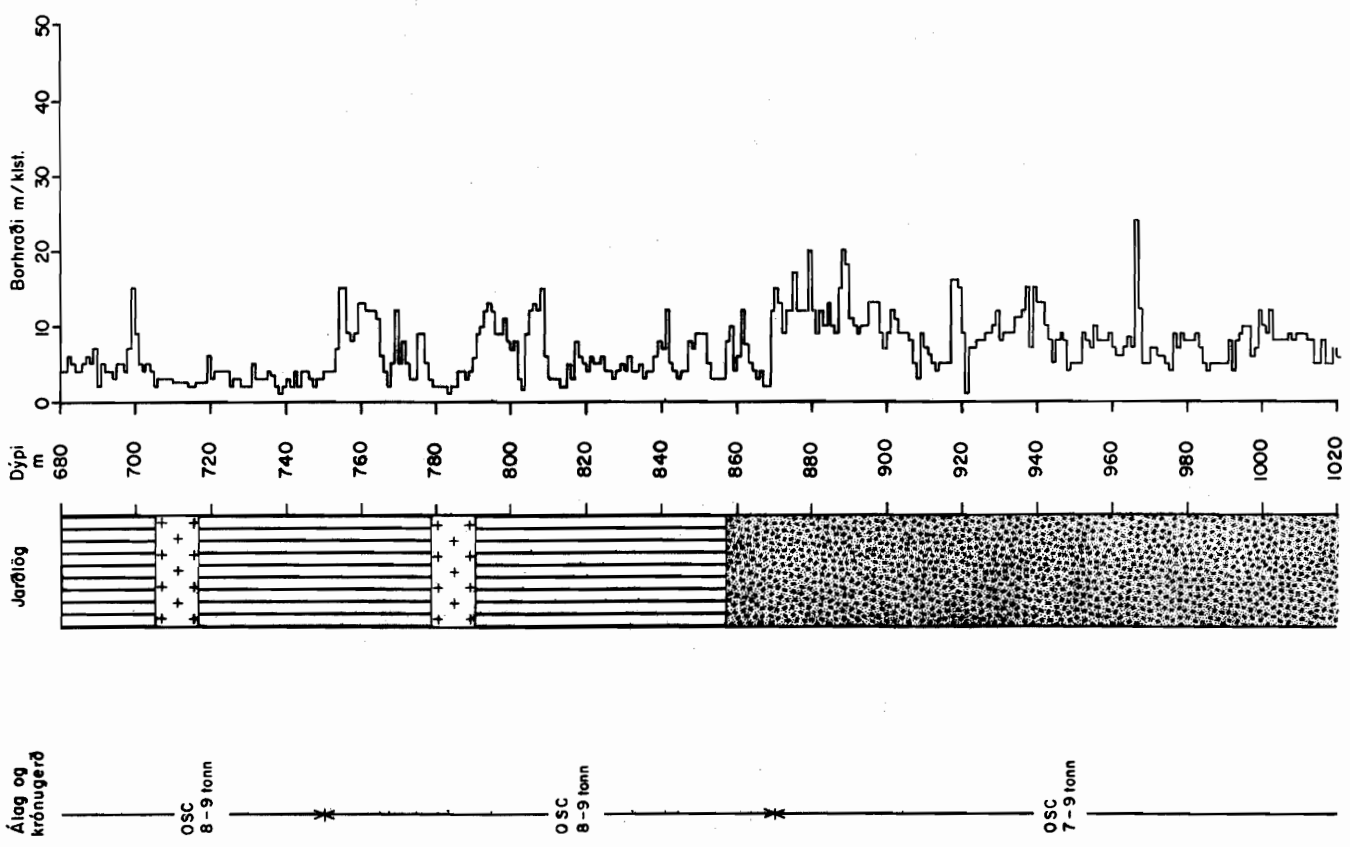
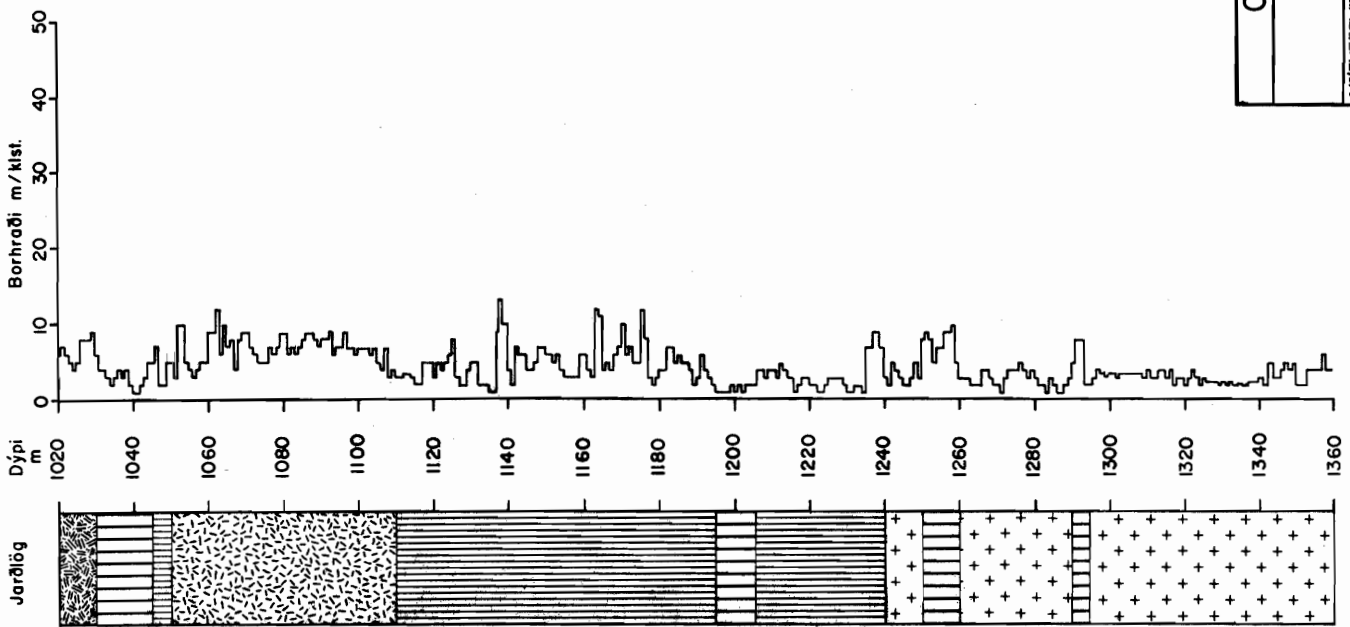
Reykjavík, hola G-27
Jörðlagasnið

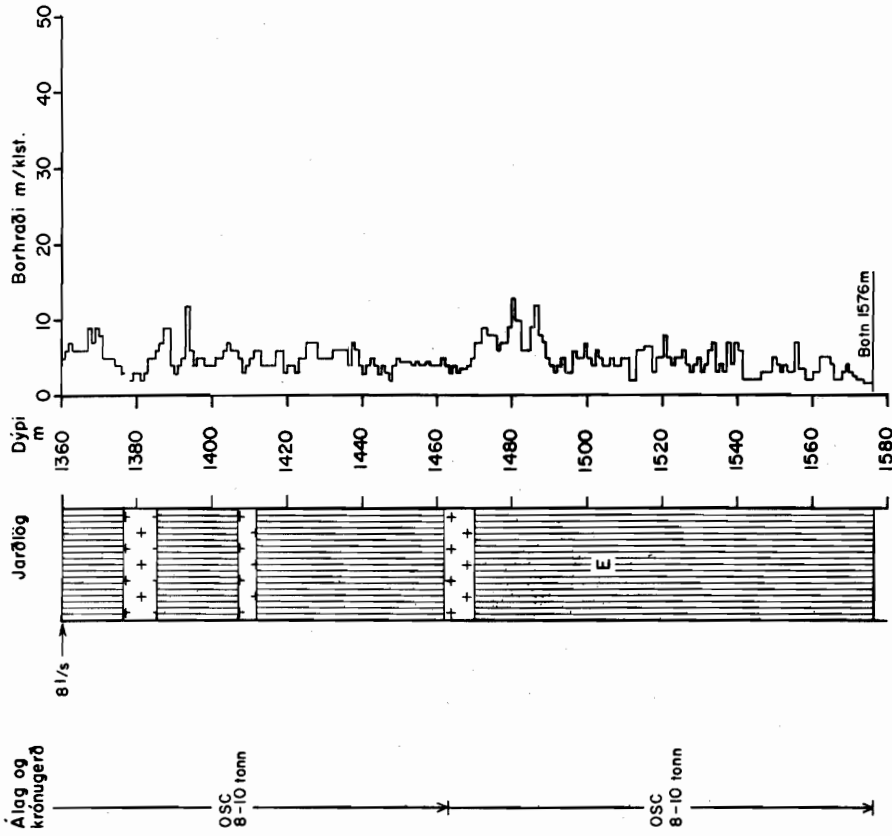
1.971/7/2/11/14/16/18 Nr. 395
Blað 3 af 3 J.-Reykjavík Fnr. 10060

ORKUSTOFNUN

Reykjavík, hola G-28
Jardlagasnið

4/87/LJ/TH/MB/S Inc. 390
Blad 2 of 3 J.-Reykjavík Fnr. 10038





SKÝRINGAR:

- Ferskt basalt
- Ferskt finkornótt og glerkennt basalt
- Myndbr. basalt finkornótt og glerkennt basalt
- Innskot (dólerft)
- Basalttrik breksla
- Móbergsbreksla
- Túff
- Gröft set
- Órúgreint set
- R: Rauðleitt
- Z: Zeolítar
- Lagmót

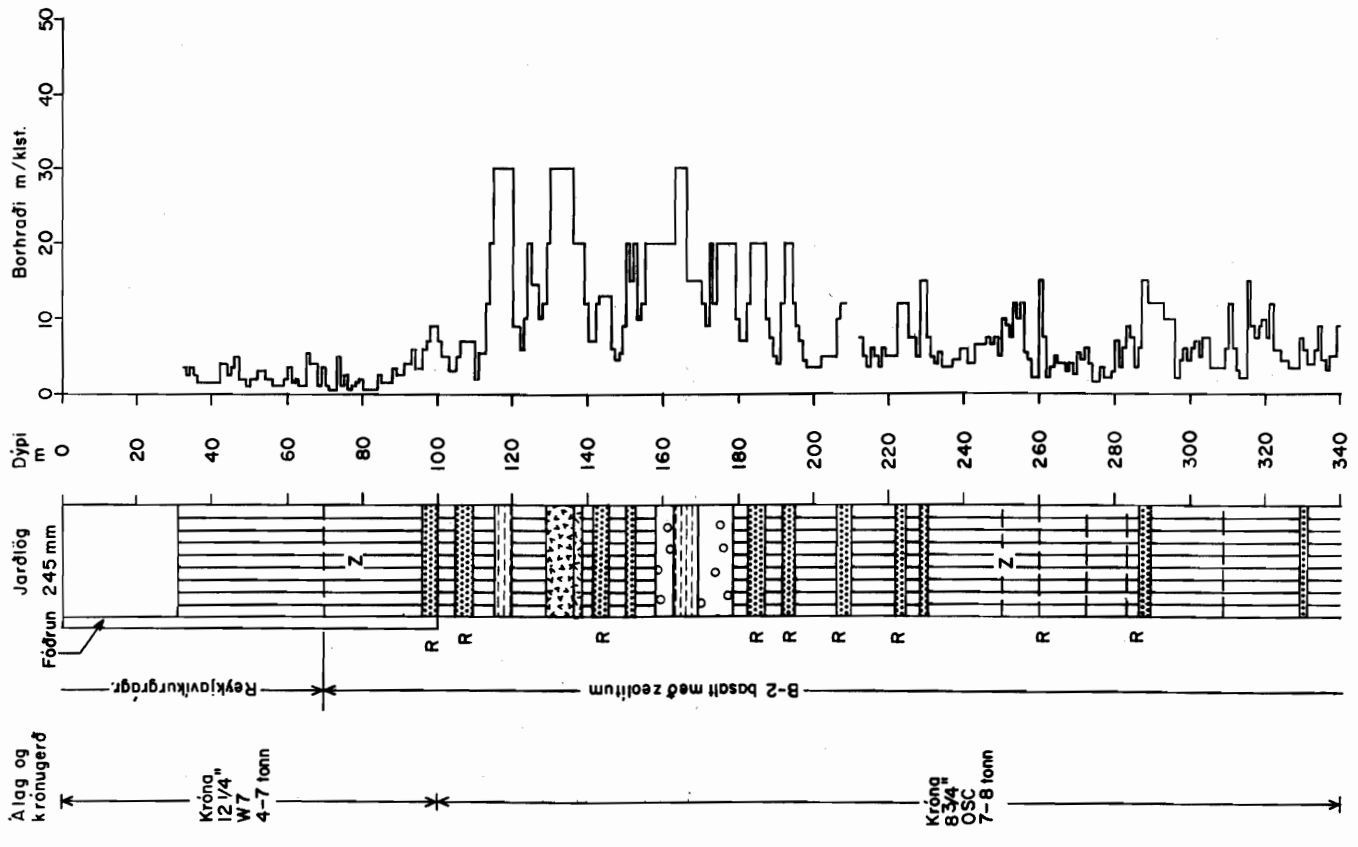
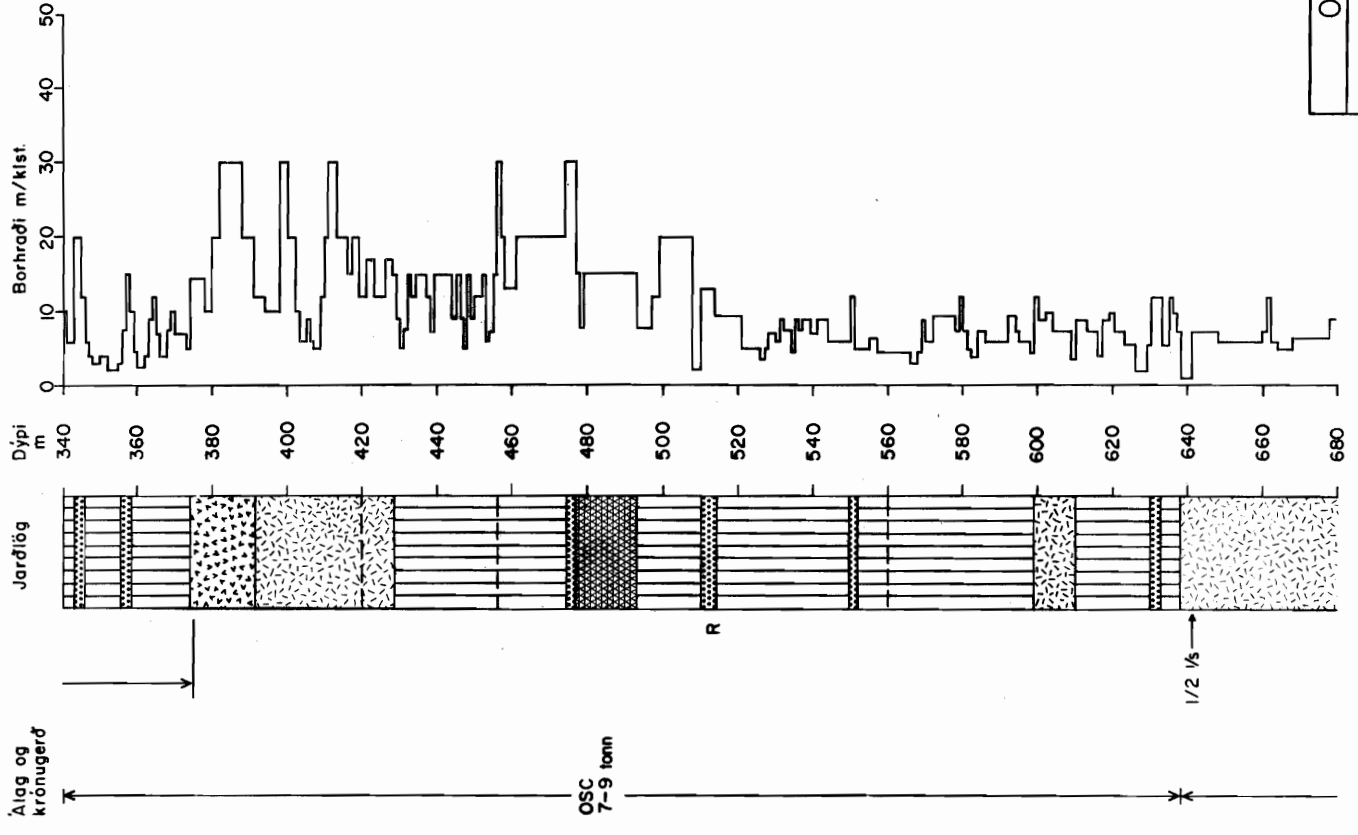
ORKUSTOFNUN

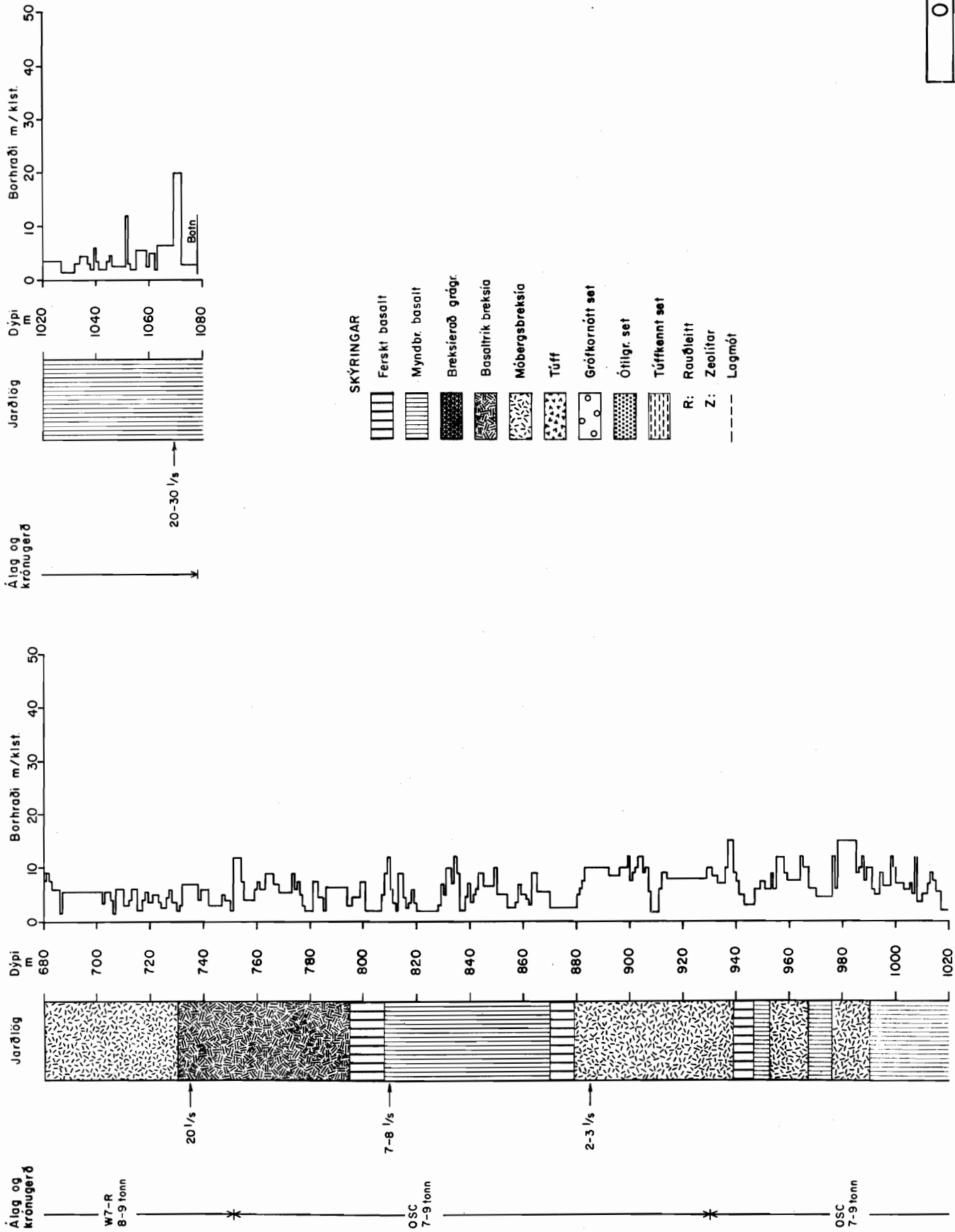
Reykjavík, hola G-28
Jarðlagasnið

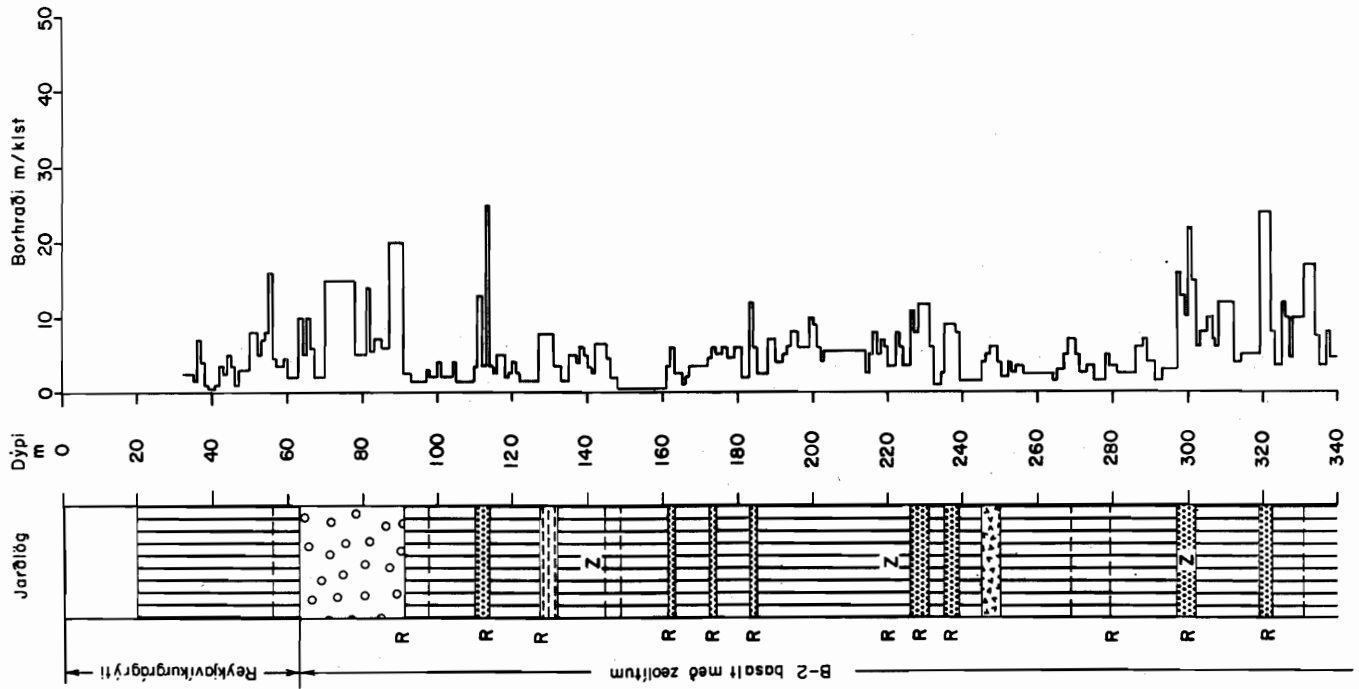
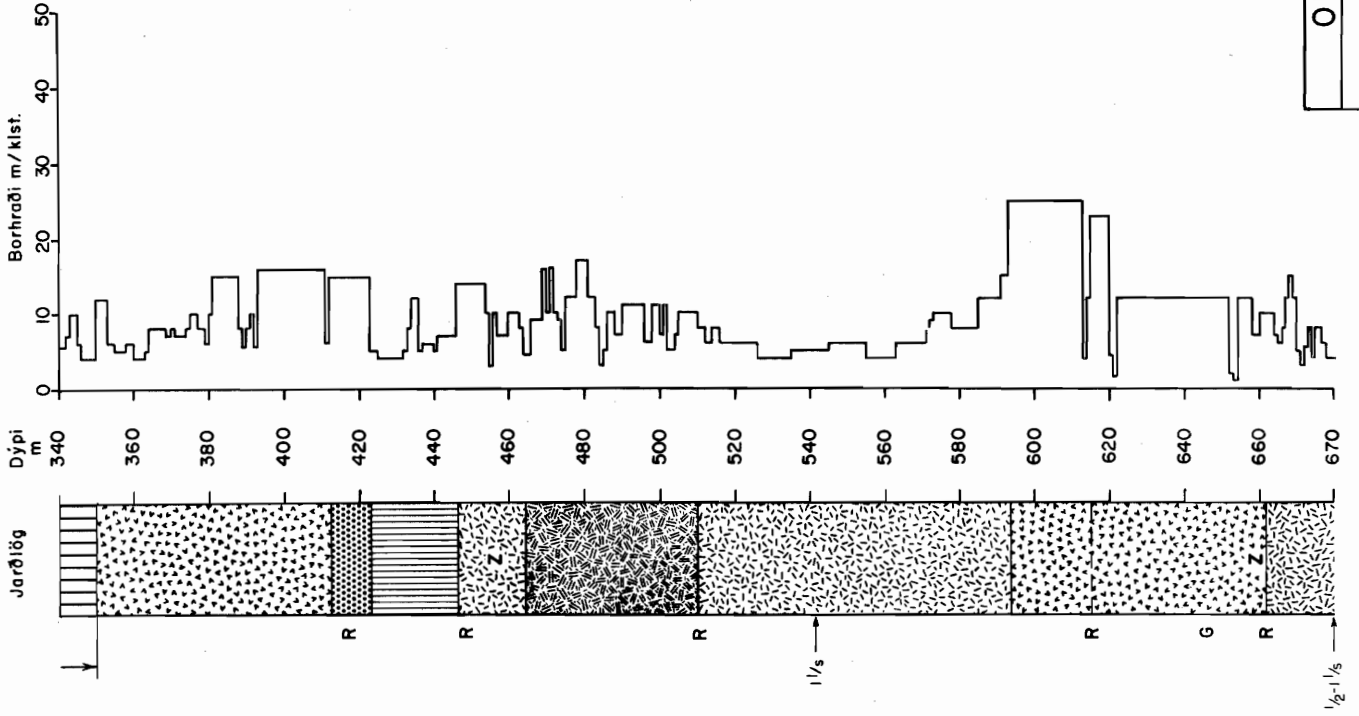
4/871/JT/ÞH/MTG/S Nr. 390
Blæð 3 af 3 J--Reykjavík

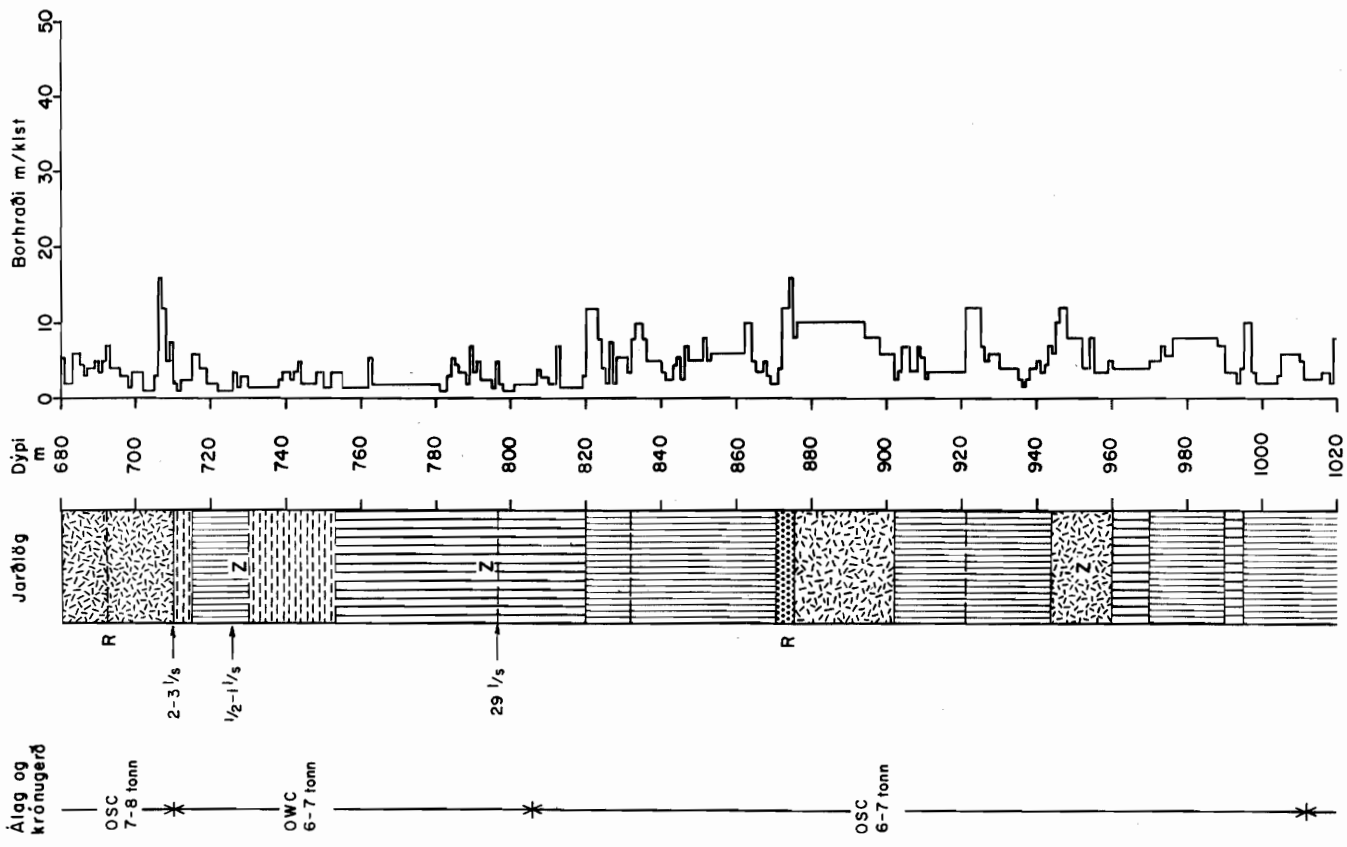
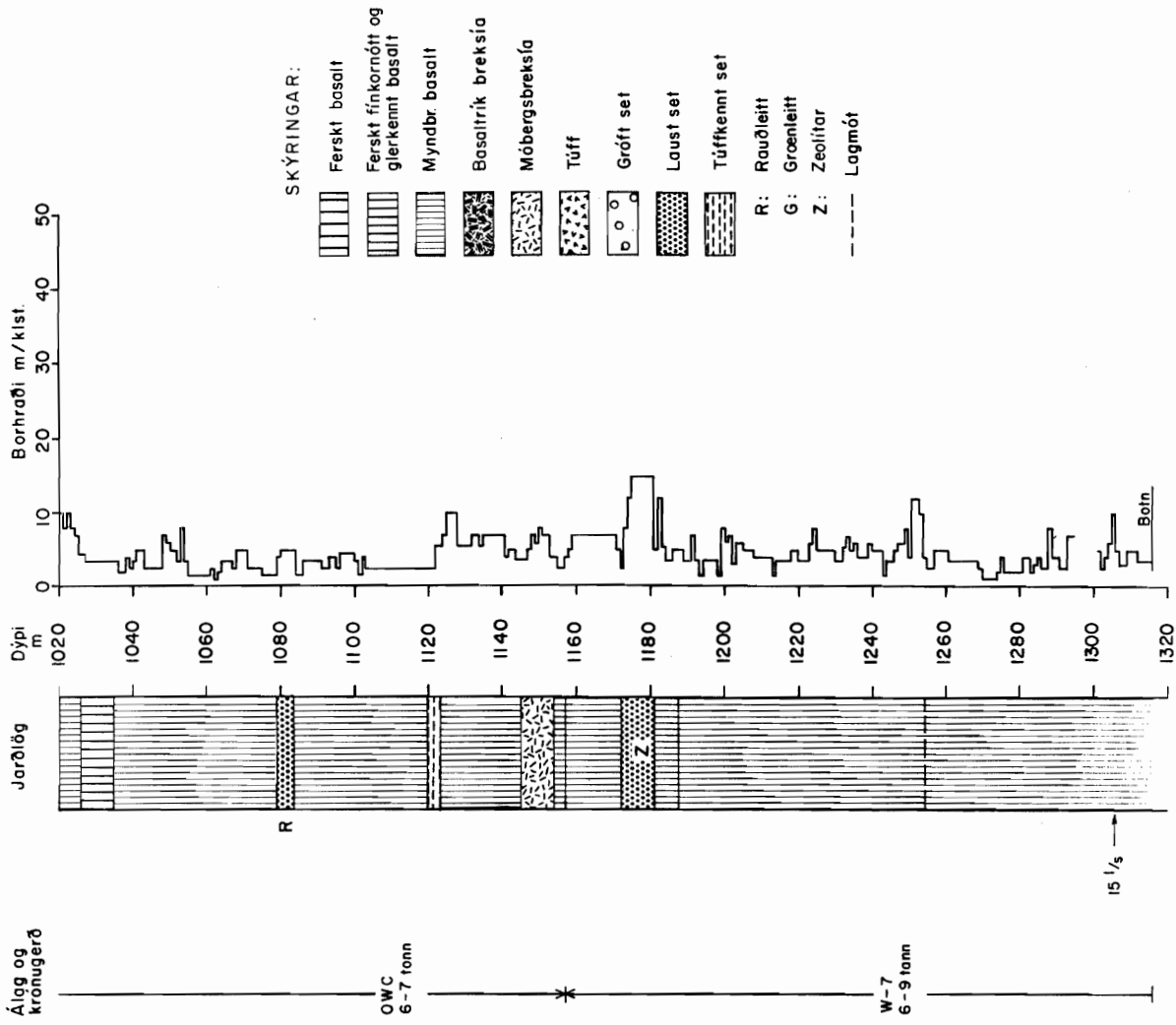
Fnr. 10038

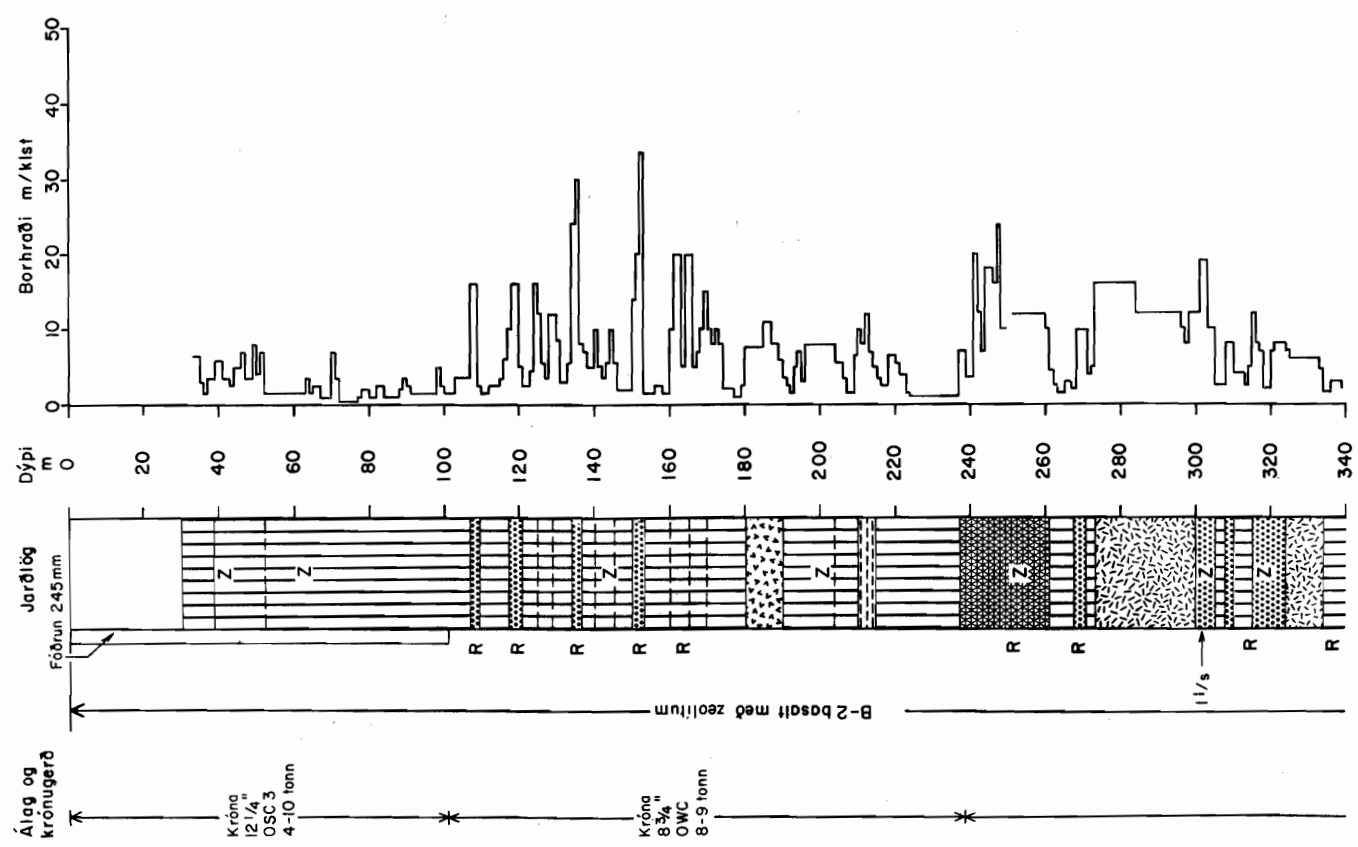
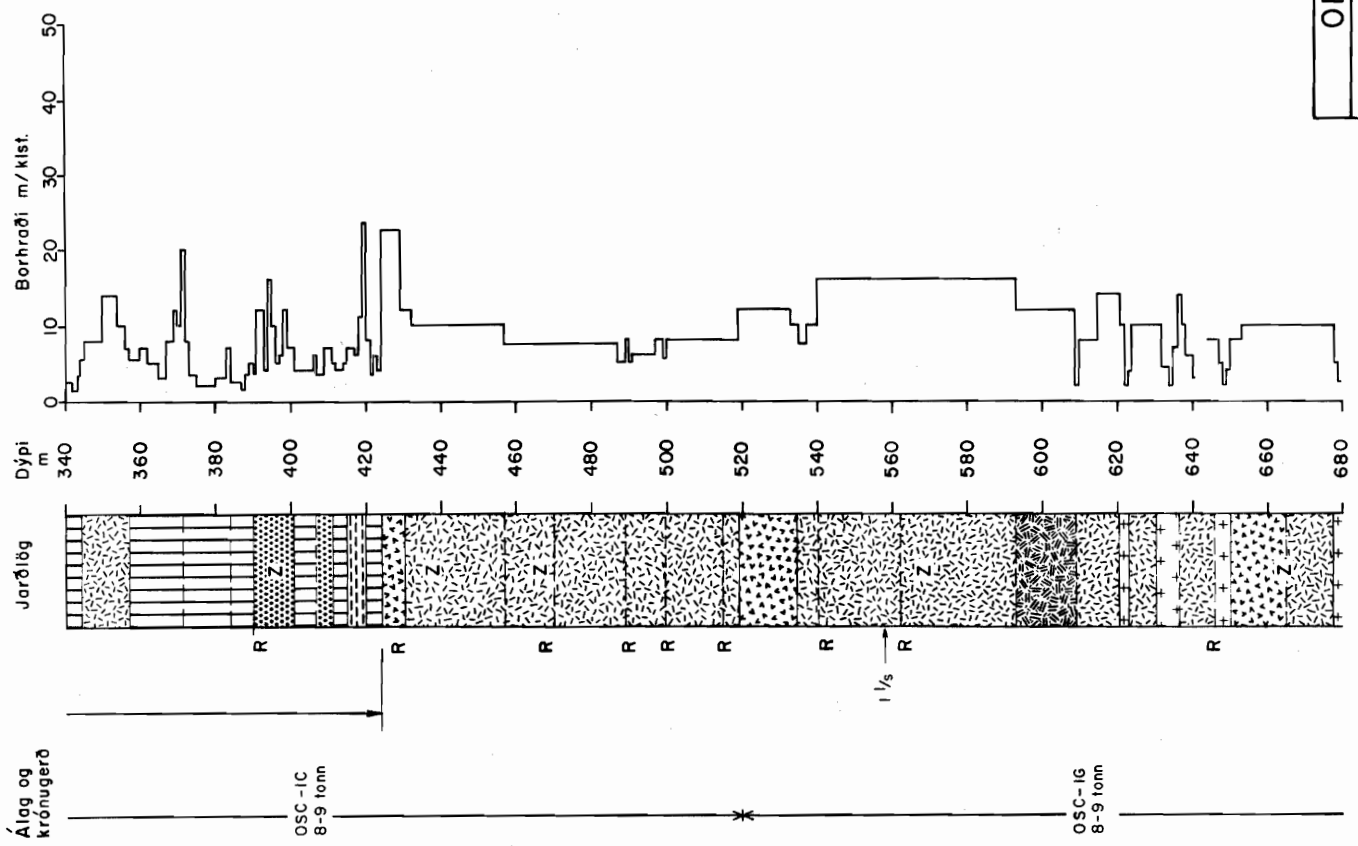
Reykjavík hola G-29
 Jarðfagasnið

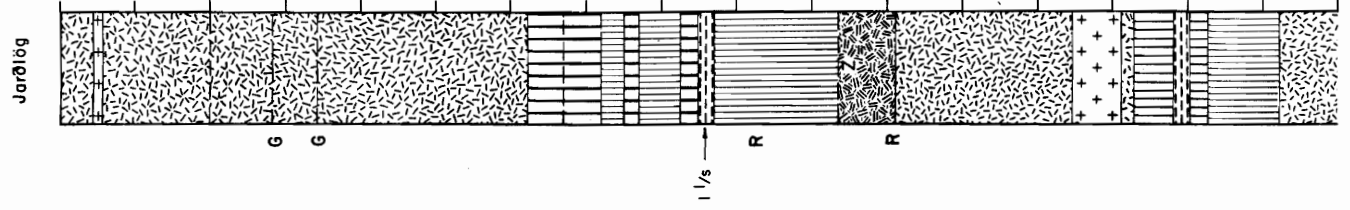
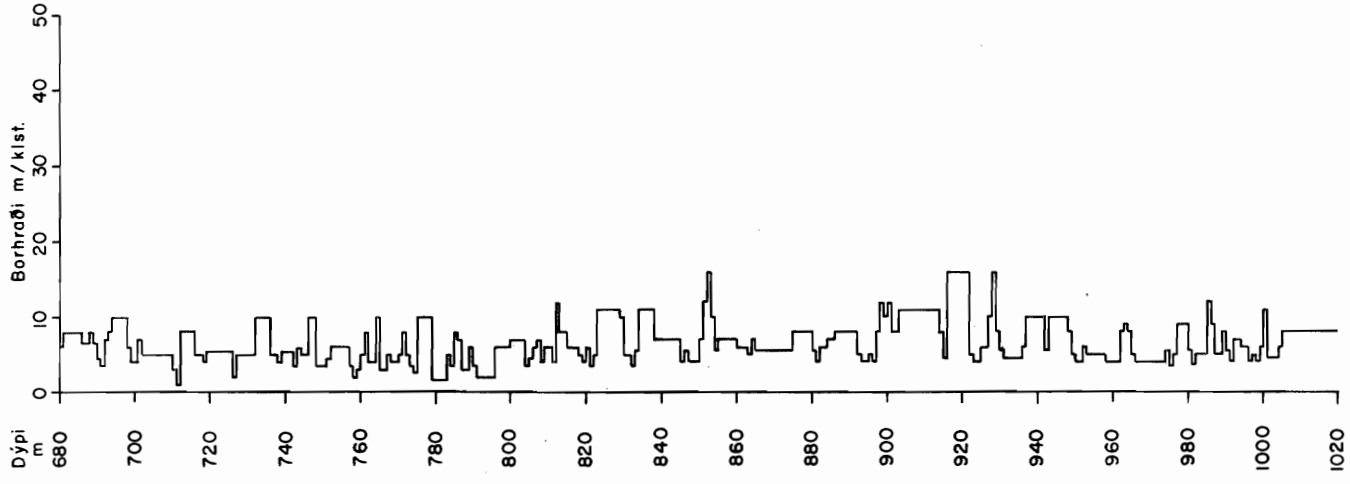
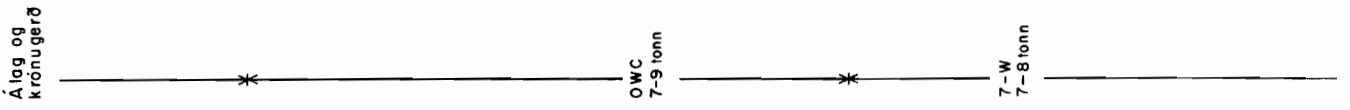
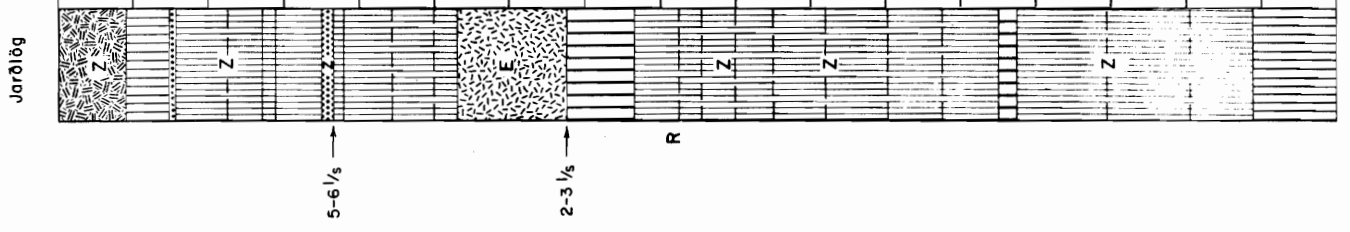
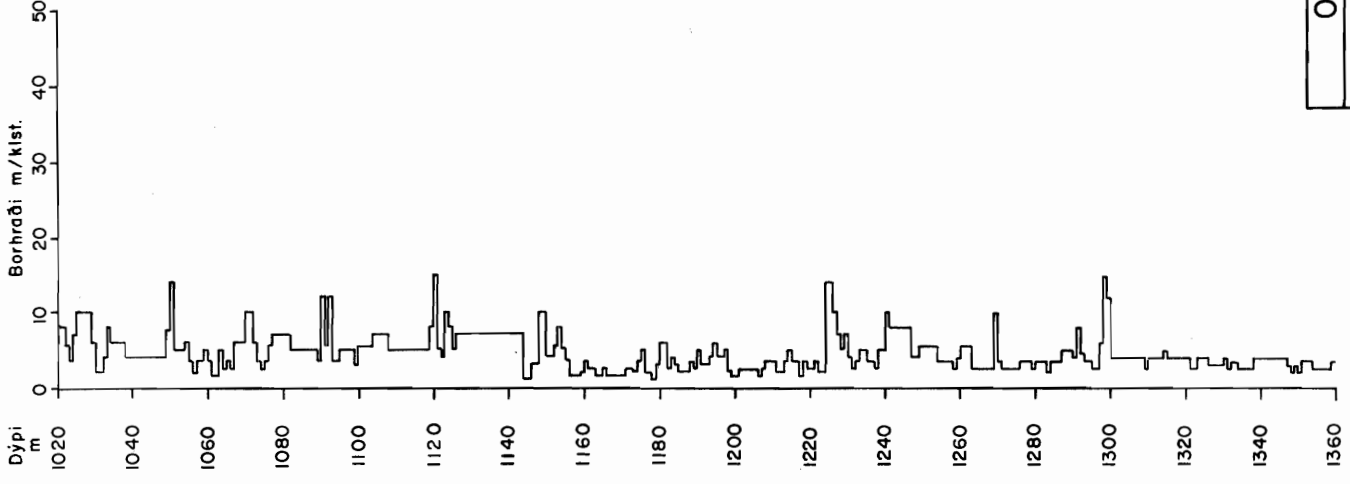


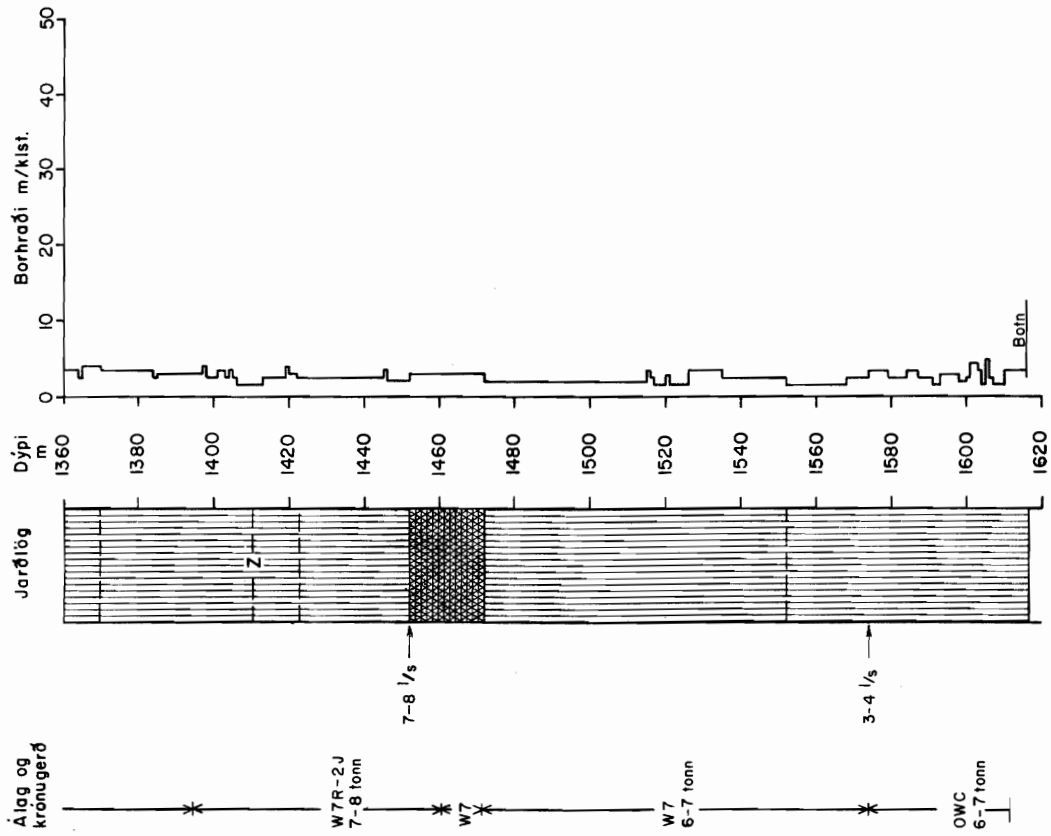















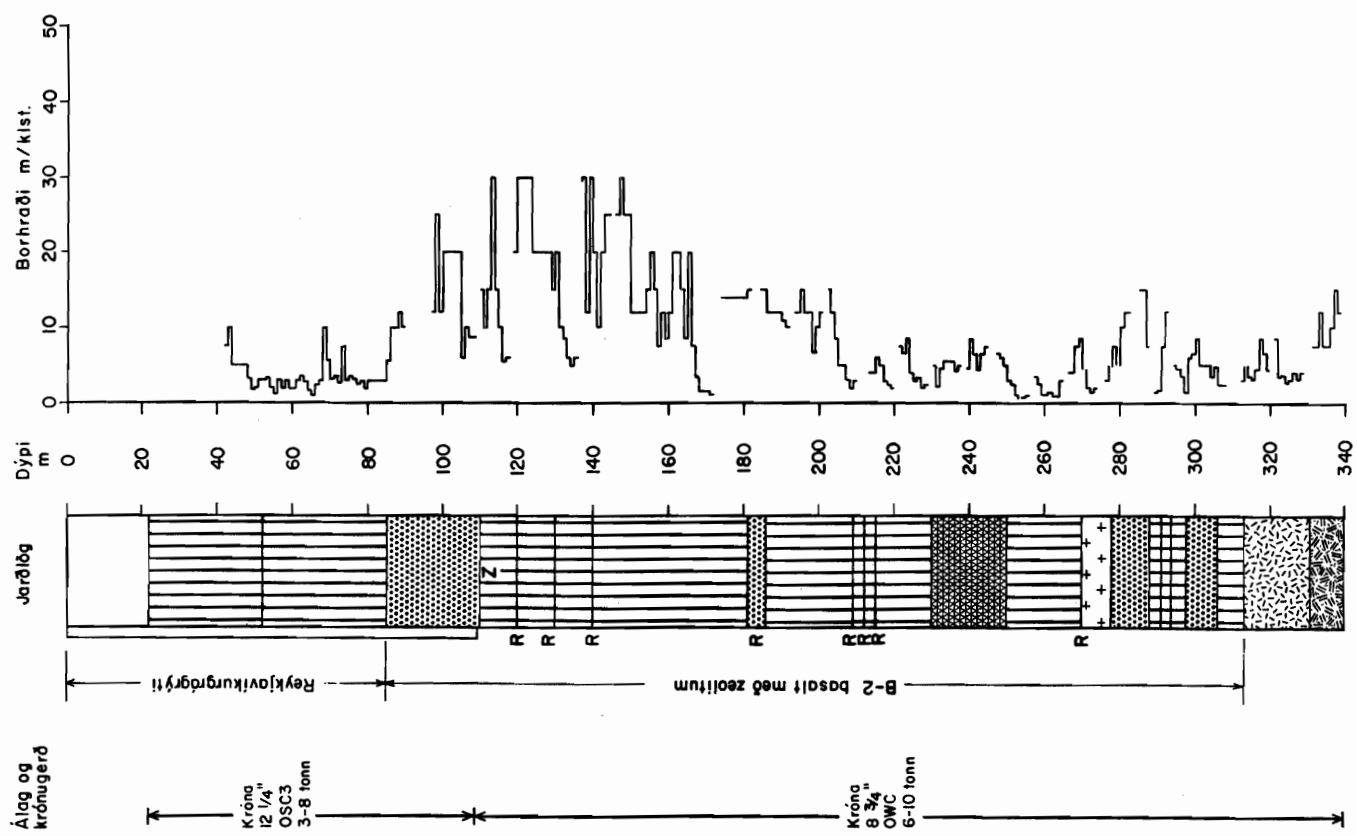
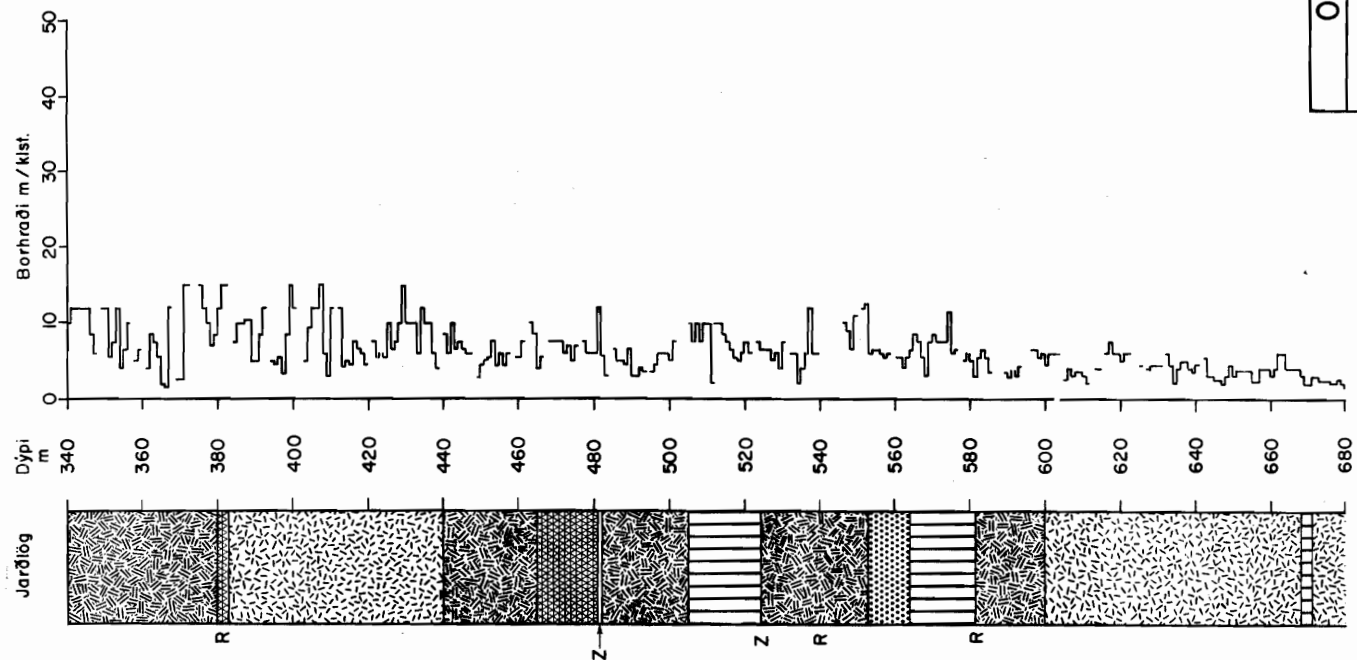






SKÝRINGAR:

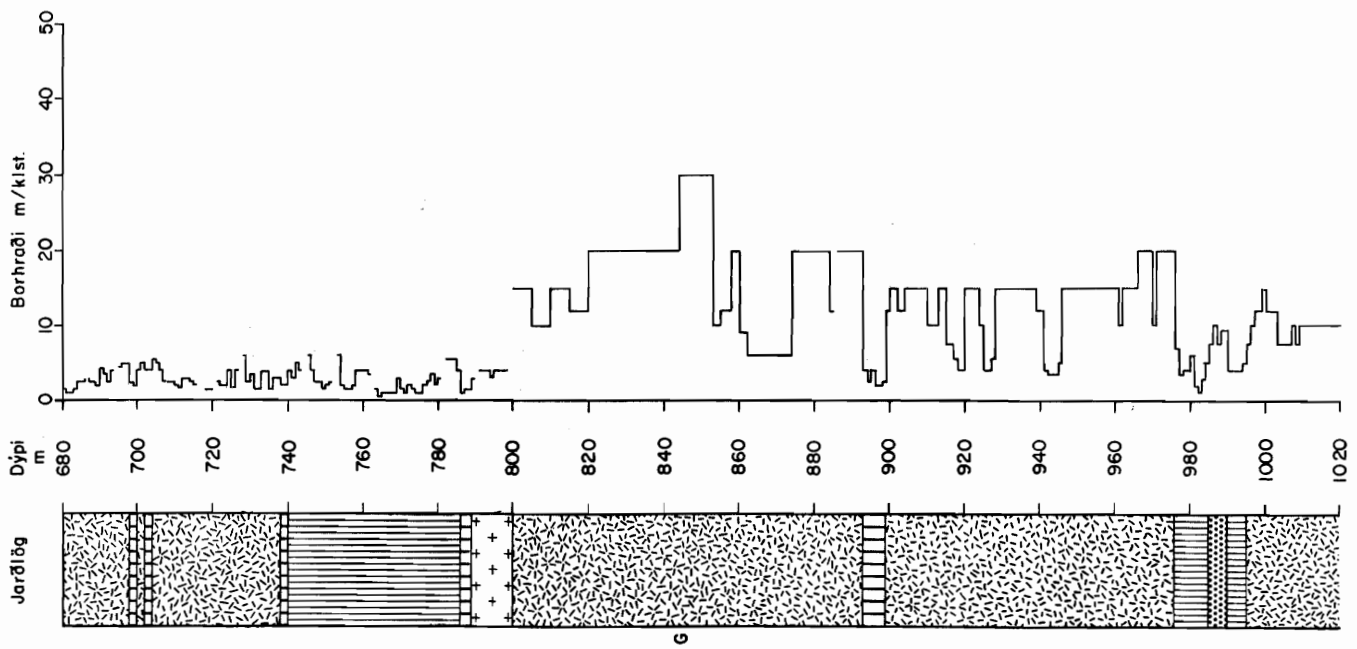
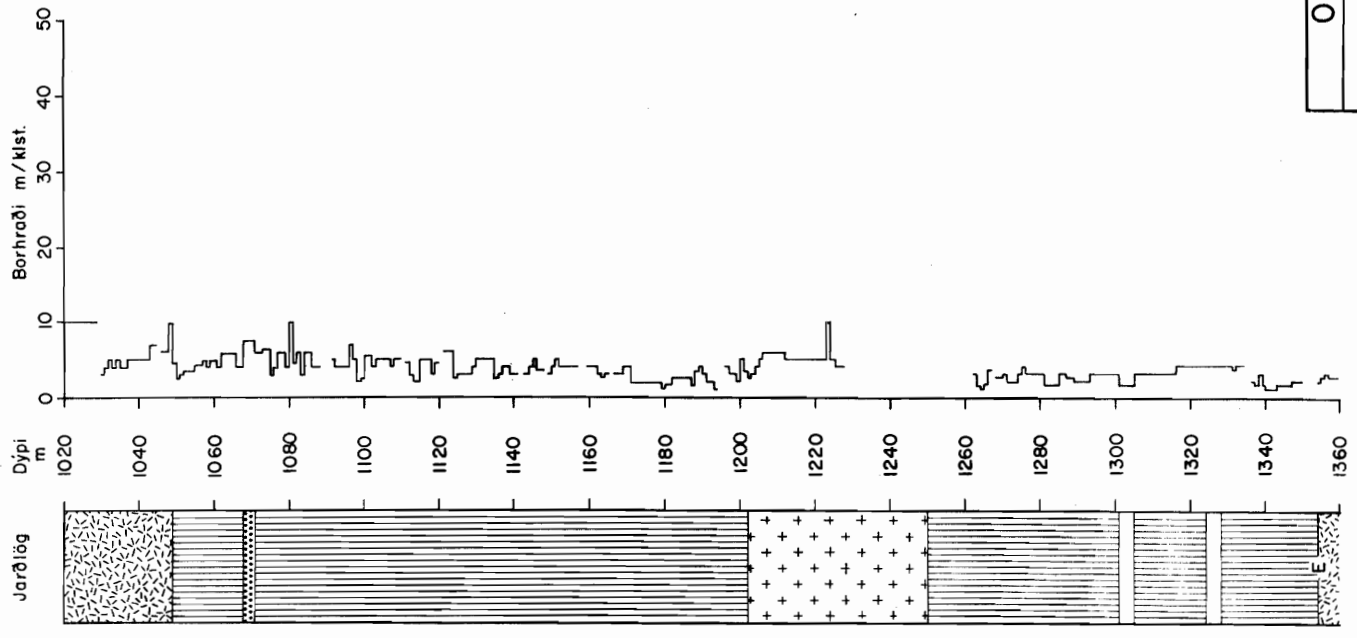
-  Ferskt basalt
-  Ferskt fínkornótt og glærkennt basalt
-  Myndbr. basalt
-  Breksierað grágr.
-  Basaltrik breksía
-  Móbergubreksía
-  Túff
-  Ótilgr. set
-  Túffkennt set
- R: Rauðleitt
- G: Grænleitt
- E: Epidót
- Z: Zeolítar
- Lagmót



ORKUSTOFNUN

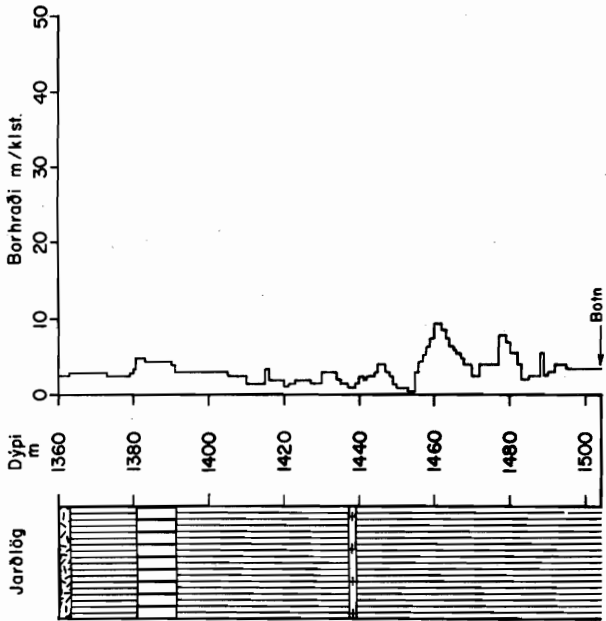
Kópavogur hola K-1
Jarðlagasnið

B.272 JT/GEA/IS, Tr.12
Blað 2 af 3 J-Kópav. Fnr. 10444



Álag og krónugerð
 Króna 8 3/4" OWC 6-7 tonn

Króna 8 3/4" W 7 6-7 tonn



SKÝRINGAR:

- Ferskt basalt
- Myndbr. basalt
- Innskot(dólerf)
- Breksierað grágr.
- Basaltík breksia
- Móbergbreksia
- Ótígr. set

- R: Rauðleitt
- G: Grænleitt
- E: Epidót
- Z: Zeolítar

ORKUSTOFNUN

Kópavogur hola K-1
 Jarðlagasnið

B.372/JT/GPA/IS Tr.12
 Blað 3 af 3 J-Köpun.

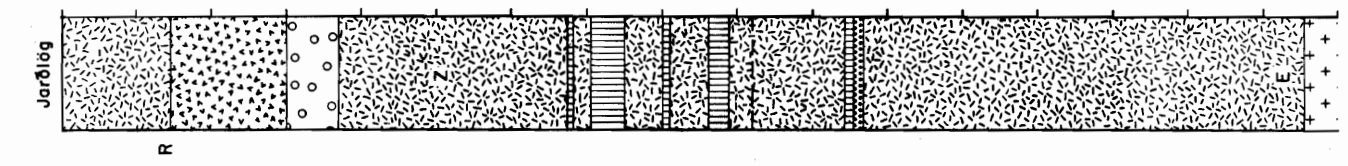
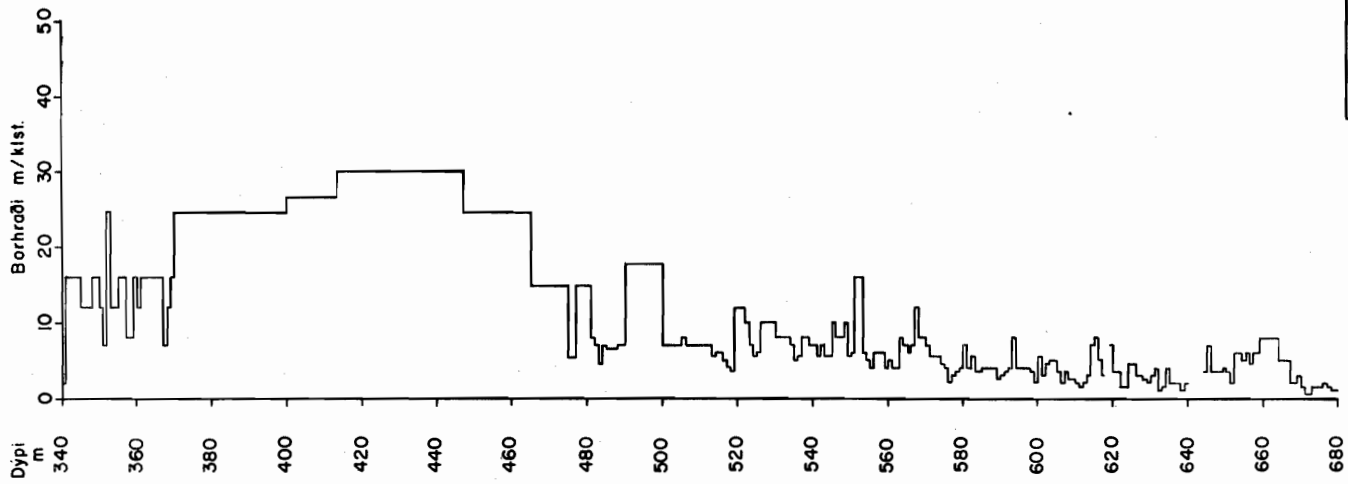
Fnr. 10444

ORKUSTOFNUN

7.5'70 JT/ATG/IS
 Fnr. 359
 Blað 1 af 2 J-Reykjav.
 Fnr. 9846

Reykjavík, hola G-32

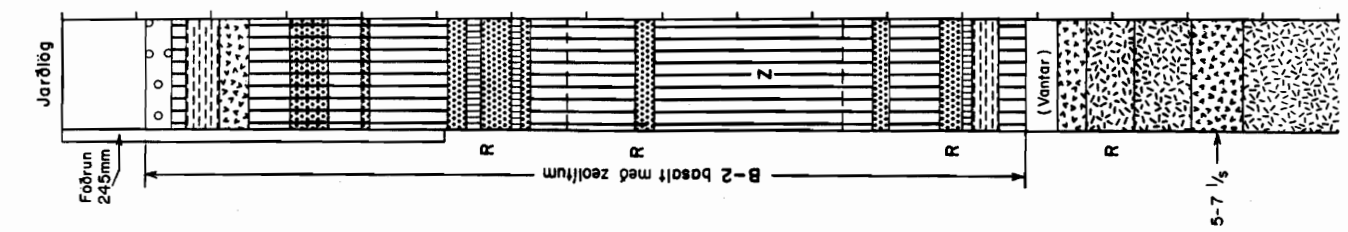
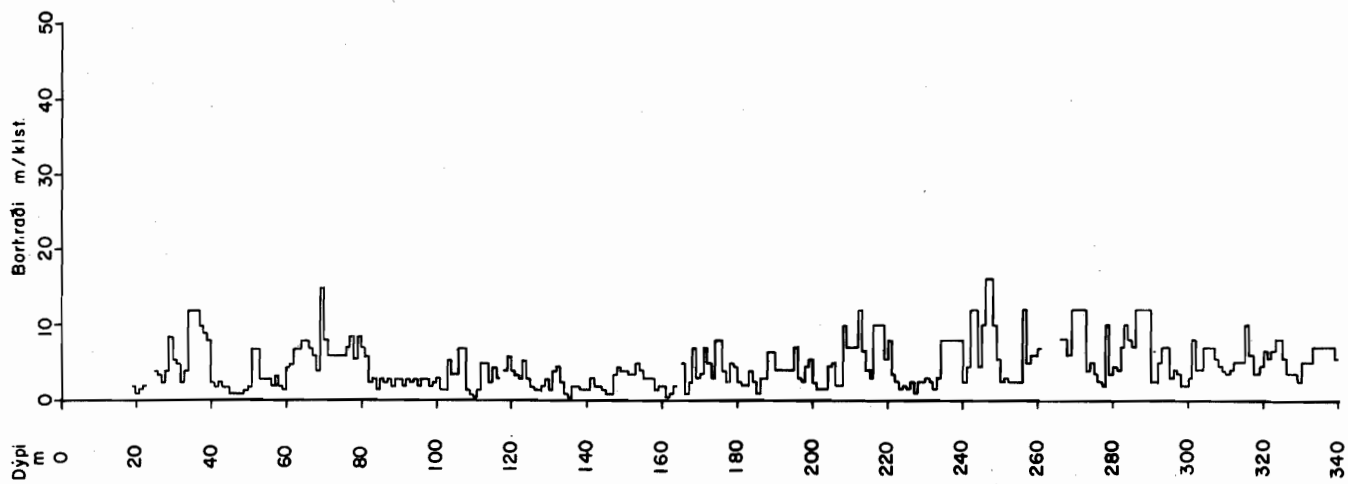
Jarðlagasnið



Álag og kröngugerð

OSC-1
7 tonn

OWC
7 tonn



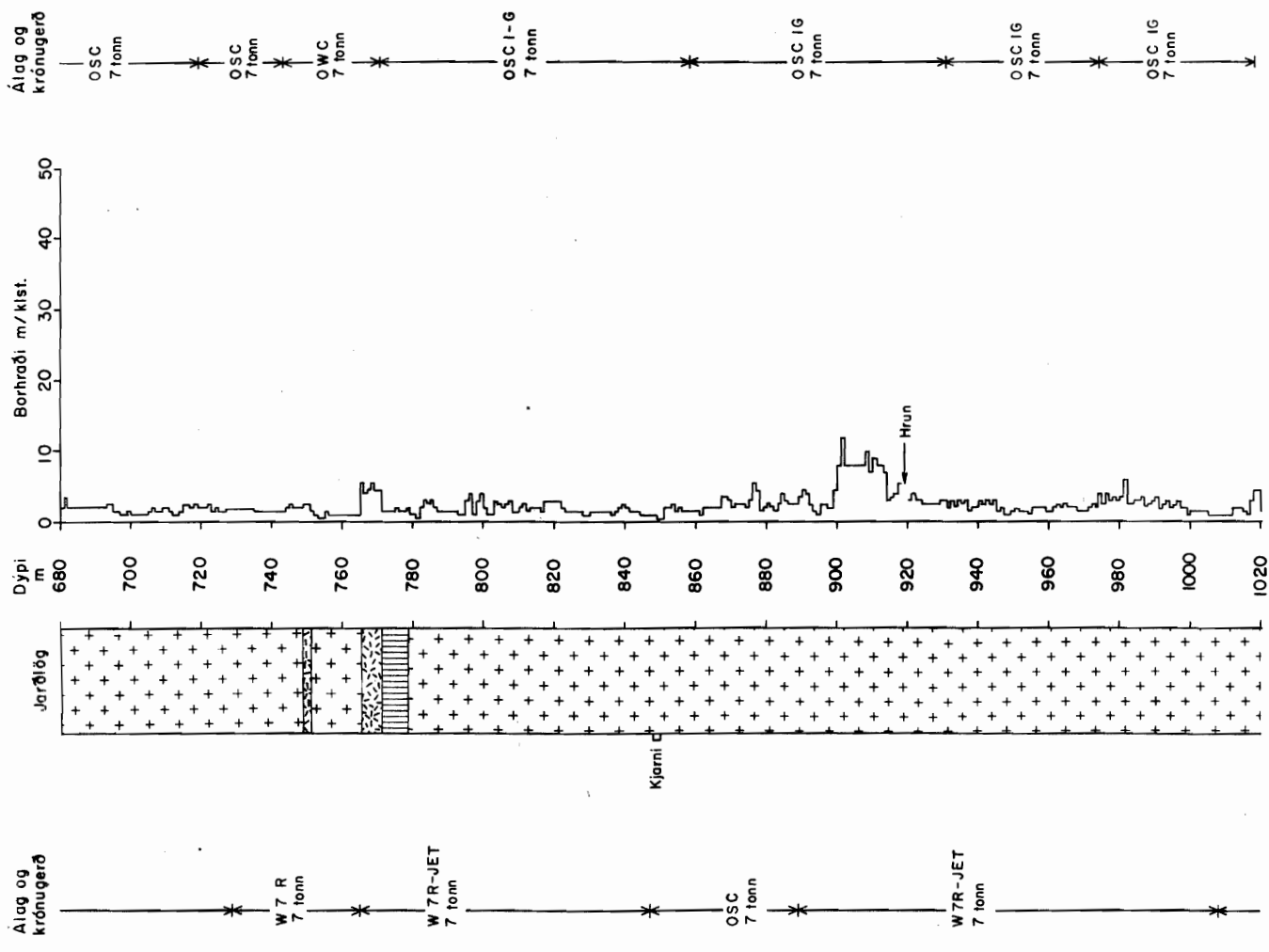
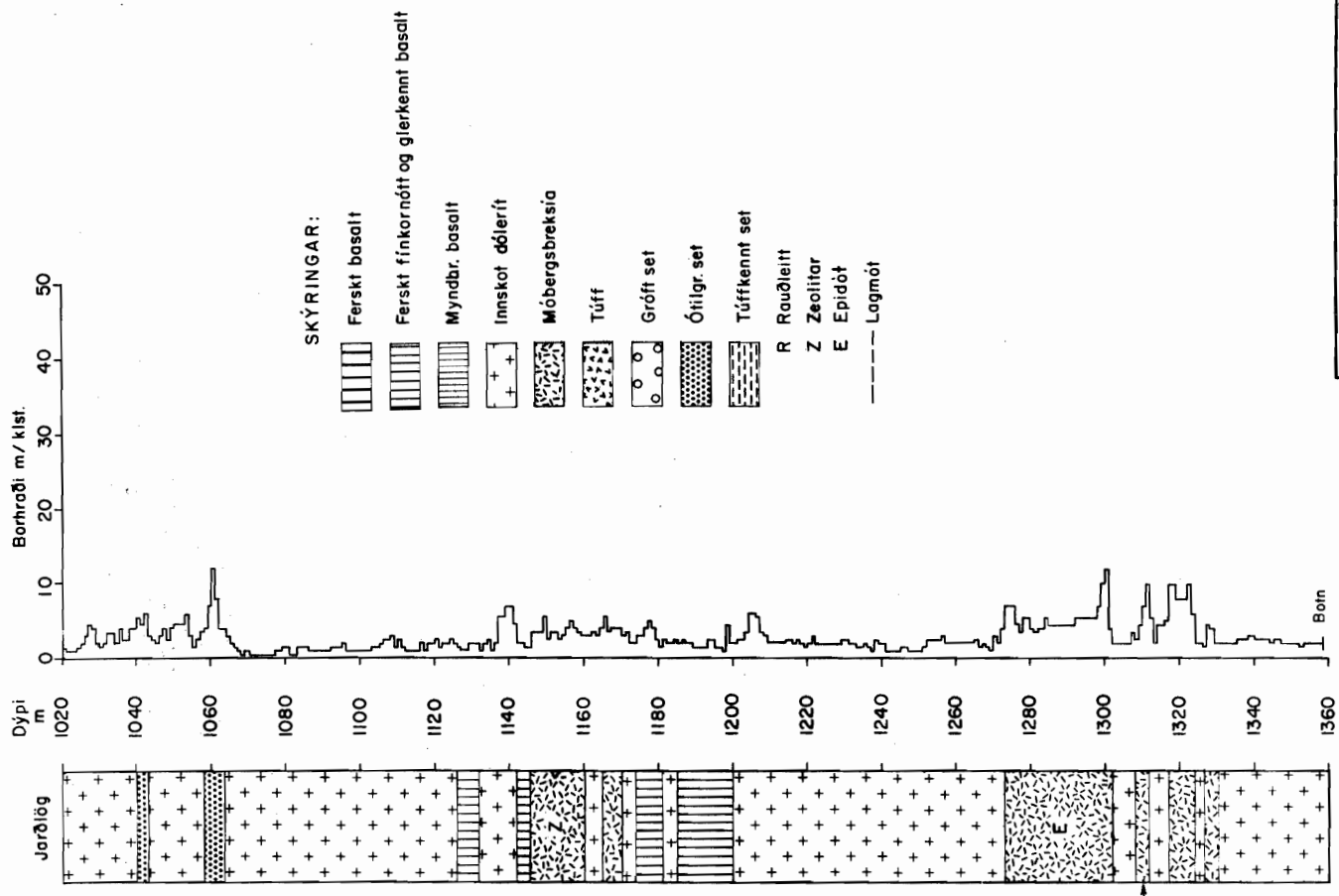
Álag og kröngugerð

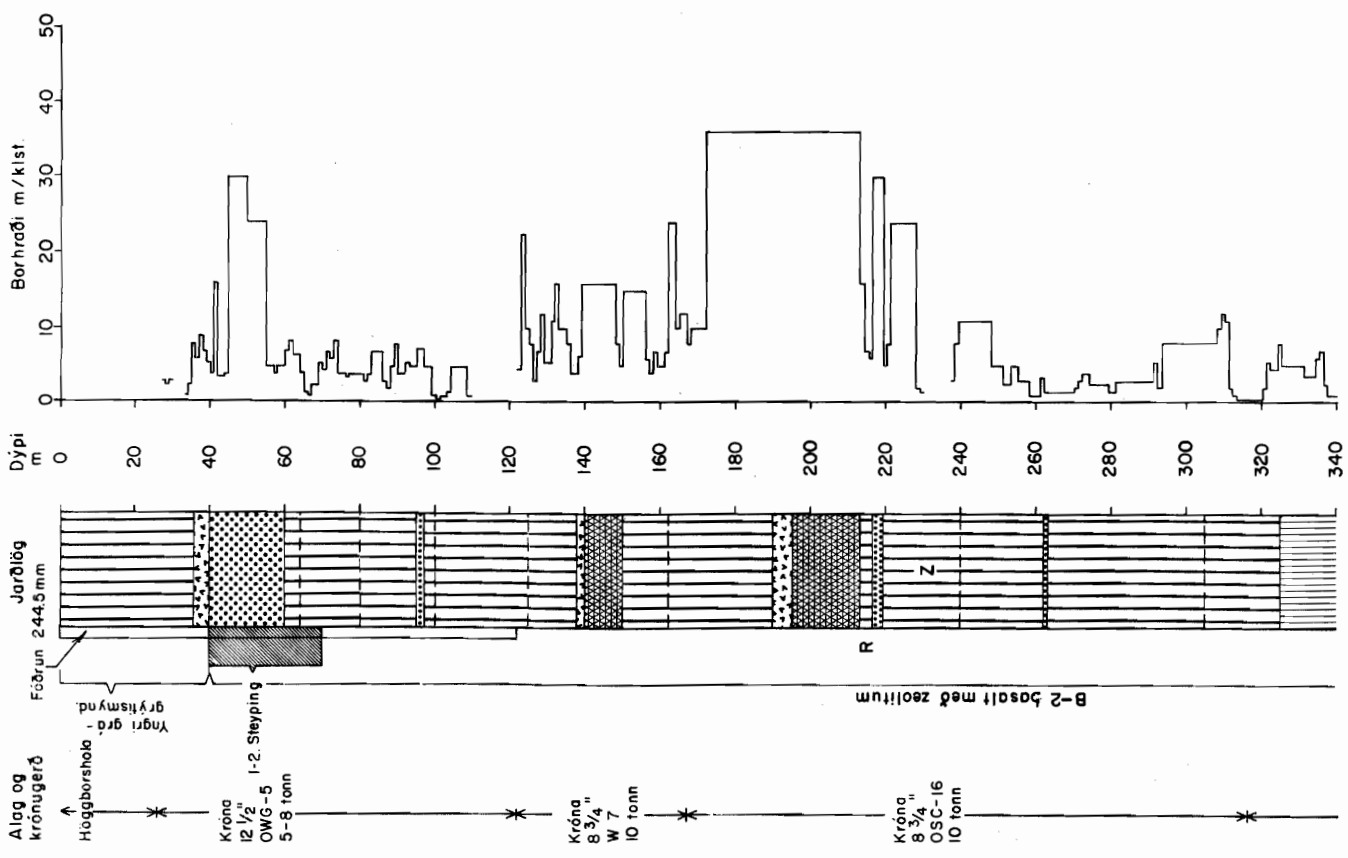
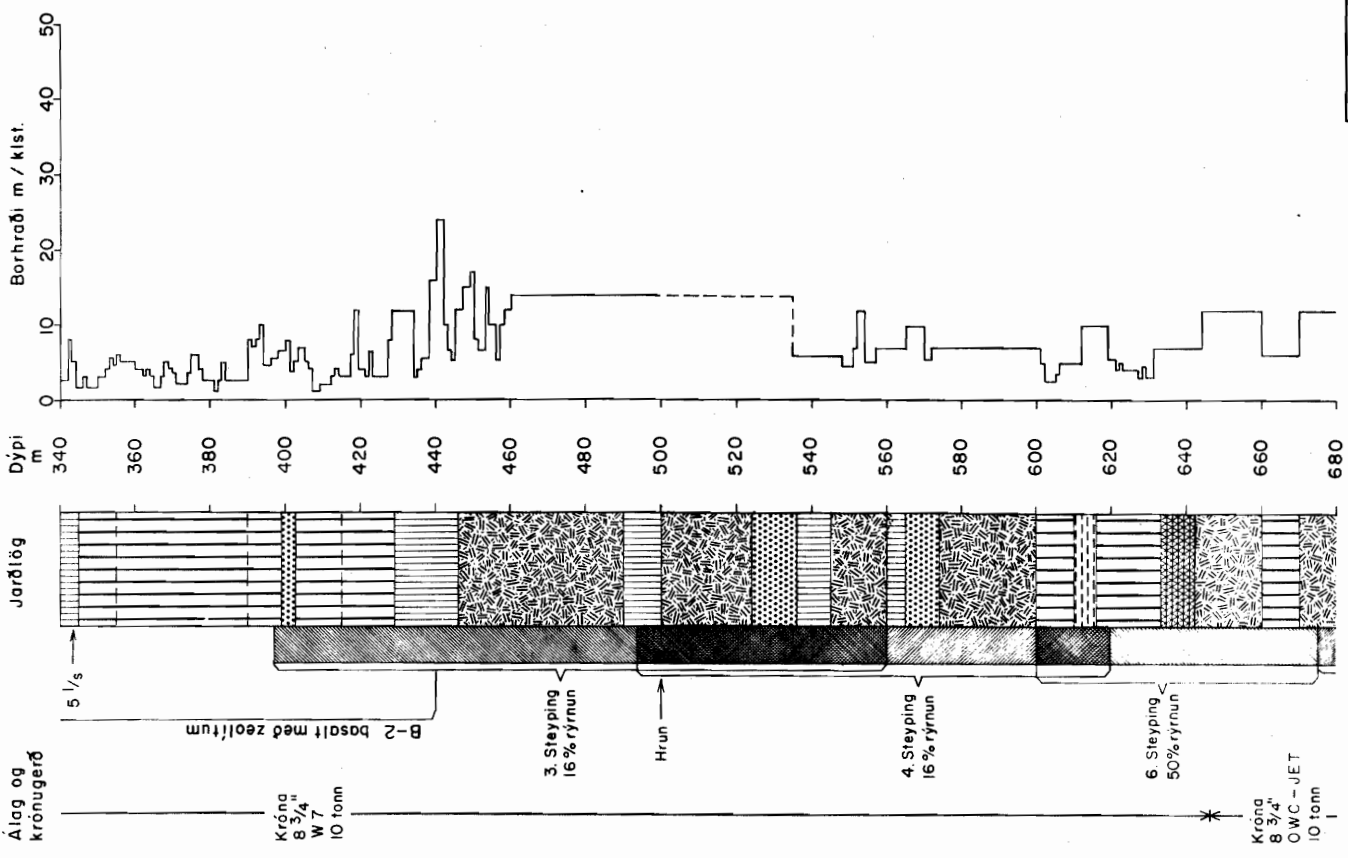
Króna
12 1/4"
W7
4-12 tonn

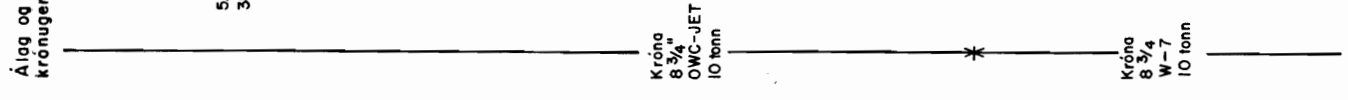
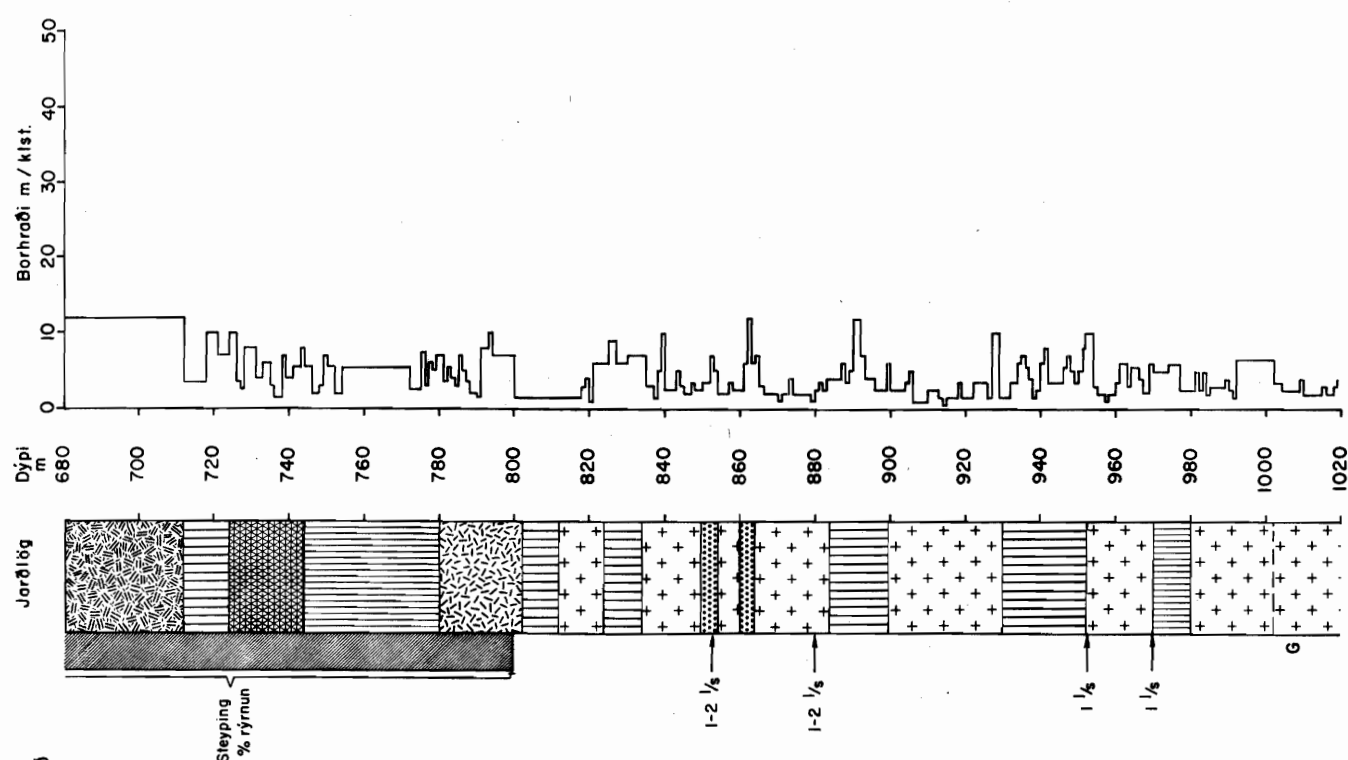
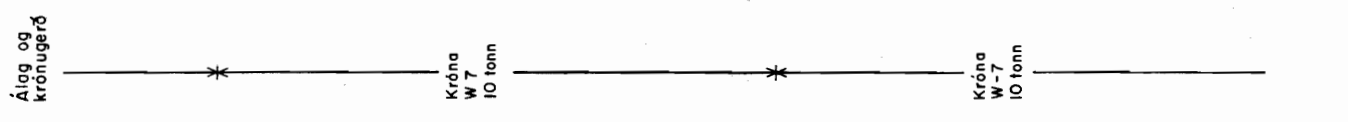
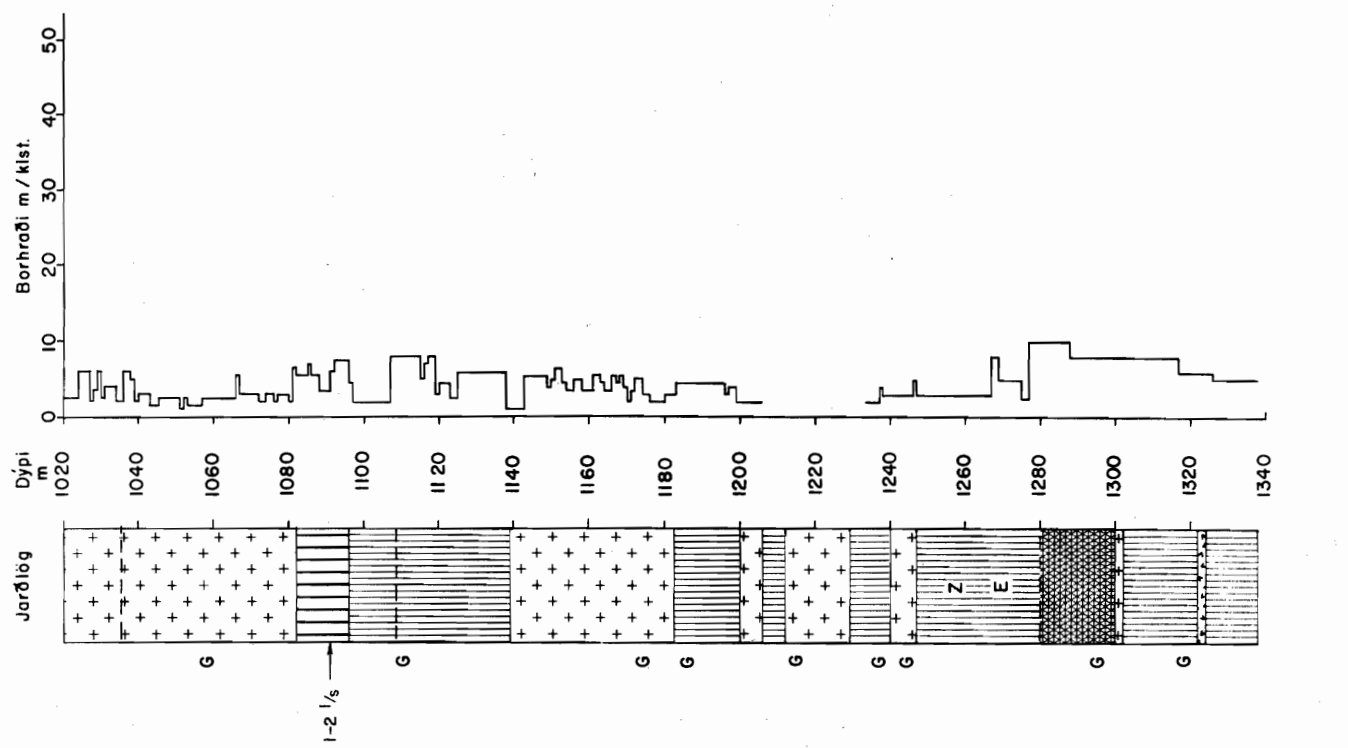
Króna
8 3/4"
OWC
7 tonn

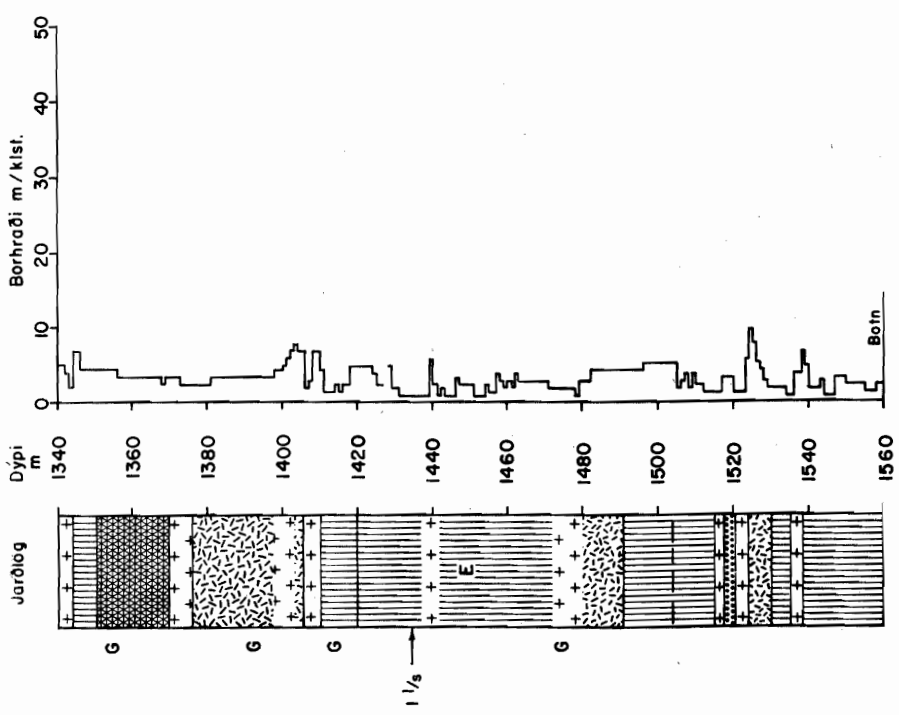
OWC
7 tonn

Reykjavík, hola G-32
 Jarðlagasnið









SKÝRINGAR:

- Ferskt basalt
- Ferski fínkornótt og glærkennt basalt
- Myndbr. basalt
- Innskot (dólerít)
- Breksierað grágr.
- Basaltrik breksia
- Móbergbreksia
- Túff
- Laust set
- Óhilgr. set
- Túffkennt set

- R: Rauðleitt
- G: Grænleitt
- E: Epidót
- Z: Zeollitar
- Lagmót

ORKUSTOFNUN

20.4.71 JT/ATG/IS
 Nr. 363
 Blað 3 af 3 J.-Reykjav.
 Fnr. 9850

Reykjavík, hola G-33
 Jarðlagasnið

6.2 Vatnsæðar og hiti

Hægt er að staðsetja vatnsæðar í holum á þrennan hátt. Í fyrsta lagi með því að mæla tap eða viðbót í dælukari. Bormenn mæla þetta meðan á borun stendur (fært inn á jarðlagasnið). Á Gufubornum er alltaf mælt nokkrum sinnum á sólarhring í dælukarinu og er vatnsboróslökkun eða hækkun skráð inn í dagbækur bormanna. Litlar vatnsæðar eru ónákvæmlega staðsettar með þessari aðferð, því oft getur verið borað allmikið á milli mælitíma. En ef um stórar vatnsæðar er að ræða, verða bormenn varir við þær nærri strax og mæla þá strax á eftir. Í öðru lagi er hægt að staðsetja vatnsæðar með hitamælingum. Þegar mælt er áður en holan hefur hitnað upp eftir borun, kemur vatnsæðin fram sem kaldur punktur í hitamælingum. Þetta er vegna þess að kalt skolvatn hefur runnið út í æðina. Ef mælt er eftir að rennsli úr holu er byrjað koma stallar í hitaferilinn við misheitar vatnsæðar. Í þriðja lagi er hægt að staðsetja vatnsæðar, að minnsta kosti á grófan hátt, með þrýstiprófunum, vegna þess að á því bili, sem mest vatn fer inn í bergið, eru mestar vatnsæðarnar.

Allar hitamælingar frá hverri holu um sig eru sýndar á einni mynd. Dagsetning mælinganna er ávallt skráð. Ef mælingin er gerð meðan á borun stendur, þá er skráð dýpið á holunni þegar mælingin er gerð, og hve langt hlé hefur orðið á borun áður en mælt var. Einnig er skráð hvenær borun var lokið og dýpið á holunni.

6.2.1 Almennt um vatnsæðar og hita

Vatnsæðanetin eru að mestu í láréttum lögum. Vatnsæðarnar eru ekki bundnar við ákveðin jarðlög, en eru þó algengari á jarðlagamótum en annars staðar. Einnig eru hinar einstöku jarðlagasyrpur mismunandi vatnsgæfar. Þannig er lítið af vatnsæðum í B-2 basaltinu og í efri móbergslögunum. Allmikið af góðum vatnsæðum er hins vegar neðar, í M-3 móberginu. Mest er um vatnsæðar í B-4 basaltlögunum, en oft í eða við þunn móbergs- eða setlög. Hvernig vatnsgæfni einstakra hola er háttað sést á jarðlagasniðum og í texta.

Á mynd 6.2.1. er stólpalínurit yfir berghitann í einstökum holum. Stólpalínuritið er gert þannig, að holunni er skipt í 200 m bil og er hitinn í bilinu sýndur með merkingum, sjá skýringar á mynd 6.2.1. Hitinn er alltaf mældur hiti, en valið er úr mældu gildunum þannig,

að tekin eru þau gildi, sem talin eru næst berghitanum. Á mynd 6.2.1 sést, að á hluta jarðhitasvæðisins er hitatoppur á dýpinu 400-1000 m. Allar holur á svæðinu kólna, ef þær eru nógu djúpar til að ná niður fyrir hitatoppinn. Mestur hiti í þessum hitatoppi er í holunum G-23, G-26, og G-30. Hann er um 110°C og helst þannig niður á u.þ.b. 1000 m dýpi. Þar fyrir neðan kólnar enn, og í botni í G-23 og G-30 mælast 92°C. Í G-29 er hitatoppurinn á svipuðu dýpi og í hinum holunum, en hámarkshitinn er 105°C. Í G-31 er hitatoppurinn á 1000 m dýpi og er þar 107°C, en þar fyrir neðan kólnar örar en í hinum holunum og er ekki nema 78°C í botni (1600 m dýpi). G-28 er miklu kaldari en hinar holurnar. Að vísu örlar á hitatoppi á svipuðu dýpi og í hinum holunum, en hitinn var þar ekki nema 72°C, en hitinn í botni holunnar 70°C. Líklegasta skýringin á hitatoppnum er sú, að heita vatnið komi upp eftir gangi eða misgengissprungu, í norðlægri átt frá holunum. Síðan rennur vatnið eftir láréttum lögum til suðurs og við holurnar er neðra borð þessa vatnsstraums á 800-1000 m dýpi. Þar fyrir neðan er staðbundið grunnvatn og e.t.v. nokkur hundruð metra þykkur blöndunarkafli. Staðbundið grunnvatnið er mun kaldara (70-90°C) en vatnsstraumurinn fyrir ofan. Ef kaldara grunnvatnskerfið er að einhverju leyti aðkomið, þá er það komið úr suðri (samkvæmt ísótópamælingum, sjá kafla 5 og 7). Holurnar fyrir utan hitatoppsvæðið eru yfirleitt um 60-80°C heitar á svipuðu dýpi og hitatoppurinn var í hinum holunum. Þær eru flestar heitari í botni en hitatoppsholurnar og er G-32 heitust í botni 115°C, sem er jafnframt hæsti hiti, sem mælst hefur á svæðinu.

6.2.2 Einstakar holur

G-23. Hitamælingar, sjá mynd 6.2.2. Vatnsæðar: Efsta vatnsæðin í G-23 kom á rúmlega 400 m dýpi og virðist ná niður á 450 m dýpi eftir hitamælingu frá 27.11.67. Vatnið var um 90°C heitt og 2-3 l/s. Næsta vatnsæð kom á u.þ.b. 680 m dýpi, það var 10 l/s æð og vatnið var um 110°C heitt (mynd 6.2.2). Þessi vatnsæð er í grófri breksíu eða seti. Önnur vatnsæð, 10 l/s, kom á u.þ.b. 1000 m dýpi, hún er undir basaltlagi í breksíu eða setlagi. Þessi vatnsæð er kaldari en vatnsæðin fyrir ofan, ekki nema rúmlega 100°C (mynd 6.2.2). Næsta vatnsæð er á 1230 m dýpi og má vera að vatnsæðanet nái þaðan niður á botn í holunni. Úr þessari vatnsæð fengust um 25 l/s af 100°C heitu vatni. Undir vatnsæðinni er kaldara, þar mældust ekki nema 92°C í hitamælingu 10.1.1968.

G-24. Hitamælingar, sjá mynd 6.2.3. Vatnsæðar: Aðeins eru tvær litlar vatnsæðar (sjá mynd 6.1.11) í 145 og 670 m dýpi. Efri æðin er neðst í B-2 basaltinu, en neðri æðin er í þunnu basaltlagi milli tveggja innskota. Þessar vatnsæðar koma einnig fram á hitaferlinum í mynd 6.2.3. Hitinn er nokkru lægri í þessari holu miðað við dýpi, en hinum holunum við Elliðaár. Hámarkshitinn er í botni um 96°C. Hitinn í vatnsæðinni á 670 m dýpi er ekki nema 85°C.

G-25. Hitamælingar, sjá mynd 6.2.4. Vatnsæðar: Vart varð við tvær vatnsæðar í borun í G-25 (sjá mynd 6.1.12). Efri vatnsæðin er á mótum B-2 basaltsins og M-1 móbergsins á 300 m dýpi og var um 5 l/s tap þar. Neðri vatnsæðin er í B-5 basaltinu á 1450 m dýpi og tap 1-2 l/s. Hitinn í efri æðinni er 66°C, en í neðri æðinni um 100°C. Hitinn í holunni hafði breytst mikið í síðustu mælingu 16.5.1972 (mynd 6.2.4) frá fyrri mælingum. Kólnað hafði í holunni, einkum á milli vatnsæðanna, en þar hafði kólnað víðast yfir 20°C. Skýringin á þessari kólnun er sú, að fyrst eftir borun hafði neðri æðin meiri þrýsting en sú efri. Rann því vatn úr henni upp holuna og upp í efri vatnsæðina og hitaði upp holuna á því bili. Nú hefur þetta snúist við. Neðri æðin hefur nú minni þrýsting en sú efri. Rennur því úr efri æðinni niður í þá neðri og hefur þetta rennsli kælt neðri æðina um 20°C. Orsökkin á þessum þrýstingsbreytingum á æðinni hlýtur að vera dæling úr öðrum holum á svæðinu, sem hefur haft meiri áhrif á neðri æðina en þá efri. Í botni er hámarkshitinn 105°C.

G-26. Hitamæling, sjá mynd 6.2.5. Vatnsæðar: Í G-26 varð vart við eina aðalvatnsæð á meðan á borun stóð á 760 m dýpi með um 50 l/s. Tvær smáæðar voru ofar (sjá mynd 6.1.13). En eftir hitamælingunni frá 16.7.1968 nær vatnsæðanet í stóru vatnsæðinni niður á 800 m dýpi. Þessi vatnsæð er í móbergsbreksíu eða móbergsseti, (sjá mynd 6.1.11). Hámarkshitinn 110°C er á 800 m dýpi (neðst í stóru vatnsæðinni).

G-27. Hitamælingar, sjá mynd 6.2.6. Vatnsæðar: Það varð lítið vart við vatnsæðar í G-27 meðan á borun stóð. Nokkurt tap varð þó á 470 m dýpi, en síðar varð vart við hrun í holunni á þessum kafla og var því steyppt í vatnsæðina að mestu, en þó var um 1 l/s tap þarna eftir steypingu. Holan er nú stífluð á 540 m dýpi. Hefur holan því ekki verið mæld nema í 540 m dýpi eftir borun. Meðan á borun stóð var mælt í 1200 m dýpi, en þá var hitinn vegna kælingar ekki nema um 70°C. Hitinn í mælingu 2.8.1969 fyrir ofan hrúnið er um 93°C, (sjá mynd

6.2.6) og er það nokkru kaldara en í holunum G-23 og G-26 á sama dýpi.

G-28. Hitamælingar, sjá mynd 6.2.7. Vatnsæðar: Á meðan á borun stóð varð aðeins vart við vatnsæðar í kringum 120 m dýpi og 1360 m dýpi (sjá mynd 6.1.15). Ef litið er á hitamælinguna, sem gerð var 11.10.1968 eftir þrýstiprófun á holunni, þá virðast jafnframt vera vatnsæðar á milli 300 og 350 m dýpis og einnig á u.þ.b. 500 og 600 m dýpi og ef til vill fleiri. Í seinustu hitamælingunni frá 5.5.1969 er holan heitust í um 1400 m dýpi. rúmar 79°C, og mun það líklega vera hitinn á þessu dýpi í holunni. En holan var 72°C á 500 m dýpi í hitamælingunni frá 11.10.1968, en ekki nema 50°C í seinustu mælingunni. Skýringin á þessari kólnum fyrir ofan 800 m dýpi er sennilega sú, að vatnið úr neðstu æðinni hefur runnið upp í efri æðar og kælt þær.

G-29. Hitamælingar, sjá mynd 6.2.8. Vatnsæðar: Nokkuð margar vatnsæðar eru í G-29, en flestar þeirra fremur smáar (sjá mynd 6.1.16), en stærstu vatnsæðarnar eru á 730 m dýpi og í kringum 1070 m dýpi. Vatnsæðin á 730 m dýpi er nærri lagamótum tveggja breksíulaga, en neðri vatnsæðin er millilag, sem hefur háan borhraða, í basaltsyrpu. Hámarks-hitinn í holunni er á 600-650 m dýpi, 105°C. Vatnsæðin á 730 m dýpi er 104°C heit.

G-30. Hitamælingar, sjá mynd 6.2.9. Vatnsæðar: Í borun varð vart við nokkuð margar, smáar vatnsæðar (sjá mynd 6.1.17), en stærstu vatnsæðarnar eru á u.þ.b. 800 m dýpi og 1310 m dýpi. 110°C heita vatnsæðanetið virðist ná dýpst niður í þessari holu á svæðinu, eða niður í 800 m dýpi (sjá hitamælinguna frá 31.7.1969), en þar fyrir neðan kólnar og er kaldast í botni 92°C.

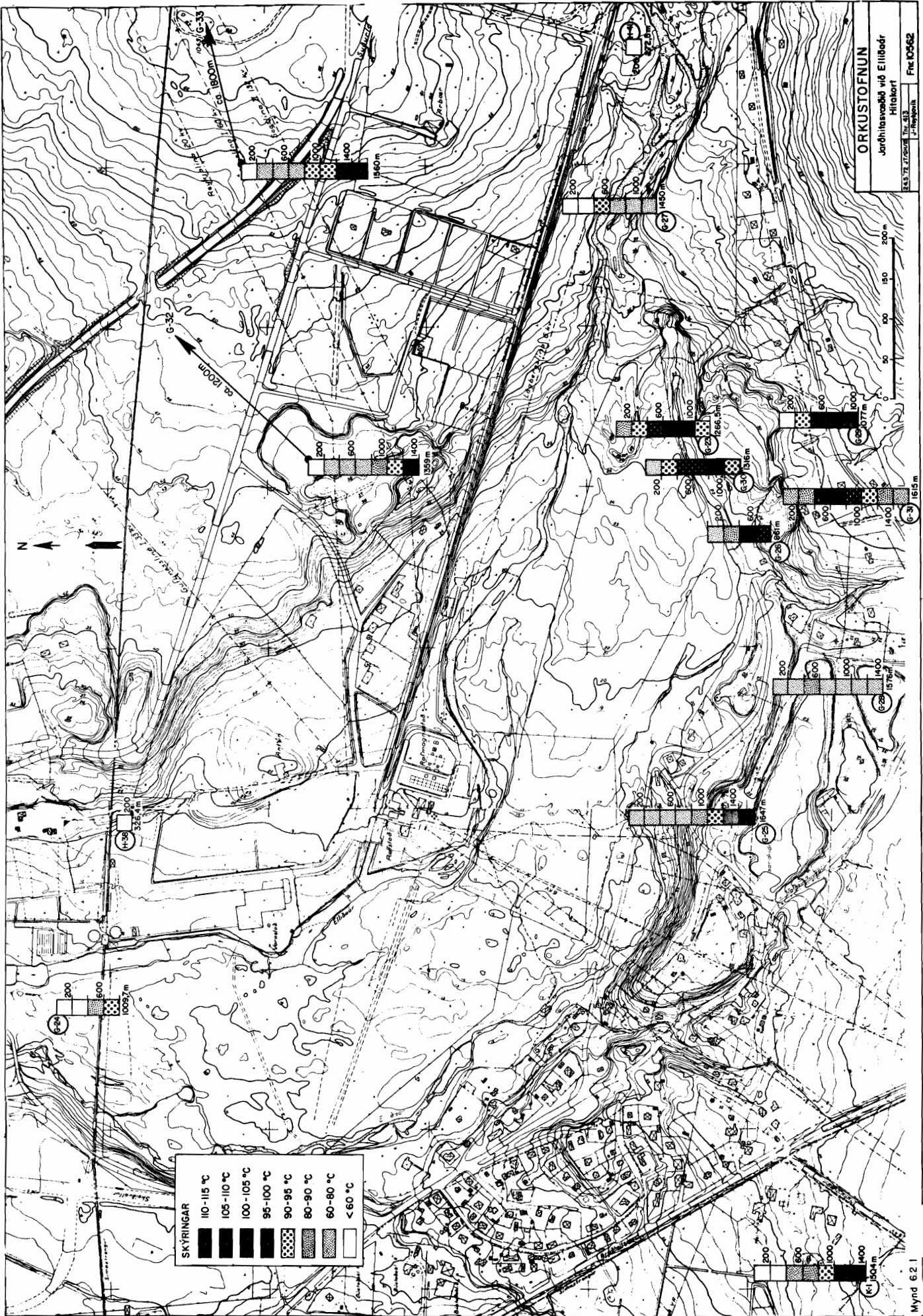
G-31. Hitamælingar, sjá mynd 6.2.10. Vatnsæðar: Á meðan á borun stóð varð ekki vart við neina stóra vatnsæð (sjá mynd 6.1.18), en það eru margar litlar vatnsæðar, þær stærstu 7-8 l/s. Vatnsæðarnar virðast vera staðsettar við lagmót. Hæsti hitinn, 107°C, er á 1000 m dýpi. Þar er sennilega vatnsæð, þó ekki sé það merkt inn á jarðlagasniðinu. Upprennsli kemur fram frá þessum punkti í öllum hitamælingum og er þetta sennilega sama æðin og merkt er inn á sniðið á 1090 m dýpi. Fyrir

neðan 1000 m dýpi kólnar holan og er ekki nema 78°C í botni holunnar á 1600 m dýpi (mælingin frá 2.9. 1969).

K.1. Hitamælingar, sjá mynd 6.2.11. Vatnsæðar: Ekki varð vart við neina vatnsæð meðan á borun stóð. Þar sem holan svo hrundi við þökkun, á u.þ.b. 707 m dýpi, hefur ekki verið hægt að mæla hitann í holunni eftir að borun lauk. Hitamælingar, sem gerðar voru meðan á borun stóð, benda til þess, að um 100°C hiti sé frá og með 1000 m dýpi, saman ber hitamælingar 16.3.69, þegar holan var um 1090 m djúp, en þá var hitinn í 1070 m um 94°C, og þegar holan var 1410 m djúp, 23.3.69, var hitinn í 1385 m dýpi 94°C. Miklu lægri var hitinn fyrir ofan og má gera ráð fyrir, að mælt hitastig sé lægra vegna kælingar skolvatns, sem var í holunni. Mælingin frá 5.5.69, sýnir, að eitthvað vatn hefur komist upp í gegnum hrundið, en 7.6.70 rennur ekkert vatn upp í gegnum það og má því líta á holuna nú sem 650 m djúpa holu. Þar sem engar vatnsæðar eru í holunni, er hún einkar vel fallin til hitastigsmælinga og eftir mælingum frá 7.6.72 er hitastigullinn 94°C/km.

G-32. Hitamælingar, sjá mynd 6.2.12. Vatnsæðar: Ekki varð vart við nema tvær vatnsæðar við borun (sjá mynd 6.1.20). Sú efri er á 310 m dýpi, en hin á 1310 m dýpi. Af þrýstitilrauninni má ráða, að einhver vatnsæð sé á milli 760 og 820 m dýpis, sennilega í millilaginu á 770 m dýpi. Hitinn á vatnsæðinni á 310 m dýpi er 71°C og breytist hitinn lítið niður á 800 m dýpi. Frá 800 m dýpi hitnar holan og er heitust í botni 115°C. Þetta er mesti hiti, sem mælst hefur á þessu svæði.

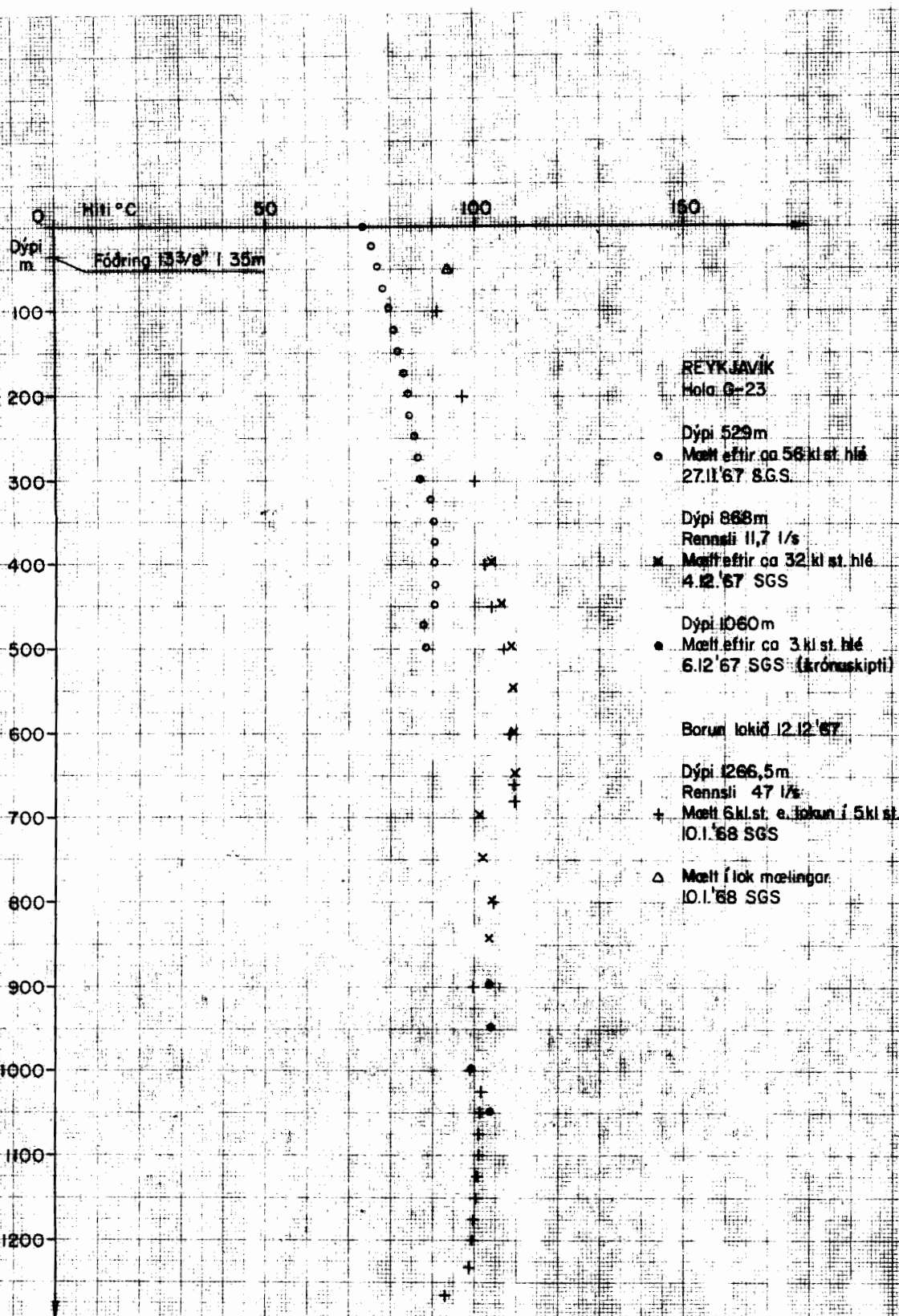
G-33. Hitamælingar, sjá mynd 6.2.13. Vatnsæðar: Lítið er um vatnsæðar (sjá mynd 6.1.21). Sú stærsta er á 344 m dýpi, 5 l/s. Nokkrar smáar vatnsæðar, 1-2 l/s, eru við innskotin neðan 800 m dýpis. Hitinn í vatnsæðinni á 344 m dýpi er sennilega kringum 60°C, því eins og sést á mælingunni frá 4.8.71 hlýtur eitthvað vatn að koma að neðan og blandast í æðina, svo það er eitthvað lægra en 65°C. Hámarkshitinn er í botni holunnar um 103°C.



ORKUSTOFNUN
 Jarðhitavæðing við Eilíðsbrú
 Hittisort
 S.E.S. VEIÐISVILLI
 J. HANSSON
 Fm. 00662

SKYRINGAR

[Solid black]	110-115 °C
[Dark grey]	105-110 °C
[Medium grey]	100-105 °C
[Light grey]	95-100 °C
[Dotted pattern]	90-95 °C
[Cross-hatch pattern]	80-90 °C
[Horizontal lines]	60-80 °C
[White]	< 60 °C



REYKJAVÍK
Hala G-23

Dýpi 529m
● Mælt eftir ca 56 kl st. hlé
27.11.67 SGS

Dýpi 868m
Rennslí 11,7 l/s
✕ Mælt eftir ca 32 kl st. hlé
4.12.67 SGS

Dýpi 1060m
● Mælt eftir ca 3 kl st. hlé
6.12.67 SGS (krónuskipti)

Borun lokið 12.12.67

Dýpi 1266,5m
Rennslí 47 l/s
+ Mælt 6 kl. st. e. lokun í 5 kl st.
10.1.68 SGS

△ Mælt í lok mælingar.
10.1.68 SGS

ORKUSTOFNUN
Jardhitadæll

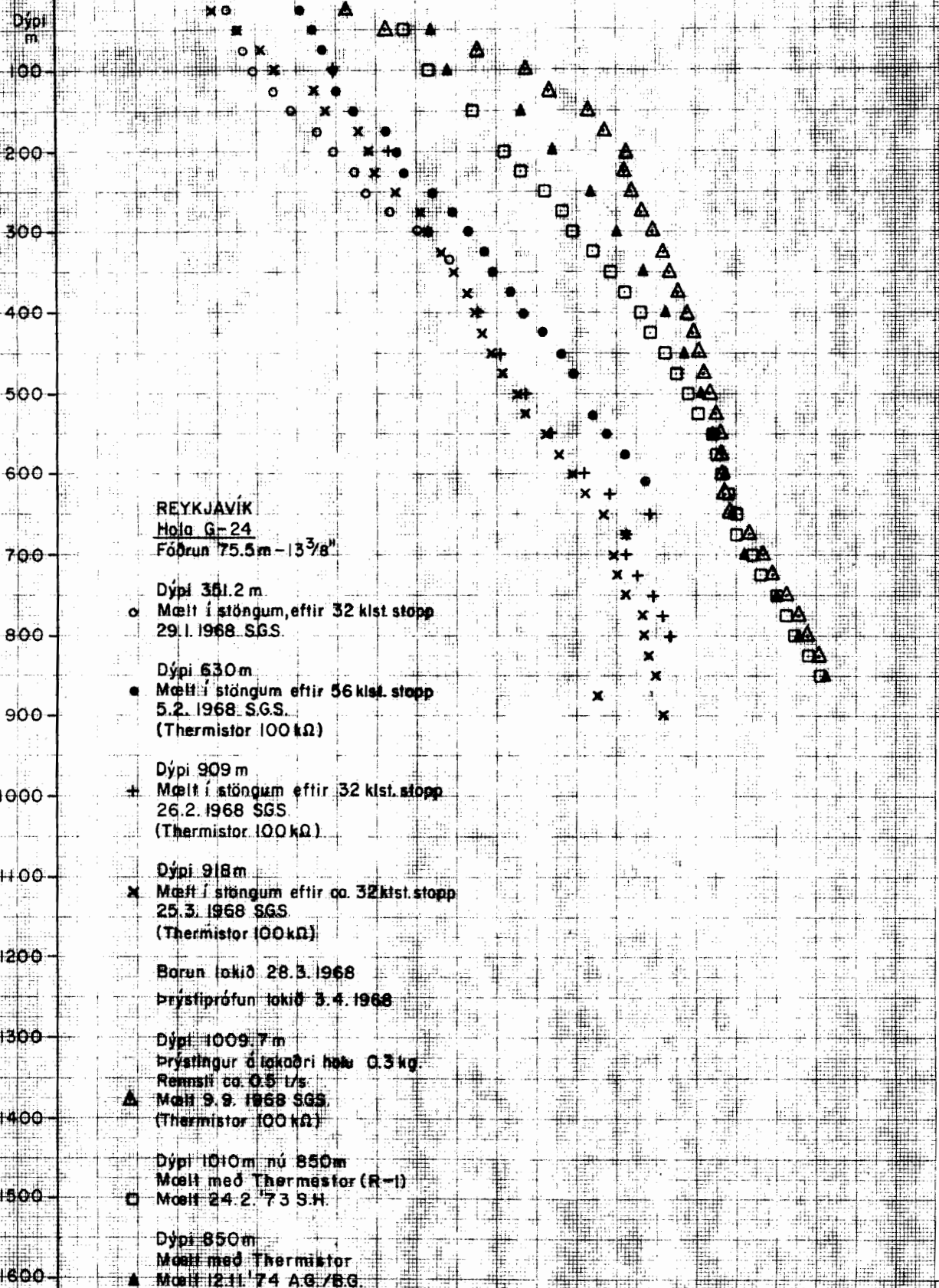
Hitamælingar í borholu

12.6.72 JT/SL
Tr. 987 Tr. 415
J-Rvk J-Hliam
Fr. 10587

0 20 40 60 80 100
Hitl. °C

Dýpi
m
0
100
200
300
400
500
600
700
800
900
1000
1100
1200
1300
1400
1500
1600

- REYKJAVÍK
Höla G-24
Fóðrun 75.5m - 13 3/8"
- Dýpi 361.2 m
o Mælt í stöngum, eftir 32 klst stopp
29.1.1968 SGS.
- Dýpi 630m
• Mælt í stöngum eftir 56 klst. stopp
5.2.1968 SGS.
(Thermistor 100kΩ)
- Dýpi 909 m
+ Mælt í stöngum eftir 32 klst. stopp
26.2.1968 SGS
(Thermistor 100kΩ).
- Dýpi 918m
x Mælt í stöngum eftir ca. 32klst. stopp
25.3.1968 SGS.
(Thermistor 100kΩ)
- Barun tókið 28.3.1968
Þrýstiprófun tókið 3.4.1968
- Dýpi 1009.7 m
Þrýstingur á tókaðri hölu 0.3 kg.
Rennslí ca. 0.5 l/s
▲ Mælt 9.9.1968 SGS.
(Thermistor 100kΩ)
- Dýpi 1010m nú 850m
Mælt með Thermistor (R-1)
□ Mælt 24.2.73 S.H.
- Dýpi 850m
▲ Mælt með Thermistor
Mælt 12.11.74 AG/SG.



ORKUSTOFNUN
Jarðhitadeild
Hitamælingar í borholum

Júní 1972 JT/Gyða
Töl. 423 Töl. 896
J-Rvík J-Híam
Fr. 10624

Mynd 6.2.3

0 20 40 60 80 100
Hitt °C

Dýpi
m

100

200

300

400

500

600

700

800

900

1000

1100

1200

1300

1400

1500

1600

REYKJAVÍK
Hala: G-25
Fóðrun 80m - 13 7/8"

Dýpi: 515 m
Rennslí 7 l/s

○ Mælt í stöngum eftir 2 klst. stöpp
5.5.1968 S.G.S.

Dýpi: 1000 m
Rennslí 7 l/s

● Mælt í stöngum eftir 42 klst. stöpp
(Thermistor 100 k Ω)
12.5.1968

Dýpi: 1508

× Mælt í stöngum eftir 18 klst. stöpp
19.5.1968 S.G.S.

Borun lokið 24.5.1968

Dýpi: 1647 m
Rennslí ca. 7 l/s
Halunni lokað 28.5.1968
Þrýstingur 1.4 kg/cm²

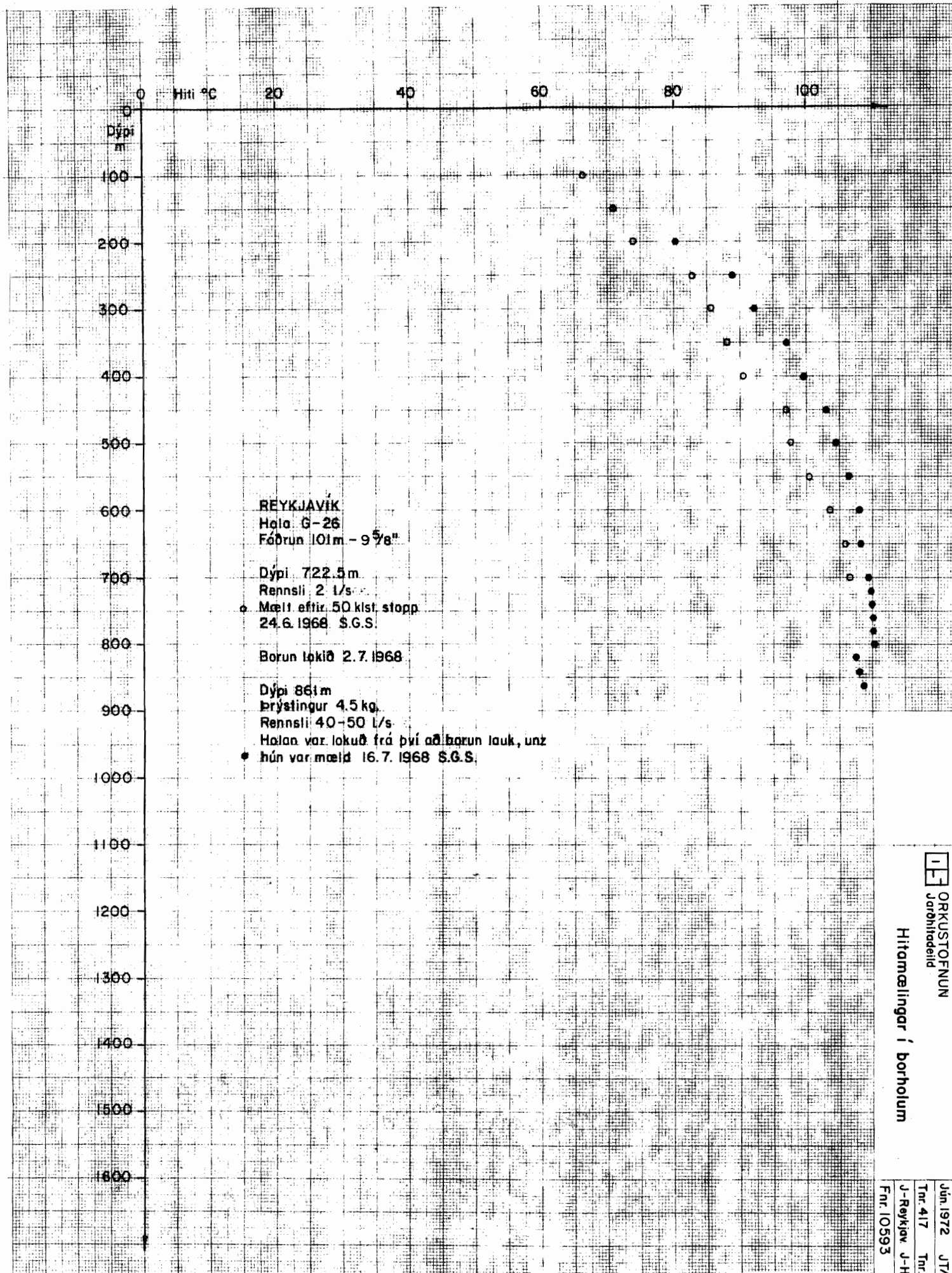
Mæling framkvæmd á þann hátt að rétt
pirði með kapti en þrýstingur hólst að sögu
óbreyttur. Notan hafði þá verið lokað í 9 daga.

+ Mælt 6.6.1968 S.G.S.

Rennslí 8 l/s

△ Mælt 15.11.1968 S.G.S.
Notan hafði þá verið opin í 4 daga

□ Mælt 16.5.1972 S.H.



ORKUSTOFNUN
 Jarðhæðeld

Hitamælingar í borholum

Jún. 1972 JT/6y0a
 Tr. 417 Tr. 889
 J-Reykjav J-Hitam
 Fnr. 10593

0 20 40 60 80 100
Hití °C

Dýpi
m

0
100
200
300
400
500
600
700
800
900
1000
1100
1200
1300
1400
1500
1600

REYKJAVÍK
Hala G-27
Fóðrun 102 m - 9.9.68

Dýpi 598 m
Rennslí ca. 0.7 l/s
Mælt eftir 14 daga stöpp
(Thermistor 100 kΩ)
2.8.1968 SGS.

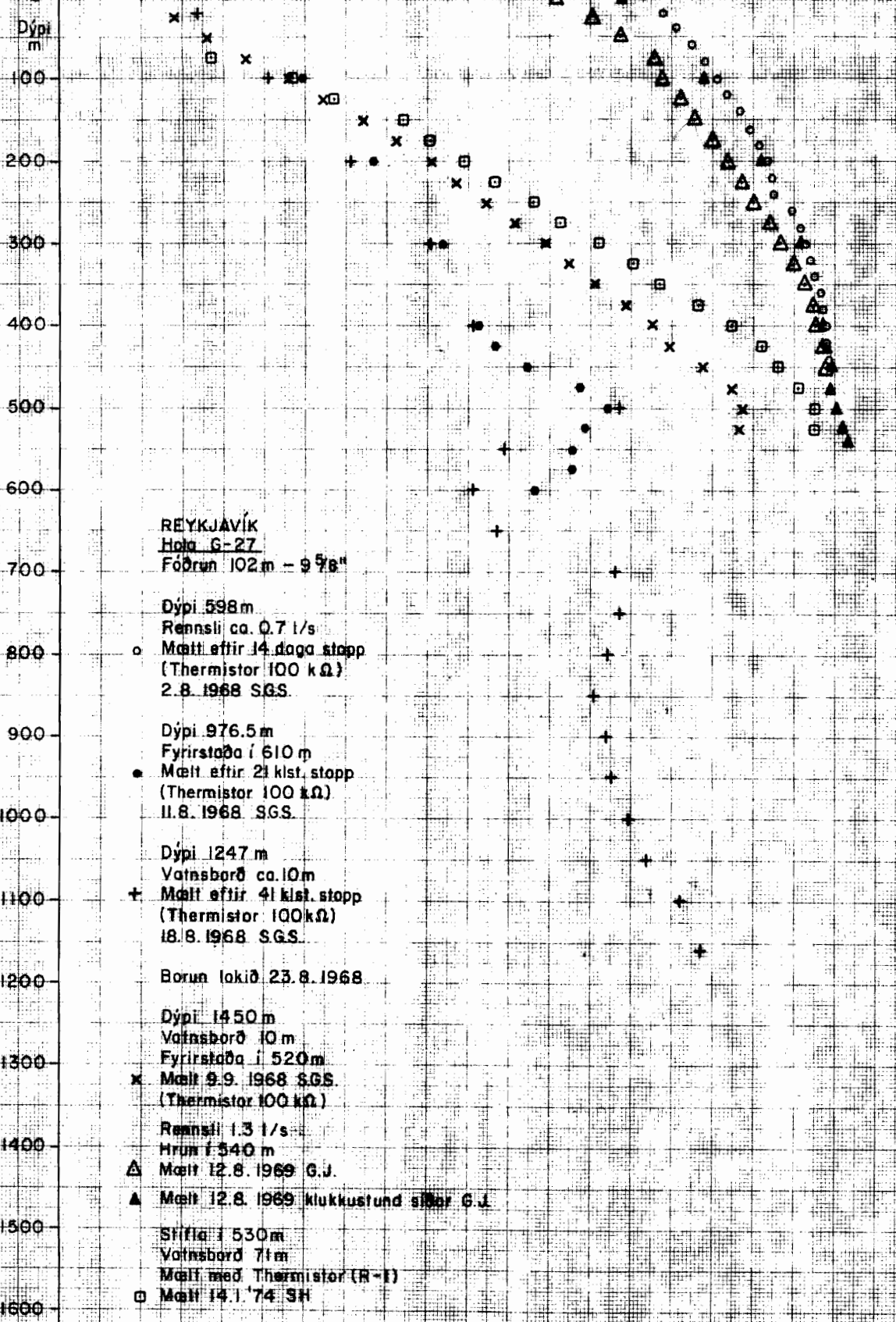
Dýpi 976.5 m
Fyrirstaða í 610 m
Mælt eftir 21 klst. stöpp
(Thermistor 100 kΩ)
11.8.1968 SGS.

Dýpi 1247 m
Vatnsborð ca. 10 m
Mælt eftir 41 klst. stöpp
(Thermistor 100 kΩ)
18.8.1968 SGS.

Borun lokið 23.8.1968.

Dýpi 1450 m
Vatnsborð 10 m
Fyrirstaða í 520 m
Mælt 9.9.1968 SGS.
(Thermistor 100 kΩ)
Rennslí 1.3 l/s
Hrun í 540 m
Mætt 12.8.1969 G.J.
Mætt 12.8.1969 klukkustund síðar G.J.

Stífla í 530 m
Vatnsborð 7 m
Mælt með Thermistor (R-1)
Mætt 14.1.74 SH



ORKUSTOFNUN
Jardhitadæll

Hitamælingar í botnholum

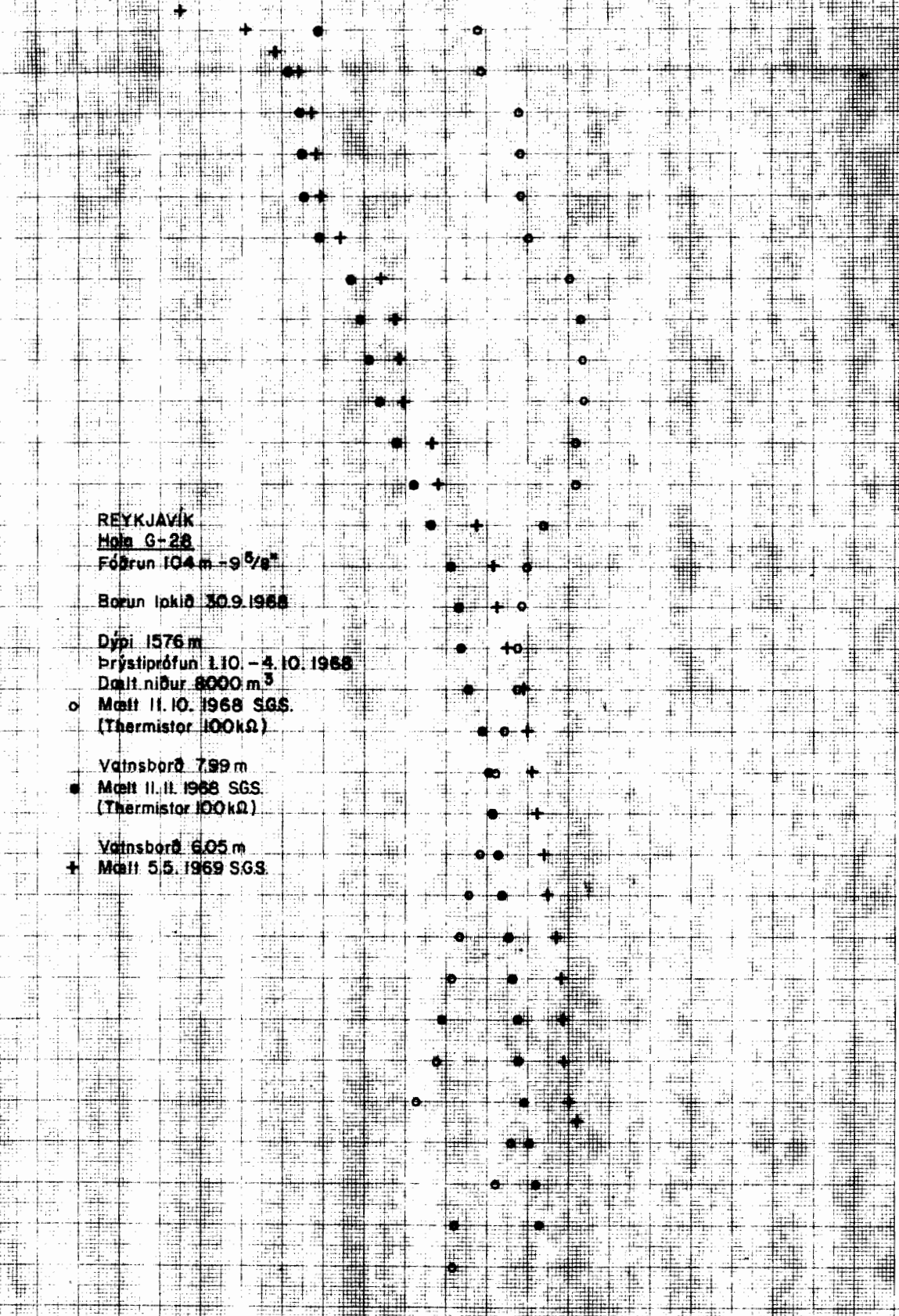
Júní 1972 JT/Áy
Tr. 418 Tr. 890
J-Rvík J-Híam
Fr. 10594

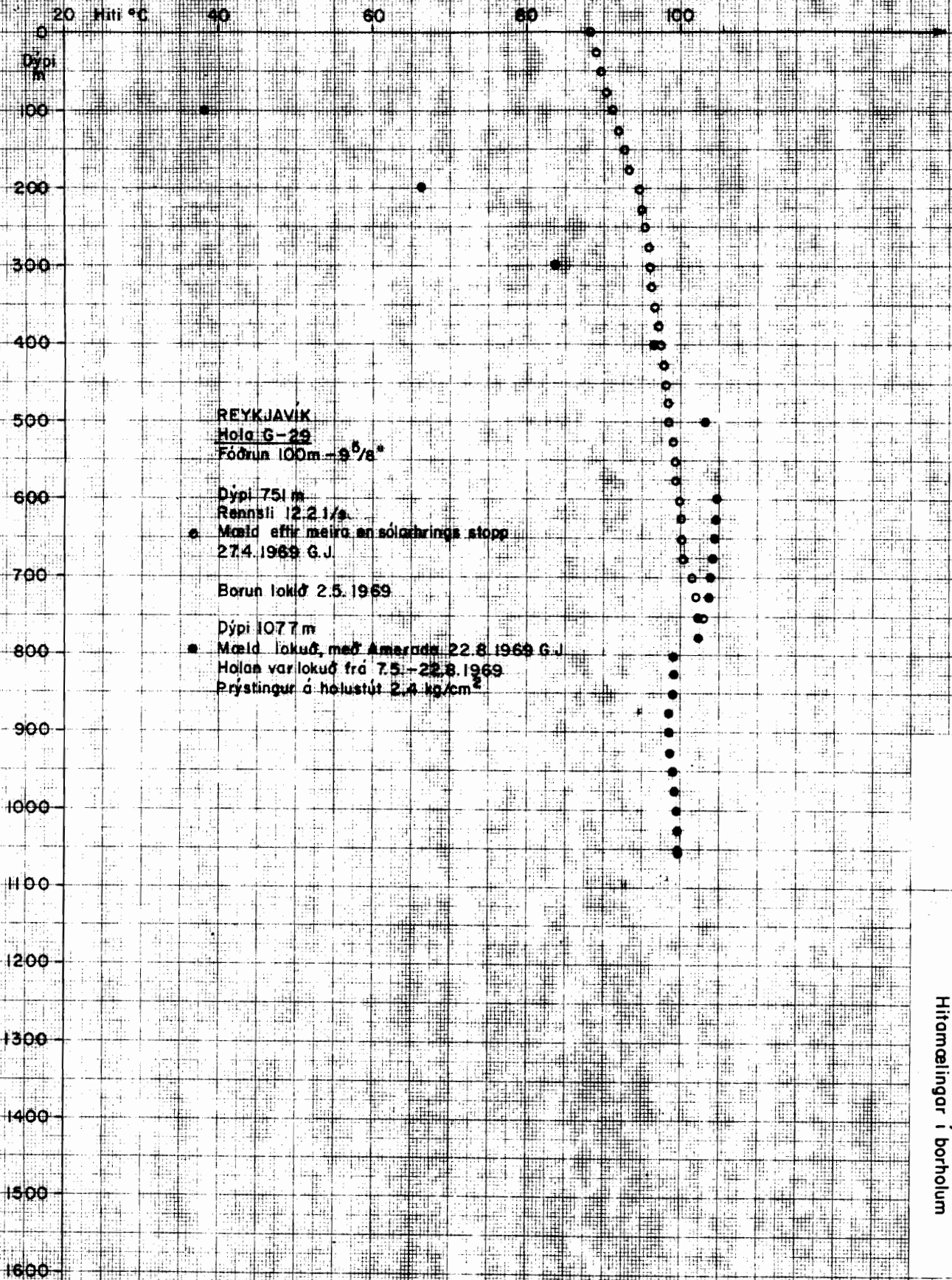
Mynd 6.2.6

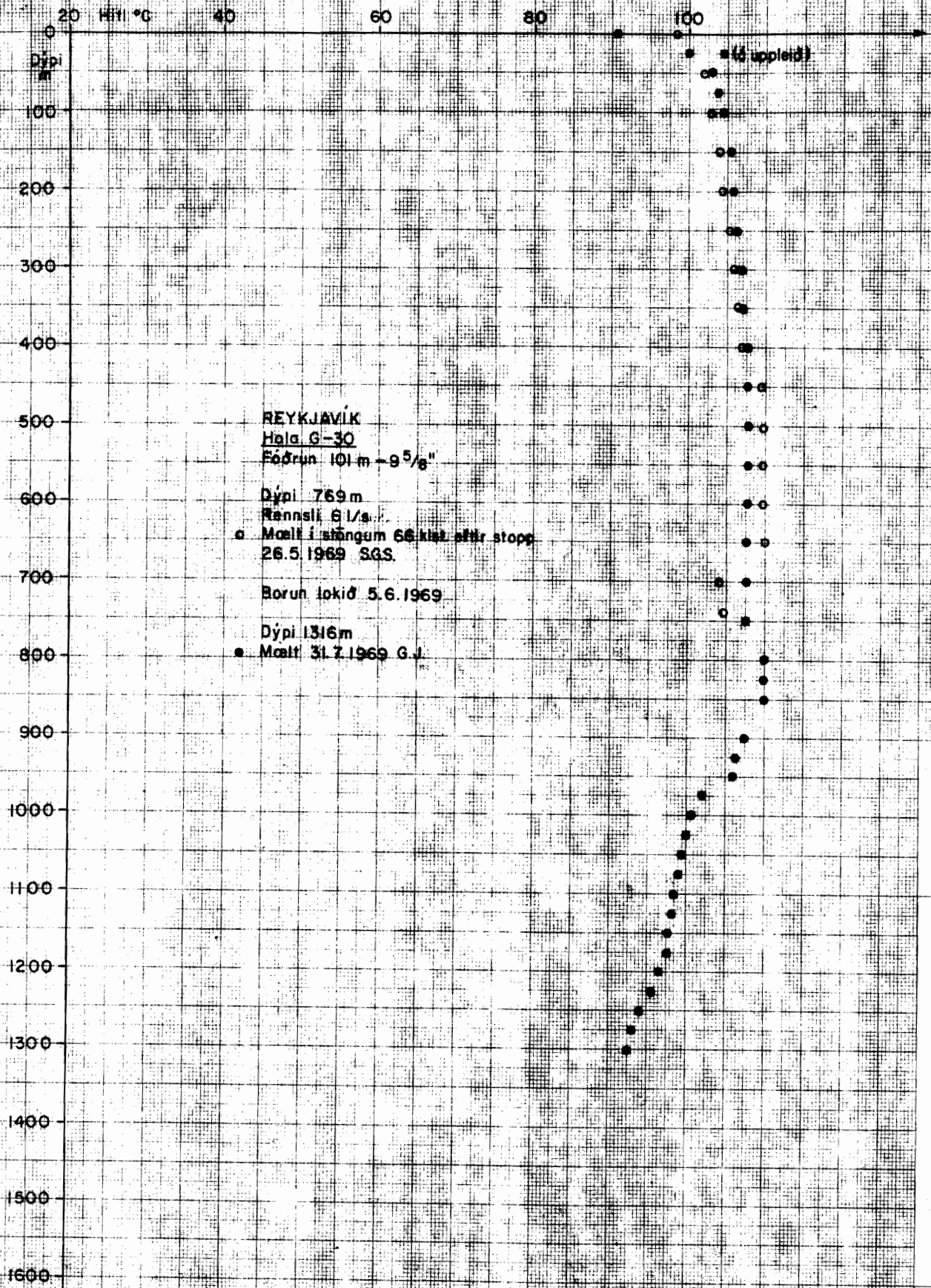
Hiti °C 20 40 60 80 100

Dýpi m
100
200
300
400
500
600
700
800
900
1000
1100
1200
1300
1400
1500
1600

REYKJAVÍK
Hole G-28
Fóðrun 104 m - 9 5/8"
Borun lokið 30.9.1968
Dýpi 1576 m
Brýstiprófun 1.10. - 4.10.1968
Dælt niður 8000 m³
○ Mælt 11.10.1968 SGS.
(Thermistor 100kΩ)
Vatnsborð 7.99 m
● Mælt 11.11.1968 SGS.
(Thermistor 100kΩ)
Vatnsborð 6.05 m
+ Mælt 5.5.1969 SGS.

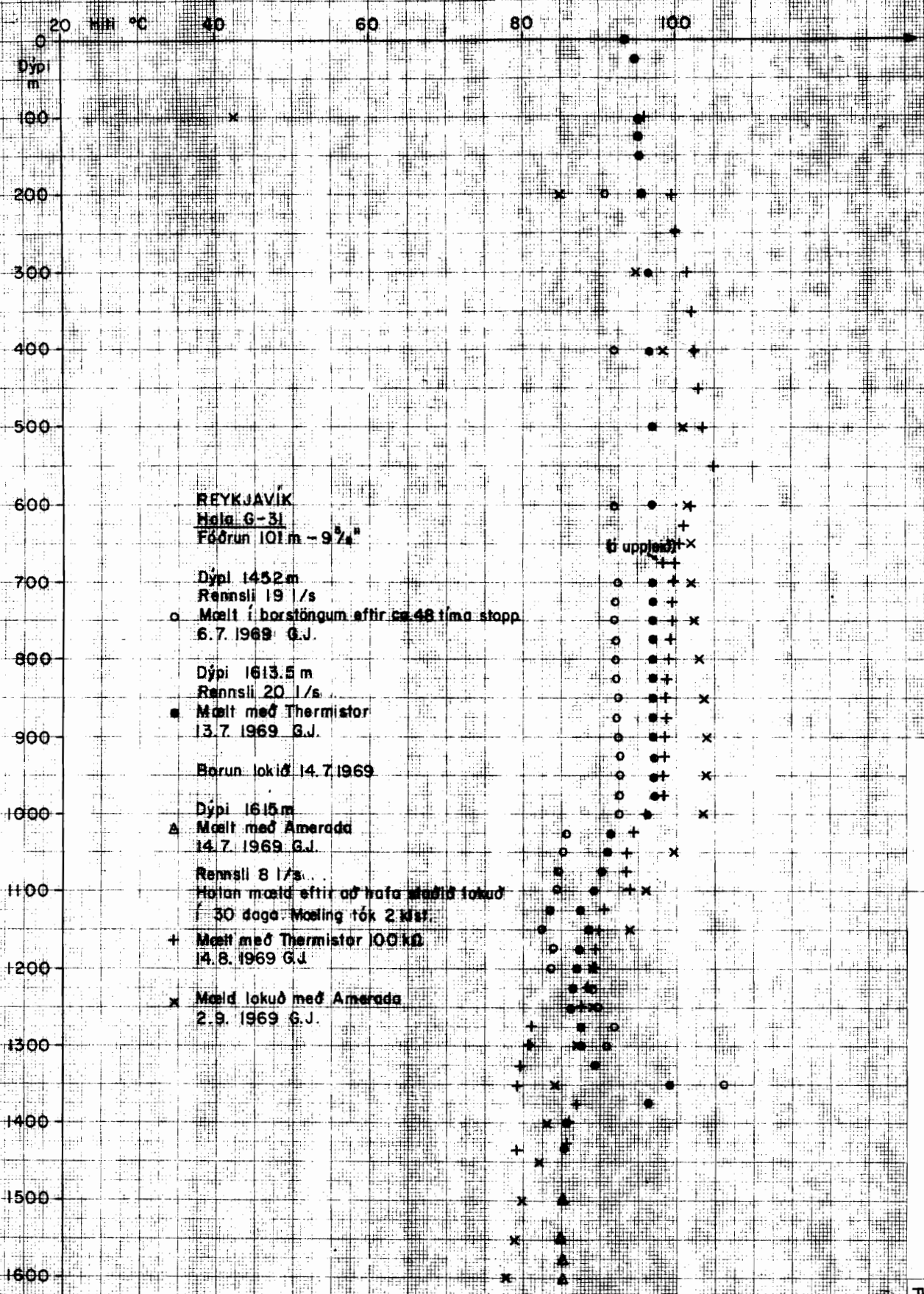






ORKUSTOFNUN
Jörðfræðilid
Hitamælingar í borholum

Juni '72 JT/18
Tr. 425 Tr. 898
J-Rvk J-Hrom
Fr. 10626



REYKJAVÍK
Hala G-31
Fóðrun 101 m - 9 1/4"

Dýpi 1452 m
Rennslí 19 l/s
Mælt í borstöngum eftir ca. 48 tíma stöpp
6.7. 1969 G.J.

Dýpi 1613.5 m
Rennslí 20 l/s
Mælt með Thermistor
13.7. 1969 G.J.

Borun lokið 14.7.1969

Dýpi 1615 m
Mælt með Amerada
14.7. 1969 G.J.
Rennslí 8 l/s...
Halan mæld eftir að hafa verið lokað
í 30 daga. Mæling tók 2 klst.

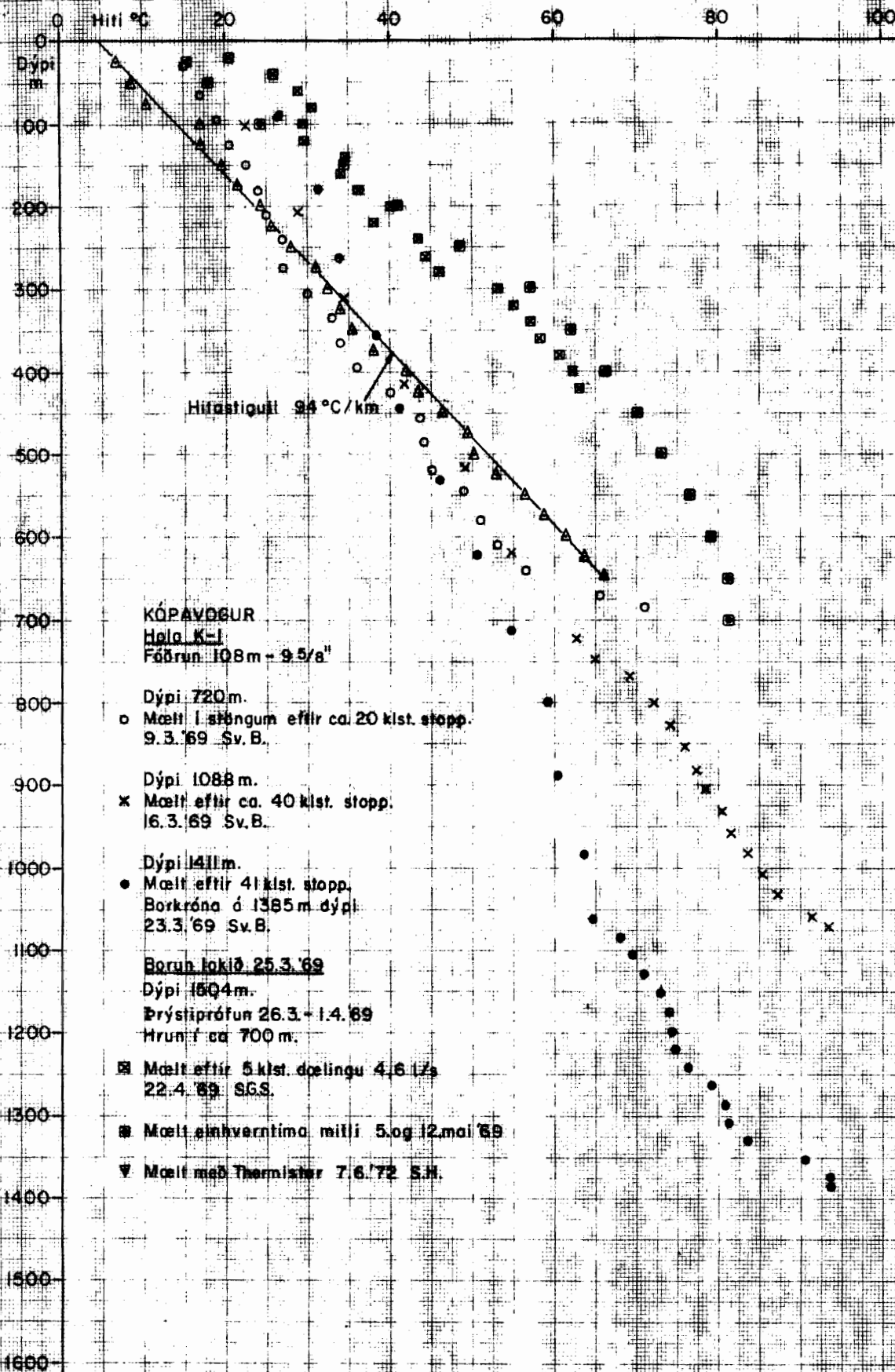
Mælt með Thermistor 100 kΩ
14.8. 1969 G.J.

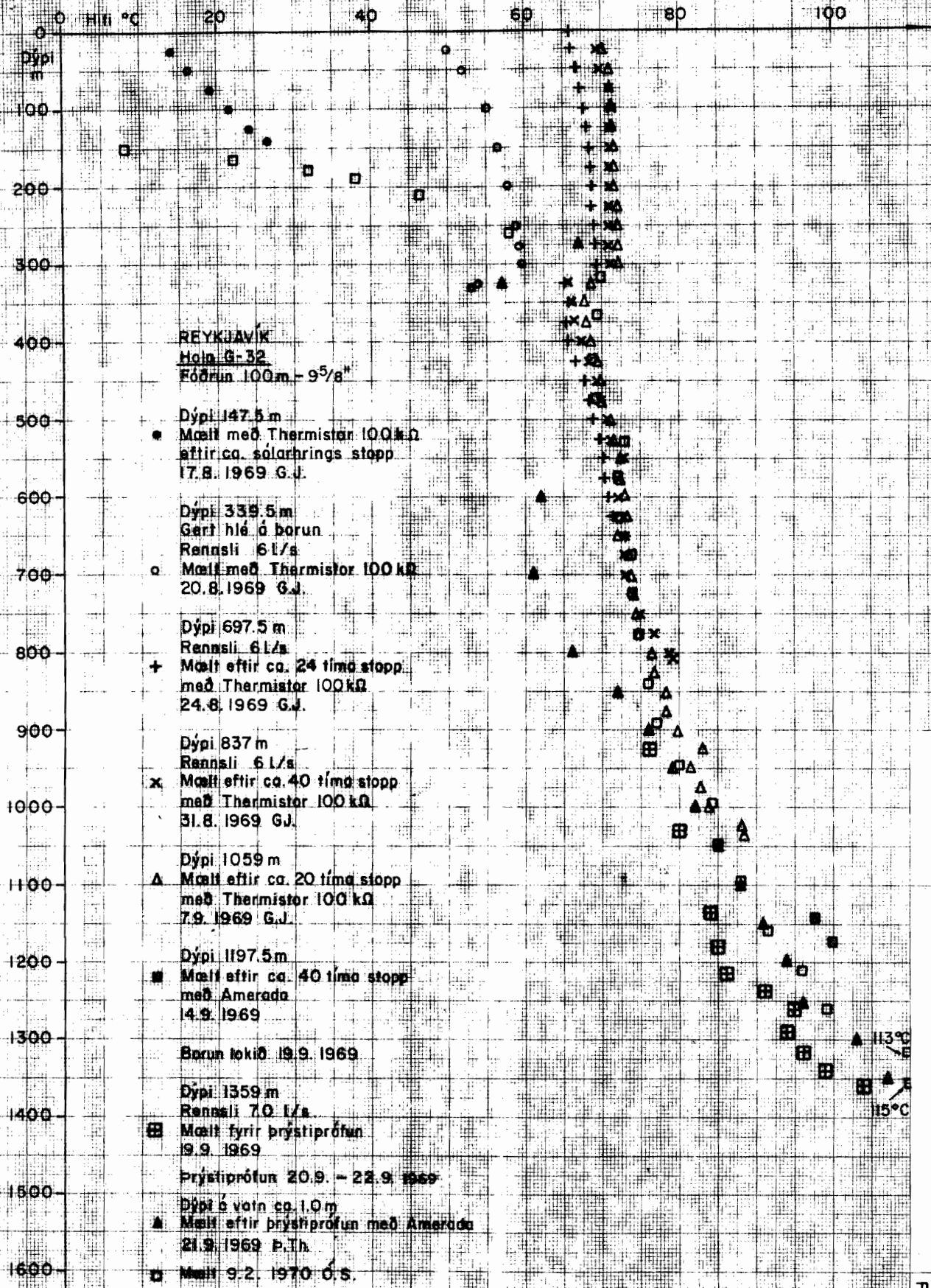
Mæld lokað með Amerada
2.9. 1969 G.J.

ORKUSTOFNUN
Jardhitadeild

Hitamælingar í borholum.

5.júlí'72 JT/HB
Tr. 426 Tr. 899
J-Reykjav J-Hitam.
Fr. 10627

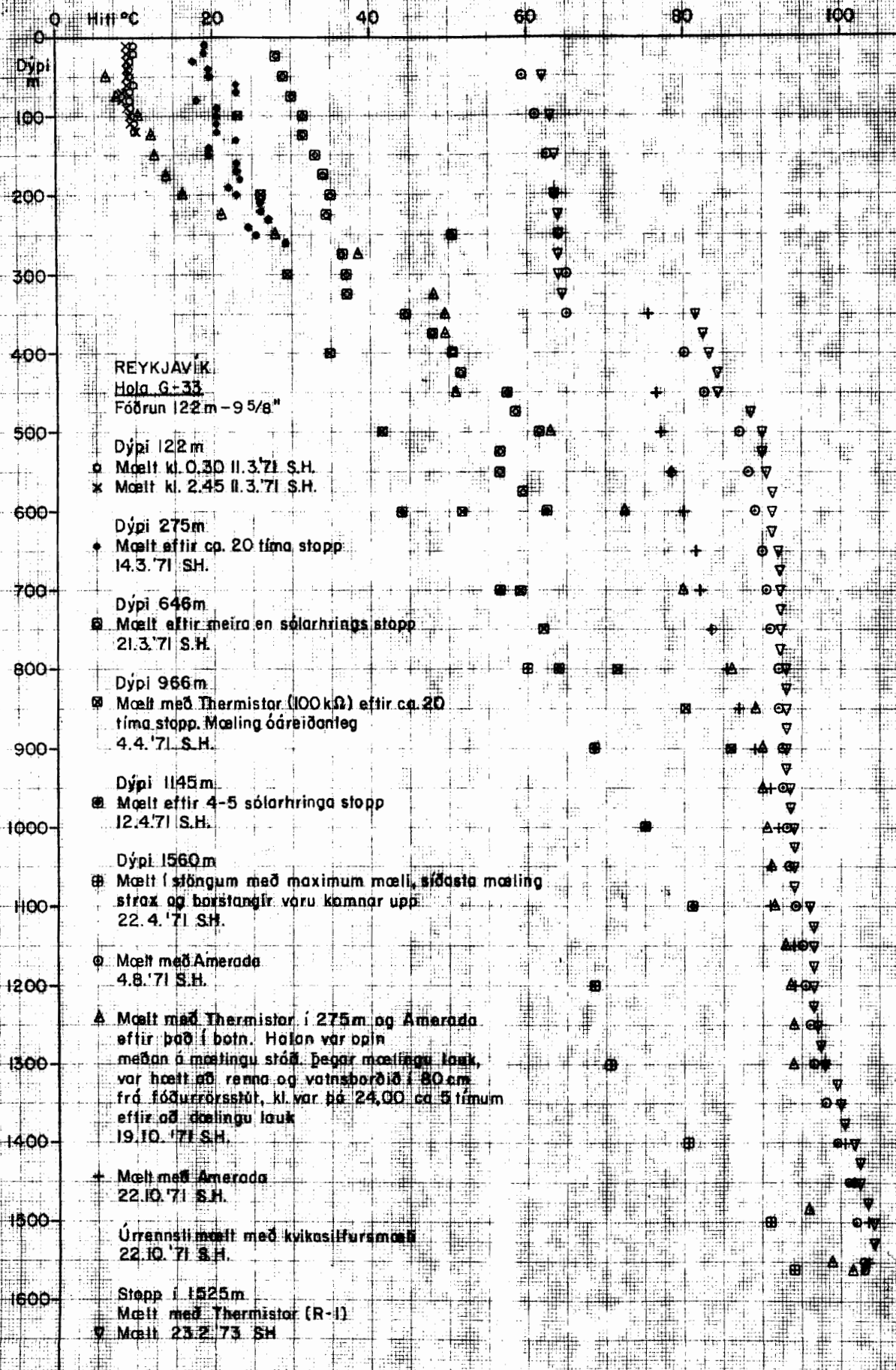




ORKUSTOFNUN
Jorðindælið

Hitamelingar í borholum

6.júl.72 JT/6/600
Tr.420 Tr.892
J-Rvk. J-Hitn.
Fr.10596



ORKUSTOFNUN
 Jarðhitadæll
 Hítmælingar í borholu
 20.6.'70 JT/15.4
 Tr. 421 Tr. 893
 J-Reykjav. J-Hitam
 Fr. 10597
 Mynd 6.2.13

6.3 Þrýstiprófanir

Á undanförmum árum hafa þróast hér á landi svokallaðar þrýstiprófanir. Fyrsta þrýstiprófunin, sem gerð var með pakkara, var í holu við Hlíðardal í Ölfusi 12.12.67. Þrýstiprófanirnar eru í því fólgnar, að vatni er dælt í holuna, og því haldið undir þrýstingi annað hvort með því að loka holunni að ofan, eða með því að setja eins konar tappa, sem kallaður er pakkari, á fyrirfram ákveðið dýpi í holunni og dæla síðan niður fyrir hann eða ofan á hann. Að festa pakkarann í holuvegginn kallast pökkun, en að losa hann kallast afpökkun (Jens Tómasson og Þorsteinn Þorsteinsson 1975).

Pökkun: Pakkarinn (sjá mynd 6.3.1.) samanstendur af tveimur hlutum, samsettu járnrotri og utan á þessu járnrotri er gúmmibelgur. Með því að setja tappa í neðri enda járnrörsins fer vatnið í gegnum innstremisloka inn á milli rörsins og gúmmibelgsins. Haldið er áfram að dæla inn í pakkarann þangað til tappinn í neðri enda hans fer úr, en þá er pakkarinn fastur og búið að pakka. Tappinn er festur með pinna, sem slitnar við ákveðinn þrýsting, en sá þrýstingur kallast pökkunarþrýstingur. Pökkunarþrýstingur þarf að vera allmiklu hærri en sá þrýstingur, sem myndast við þrýstiprófunina sjálfa. Algengasti pökkunarþrýstingur á gufubor er 100-150 kg/cm². Afpökkun er gerð með snúningi. Þá opnast nýir lokar, svo vatnið fer úr hólfinu milli belgsins og rörsins.

Þegar búið er að pakka og þrýstiprófunin hefst, þarf að mæla bæði dæluafköstin og þrýstinginn, sem myndast í þrýstiprófuninni. Afköst dælingar eru mæld með því að telja dæluslög, en einnig er hægt að mæla dæluafköst beint með því að mæla vatnslækkun í dælukari. Þessi seinni mæling er gerð stöku sinnum og notuð til að leiðrétta magnið, sem fæst með því að telja dæluslög, en dælurnar afkasta yfirleitt minna en svarar til fulls rúmmáls stimpilslags og munar oft um 10-20%. Þegar dælt er niður fyrir pakkarann er þrýstingur mældur uppi á borpalli (sjá mynd 6.3.1). En til að fá þann viðbótarþrýsting, sem kemur á holuna í þrýstiprófuninni, þarf að draga frá við viðnám, sem myndast í borstöngum, pakkara og þeim tengistykkjum, sem eru milli þrýstimælisins og borstanganna. Til eru töflur í handbókum um þrýstifall í pípum og er hægt að nota þær tölur til að fá þrýstifallið. Einnig má mæla þrýstifallið beint og hefur það verið gert. Þær tölur um viðnám, sem sýna besta samkvæmni,

eru fengnar með því að dæla í gegnum stangir án pakkara. Er því nokkur óvissa um viðnámið í pakkaranum sjálfum. Mælda viðnámið og það sem fæst frá handbókum er líkt, en þó ekki alveg eins. Kann að vera, að þessi munur sé eingöngu vegna ónákvæmni í mælingu dæluafkasta. Þegar dælt er á holuna alla eða ofan á pakkarann eru þrýstimælar við holustút og er því viðbótarþrýstingur við þrýstiprófunina mældur beint. Þegar dæling er stöðvuð er oft þrýstingur á holunni í nokkurn tíma eftir að dælingu er hætt. Sá þrýstingur kallast bakþrýstingur. Þessi þrýstingur er mældur á mínútu fresti, en ef hann hverfur innan við mínútu, eru mældar hve margar sekúndur hann er að falla. Í töflum er þessi þrýstingur uppgefinn eftir einhvern ákveðinn tíma, oftast 1-2 mínútur. Ef bakþrýstingur er á holu og hola óopnuð, þá kemur rennsli úr holunni, þeim mun meira sem bakþrýstingurinn er hærri. Þetta nefnist bakrennsli. Þetta rennsli hefur stöku sinnum verið mælt. Hitinn á vatninu er þó mældur mun oftast en rennslið. Fyrir utan þessar mælingar við holuna sem er þrýstiprófuð, eru mældar breytingar á vatnsborði á nálægum holum meðan á þrýstiprófunum stendur.

6.3.1 Tilgangur og árangur af þrýstiprófunum

Helsti tilgangur með þrýstiprófunum er að auka vatnsgæfni holanna. Þetta hefur víða gefið mjög góða raun og hefur vatnsmagnið oft tvöfaldað til þrefaldast við þessar aðgerðir. Það sem gerist er í fyrsta lagi, að vatnsæðar, sem hafa þéttst við borun vegna borsvarfs, opnast aftur við þessa prófun. Einnig virðast nýjar vatnsæðar opnast. Zeólítar og aðrir holufyllingarmíníralar, sem sitja í gömlum vatnsrásum, brotna við þrýstiprófunina.

Með þrýstiprófunum er í grófum dráttum hægt að kortleggja vatnsæðar í holunum með því að breyta dýpi á pakkara og dæla í mismunandi dýptarbil holunnar. Þar sem vatnið fer auðveldast inn (það er minnstur mótþrýstingur) eru mestar vatnsæðar. Þrýstiprófanir hafa reynst mjög gott hjálpartæki til að kortleggja jarðhitasvæðin vatnsfræðilega, sérlega til þess að ákveða dýpi á óvatnsgengum skilum á milli hola, með því að kanna mismunandi áhrif, sem dælingarnar í hinum mismunandi dýptarbilum hafa á aðrar holur. Hér fer á eftir yfirlit yfir þær þrýstiprófanir, sem framkvæmdar hafa verið á Elliðaársvæðinu.

6.3.2 Einstakur þrýstiprófanir

Í töflu 6.3.1 er listi yfir þrýstiprófanir, sem framkvæmdar hafa verið á þessu svæði. Í þessari töflu eru skráð eftirfarandi atriði: holunúmer, dælingarbil (það í hvaða hluta holunnar hafi verið dælt), fjöldi dælinga, lengd dælinga í klst. í hverju bili, vatnsmagn sem dælt er niður á sek, mældur þrýstingur, útreiknaður þrýstingur, bakþrýstingur, magn í tonnum í hvert bil, magn í tonnum í hverja holu. Fyrsta þrýstiprófunin, framkvæmd af Gufubor með pakkara, var í G-24, 30.03.1968. Var pakkarinn settur í 368 m dýpi og dælt í um það bil 9 mínútur. Myndaðist um 60 kg/cm^2 þrýstingur, þegar dælt var niður 34 l/s. Pakkarinn eyðilagðist í þessari tilraun, en þetta var grannur pakkari, sem áður hafði verið notaður við pökkunartilraun í Hlíðardal. Eftir að sýnt þótti að pakkarinn væri ónýtur, var dælt á holuna alla með því að loka öryggisloka og var samtals dælt um 700 tonnum (02.02.68). Voru afköst dælu allt upp í 69 l/s. Myndaðist við þessa dælingu um 33 kg/cm^2 þrýstingur, eins og sést á töflu 6.3.1. Líklegt er, að þessi þrýstingur geti opnað bergið fyrir neðan fóðurrör, en bergið lokist síðan aftur við þrýstingslétti, og mun þetta því ekki hafa nein veruleg áhrif á afköst holunnar.

Næsta þrýstitilraun var framkvæmd í G-28 dagana 01.10.-04.10.68 (J.T., Þ.Th., 1968). Í þessari tilraun var notaður nýr pakkari keyptur sérstaklega fyrir Gufubor. Hann var sverari, eða um $7 \frac{1}{4}$ " á breidd. Pakkað var á þremur stöðum í holunni: á 480 m dýpi, 1040 m dýpi og 870 m dýpi. Magn og þrýstingur á hverju dýpi í þessari þrýstiprófun er sýnt í töflu 6.3.1. Þessi þrýstitilraun mun eitthvað hafa aukið vatnsgæfni holunnar, en þó hefur aldrei verið dælt úr henni. Merkast við þessa tilraun var þó það, að í fyrsta sinn var athugað, hvaða áhrif dæling niður í holu hefði á vatnsþrýsting í nálægum holum. Í ljós kom að vatnsborðið í djúpum holum fyrir austan G-28 hækkaði, en lítið sem ekkert gerðist í djúpu holunum fyrir vestan. Þetta er sýnt á myndum 6.3.2 og 6.3.3. Þetta er túlkað þannig, að óvatnsgeng skil eru talin vera fyrir neðan B-2 basaltið á milli G-28 og G-25. Þessi óvatnsgengu skil eru tengd innskotunum, sem komu fram í G-24 og G-25, og sennilega sprungum og misgengjum þeim tengdum. Þessi innskot koma greinilega í ljós í öðrum holum, eins og í G-32, K-1 og G-33 (sjá myndir 6.1.19, 6.1.20 og 6.1.21). Næsta þrýstitilraun var gerð í K-1 26.03.-02.04.69. Pakkarinn var settur á 761 m dýpi og var aðeins pakkað einu sinni, en oft dælt og vatni hleypt upp á milli dælinga.

Dælingafjöldi, magn og þrýstingur eru sýnd í töflu 6.3.1. Alls var dælt um 6000 tonnum. Hár þrýstingur myndaðist og virtist holan ekkert gefa sig með dælingu. Í lok pökkunar hrundi hins vegar holan saman og er nú stífluð á u.þ.b. 700 m dýpi. Fylgst var með þrýstingi í nálægum holum, en þessi dæling virtist ekki hafa áhrif á neinar aðrar holur. Engar vatnsæðar voru í holunni áður en þrýstiprófunin byrjaði og virðist þrýstiprófunin hafa haft lítil áhrif til að opna nýjar æðar, þó einhverjar smærri æðar kunni að hafa opnast. Holan er því þýðingarlítill sem vatnsgefandi hola.

Næsta þrýstitilraun var framkvæmd í G-32 dagana 19.09.-22.09.69. Pakkað var tvisvar sinnum, fyrst á 705 m dýpi og síðan á 824 m dýpi. Dælt var í efra bilið á 705-1369 m samtals 1345 tonnum og í neðra bilið 824-1369 m 155 tonnum. Þrýstingur, magn og fjöldi dælinga er sýndur í töflu 6.3.1 á báðum bilunum. Eftir þrýstingnum að dæma hefur vatnsæð opnast milli 705 og 824 m. Holan var hins vegar mjög þétt fyrir neðan 824 m, en þar fundust smá vatnsæðar við borun. Holan hefur eitthvað opnast við þrýstiprófunina og hefur síðan verið dælu-prófuð. Hægt er að dæla úr henni u.þ.b. 15 l/s af 72°C heitu vatni. Mældur var þrýstingur í nálægum holum, og virtist lítið samband vera við aðrar holur, þó einna helst við G-24.

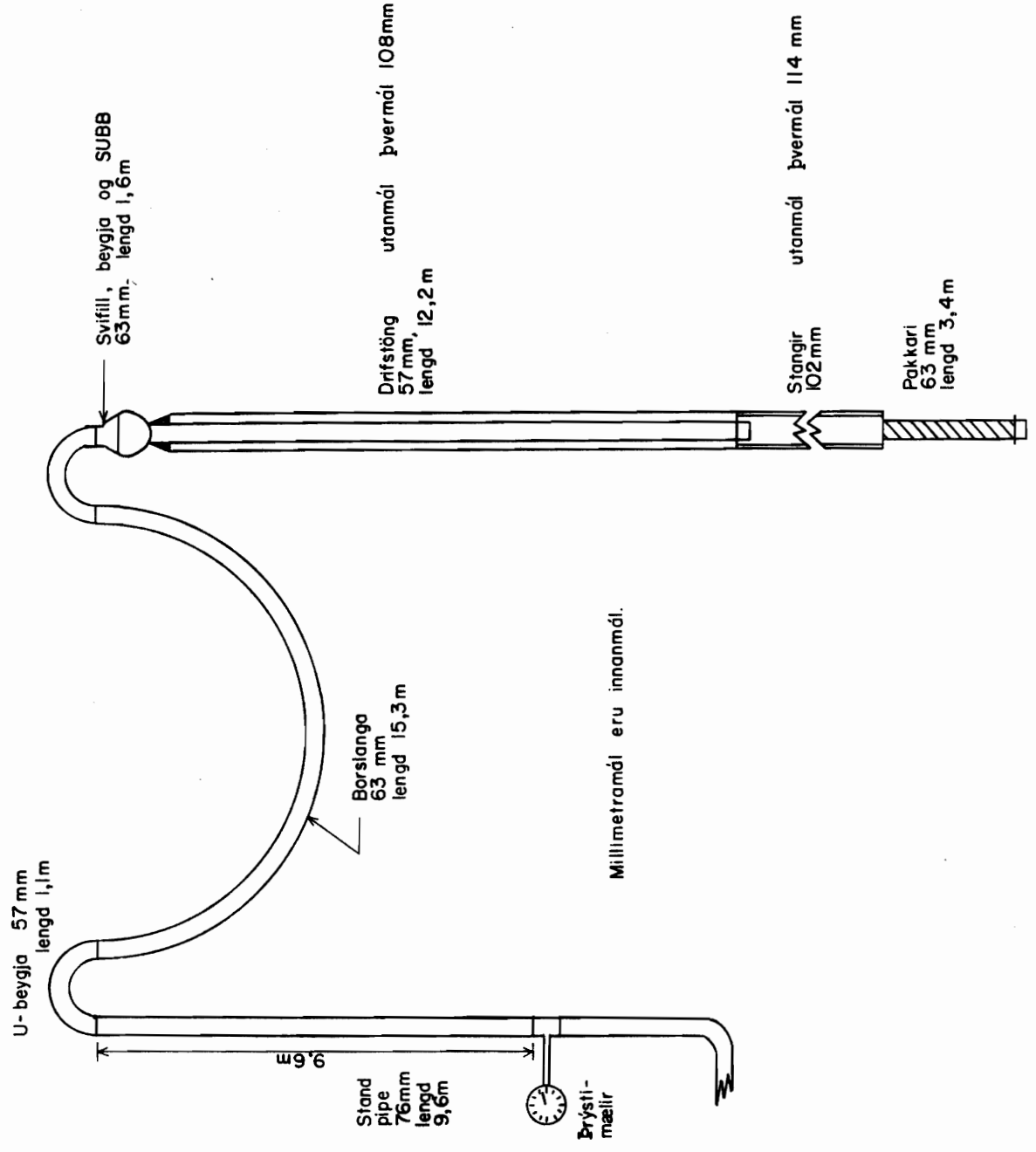
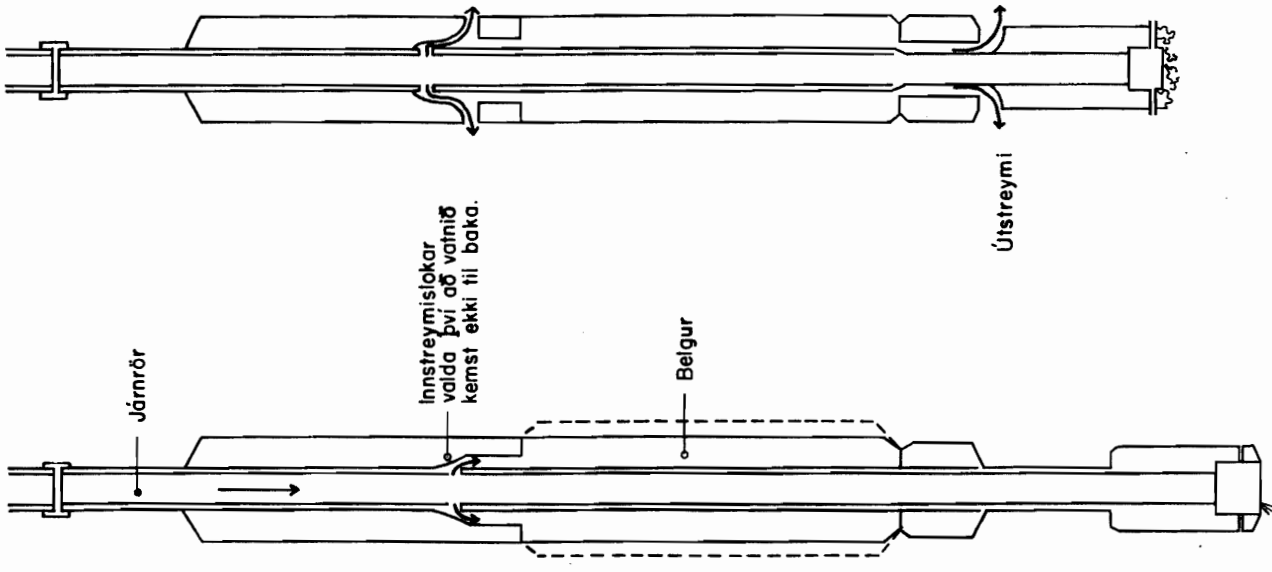
Strax að aflokinni borun í G-33, 22.04.71 var tvisvar sinnum reynt að pakka á 812 m dýpi, en bæði pakkaragúmmíin reyndust ónýt og var því hætt við svo búð að sinni. Dagana 19.10.-20.10.71 var hins vegar dælt nokkrum sinnum beint ofan í topp holunnar. Í töflu 6.3.1 er sýnt magn og þrýstingur, sem myndaðist við þessa þrýstitilraun. Ekki myndaðist mjög hár þrýstingur og svo virðist sem vatnið hafi horfið að mestu rétt fyrir neðan fóðurrör. Líklegt er að mikill hluti vatnsins hafi horfið tiltölulega ofarlega í holunni, enda sýna hitamælingar, að kæling í holunni hefur ekki orðið nema niður á 1000 metra. Ástæða gæti verið til að pakka holuna við tækifæri á u.þ.b. 800 m dýpi til að opna betur neðri vatnsæðarnar í holunni.

6.3.1 PRÝSTIPRÓFUN.

Hola nr.	Dælt í bil M-M	Dælinga fjöldi	Lengd dælinga klst.	Dælt niður l/s	Prýstingur kg/cm ²	Útreiknaður 2 prýst. kg/cm ²	Bakprýst. kg/cm ²	Magn í tonnum í tonnum	Magn í tonnum í hverja holu
G-24	75,5-1009,7	12	2 ⁴⁵	46,1-69,0	24,0-33,7	24-33	7,0-10,5	696	696
G-28	480-1576	3	11 ⁰⁰	45	62	38	25	1782	
" "	1040-1576	2	12 ⁰¹	37-45	76-84-64	36-44-24	35	1204	7036
" "	870-1576	1	30 ³⁰	37	74-79	41-46	35	4050	
G-32	705-1359	20	10 ⁴²	28-67	28-64	14-41	21-30	1345	
" "	824-1359	5	1 ²⁸	29-30	90-101	72-83	70-80	155	1500
G-33	122-1560	9	7 ¹⁵	14-90	2,8-10	2,8-10	1,2-4,8	1564	1564
K-1	761-1504	16	34 ²¹	24-36	53-94	42-69	59-67	5672	
" "	108-1504	4	1 ⁵²	46-51	28-66	28-66		370	6042

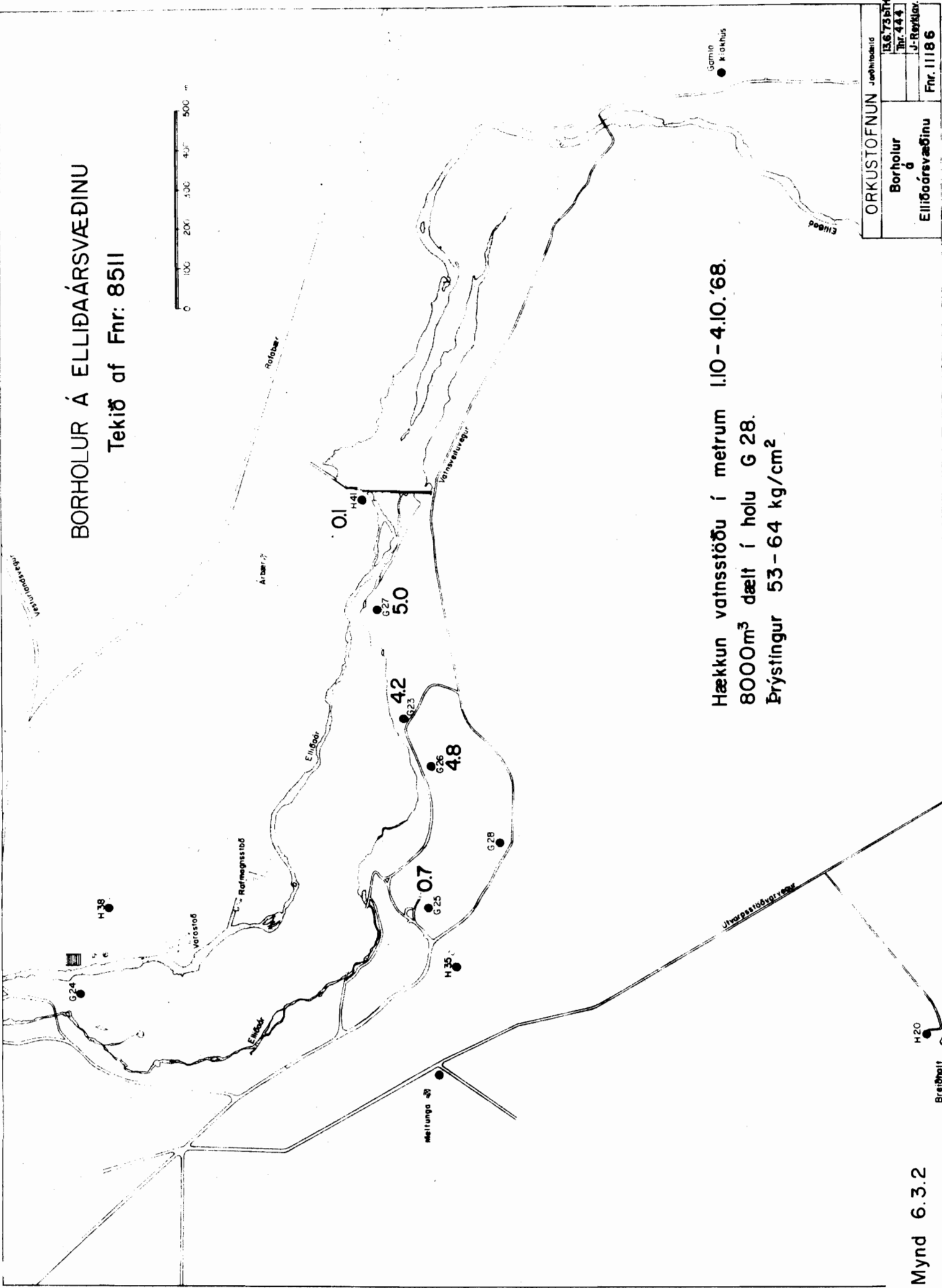
PAKKARI Í
 AFPÖKKUN

PAKKARI Í
 PÖKKUN



BORHOLLUR Á ELLIÐAÁRSVÆÐINU

Tekið af Fnr: 8511



Hækkun vatnsstöðu í metrum 1.10 - 4.10. '68.
 8000m³ dælt í holu G 28.
 Þrýstingur 53 - 64 kg/cm²

ORKUSTOFNUN		Orkuhlutafélagið
Borhollur	6	IS. 73 BH
Elliðaársvæðinu		Fnr. 444
		J-Reykjav.
		Fnr. 11186

ORKUSTOFNUN

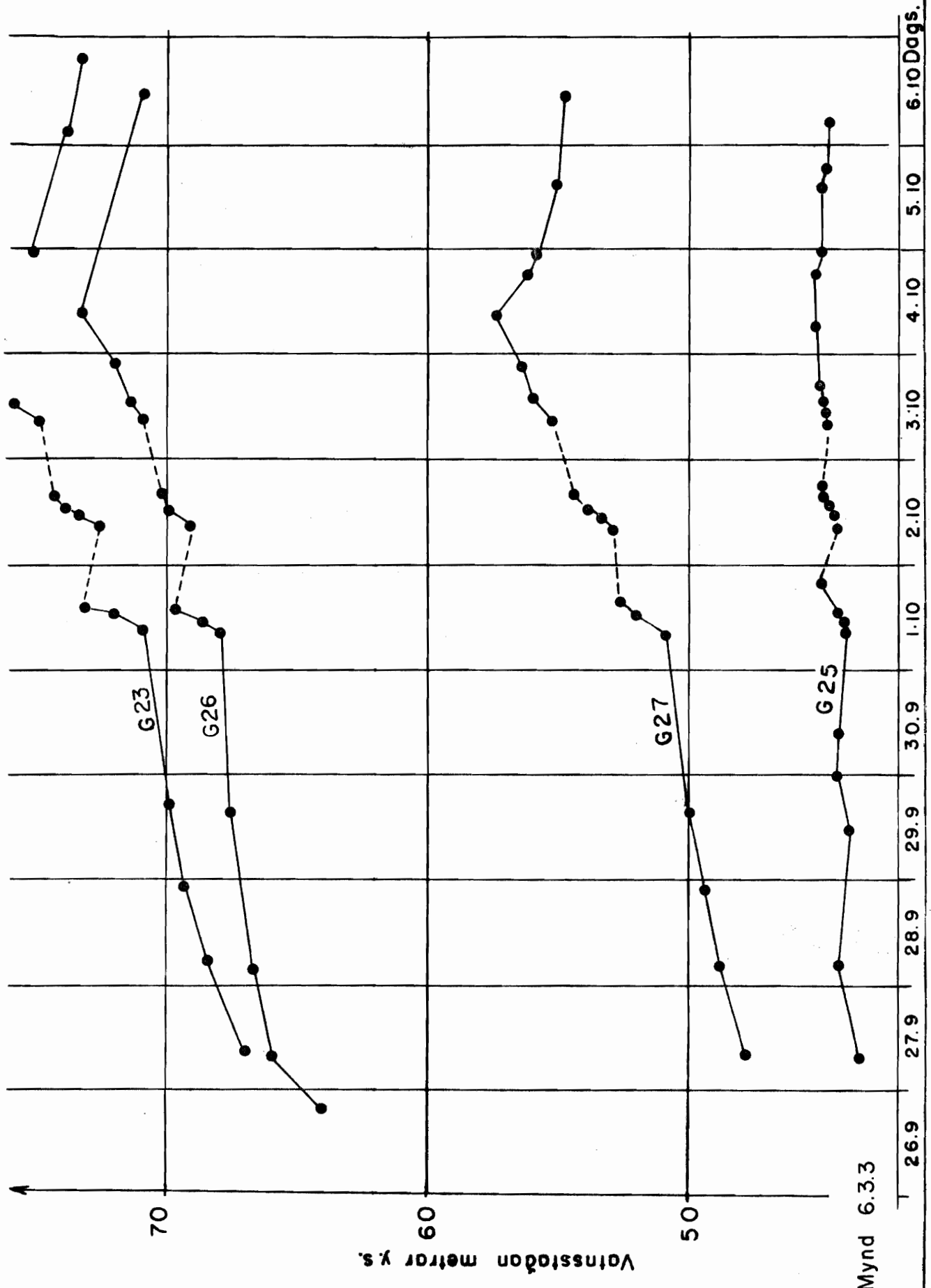
Vatnsstaða í borholum á Elliðaársvæðinu
 26.9.'68 – 6.10.'68.
 Tekið af Fnr. 8616

16.10.'68 Þ.Th./P.J.

Tnr.443 Tnr.356

J-Reykjavík J-Ým.

Fnr. 11185



Vatnsstaðon metror y.s.

Mynd 6.3.3

6.4 Efna- og ísótópasamsetning vatnsins.

Efnagreind hafa verið vatnssýni frá öllum holum á Elliðaársvæðinu. Auk þess hafa verið mæld ísótópahlutföll í nokkrum sýnum. Misjafnlega mörg efni hafa verið greind í hinum einstöku sýnum. Lágmarksgreining er mæling á sýrustigi (pH), klórmagni og SiO_2 . Við frekari greiningu er greint heildarmagn uppleystra efna, natríum, kalíum, kalsíum, magnesíum, karbónat, súlfat, súlfíð og flúoríð. Þegar allt þetta er greint er talað um heildarefnagreiningu.

6.4.1 Nýtingarhæfni vatnsins.

Í töflu 6.4.1 eru sýndar allar heildarefnagreiningar, sem til eru frá svæðinu. Fremur lítið af uppleystum efnum reynist vera í þessu vatni. Heildarmagn uppleystra efna er á bilinu 200-300 ppm, en einstaka sýni fara þó örlítið yfir það. Þetta er neysluhæft vatn, þ.e. lítið er af klór, og flúor er mjög lágt og ekki annað en til heilsubóta. Kalsíum og magnesíum er lágt og vatnið því ekki hart og ágætt til þvotta. Súlfat er einnig mjög lágt og langt undir þeim mörkum, sem talin eru varasöm fyrir neysluvatn. Nokkuð er af súlfíði og yfirleitt er lykt af þessu vatni. Magn kísils er 90-135 ppm, sem er mun herra en í öllu venjulegu drykkjarvatni. Í handbókum (t.d. Todd, 1970) er gefið 70-100 ppm sem hámarksmagn kísils svo að vatn sé drykkjarhæft. Ekki er vitað á hverju hættumörk við 70-100 ppm SiO_2 eru byggð, en vert væri að rannsaka þetta frekar hér á landi. En vegna þess hve lítils magns er neytt, getur hitaveituvatnið varla talist skaðlegt heilsu manna.

6.4.2 Uppruni vatnsins.

Magn efnanna í jarðhitavatni er aðallega háð tvennu, þ.e. uppleysanleika efnisins og tiltæku magni þess í berginu. T.d. er magn kísils í jarðhitavatni eingöngu háð hita og sýrustigi vatnsins, en magn klórs er eingöngu háð því, hve mikið klórmagn er hægt að þvo út úr berginu. Þessi tvö efni hafa því ólíkan uppruna og eru því ágæt til að geta sér til um uppruna vatnsins. Þess vegna eru til flestar greiningar af þessum efnum ásamt sýrustigi vatnsins. Ísótópahlutfallið D/H (δ - gildi) segir mikið til um uppruna vatnsins. Á undanförmum árum hefur Bragi Arnason mælt mikinn fjölda vatnssýna, bæði af jarðhitavatni og eins

yfirborðsvatni. Hann hefur gert vatnsísótópahlutfallskort af Íslandi. Fyrsta kortið birti hann af suðvesturhluta landsins (sjá Bragi Árnason og Þorbjörn Sigurgeirsson 1967). Ísótópahlutfallið er eins og merki í vatninu og segir okkur hvar vatnið hefur fallið sem rigningarvatn. Á korti Braga sést, sjá mynd 5.2, að δ -gildið við ströndina á suðvesturlandi er kringum -50 ‰, en fer niður í -90 ‰ við Langjökul. Staðbundið rigningarvatn í Reykjavík er um það bil -50 ‰. Nokkuð hefur verið gert af ísótópamælingum á vatni frá Elliðaársvæðinu.

Með ísótópasamsetningu vatnsins, klórmagni, kísilmagni og sýrustigi þess koma fram þrennskonar einkenni vatnsins. Út frá ísótópasamsetningu getum við sagt til um, hvar vatnið hefur fallið sem rigningarvatn. Út frá klórmagninu getum við sagt til um, hvort vatnið hefur farið í gegnum t.d. sjávarset eða því um líkt. Kísilmagnið segir til um hita vatnsins, annað hvort núverandi eða fyrrverandi.

Meðan hiti vatnsins fer ekki upp fyrir 150°C fellur kísillinn mjög treglega úr vatninu aftur og er því hægt að nota kísilmagnið sem vitnisburð um hámarkshitann, sem vatnið hefur náð á ferð sinni gegnum jarðlögin. Þessi hiti kallast kísilhiti (Stefán Arnórsson, 1973). Hægt er að reikna þennan hita út. Reynslan hefur sýnt, að nokkuð náð samband er á milli kísilhita og mælds hita í djúpum holum. Í töflu 6.4.2 - 6.4.5 er pH, SiO_2 , hiti og útreiknaður kísilhiti af öllum sýnum frá Elliðaársvæðinu. Ef fleiri efni eru greind í sýninu eru sömu greiningar einnig í töflu 6.4.1. Í töflu 6.4.2 eru öll sýni af annaðhvort rennandi vatni eða dælingarvatni og er merkt í töflunni hvort heldur er. Sýnin í töflu 6.4.3 eru tekin úr holum, sem verið er að bora og er þar alltaf um rennsli að ræða. Í töflu 6.4.4 eru djúpsýni, sem eru tekin með sérstöku áhaldi á ákveðnu dýpi í holunum (þar er einnig sýnt δ -gildið). Í töflu 6.4.5 er bakrennslisvatn í þrýstiprófun (bls. 72). Í töflu 6.4.6 eru sýnd δ -gildi ásamt klórmagni og hita.

Kísilmagn, sýrustig og kísilhiti: Yfirleitt er allgott samræmi milli kísilhita og mælds hita (sjá töflur 6.4.2 - 6.4.5), algengt að skakki $2-4^{\circ}\text{C}$, en þó eru nokkur gildi, þar sem skakkar 10°C eða meir. Eitthvað af þessu gæti stafað af skekkjum í efnagreiningu, en einnig verður að taka tillit til þess, að alltaf er skráður hiti á vatni, þegar sýnið er tekið, en t.d. þegar rennslið er lítið getur vatnið kólnað á leiðinni

frá vatnsæðinni upp holuna. Kísilhitinn ætti því að vera sá sami og hitinn á vatnsæðinni. Þannig er það t.d. með fyrsta sýnið frá G-23, frá 27.22.'67. Þar var hitinn hæstur 71°C, hitinn í vatnsæðinni 90°C, og kísilhitinn 88°C. Ef við lítum á töflu 6.4.4 sjáum við, að kísilhitinn er oftast sá sami, þó að hitinn í holunum G-25, G-32 og G-33 hækki. Langlíklegast er, að djúpsýnitækið skipti um vatn fyrir neðan 500-800 m dýpi og er því ekkert að marka dýpið á sýnunum, sem tekin eru á meira dýpi en það. Sýrustigið, pH, er breytilegt frá 8,7 til 10,7, en lang algengustu gildin eru á milli 9,5-9,9 og er það sennilega sýrustig djúpvatnsins, enda er kísilhitinn nokkuð réttur, ef pH er á þessu bili, nema í þeim tilvikum, sem hafa verið skýrð hér á undan. Bakrennslisvatn frá þökkun hefur mjög hátt pH (sjá síðar og töflu 6.4.5). Þar sem pH fer niður fyrir 9,5 stafar það sennilega af blöndun við yfirborðsvatn. Þessi sýni hafa kísilhita um 20% hærrí en melda hitann, en lökkun á pH mundi hækka kísilhitann (Stefán Arnórsson, 1973). Lægstu pH-gildin eru í sýnum frá G-23 teknum rétt eftir borun. Skulu nú færð nokkur rök að því að þarna sé um blöndun að ræða. Rétt eftir að borun lauk í G-23 var holunni lokað. Hún var þá með allmikinn þrýsting, upp í 7 kg/cm². Þegar holunni var lokað fóru að koma volgrur upp í kringum hana, en þetta stafaði af því að holan er ákaflega grunnt fóðruð, ekki nema niður á 35 m dýpi. Hún er því opin út í Reykjavíkurgrágrýtið, sem er ákaflega opin myndun og nærri án holufyllinga. Jarðhitavatnið hefur því átt greiðan gang upp á yfirborð í gegnum Reykjavíkurgrágrýtið, Spurningin er, hvort yfirborðsvatnið gæti ekki átt öfuga rás, þ.e.a.s. niður um Reykjavíkurgrágrýtið og niður í holuna. Ef yfirborðsvatn blandast við grunnvatn lækkar pH. Grunnvatnið í Reykjavíkurgrágrýtinu er á miklu meiri hreyfingu og nánar tengt yfirborði heldur en jarðhitavatnið, og er því líklega með lægra pH.

Klór. Klór í jarðhitavatni er af þrennum uppruna. Í fyrsta lagi er nokkurt klór í rigningarvatni eða 5-20 ppm og þeim mun meira sem úrkoman fellur nær ströndinni. Í öðru lagi þvæst klór úr bergi og er það nokkuð háð hita (yfir 200°C). Í þriðja lagi getur klór verið komið frá sjó beint eða óbeint (blöndun, þvottur af sjávarsetum o. fl.). Klórmagnið á Elliðaáarsvæðinu er af svipaðri stærðargráðu og í úrkomunni við ströndina, en þar sem vatnið á Elliðaáarsvæðinu hefur fallið sem úrkoma nokkuð upp í landi, og því með lítið klór, má ætla, að nokkuð klórmagn hafi einnig þvegist úr jarðlöggunum.

D/H hlutfallið (δ -gildið).

Ef litið er á deltagildin í töflu 6.4.6 sést, að deltagildið er nokkuð breytilegt frá holu til holu og einnig getur það verið breytilegt milli djúpsýna. Deltagildið er á bilinu -58 0/00 - 73 0/00. Algengasta deltagildið er um -63 0/00, en er einnig nokkuð algengt allt niður í -64 0/00. Flestar ákvarðanir eru úr holu G-32. Rennslið úr holunni meðan á borun stóð er með mismunandi deltagildi vegna blöndunar við skolvatn, enda eru sýnin frá -59 0/00 -63,4 0/00. Fyrsta sýnið var með lágsta δ -gildi -64 0/00. Hæsta gildið er frá G-31, -58,2 0/00 í sýni, sem tekið var meðan á borun stóð, en annað -60 0/00. δ -gildið í G-28 var tæplega -60 0/00. Einnig voru tekin djúpsýni úr G-23, sem gáfu nokkuð mismunandi gildi. Út frá niðurstöðunum, sem fengust af kísilhitanum í djúpsýnum í holum þar sem hitinn breytist með dýpi, virðist djúpsýnitækið ekki geta tekið sýni af meira dýpi en 800 m. Verður því að líta á δ -gildin í djúpsýnunum sem meðalgildi fyrir vatn ofan við 800 m dýpi. Í K-1 hefur verið mælt δ -gildi í vatni, sem var dælt upp og gaf það -64 0/00. En vatn, sem tekið var rétt fyrir ofan hrúnið í holunni, rétt eftir dælingu, gaf næstum -73 0/00. Inn á svæðið virðist sem sagt koma vatn með þrenns konar δ -gildi, það er vatn með -73 0/00 og óvissan hita, -64 0/00 vatn 110°C heitt og -58 0/00 vatn 70-79°C heitt. Gildið -58 0/00 er ekki fundið með beinum mælingum, heldur útreiknað. Reiknað er með því að 78°C heita vatnið í G-31, sem er gildið á staðbundnu grunnvatni blandist við -64 0/00 110°C heita vatnið í sömu hlutföllum og vatnsæðarnar (skolvatnstapið) gefa til kynna.

Algengasta vatnið á svæðinu er blanda af -58 0/00 og -64 0/00 vatni. Landfræðileg dreifing δ -gildana er sú, að -58 0/00 vatn finnst aðeins syðst á svæðinu, en -73 0/00 vatn aðeins vestast í K-1, en annarsstaðar einhver blanda. -73 0/00 vatnið ætti að vera lengst að komið, nema vatnið sé svo gamalt, að það sé frá öðru veðurfarstímabili.

6.4.3 Önnur uppleyst efni.

Af öðrum uppleystum efnum hefur verið greint natríum, kalíum, kalsíum, magnesíum, karbónat, súlfat, súlfíð og flúor (tafla 6.4.1). Einnig hefur verið greind rafleiðni vatnsins, en hún er háð magni uppleystra efna og þar sem magn þeirra er tiltölulega líkt er leiðni mjög lík í

flestum sýnum. Uppleysanleiki natríum og kalíum er bæði háður hita og magni auðleysta klórsalta. Þar sem mikið er af klóri er jafnframt mikið af natríum og kalíum. Það hefur og sýnt sig, að eftir því sem hiti vex þá vex kalíum-natríum hlutfallið og er það því háð hita. Kalíum vex á kostnað natríums eftir því sem hiti vex. Þetta hlutfall gæti einnig verið að nokkru leyti háð bergtegundinni, þannig að í kalíumríkum bergtegundum yrði hlutfallið hærra. Á Elliðaáarsvæðinu er bæði natríum og kalíum lágt, enda er mjög lítið af klór. Algengasta natríummagnið er um 40-50 ppm. Natríum kemur einnig fram í sýni 10 úr K-1, sem er sýni frá bakrennsli. Hér er natríum strax orðið um 43 ppm, svo þetta er efni, sem þvæst tiltölulega fljótt úr bergi. Kalíum er yfirleitt lágt, hæst nærri 4 ppm, en fer niður í 0.6 ppm. Í þeim greiningum, sem fyrir liggja, virðist ekki vera neitt samband á milli K/Na hlutfallsins og hita.

Kalsíum og Magnesíum: Uppleysanleiki kalsíum og magnesíum er í öfugu hlutfalli við hita og er mest kalsíum þar sem hitinn er lægstur. Einnig er mikið kalsíum í sýni 10 (K-1), bakrennslisvatninu. Uppleysanleiki kalsíum er háður uppleysanleika salta eins og CaSO_4 , CaCO_3 og CaF_2 .

Karbónat: Nokkrar greiningar eru til af karbónati og er það yfirleitt fremur lágt, en mælingar á því eru all erfiðar og mikil ónákvæmni er í ákvörðunum á karbónati. Karbónatið er sennilega mest úr lofti, en gæti einnig verið þvegið úr berginu.

Súlfat: Talsvert er af súlfati, en það stjórnast af uppleysanleika kalsíumsúlfats, sem er í öfugu hlutfalli við hitann og er súlfatmagnið í samræmi við það. Sennilega eru smáagnir af súlfatmínerölum í berginu, þó þær finnast yfirleitt ekki.

Súlfíð: Magn súlfíðs er nokkuð örugglega háð hita, en mælingar á því eru ekki svo nákvæmar, að það taki því að ræða einstakar mælingar sérstaklega.

Flúor: Magn flúors er sennilega bæði háð hita og gerð bergsins, sem vatnið er í. Mest flúor er í tiltölulega súrum bergtegundum. Flúormagnið er lítið breytilegt og virðist algengast á milli 0,7-0,9 ppm.

Bakrennslisvatn. Í töflu 6.4.5 eru sýni frá bakrennsli við pökkun og einnig eru tekin sýni af vatni, sem dælt var niður í þrýsti-prófun á G-24 og á þrýstiprófun í Kópavogsholunni. Í þessari töflu eru aðeins pH, klór og kísilmagn sýnd, en einnig eru til heildarefnagreiningar af þessum sýnum (sjá töflu 6.4.1). Vatnið, sem dælt var niður, var vatn úr Elliðaánum, sem er með lágt pH, u.þ.b. 7, og einnig er vatnið úr Gvendarbrunnum með tiltölulega lágt pH, 8-10, (sjá töflu 6.4.5). Í öllum sýnum af vatninu, sem til baka kemur, er pH hátt, yfir 9,6, og fer allt upp í 10,7. Enginn vottur er sem sagt af hinu lága pH, sem niourdælda vatnið hafði. Það hljóta að vera efnaskipti vatns og bergs, sem breyta pH vatnsins. Þar sem leirmíníralar innihalda mikið vatn og eru í miklu magni í berginu, er líklegast, að leirmíníralarnir breyti pH vatnsins. Þetta þarf að rannsaka nánar. Klórið í Elliðaánum og eins í Gvendarbrunnum er lægra en klórmagnið í jarðhitavatninu, þó ekki muni miklu. Klórmagnið í bakrennslisvatninu er hins vegar svipað og í jarðhitavatninu og bendir það til, að einhver útskolun á klór eigi sér stað í berginu:

Kísilmagnið í Elliðaárvatninu og Gvendarbrunnvatninu er á milli 14 og 16 ppm og í flestum sýnum hefur þetta magn aukist mjög verulega nema í kaldasta sýninu, 12°C, en þar er næstum ekki um neina aukningu að ræða. Þar hefur einungis pH breytst. Í hinum sýnunum hefur orðið veruleg aukning á kísilmagni og jafnframt kemur fram hærri kísilhiti en mældur hiti. Líklegt er, að kísilhitinn sé hitinn á vatninu í vatnsæðunum, en munurinn, sem kemur fram á mælda hitanum og kísilhitanum, stafi af kólnun á vatninu á leiðinni upp holuna.

TAFLA 6.4.1

HEILDAREFNAGREININGAR
AF ELLIDAARFVÆÐINU

Sýni Númer	Hola nr. eða lind	Deuterium δ-gildi -0/00	Sýrustig pH	Cl ⁻ ppm	SiO ₂ ppm	Uppleyst steinefni ppm	Na ⁺ ppm	K ⁺ ppm	Ca ⁺⁺ ppm	Mg ⁺⁺ ppm	CO ₃ ⁺⁺ ppm	HCO ₃ ⁻ ppm	SO ₄ ⁻⁻ ppm	S ⁻⁻ ppm	F ⁻ ppm	Hiti °C
HÖFV12690209	Keldur		9.68	18.5	35											25
24.09.54	Keldur, volgra		10.09	17.7	23.2	108.0					16.2 ^x		7.2		0.2	18
06.10.64	Breiðholt, volgra		9.61	16.2	62.8	164.8					10.2		9.5		0.5	30
29.04.54	Blesugróf, tekin úr pípu		9.7	19.2	46.4	148.8					18.2		9.2		0.3	37
27.11.67	G-23	64.4	9.81	20.5	113.2	264.0	35.0	1.0	1.7	0.02	37.2		22.4		0.9	71
28.12.67	"		9.60	19.2	130.0	250.0	48.0	1.2	1.5	0.24	35.0	16.0	27.0		0.4	100
12.01.68	"	62.3	9.05	19.0	136.0	288.0	44.0	1.6	2.5	0.05	41.4		13.8		0.6	
12.01.68	"	x63.6	9.10	18.0	126.4	263.2	43.0	1.9	2.2	0.05	47.4		12.7		0.6	
23.10.68	G-28		10.25	17.0	82.8	204.4	36.6	0.6	2.6	0.1	26.4		25.0		0.35	
10.09.69	G-29		9.5	51.0	116.0	240	75.5	3.2	2.0	0.2	55 ^x	25 ^x			0.5	111.8
10.09.69	G-30		9.5	56.0	120.0	240	68.5	2.8	2.0	0.2	48 ^x	20.5 ^x			0.6	
10.09.69	G-31		9.6	45.5	116.0	230	69.0	3.1	2.4	0.2	45	30.0 ^x			0.5	94
HÖFV10691090	G-32			16.5	70.8	259.2	52.6	0.9	1.6	0.4			17.9		0.6	65
HÖFV10691091	"			17.1	110.4	252.4	50.5	0.9	1.9	0.5			16.7		0.6	68
HÖFV04700065	"		9.70	18.2	124.0	388.8	46.0	2.2	2.2	0.63			18.2		0.75	115
HÖFV04700066	"		9.75	(42.5)	103.6	314.0	59.0	2.3	2.3	0.12			16.1		0.70	70
HÖFV12700202	"		9.80	16.2	111.2	246.8	50.5	3.9	1.6	0			81.1		0.85	72
HÖFV12700203	"		9.75	16.2	111.6	250.0	49.1	0.7	1.6	0			16.0		0.80	73
HÖFV06710044	G-33		10.10	17.4	80.5	209.5	40.2	0.8	4.2	0.06	26.4		9.7		0.65	58
HÖFV09710091	"		9.90	16.7	74.5	196.5	44.0	2.0	3.5	0.04	25.2		12.8		0.6	59
HÖFV09710094	"		9.70	17.4	98.5	236.0	45.4	1.2	3.1	0.09	28.8		16.3		0.7	92
HÖFV09710095	"		9.8	17.7	102.0	241.0	50.4	1.2	3.5	0.2	23.4		12.1		0.7	
HÖFV03690010	K-1		9.65	18.2	64.5	212.8	43.2	0.8	5.6	2.6	16.2	48.2	36.4		0.9	34
HÖFV04690030	"	64.0	10.15	29.9	70.0	253.5	51.2	0.8	3.6	2.3	31.8	19.8	20.6		0.8	36
HÖFV04690031	"	x72.9	9.85	37.9	79.0	272.5	63.8	1.8	2.4	0.6	28.8	25.6	58.8		0.95	78
HÖFV05690037	GV			12.1	13.6	61.2	11.6	0.3	4.3	1.6		36.0			0.1	

x djúpsýni

TAFLA: 6.4.2

Sýni úr holustút.

Sýni Númer	Hola Númer	D=dæling l/s R=rennsli l/s	Sýrustig pH	Cl ⁻ ppm	SiO ₂ ppm	SiO ₂ Hiti °C	Hiti °C
120168	G-23	R = 45	8.70	18.0	130.4	126	100
HÖFV12690206	"	D = 46	9.20	17.4	107.0	106	98
020468		R = 1.0	10.70	20.9	69.2	49	32
130568	G-25	R = 7-8	9.70	18.1	61.6	72	
080768	"	R = 7-8	9.75	19.2	60.4	67	
080768	G-26	R = 40	9.90	18.2	135.2	94	
HÖFV12690208	"	R = 37	9.30	17.4	121.0	107	110
071068	G-28	R = 4	10.15	17.9	54.0	38	
111068	"	R = 5-6	10.15	16.4	55.6	38	
231068	"	R = 5-6	10.25	17.4	82.8	42	
HÖFV05690034	"	R = 5-6	10.0	20.5	59.6	48	59
HÖFV12690205	G-29	D = 45	9.29	18.1	105.0	102	107
HÖFV12690207	G-30	D = 37	9.30	17.1	109.0	100	110
HÖFV07690056	G-31	R = 20	9.65	16.9	116.0	94	
HÖFV09690109	G-32	R = 7	9.88	14.0	97.0	75	68

TAFLA 6.4.2 frh.

Sýni	Hola	D=dæling l/s	Sýrustig	Cl ⁻	SiO ₂	SiO ₂	Hiti
Númer	Númer	R=rennsli l/s	pH	ppm	ppm	Hiti °C	°C
HÖFV0960110	G-32	R = 7	9.94	14.8	99.0	73	69
HÖFV09690174	"	R = 7	9.97	16.1	111.0	78	70
HÖFV09690175	"	R = 7	9.87	13.3	79.0	66	60
HÖFV09690180	"	R = 7	9.97	16.7	113.0	76	70
HÖFV10690190	"	R = 7		16.5	70.8		65
HÖFV10690191	"	R = 7		17.1	110.4		68
HÖFV12700202	"	D = 14.5	9.80	16.2	111.2	87	72
HÖFV12700203	"	D = 14.5	9.75	16.2	111.6	88	73
HÖFV06710044	G-33	R = 2	10.10	17.4	80.5	51	58
HÖFV09710091	"	R = 2	9.90	16.7	74.5	53	59
HÖFV04690030	K-1	D = 3	10.15	19.9	70.0	45	36

TAFLA 6.4.3

Sýni tekin meðan á borun stóð.

Sýni Númer	Hola Númer	Sýni úr borh.stút Dýpi holu m	Deuterium gildi ± 5 o/oo	Sýrustig pH	Cl ⁻ ppm	SiO ₂ ppm	SiO ₂ Hiti °C	Hiti °C
*271167	G-23	535	64,4	9,81	20,5	113,2	88	71
	"	795	59,9	9,75	20,9	138,8	102	(110)
41267	"	868	59,2	9,57	20,9	138,8	110	100
061267	"	1000	61,2	9,75	18,7	136,4	100	100
061267	"	1266,5	62,3	9,65	17,8	121,6	102	100
HÖFV07690052	G-31	1453	58,2	9,65	15,9	108,0	90	88

*Sýni eldra en númerakerfið. (Dagsetning)

T A F L A 6.4.4.

Djúpsýni

Sýni Númer	Hola Númer	Dýpi m	Deuterium - δ	Sýrustig pH	Cl ⁻ ppm	SiO ₂ ppm	SiO ₂ Hiti °C	Hiti °C
120168	G-23	200	62.9	9.00	18.2	131.6	122	100
120168	"	680	60.9	9.00	17.2	126.8	120	110
120168	"	1025	62.3	9.05	19.0	136.0	124	
120168	"	1095	62.0	9.05	17.3	131.2	121	101
120168	"	1256	63.1	9.10	17.2	132.0	121	99
120168	"	1266.5	63.6	9.10	18.0	126.4	119	
HÖFV01700003	G-25	265		9.40	20.0	68.0	75	78
HÖFV01700004	"	640		9.40	20.2	63.0	72	96
HÖFV01700005	"	1440		9.37	19.2	64.0	74	98
HÖFV04700066	G-32	300		9.75	(42.5)	103.6	85	70
HÖFV04700063	"	750		9.70	19.2	105.6	88	75
HÖFV04700064	"	1250		9.70	18.7	107.2	89	100
HÖFV04700065	"	1340		9.70	18.2	124.0	96	115

T A F L A 6.4.5.
Sýni frá bakrennsli í brýstiprófun.

Sýni Númer	Hola Númer	Sýrustig pH	Cl ⁻ ppm	SiO ₂ ppm	SiO ₂ Hiti °C	Hiti °C
02.04.68	Elliðaár	6.95	11.7	16.4		
02.04.68	G-24	9.65	12.9	17.6		12
03.04.68	"	10.70	20.9	69.2		36
HÖFV09690176	G-32	9.77	15.2	41.0	42	34
HÖFV09690177	"	9.80	17.7	41.0	40	38
HÖFV09690178	"	9.70	14.3	51.0	52	43
HÖFV09690179	"	9.94	14.7	103.0	75	55
HÖFV0569037	Úr vatnsleiðslu í Fossvogi	8.10	12.1	13.6		
HÖFV03690009	K-1	9.85	13.9	64.0	56	25
HÖFV03690010	"	9.65	18.2	64.5	64	34
HÖFV03690011	"	9.85	19.8	73.5	64	35
HÖFV03690012	"	9.90	17.1	64.5	54	28
HÖFV03690013	"	9.85	15.9	56.0	52	26

T A F E L A 6.4.6

δ-gildi, Cl⁻ og hiti

Sýni nr.	Hola nr.	Söfnunartími	-δ-gildi o/oo	Hiti °C	Cl ⁻ ppm
27.11.67	G-23	0	64.4	71	20.5
04.12.67	"	0	59.9	100	20.9
06.12.67	"	0	61.5	"	18.7
15.12.67	"	0	62.3	"	17.8
12.12.62	"	0	60.8	"	-
29.12.67	"	0	62.8	"	-
12.01.68	"	0	61.9	"	18.0
12.01.68	"	200	62.9	"	18.2
12.01.68	"	688	60.9	110	17.2
12.01.68	"	1025	62.3	102	19.0
12.01.68	"	1095	62.0	101	17.0
12.01.68	"	1256	63.1	99	12.2
12.01.68	"	1266	63.6	92	18.0
19.02.69	"	0	62.0	98	17.4
19.12.69	G-25	265	60.9	78	20.0
19.12.69	"	640	58.8	96	20.2
19.12.69	"	1440	60.0	90	19.2
19.12.69	G-26	0	61.0	110	17.4
13.05.69	G-28	0	59.8	59	20.5
19.12.69	G-29	0	60.2	107	13.1
19.12.69	G-30	0	61.4	110	17.1
06.07.69	G-31	0	58.2	88	15.9
13.07.69	"	0	60.0	94	
19.04.69	K-1	0	64.4	36	29.9
22.04.69	"	640	72.9	90	37.9

6.5 VATNSSTÖÐUMÆLINGAR Í BORHOLUM VIÐ ELLIÐAÁR Í JÚLÍ

1968 - MARS 1969.

6.5.1 Inngangur

Kafli þessi er um vatnsstöðumælingar, sem gerðar voru í borholum við Elliðaár og nágrenni á tímabilinu júlí, 1968 til mars, 1969. Dælt var úr holum G23 og G26 og mælingar gerðar á vatnsstöðu þeirra og annarra nálægra hola.

Við úrvinnslu mælinganna kom í ljós, að vatnsstaðan í holunum fylgdi mjög vel misvægislíkingu Theis frá 1935, og er hún notuð til útreikninga á rennslisstuðlum svæðisins og til að spá fyrir um vatnsstöðulækkun á svæðinu við mismunandi vatnsmagn úr borholunum og mismunandi staðsetningu þeirra.

Misvægislíking Theis er:
$$h = \frac{Q}{4 \pi T} \int_u^\infty \frac{e^{-u}}{u} du$$

þar sem $u = \frac{r^2 S}{4 T t}$

t = Tími liðinn frá upphafi eða lokum dælingar, sek.

h = Vatnsstöðuhækkun eða lækkun, m

Q = Vatnsmagn úr vinnsluholu, m³/s

r = Fjarlægð mælingarholu frá vinnsluholu, m

T = Heildarvatnsleiðni, m²/s eða rennsli í m³/s

við ríkjandi hitastig og 100% þrýstingsfall, um meters breiða ræmu, sem er þykkt vatnsleiðarans, í metrum, á hæð.

S = Geymslustuðull. Rúmmál þess vatns, sem leiðarinn missir eða fær á hvern m² við eins meters þrýstingslækkun eða hækkun. (m³/m³).

Líkingin gerir ráð fyrir fjaðurmögnuðu, eingerðu vatnsgengu jarðlagi, endalausni að víðáttu, láréttu eða hallandi, milli tveggja vatnspéttra jarðlaga. Ennfremur að leiðnin, T, sé allsstaðar hin sama og að vatnið losni úr laginu vegna þjöppunar þess og þennslu vatnsins við lækkaðan þrýsting.

Lausnin á $\int_u^\infty \frac{e^{-u}}{u} du$, sem til hægðarauka

er skrifað $W(u)$, er röðin

$$\left[-0.5772 - \ln u + u - \frac{u^2}{2 \cdot 2!} + \frac{u^3}{3 \cdot 3!} - \frac{u^4}{4 \cdot 4!} \dots \right]$$

Töflur (Smithsonian Physical Tables, 1933) eru til á prenti yfir gildi á $W(u)$ fyrir mismunandi gildi á u .

Rennslisstuðlana, T og S , er hægt að finna með samanburði á mældum ferli h á móti t og reiknuðum ferli $W(u)$ á móti $\frac{1}{u}$. Þá má einnig finna úr líkingunni

$$h = \frac{2}{4 \pi T} [-0.5772 - \ln u] = \frac{2.30}{4 \pi T} \log \frac{2.25 T}{r^2 S} + \frac{2.30}{4 \pi T} \log t$$

eftir að u er orðið lítið (<0.02) í samanburði við $\ln u$.

Ferill þessarar líkingar verður þá bein lína með hallanum

$$\frac{2.30}{4 \pi T}$$

Út frá rennslisstuðlunum, S og T , er síðan, fræðilega séð, hægt að reikna vatnsstöðu hvar og hvenær sem er innan áhrifsvæðis vatns-vinnsluholu.

Sé leiðari ekki endalaus að víðáttu, heldur takmarkist á einn eða fleiri vegu t.d. af óvatnsgengum jarðlögum, má nota líkinguna með því að staðsetja spegilholur handan takmarkanna, þannig að þær upphefji áhrif þeirra og geri leiðarann reiknislega endalausan að víðáttu. Takmörkin má oft staðsetja eftir vatnstöðuferlum mælingarhola og þekktri jarðfræði vinnslusvæðis.

6.5.2 Borholur

Á tímabilinu nóv. 1967 - okt. 1968, voru boraðar sex holur á svæðinu með Gufubor ríkis og Reykjavíkurborgar fyrir Hitaveitu Reykjavíkur. Áður hafði hitaveitan látið bora fimm grynri holur og Vatnsveita Reykjavíkur eina. Tvær af holum Gufubors hafa verið virkjaðar með borholudælum, hola G23 í jan. 1968 og G26 í nóv. 1968. Af grynri holunum eru tvær nýttar, H35, sem gefur 1/2 l/s, 35°C, með sjálfrennsli og H20, sem gefur svipað magn með barkadælu. Staðsetning holanna er sýnd á mynd 4.1 mynd 6.5.1, en mynd 6.5.2 sýnir dýpt þeirra, lengd og þvermál fóðurrörs og vatnsæðar.

6.5.3 Vatnsstöðumælingar

Reglubundnar vatnsstöðumælingar voru gerðar á tímabilinu júlí, 1968 til mars, 1969, en hér er að miklu leyti stuðst við mælingar frá des. 1968 til mars, 1969.

Vegna óreglubundnar vatnsvinnslu og ýmissa framkvæmda á svæðinu, reyndist ekki unnt að fylgja fyrirfram gerðri áætlun við mælingarnar, heldur varð að haga þeim að miklu leyti eftir aðstæðum hverju sinni. Boranir og rennslisprófanir í holum G27 og G28 stóðu fram í októberlok. Virkjunarframkvæmdum við holu G23 og G26 lauk ekki fyrr en síðari hluta nóvembermánaðar og loks olli óstöðug dæling úr vinnsluholunum erfiðleikum við mælingar og úrvinnslu þeirra. Einstaka mælingaferla má sjá á myndum 6.5.3 - 6.5.8.

Í upphafi tímabilsins er vatnsstaðan í öllum holum á svæðinu, að undanskildum holu H39 og holu við Gamla Klakhús, ofan við jarðaryfirborð, allt að 50 metrum í G23. Hún helst þar allt tímabilið í holum G24, G25, H35 og H41 en lækkar niður fyrir það í holum G23, G26, G27 og G28, þegar dælt er úr vinnsluholunum, G23 og G26 .

Mælingar voru gerðar með Bourdon þrýstimæli, þar sem vatnsstaðan var yfir jarðaryfirborði, en með rafmagnskapli, þar sem hún er neðar. Síritandi vatnsstöðumælar voru notaðir í holum G27 og G28.

Afkastaferill borholudælu í G26 var notaður til að reikna vatnsstöðu holunnar. Dagana 21.3. og 23.3. var reiknuð vatnsstaða holunnar -25.3 m og -10.7 m frá fóðurrörsbrún en mældist á sama tíma með rafmagnskapli -24.55 m og -10.60 m, sem er innan við meter frá reiknuðu vatnsstöðunni.

6.5.4 Úrvinnsla mælinga

Rennslisstuðlamir, T og S, voru ákvarðaðir með samanburði ferilsins $W(u)$ á móti $1/u$ við melda ferla vatnsstöðulækkunar eða hækkunar í mælingarholu á móti tíma frá upphafi eða lokum dælingar úr vinnsluholu. Logaritmiskir kvarðar voru notaðir til hagræðis. Eftirfarandi tafla sýnir gildi stuðlanna í mælingarholum og vinnsluholum.

Dags.	Mælingarhola	Vinnsluhola	T l/s	S
22.11.'68	G23	G26	2.9	2.3×10^{-4}
18.7.'68	G26	G23	2.8	2.5×10^{-4}
22.11.'68	G27	G26	2.9	2.4×10^{-4}
23.4.'69	G27	G23	4.6	3.1×10^{-5}
15.11.'68	G28	G23	2.9	1.6×10^{-4}
29.11.'68	G28	G26	4.1	5.1×10^{-4}
8.9.'68	G25	G28	0.3	4.1×10^{-5}

Nokkurs misræmis gætir í gildi stuðlanna, sérstaklega á S, en þess er að vænta, þegar tekið er tillit til þess, að haga hefur þurft mælingum eftir vatnsvinnsluþörfum og virkjunarframkvæmdum.

Rennslistuðlar úr G25 voru fengnir við frjálst rennsli, 2.7 l/s, úr holu G28 þegar hún var 336 metrar á dýpt. Þeir eru í samræmi við stuðla, sem fengust úr holu H41 22. - 29.11.'68 og eru sennilega rennslisstuðlar eldri grágrýtismyndunarinnar, sem nær niður í 400 til 500 metra dýpi.

Innstreymisstuðlar vinnsluholanna, G23 og G26, voru reiknaðir eftir jafnvægislíkingunni (Thiem 1906)

$$h_v = h_o + \frac{2.3 Q}{2 \pi T} \log \frac{r_o}{r_v}$$

h_v = vatnsstöðulækkun í vinnsluholu
 h_o = vatnsstöðulækkun í mælingarholu
 r_o = fjarlægð mælingarholu frá vinnsluholu
 r_v = þvermál vinnsluholu.

Reiknuð er vatnsstaða í vinnsluholu út frá vatnsstöðu í nálægri mælingarholu og gert ráð fyrir að mismunur mældrar vatnsstöðu, h_m , og reiknaðrar vatnsstöðu, h_r , jafngildi innstreymismótstöðu vinnsluholunnar. Sé ennfremur gert ráð fyrir að innstreymismótstaðan standi í beinu hlutfalli við Q^2 , verður innstreymisstuðull holunnar $\frac{h_m - h_r}{Q^2}$. Þannig fékkst innstreymisstuðullinn $0.011 \text{ m}/(1/\text{s})^2$ í G23 en $0.0091 \text{ m}/(1/\text{s})^2$ í G26.

Vatnsstöðuferlar mælingarhola benda til þess að víðátta vatnsgengu jarðlaganna á svæðinu sé ekki endalaus, heldur takmarkist þau á a.m.k. tvo vegu af óvatnsgengum jarðlögum. Sýnt hefur verið fram á (Ferris, 1949), að við hagstæð skilyrði er unnt að staðsetja takmörkin með staðsetningu spegil vinnsluhola handan takmarkanna, sem upphafa áhrif þeirra. Takmörkin liggja mitt á milli vinnsluholu og spegilholu hornrétt á tengilínu þeirra. Fjarlægð spegilholu frá mælingarholu má fá úr hlutfallinu $\frac{t_1}{r_1^2} = \frac{t_2}{r_2^2}$ þar sem r_1 og r_2 eru fjarlægðir mælingarholu frá vinnsluholu og spegilholu en t_1 og t_2 er tími frá upphafi dælingar, sem þarf til þess að vinnsluhola og spegilhola orsaki sömu vatnsstöðulækkun í mælingarholu. Til þess að staðsetja spegilholu og þar með endamörk vatnsgengu jarðlaganna, þarf því a.m.k. þrjár mælingarholur.

Vatnsstöðuferill úr holu G27, 23.3.'69, bendir til tveggja óvatnsgengra takmarka. Annað í 910 metra fjarlægð en hitt í 4050 metra fjarlægð frá G27. Með vatnsstöðuferlum úr holum G23, G26 og G28 hefur tekizt með nokkurri vissu að staðsetja nálægari takmörkin um 150 metrum í norðvestur frá því sem þau eru sýnd á mynd 6.5.1. Fjarlægari takmörkin hefur enn ekki tekist að staðsetja.

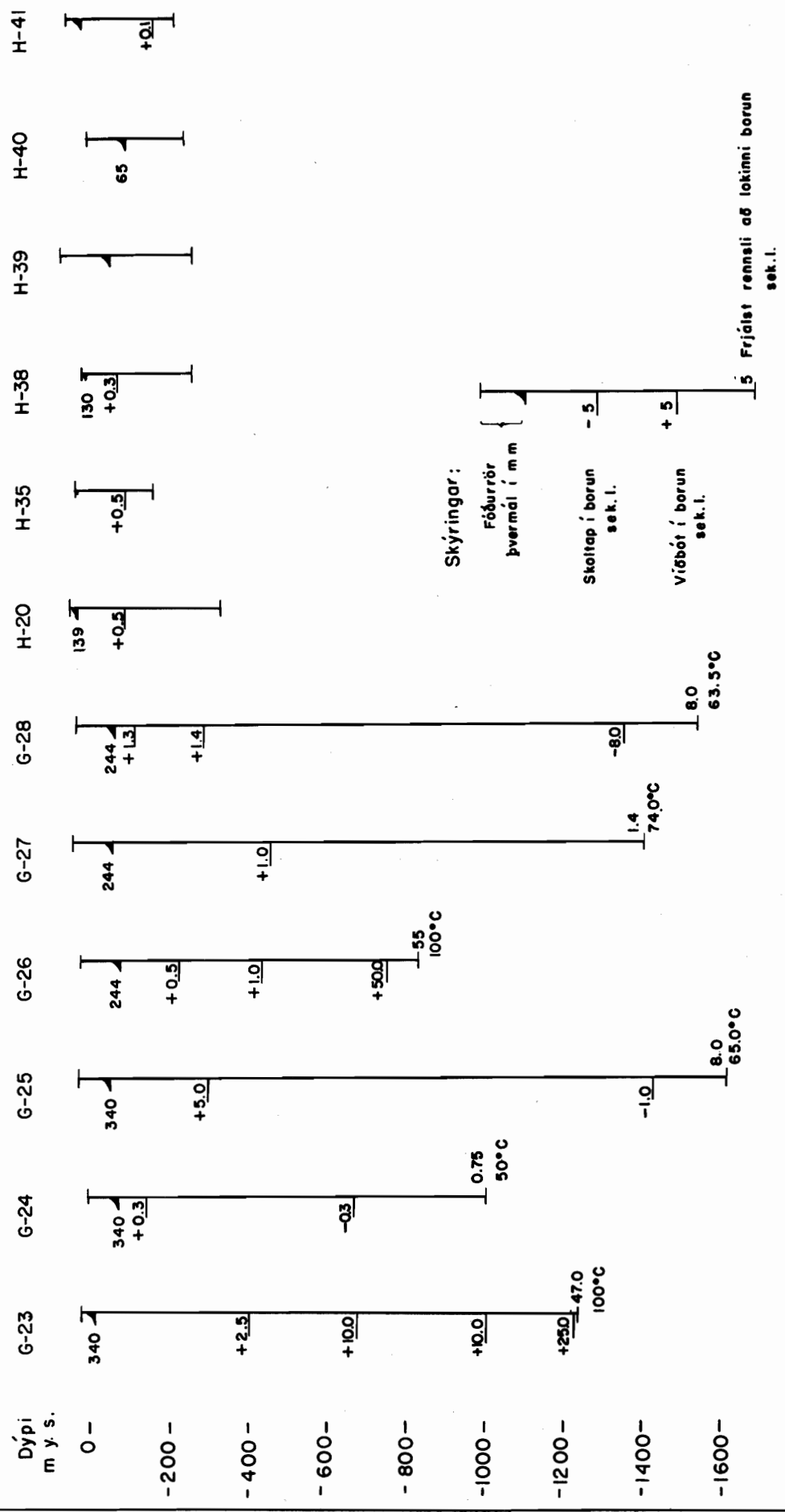
Tilraun var gerð til þess að spá fyrir um vatnsstöðu í holu G23 við mismunandi vatnsvinnslu og mismunandi staðsetningu annarra vinnsluhola (mynd 6.5.1 og mynd 6.5.5) Notaðir voru stuðlarnir $T = 3 \times 10^{-3}$ m²/s og $S = 5 \times 10^{-5}$ og gert ráð fyrir óvatnsgengum skilum nær vinnsluholunum en þau raunverulega eru, til þess að vega upp á móti áhrifum fjarlægari skilanna, sem enn hefur ekki tekist að staðsetja. Þessir reikningar benda til að við 200 l/s vatnsvinnslu valdi vinnsluhola staðsett við A, í 80 metra fjarlægð frá G23, 10 metrum meiri vatnsstöðulækkun í G23 en vinnsluhola staðsett við C í 850 metra fjarlægð.

6.5.5 Loftþyngd og sjávarföll

Áhrif loftþyngdar og sennilega sjávarfalla koma fram í holum þar sem síritandi vatnsstöðumælum varð við komið, en þær voru G27 og G28 við Elliðaár og H41 í Gufunesi. Ójöfn dæling úr vinnsluholum olli þó enn sem fyrr erfiðleikum við ákvarðanir þessara stærða og hvort um sjávarföll eða bein áhrif tungls og sólar á jarðskorpuna væri að ræða. Áhrifin sem orsakast gætu af sjávarföllum eru 1.5 - 2.5% af hæðarmismun flóðs og fjöru í holum G27 og G28 og fasafrávik 90-120 mínútur. Þau eru 22% með litlu sem engu fasafrávik í holu H40 þar sem sjávarföll eru örugglega orsök þeirra.

Ef gert er ráð fyrir rennslisstuðlunum $T = 4$ l/s og $S = 10^{-4}$ í holum G27 og G28 og að áhrifin orsakist af mismunandi fargi á vatnshelda vatnsleiðara holanna við mismunandi sjávarhæð, gæti uppruni fargsins verið í 1400-1600 metra fjarlægð frá holunum eða í Elliðaárvogi eða Grafarvogi og áhrifin þar verið um 20% af hæðarmismun flóðs og fjöru.

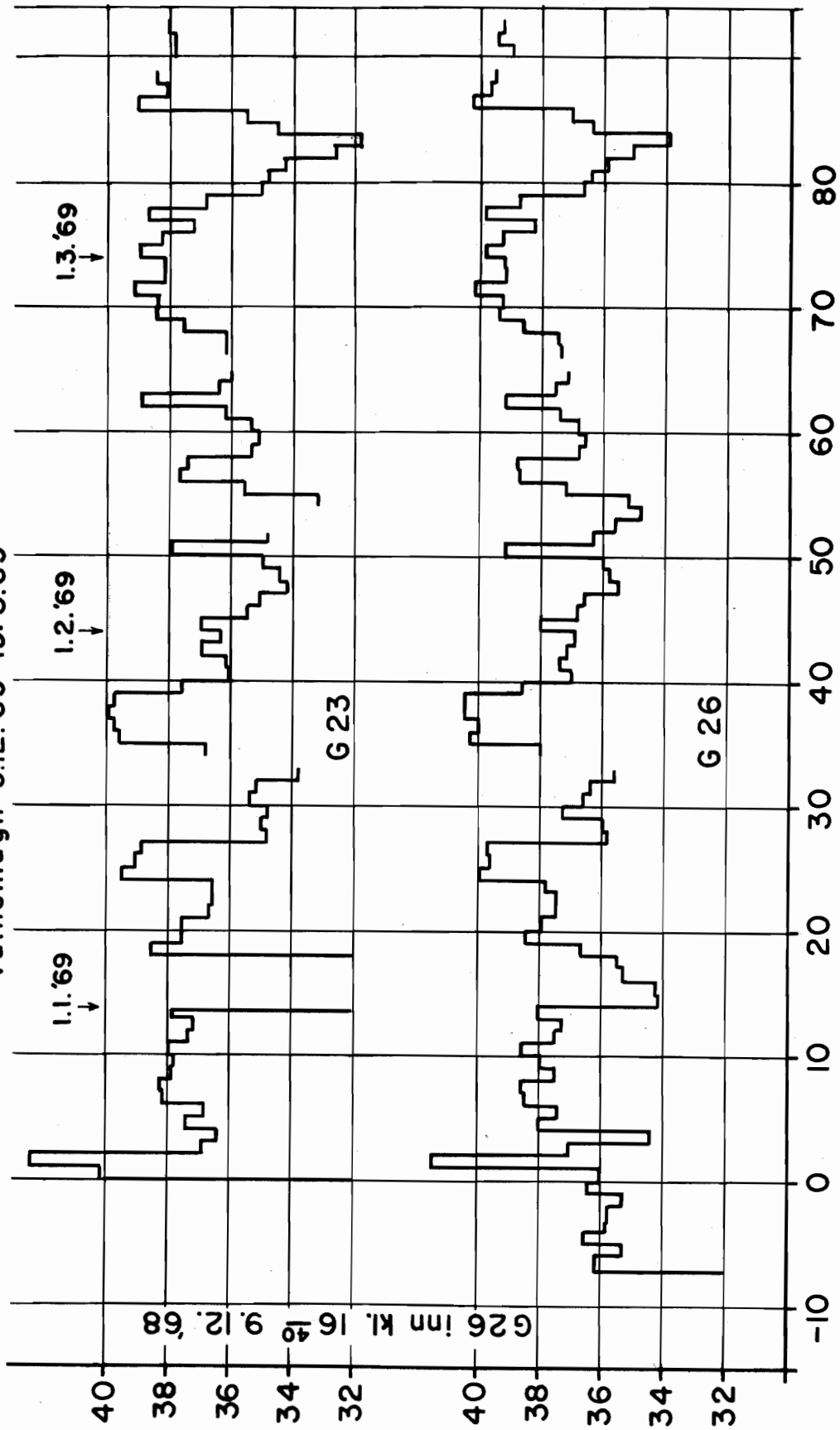
Áhrif loftþyngdarbreytinga á vatnsstöðuna í holunum er um 80% þannig að hækkun loftþyngdar um 1 millibar veldur 0.8 cm lækkun á vatnsstöðu holanna.



Mynd 6.5.2

Holur G 23 og G 26

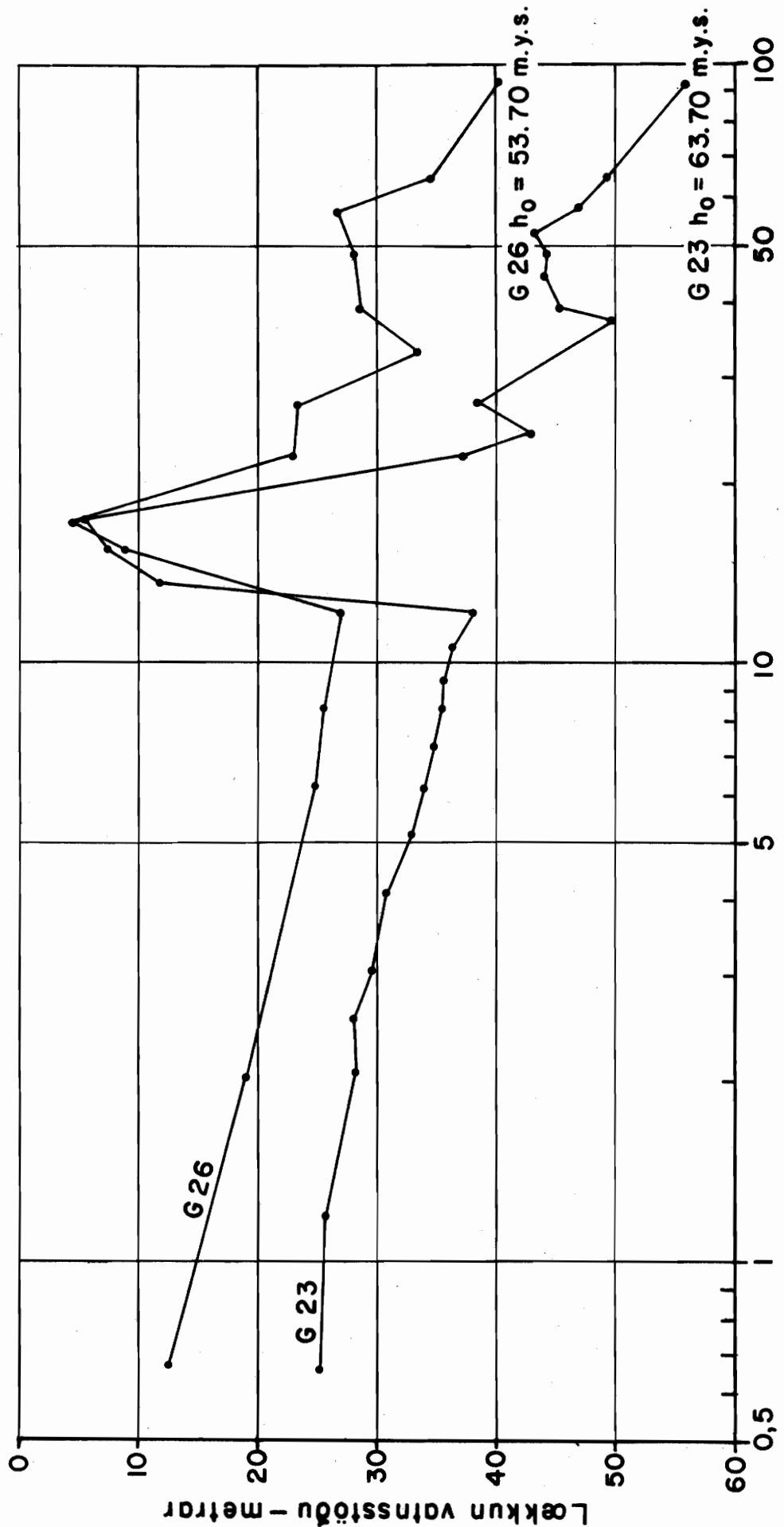
Vatnsmagn 9.12.'69-19.3.'69



Dagar frá 0⁰⁰ 17.12.'68

Vatnsmagn - sek. litrar

Lækkun vatnsstöðu 17.12. '68 - 18.3. '69



Dagar frá kl. 8:40 17.12. '68

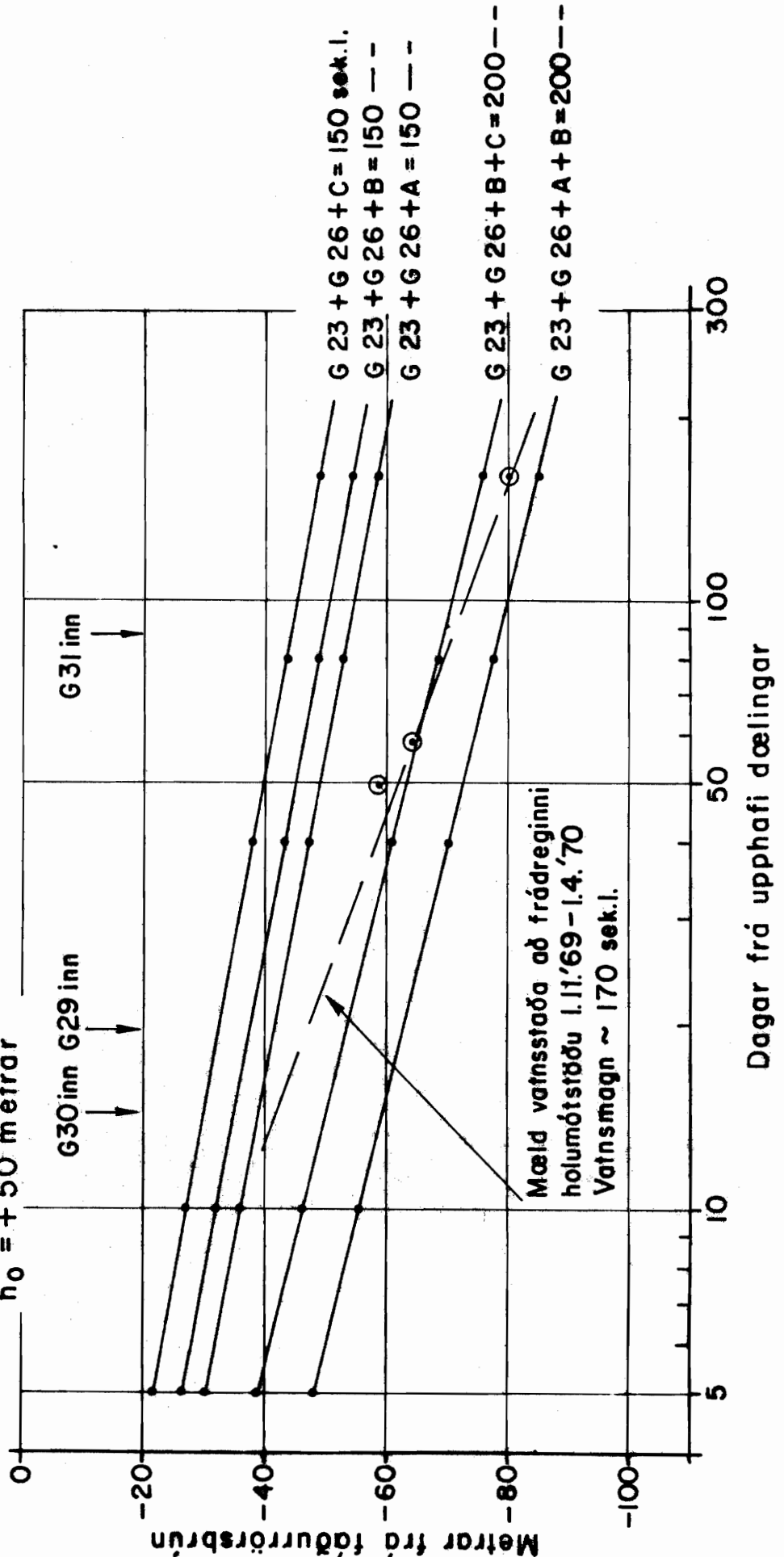
Hola G 23

Reiknuð vatnsstaða við mism. vatnsmagn hola A, B og C

$$Q_A = Q_B = Q_C = Q_{G23} = Q_{G26} = 50 \text{ sek.l.}$$

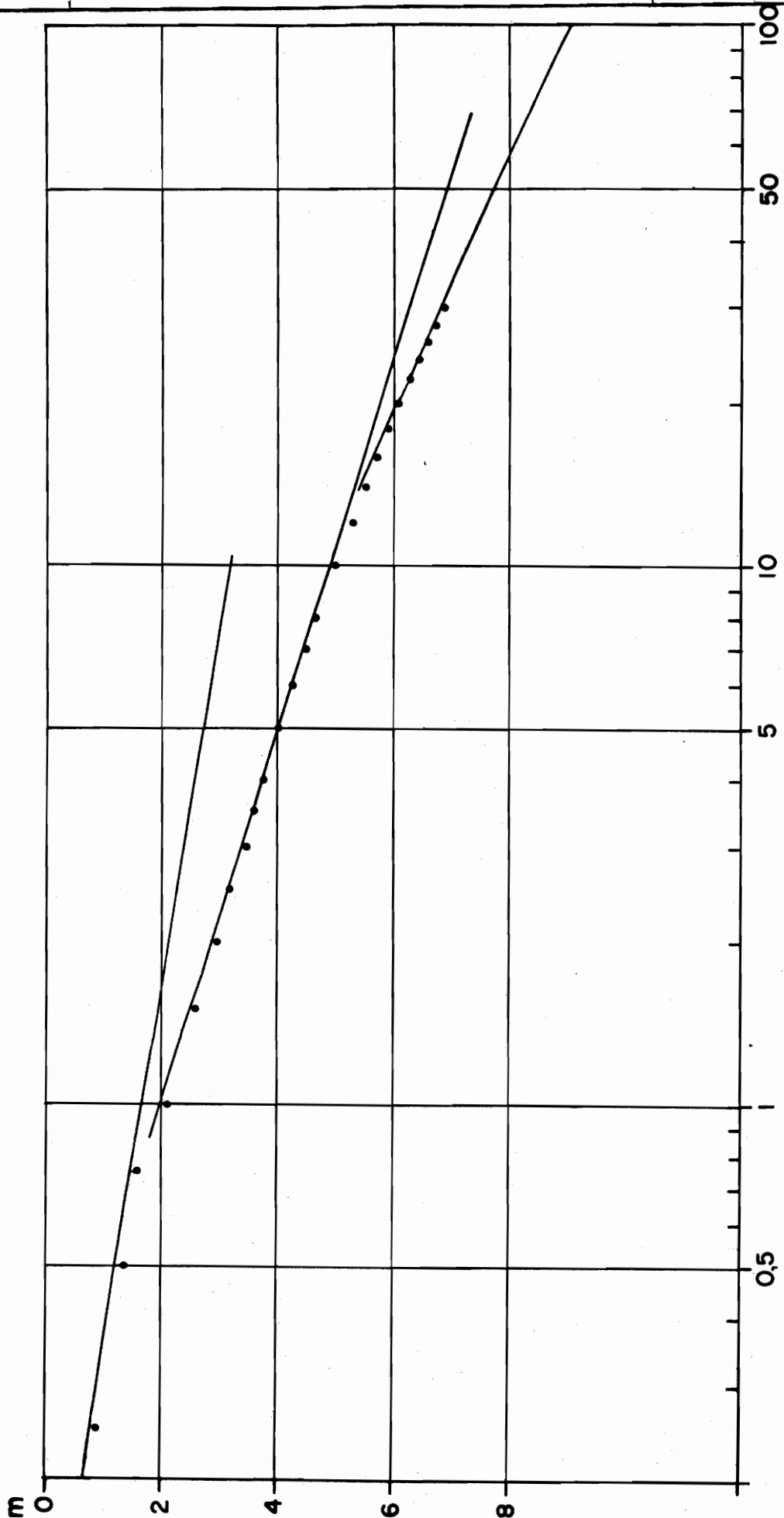
Holumótstaða í G 23, $0.011 \times Q_{G23}^2 = 27.5 \text{ m}$, er ekki meðtalin.

$h_0 = +50$ metrar



Mýnd 6.5.5

Dæla í holu G23 stöðvuð kl. 20¹⁵ 23.3'69.



Kl. frá kl. 20¹⁵ 23.3'69.

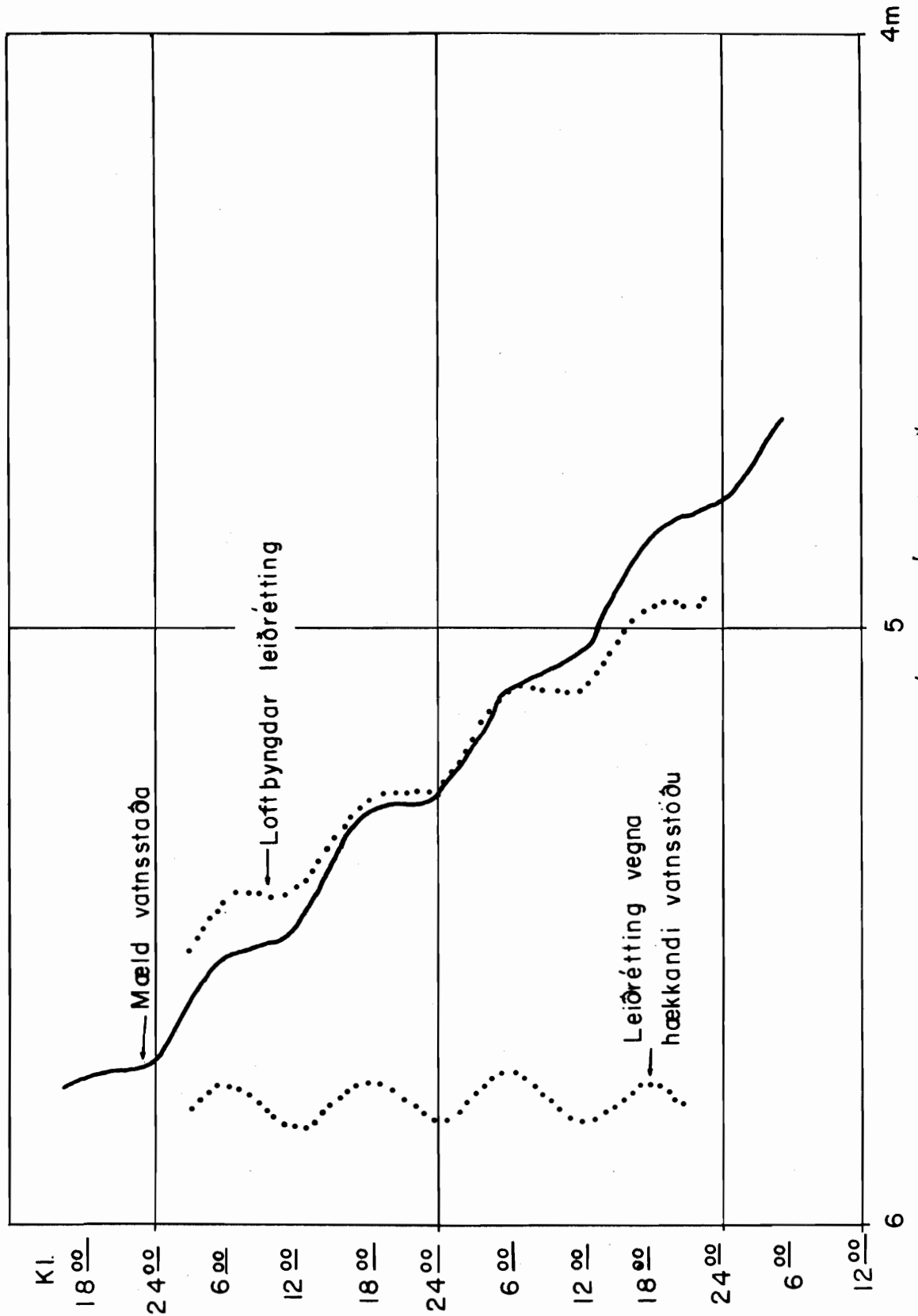


Hola G 27 í Reykjavík
vatnsstaða 31.3 - 3.4'69

J-Reykjavík

Tnr. 314

Fnr. 8856



Metrar frá efri brún föðurrörs

6

5

4m

Dagur.

31,3

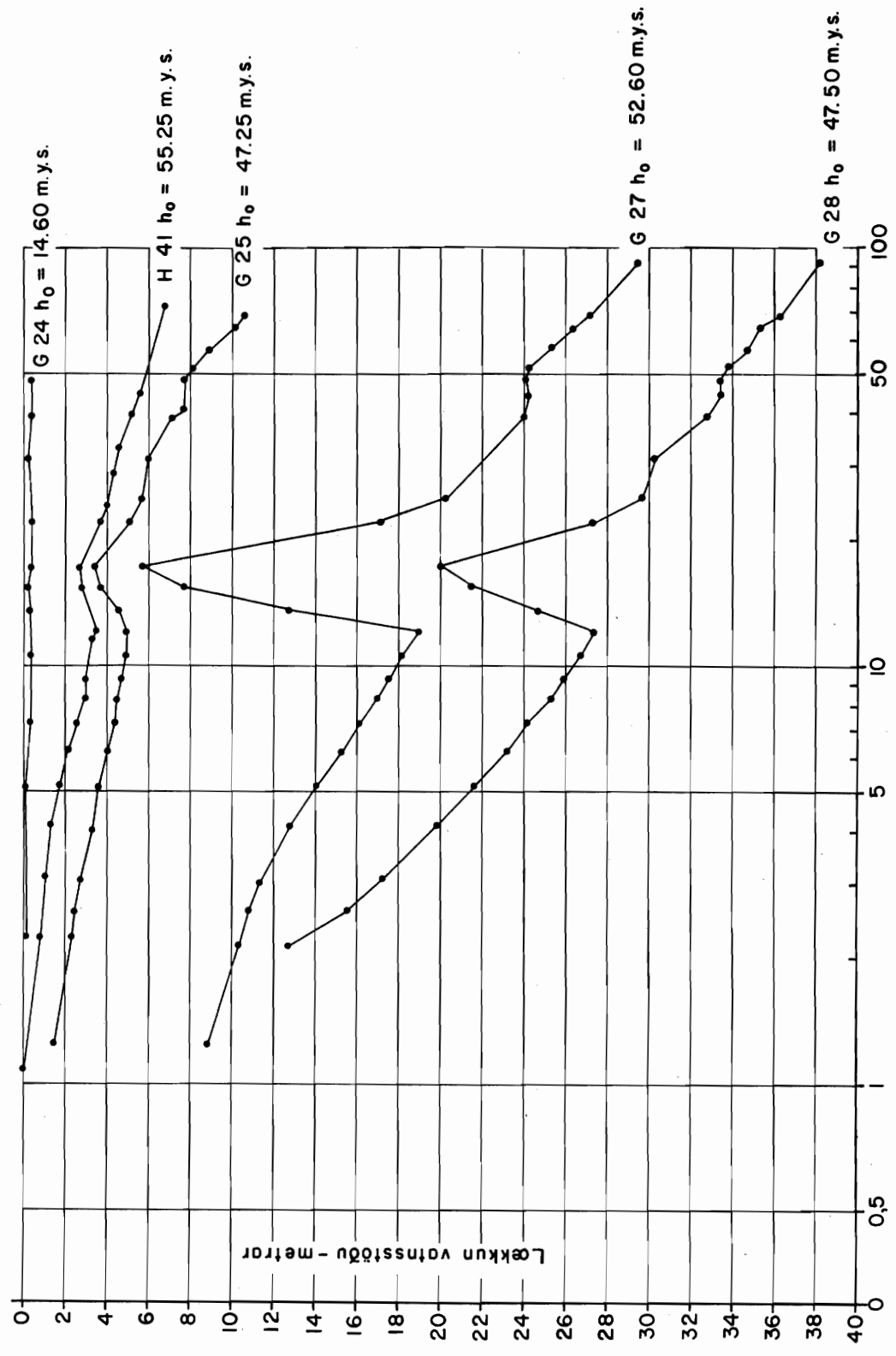
14

Mynd 6.5.7

12.3.69 Þ.Th./I.S.
Tnr. 309
J - Reykjavík
Fnr. 8768

ORKUSTOFNUN
Jardhitadeild
Borholur við Elliðaár
G24-H41-G25-G27-G28
Lækkun vatnsstöðu

Lækkun vatnsstöðu 17.12.68 - 18.3.69



Dagar frá kl. 8:45 17.12.68

Mynd 6.5.8

7. JARÐHITASVÆÐIÐ Á SELTJARNARNESI.

Fyrstu boranir á Seltjarnarnesi voru hitastigulsholur og er sagt frá þeim á öðrum stað í þessari skýrslu. Byrjað var í ársbyrjun 1965, en í júlí 1965 var önnur hitastigulsholan, S-2, dýpkuð, og var notaður til þess Franks-bor. Síðan var þessi hola dýpkuð enn meir með Cardwell-bor. Á holunni á Bakka, S-1, var ekki byrjað fyrr en 1967 og var fyrst borað með Mayhew-bor, en síðan Cardwell-bor. Dýpið, sem hver bor boraði niður á, er fært inn á jarðlagasniðin. Í ársbyrjun 1969 var S-3 boruð með gufubor, og í maí 1972 var S-4 boruð með gufubor. Hér á eftir verða rakin helstu atriði, sem komið hafa fram við þessar boranir, eins og jarðfræði, vatnsæðar, hiti, efna- og ísótópasamsetning vatnsins, þrýstiprófanir og dælingar.

7.1 Jarðfræði - jarðlagasnið.

Gerð hafa verið jarðlagasnið af þessum fjórum holum, á svipaðan hátt og sýnt er í kafla 6.1 og eru færð sömu atriði inn á þessi jarðlagasnið og þar. Gerðar hafa verið þunnarneiðar af borsvarfi frá öllum holunum. Borsvarfið úr öllum holunum hefur verið rannsakað bergfræðilega að öðrum áfanga (sjá kafla 6.1.1), en borsvarfið frá S-3 og S-4 hefur verið rannsakað bergfræðilega að þriðja og síðasta áfanga (zeólítar og leirmineralar hafa verið greindir með röntgenaðferðum).

7.1.1 Almenn jarðfræði svæðisins.

Í öllum holunum er byrjað að bora í grágrýti, Reykjavíkurgrágrýtið. Til þess að einfalda jarðfræðitúlkun hefur verið teiknað jarðlagasnið (sjá mynd 7.1.2) þvert í gegnum svæðið, frá S-1 til S-2 og er lega sniðsins og staðsetning á holunum sýnd á mynd 7.1.1. Jarðlögunum hefur verið skipt í nokkrar jarðlagasyrpur. Efsti syrpan er kennd við Elliðavogssetið og er kallað S-syrpa (þ.e. Elliðavogssetið og grágrýtið ofan á því). Neðri hluti grágrýtisins er oftast breksía. Þessi breksía er mynduð við að grágrýtið hefur runnið út í sjó. Þar sem breksían er við núverandi sjávarborð virðist sem sjávarstaða hafi verið svipuð og nú, þegar grágrýtið rann í sjó fram. Undir S-syrpunni, sem nær niður á 100 m dýpi koma lög, sem nefnd eru BM-syrpa. Þar skiptast á basaltlög

og móberg í jöfnum hlutföllum, ásamt einu eða tveim setlögum. Basaltið er allt þóleít, sumt af því var mjög hart í borun, mjög fersklegt að sjá. Einnig er töluvert af fersku gleri í móberginu. BM-syrpan nær niður í 400 m dýpi í S-1, en grynkar svolítið til norðurs og er í 280 m dýpi í S-2. Undir BM-syrpunni kemur BS-syrpan, þ.e. basaltlög með miklu af setlögum. Setlögin eru oft rauð og ekki glerkennd að sjá. Basaltlögin eru heldur þykkri en setlögin, en sennilega eru setlögin um 30-40% af staflanum. Basaltlögin eru nær öll þóleít. Setþykktin er nokkuð misjöfn, frá nokkrum metrum og allt að 100 m. Þessi syrpa er nokkuð misþykk, nær t.d. niður í botn á holu S-2 á 840 m dýpi, að vísu með einu móbergslagi inn á milli. Í S-3 er hún þynnst og nær ekki nema niður á 600 m dýpi. Næsta syrpa er móbergssyrpa, M, með mjög miklu af svörtu gleri. Syrpan er minnsta kosti að hluta til setmóberg. Í S-3 er syrpanni skipt í tvennt. Þar eru tvö móbergslög og yfir 100 m þykk basaltsyrpa á milli. Botninn á móberginu M er þó á líkum stað í S-4 og S-3, í um 900 m dýpi, en þetta móberg er ekki að finna í S-2. Í S-1 er þykktin á móberginu ýkt, en mjög erfitt er að átta sig á jarðlögum á þessu dýptarbili í holunni vegna þess að svarfið er mjög blandað kornum, sem borstangir hafa slegið út úr efri jarðlögum. Fyrir neðan M-syrpuna kemur BP-1 syrpa, sem er úr basaltlögum, nær eingöngu þóleítbasalti, sem er tiltölulega lítið myndbreytt. Myndbreytingin eykst með dýpi. Þessi syrpa nær niður fyrir 1650 m, bæði í S-3 og S-4. Þar undir er svo önnur basaltsyrpa, BO syrpa, sem er að mestu úr ólivínþóleíti. Að vísu er ólivínþóleít syrpanni skipt í tvær syrpur með þunnri þóleítbasalt syrpunni á milli. Á sniðinu er þetta merkt sem ein syrpa. Undir BO tekur svo við BP-2, sem er mjög myndbreytt þóleítbasalt og er aðeins til í S-4. Tiltölulega lítið er af grófkornóttum innskotum í þessum holum, en þó finnst dólerítinnskot neðst í M-syrpanni, og eru síðan strjál, grófkornótt innskot neðar í holunum. Auk þess eru nokkur tiltölulega mjög fersk þóleítlög, sem gætu verið gangar.

7.1.2 Myndbreyting.

Á myndum 7.1.3 og 7.1.4 er sýnd dreifing myndbreytingarmínerala í S-3 og S-4. Efst í S-syrpanni er mjög lítil myndbreyting, fyrsti myndbreytingarmínérall er ópall, sem finnst neðst í grágrýtinu og í Elliðavogsetinu. Glerið í S-syrpanum er nær alveg ferskt. BM-syrpan er lítið myndbreytt og er talsvert af fersku gleri í þessum lögum. Í þessum

lögum byrja að myndast kalsít og zeólítar í litlu magni og er kabasít aðal zeólítinn í þessari syrpu. Í BS-syrpunni og jafnvel neðst í BM-syrpunni finnast mesólít og skólesít. Stílbítinn finnst nokkru neðar en mesólít og skólesít, eða frá 400 m dýpi, en það nær lengra niður og er með heulandíti niður fyrir 1000 m dýpi. Heulandítinn finnst í öllum holunum. Það er nokkuð dreift, en finnst yfirleitt ekki fyrr en neðst í BM-syrpunni og nær niður á um 1000 m dýpi. Thomsonítinn finnst með heulandíti í S-4, og einnig finnst mordenítinn í S-4 milli 700-800 m dýpis. Laumontítinn sést í svarfi í öllum holunum. Það finnst í S-3 og S-4, fyrst rétt fyrir neðan 520 m dýpi, en hverfur síðan, en er yfirleitt einrátt fyrir neðan 900-1000 m dýpi. Kalsítinn finnst efst í holunum oft á mjög litlu dýpi, en magnið eykst í BM-syrpunni. Kvars finnst ekki fyrr en tiltölulega neðarlega í holunum. Það finnst fyrst sem stakir kristallar á 800-1000 m dýpi, en er ekki samfelld fyrr en neðan við 1600 m dýpi. Epidótinn finnst í S-3 og S-4 í um 1700 m dýpi og virðist í S-4 bundið við BO-syrpuna, en finnst ekki í BP-2 syrpunni fyrir neðan. Einnig finnst prenit með epidótinu (kemur mest fram í S-4). Epidótið hefur nokkuð aðra ljósfræðilega eiginleika en epidótinn á nálægum svæðum, og er sennilega járnfátækara en á hinum stöðunum.

Leirmíníralar.

Eins og fram kemur á myndum 7.1.3 og 7.1.4 er nokkur munur á leirmíníralmyndun í S-3 og S-4 og er beltaskipting betur afmörkuð í S-4. Leirmíníralar í Elliðavogssetinu eru aðallega smektít afbrigði, en einnig finnast klóritískir blandlagsmíníralar. Í S-4 er smektítinn ráðandi leirmínírerallinn í efstu 600 m, en í S-3 er smektítinn ráðandi niður í 1300 m dýpi. Á 150-200 m dýpi voru í öllum holunum áberandi skærgærnar holufyllingar, sem eftir smásjárathugunum voru greindar sem seladónít. Röntgenákvörðun leiddi í ljós að þetta er blanda af 14Å mínírerall (sennilega þríoktaedrískum) og 10Å, tvíoktaedrískum glimmerstrúktúr, sem er hið eiginlega seladónít. (Seladónítinn er járnríkur, vatnaður, glimmermínírerall, sem oft myndast í nánnum samvexti við saponít og/eða klórit). Fyrir neðan smektítbeltið er beltinn af breytilegum blandlagsmínírerólum og finnast þessir blandlagsleirmíníralar niður í botn á S-3. Í S-4 er klóritinn ráðandi fyrir neðan 1900 m dýpi. S-3 nær því aðeins niður að þeim mörkum í myndbreytingunni að smektítinn er hættur að vera stöðugur nýmyndunarmínírerall og blandlagsmíníralar myndast á hans kostnað. S-4 nær hins vegar niður í klóritbeltið.

Almennt um myndbreytinguna.

Zeólítadreifingin sýnir fremur reglulega beltaskiptingu og eru

fjögur aðalbelti:	Kabasít	belti
	Mesólít-skólesít	"
	Stilbít	"
	Laumontít	"

Leirmínralabeltin eru miklu óreglulegri en zeólítabeltin, en þó má greina þrjú aðal leirmínralabelti, smektítbelti, sem er efst, síðan blandlagsleirmínralabelti og klórítbelti, sem finnst neðst í S-4. Nokkur merki eru um afturhverfa myndbreytingu. Klórít, sem finnst á víð og dreif ofarlega í holunum, er talið vera leifar af fyrri myndbreytingu. Í um 500 m dýpi í S-3 og S-4 koma fram truflanir á reglulegri beltaskiptingu myndbreytingarmínerala og í S-4 er truflun í mínralabeltum í 1150 m dýpi. Þetta eru sennilega vatnsrásir þar sem mínralarnir eru í hálfstöðugu jafnvægi vegna mikils vatnsrennslis í berginu.

7.1.3. Einstakar holur.

S-1 Jarðlagasnið sjá mynd 7.1.5.

0-72 m dýpi. Basaltbreksía efst, síðan Elliðavogssetið. Þessu hefur áður verið lýst í kafla 4.

72-405. Á þessu bili skiptast á basaltlög og millilög, sem eru aðallega móbergsbreksiur misjafnlega glerríkar. Það neðsta er merkt sem breksierað basalt, en mætti einnig merkja sem basaltríkt móberg. Nokkuð er af gleri í þessu breksieraða basalti.

405-622 m dýpi. Þóleítbasaltlög, oft finkornuð með mjög þykkum millilögum og eru millilögin hátt í 50% af staflanum. Millilögin eru flest rauðleit og fer þykktin heldur minnkandi með dýpi.

622-760 m dýpi. Samfelld þóleítbasaltlög, með nokkrum millilögum, en þau eru miklu þynnri en í staflanum fyrir ofan og erfitt að staðsetja þau þar sem korn frá millilögnum eru dreifð um allt lagið.

760-990 m dýpi. Sennilega er þetta basaltrík breksía, en einnig gæti verið fleiri en eitt breksiulag með basaltlögum á milli. Mjög erfitt er að átta sig á jarðlögum á þessu dýpi, því hrun frá efri jarðlögum er mjög mikið og mikið af fersku gleri, sem ólíklegt er að sé áttað af þessu dýpi, en hefur sennilega allt hrpað að ofan. Einnig finnst á köflum þarna nokkuð mikið af myndbreyttu gleri, sem gæti verið frá þessu dýptarbili, en á milli er mjög mikið af basalti. Vegna þess hvað svarfið hefur hræst saman hefur ekki verið reynt að greina þetta sundur.

990-1282 m dýpi. Langmest póleítbasalt með einhverju af millilögum niðri á botni í holunni, og virðist myndbreyting fara vaxandi með dýpi en engin skörp myndbreytingarskil sjást, eins og merking á sniðinu gefur til kynna.

S-2 Jarðlagasnið sjá mynd 7.1.6.

0-55 m dýpi. Efst er Reykjavíkurgrágrýtið, breksíerað neðst, en síðan Elliðaavogssetið.

55-156 m dýpi. Á þessu bili skiptast á breksíur og basaltlög. Hugsanlegt er að þetta sé að mestu leyti misjafnlega glerrík kubbabergsbreksía.

156-203 m dýpi. Samfelld póleítbasaltlög með setlagi bæði fyrir ofan og neðan. Þessi basaltlög eru mjög hörð.

203-291 m dýpi. Hér skiptast á breksiulög og póleítbasaltlög.

282-856 m dýpi. Basaltlög og mikið af mjög þykkum millilögum, sem flest eru rauð setlög. Basaltið er yfirleitt póleítbasalt, þó er á einstaka stað grófkornótt basalt, og er heldur meiri borhraði þar. Setþykktin er nokkuð mismunandi, en á sumum stöðum er hún yfir 50% og það virðist vera nokkuð mikið set alveg niður í botn í holunni.

S-3 Jarðlagasnið sjá mynd 7.1.7.

0-85 m dýpi. Efst er grágrýti, síðan breksía og síðan annað grágrýtislag. Frá 38 m til 85 m er svo Elliðavogssetið, nokkuð misgróft.

85-355 m dýpi. Hér skiptast aðallega á breksiur og basaltlög, en einnig er nokkuð um rauð millilög, og er þetta því ekki ein samfelld syrpa, heldur að minnsta kosti tvær til þrjár syrpur.

355-601 m dýpi. Basaltlög með nokkuð mikið af millilögum, og eru mörg þeirra rauð, svipað og ofar.

601-690 m dýpi. Hér skiptast á móbergsbreksiur, með misjafnlega miklu gleri, og póleítbasaltlög.

690-800 m dýpi. Mest fremur grófkornuð póleítbasaltlög, en þó eru einstaka ólivínþóleítbasaltlög.

800-890 m dýpi. Mest móbergsbreksía með misjafnlega miklu af svörtu gleri, og er miðhlutinn glerríkastur. Þetta gæti einnig verið setmóberg.

890-1220 m dýpi. Langmest póleítbasaltlög með talsverðu af millilögum og neðst í þessu er nokkuð af dóleríti, þó er þykkt neðsta dólerítlagsins eitthvað ýkt.

1220-1310 m dýpi. Efst breksía eða setlög, en síðan tekur við ferskt basalt og er hluti af basaltinu allgrófkornóttur, gæti þetta jafnvel verið dólerít, að minnsta kosti að hluta.

1310-1394 m dýpi. Að mestu leyti myndbreytt ólivínþóleítbasalt. Einstaka ferskar bríkur af póleíti munu vera í þessu, því nokkuð ber á ferskum póleít brotkornum, en bríkurnar er ekki hægt að staðsetja.

1395-1715 m dýpi. Hér skiptast á myndbreytt basaltlög og nokkuð fersk basaltlög, sem sennilega eru gangar. Nokkrir þeirra eru allgrófir og nær því að vera dólerít. Basaltið er mest póleítbasalt, en þó er einstaka ólivínþóleítbasaltlag inn á milli. Neðst er allmikið af grófu, nokkuð fersku basalti, sem gæti verið dólerít með allmiklu af setlögum á milli.

S-4 Jarðlagasnið sjá mynd 7.1.8.

0-86 m dýpi. Efst er Reykjavíkurgrágrýti og er neðsta borð þess breksíerað eins og í hinum holunum. Undir breksíunni er Elliðavogssetið, sem er misgróft, sumstaðar mjög fínt, en hvergi túffkennt.

86-310 m dýpi. Hér skiptast á fersk þóleítbasaltlög, móbergsbreksiur og setlög. Móbergsbreksiurnar eru einnig ferskar og finnst nokkuð af fersku gleri í þeim.

310-410 m dýpi. Samfelld, fremur fersk þóleítbasaltlög (mikill borhraði).

411-570 m dýpi. Hér skiptast á þóleítbasaltlög og allþykk setlög.

570-660 m dýpi. Samfelld þóleítbasaltlög.

660-830 m dýpi. Þóleítbasaltlög með þykkum millilögum úr seti eða breksíu.

830-920 m dýpi. Basaltrík breksía eða gróft set. Mjög blönduð brotkorn og mikið af svörtu gleri og merki um oxun.

920-1034 m dýpi. Mest þóleítisk basaltlög með þykkum millilögum, en einstaka grófkristölluð basaltlög, sem gætu verið dólerítgangar.

1034-1122 m dýpi. Tiltölulega ferskt þóleítbasalt. Mikill hluti af þessu gætu verið fínkornóttir gangar. Einnig er einn þykkur dólerítgangur.

1122-1660 m dýpi. Mest myndbreytt þóleítbasalt með millilögum og einstaka ólivínþóleítlagi. Nokkrar ferskar brikur úr fínkristölluðu þóleítbasalti eru sennilega þunnir gangar.

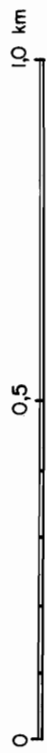
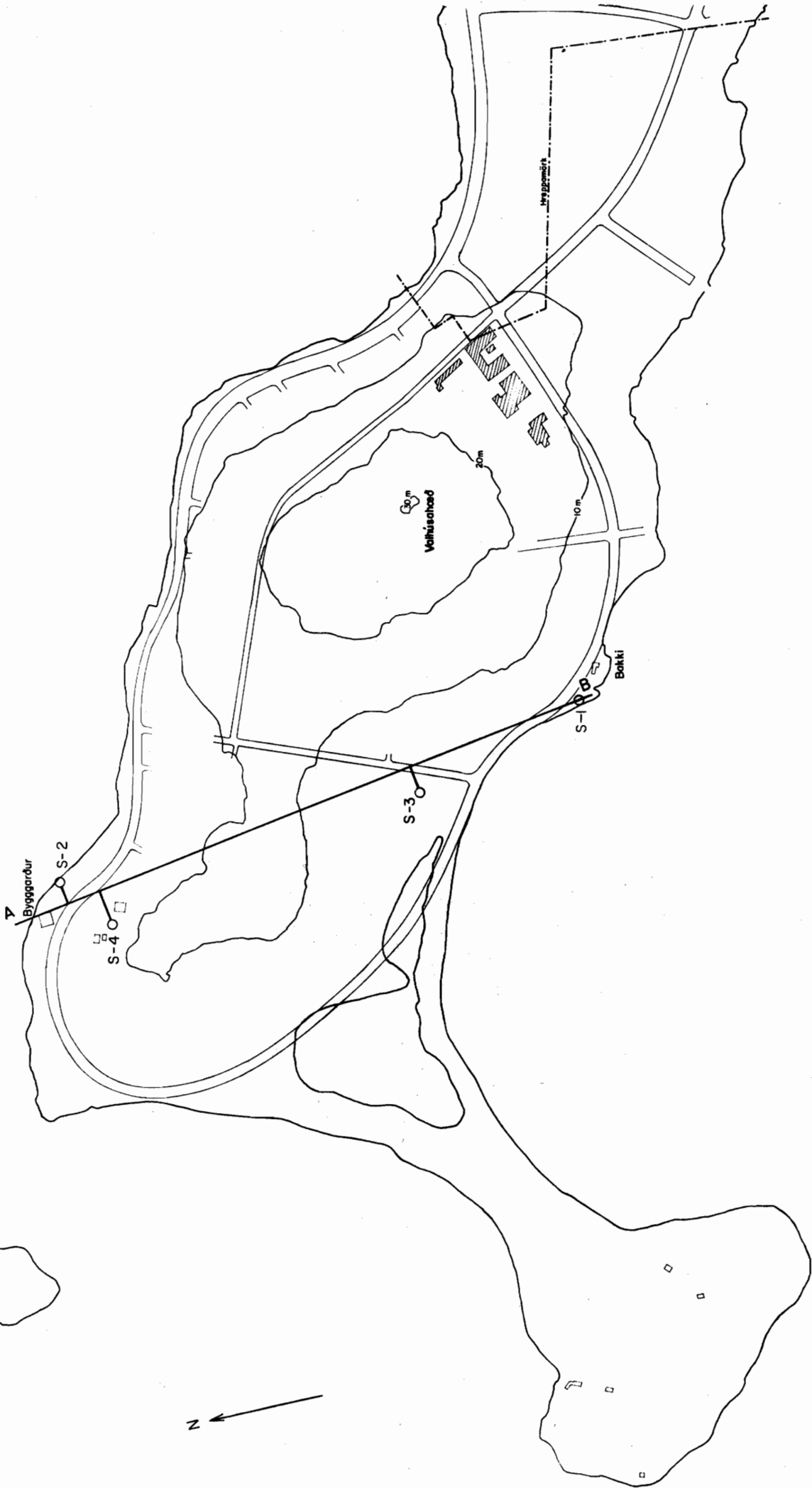
1660-1710 m dýpi. Mest mjög myndbreytt ólivínþóleítbasalt.

1710-1750 m dýpi. Myndbreytt þóleítbasalt með nokkrum millilögum.

1750-1870 m dýpi. Myndbreytt ólivínþóleítbasalt, sem gæti verið að einhverju leyti myndbreytt dólerít.

1870-2025 m dýpi. Þóleítbasalt, á köflum mjög myndbreytt, en einnig er nokkuð af fersku þóleítbasalti, sem sennilega eru gangar.

Gróttuviti



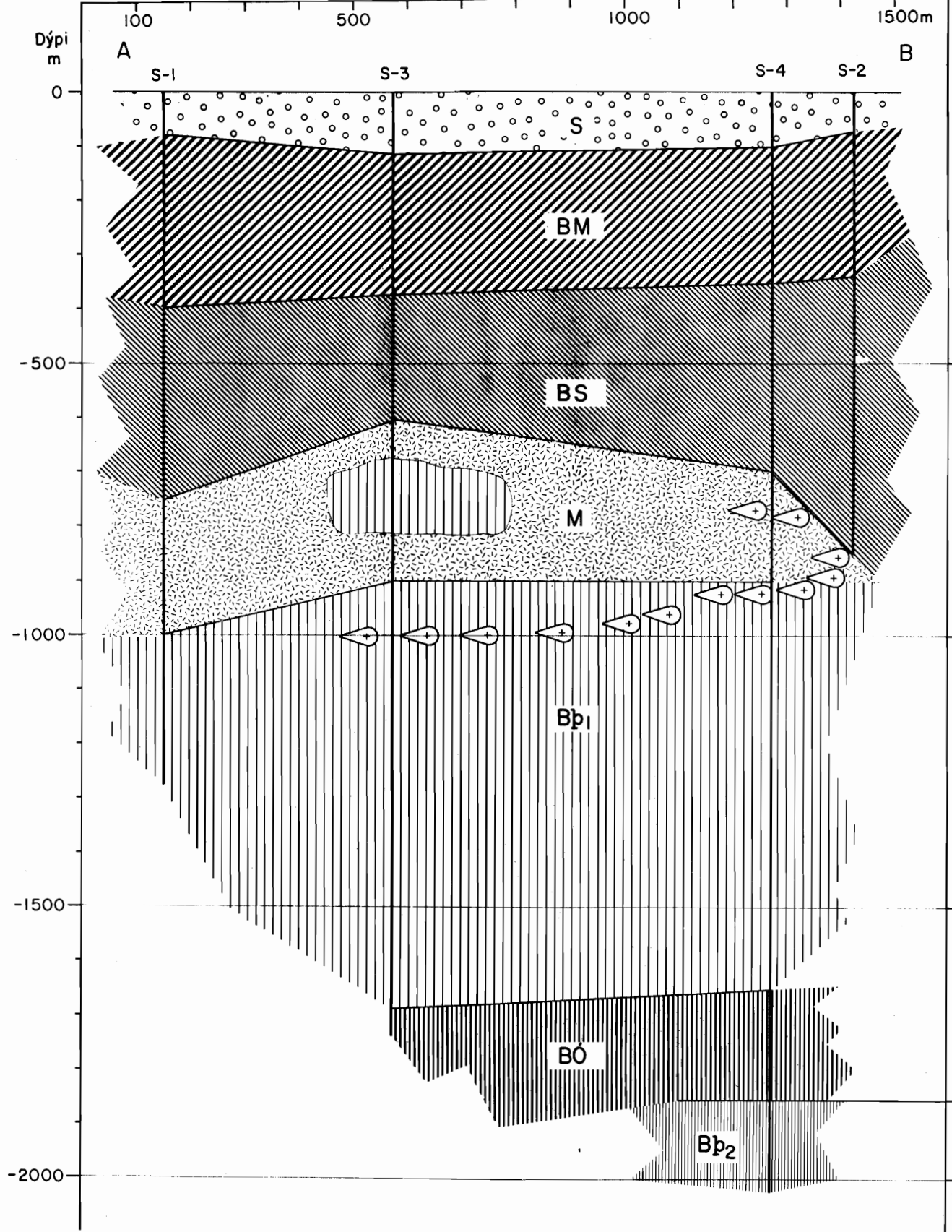
ORKUSTOFNUN

Jarðhitasæðið á Seltjarnnesi
Yfirlitskort









13.6.72 JTKA/mB Tr. 55

J- Seltjarnnes

Fnr. 10602



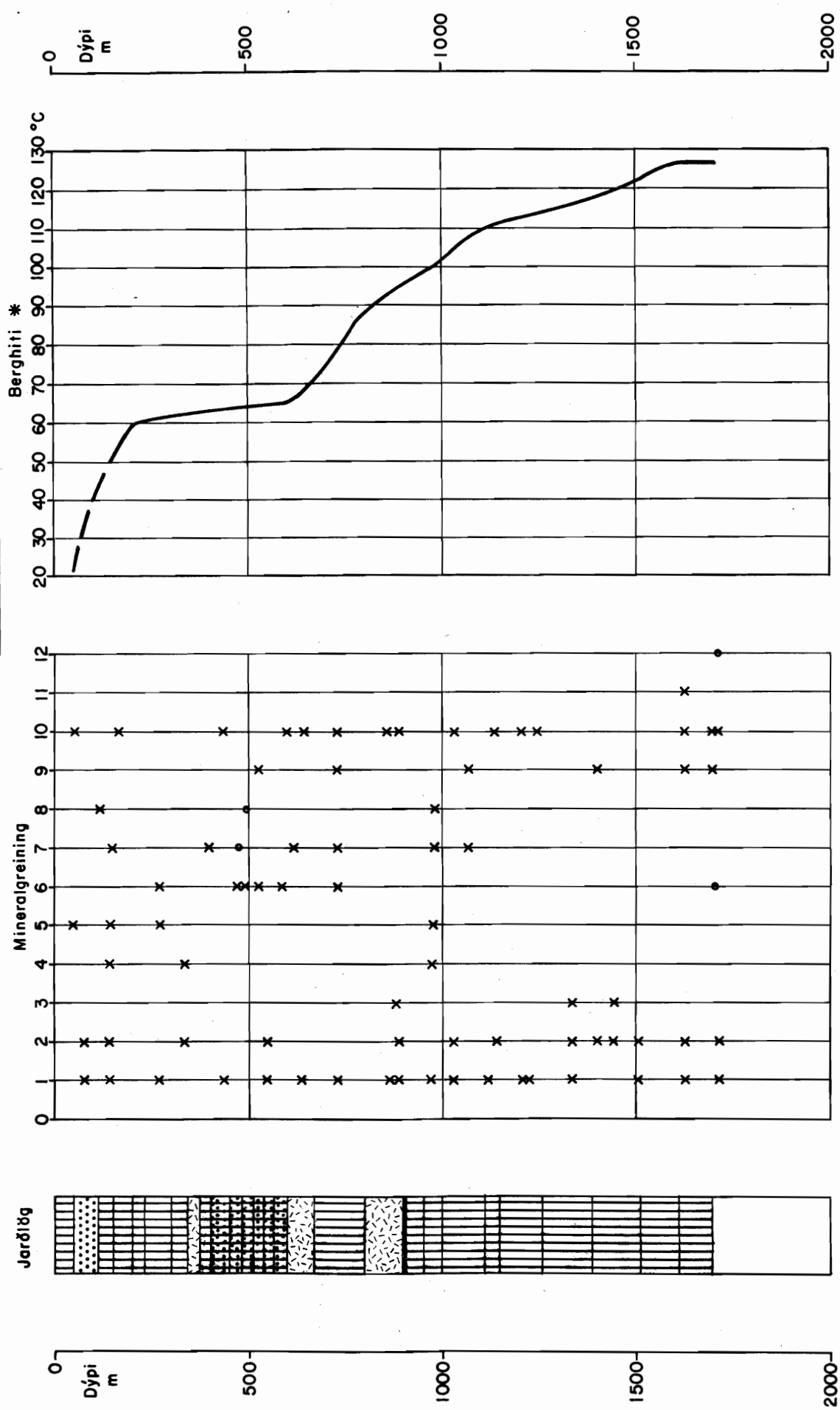
Skýringar

- | | |
|---|--|
|  Elliðaársetið og fleira |  Ólevin basalt |
|  Basalt og móberg |  Myndbreytt og ferskt póleit basalt |
|  Basalt og set |  Dólerít innskot |
|  Móberg | |
|  Póleit basalt | |

Mynd 7.1.2

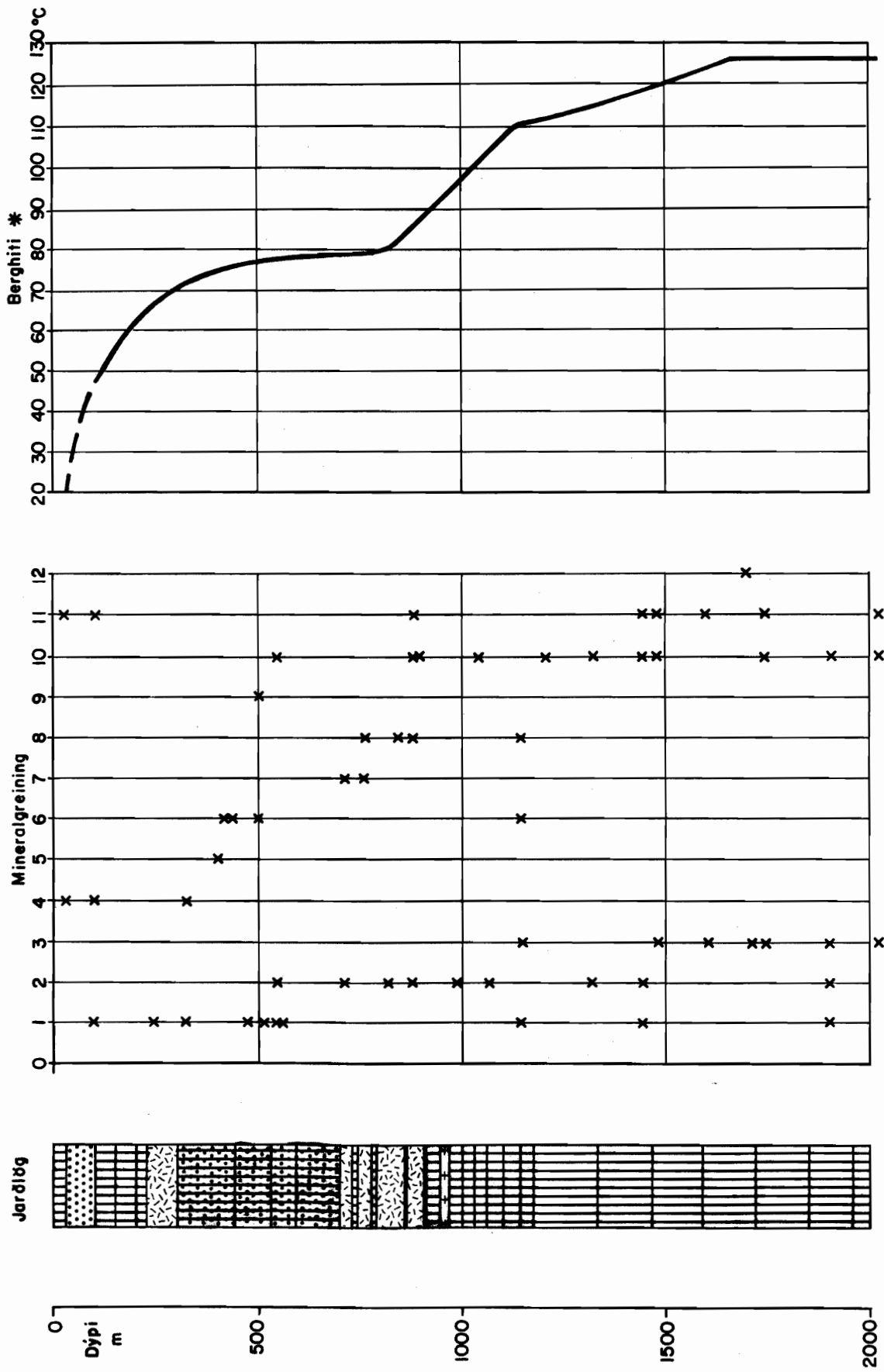
ORKUSTOFNUN	
Jarðhitasvæðið á Seltjarnarnesi	
Jarðlagasnið A-B	
17.10.73 JT/SL	Tr. 68
J-Seltj.	Fnr. 11458

Mineralgreining, hola S-3
 Seltjarnarnesi

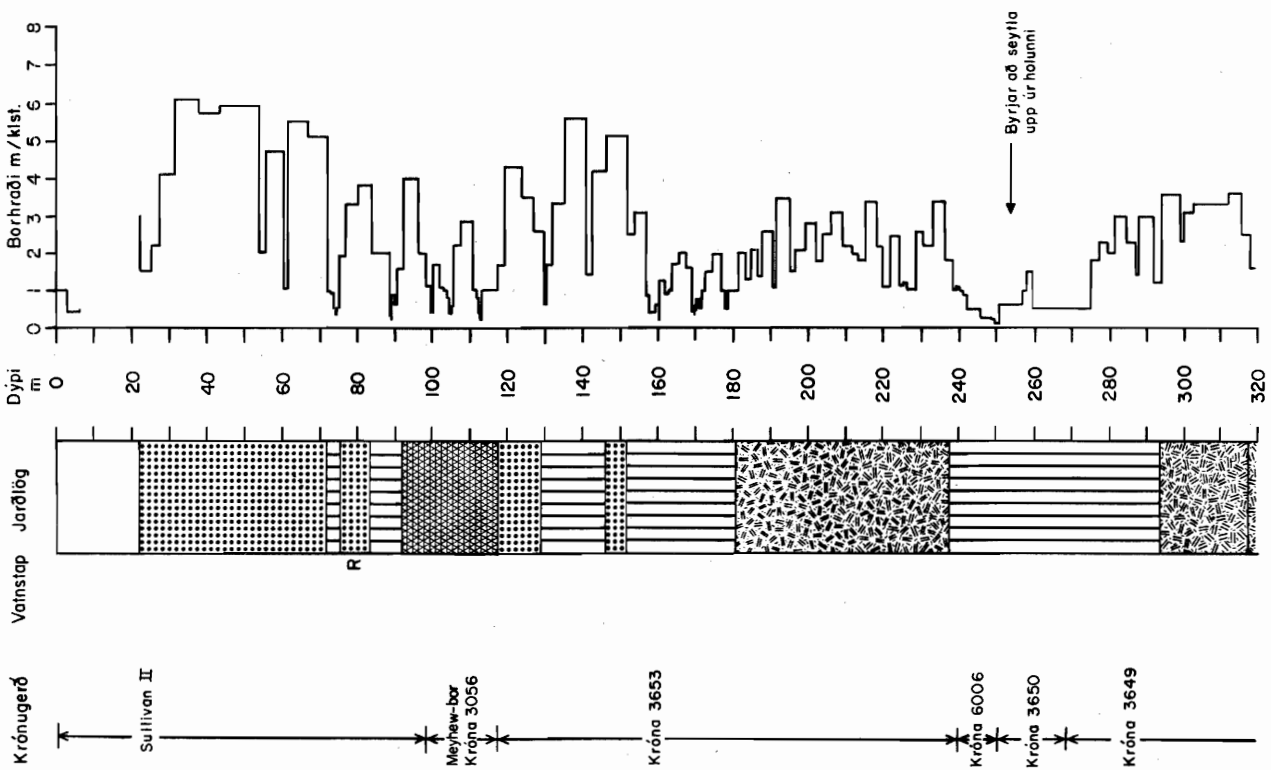
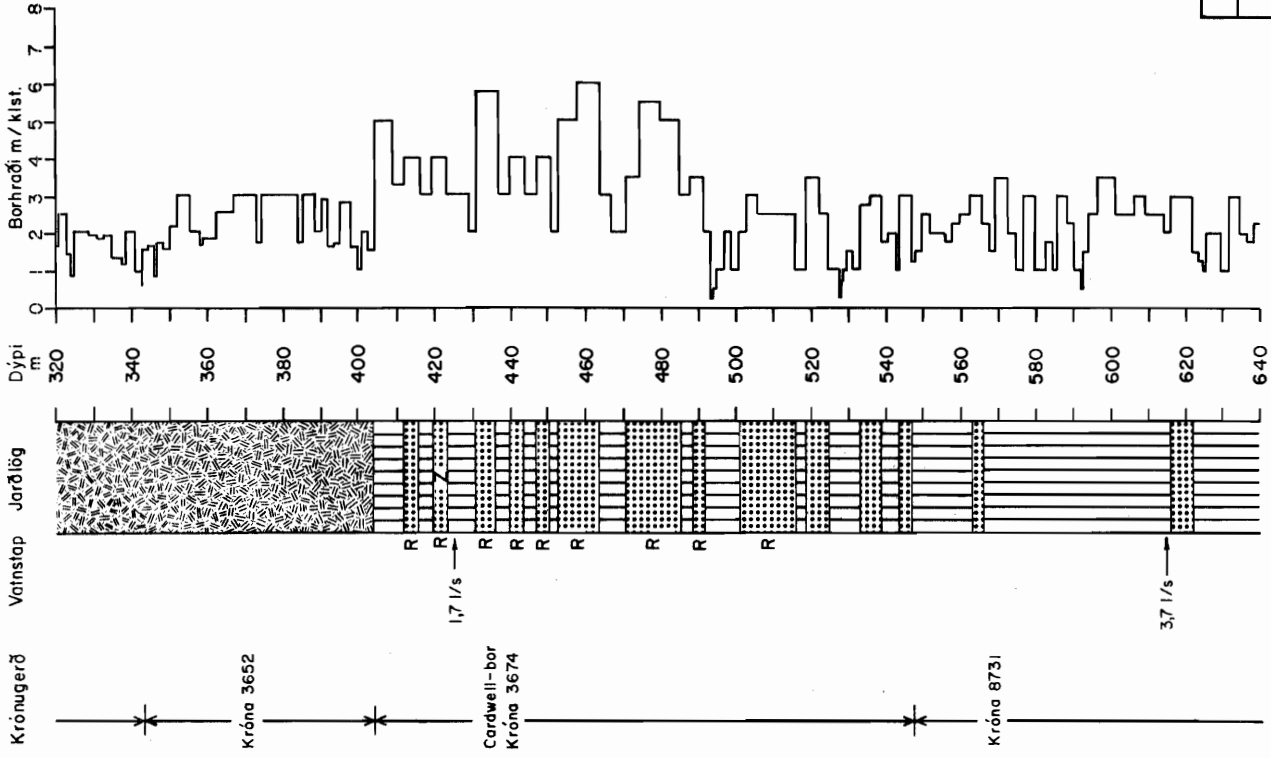


SKÝRINGAR

- Túff og breksla
- Basalt
- Set
- Basalt með settlögum
- Innskot
- 1. Montmorillonít
- 2. Blandlög
- 3. Klórít
- 4. Celadonít
- 5. Kapsít
- 6. Skalesít/mesolít
- 7. Stíflít
- 8. Heulandít
- 9. Laumontít
- 10. Kalsít
- 11. Kvars
- 12. Epidót
- * áætlaður
- o spor af



- SKÝRINGAR**
- Tuff og breksía
 - Basalt
 - Set
 - Basalt með setlögum
 - Innskot
 - 1. Montmorillonít
 - 2. Blandlög
 - 3. Klórrít
 - 4. Kapsít
 - 5. Thomsonít
 - 6. Skolesít/mesosít
 - 7. Mordenít
 - 8. Stílbít
 - 9. Heulandít
 - 10. Laumontít
 - 11. Kalsít
 - 12. Epidót
 - * óættlaður



ORKUSTOFNUN

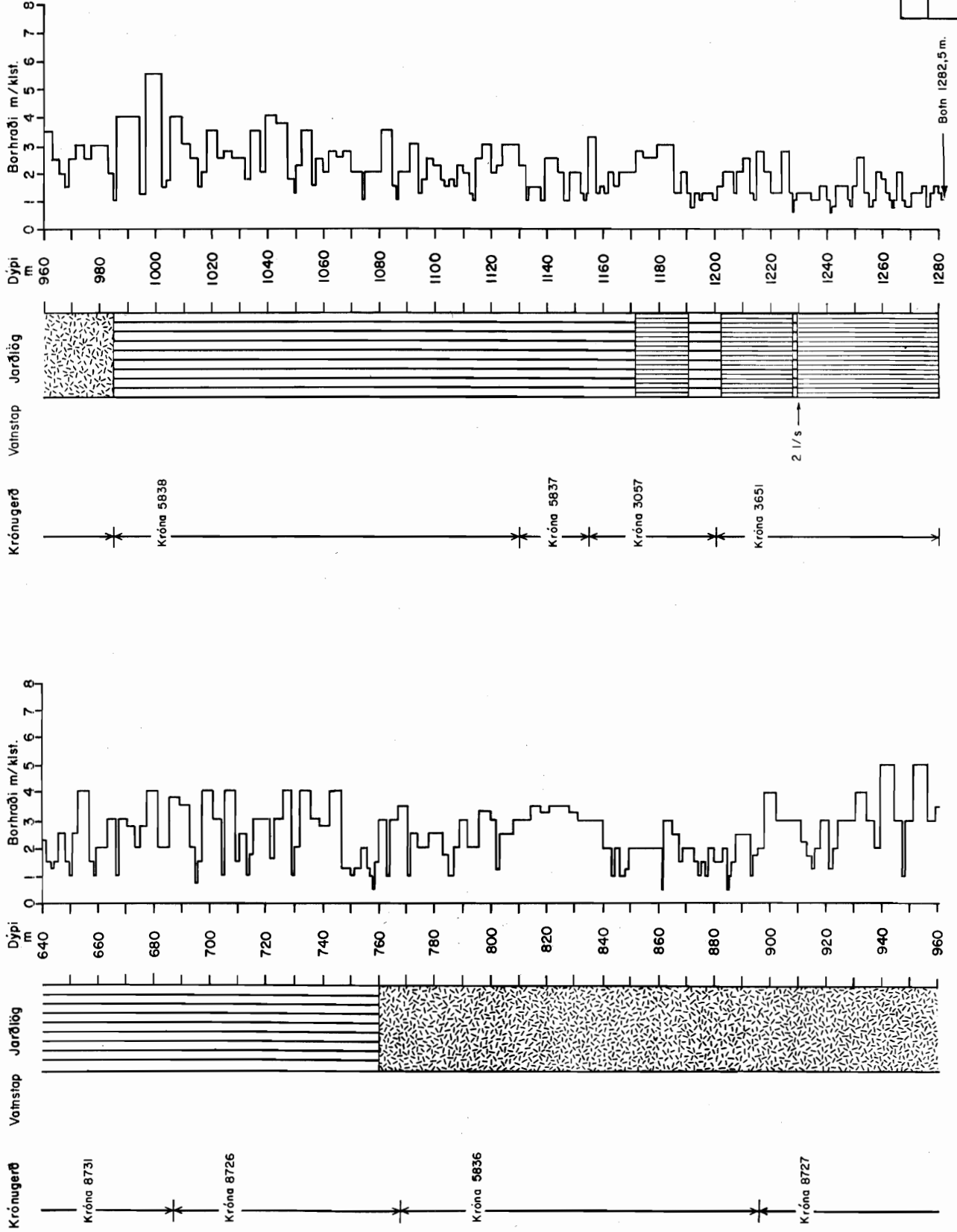
Seltjarnarnes, hola S-1

Jarðlaga snið

12.6.67.JT/P/THMS Tor.13

Blað 2 af 2 J-Seltjarnarn.

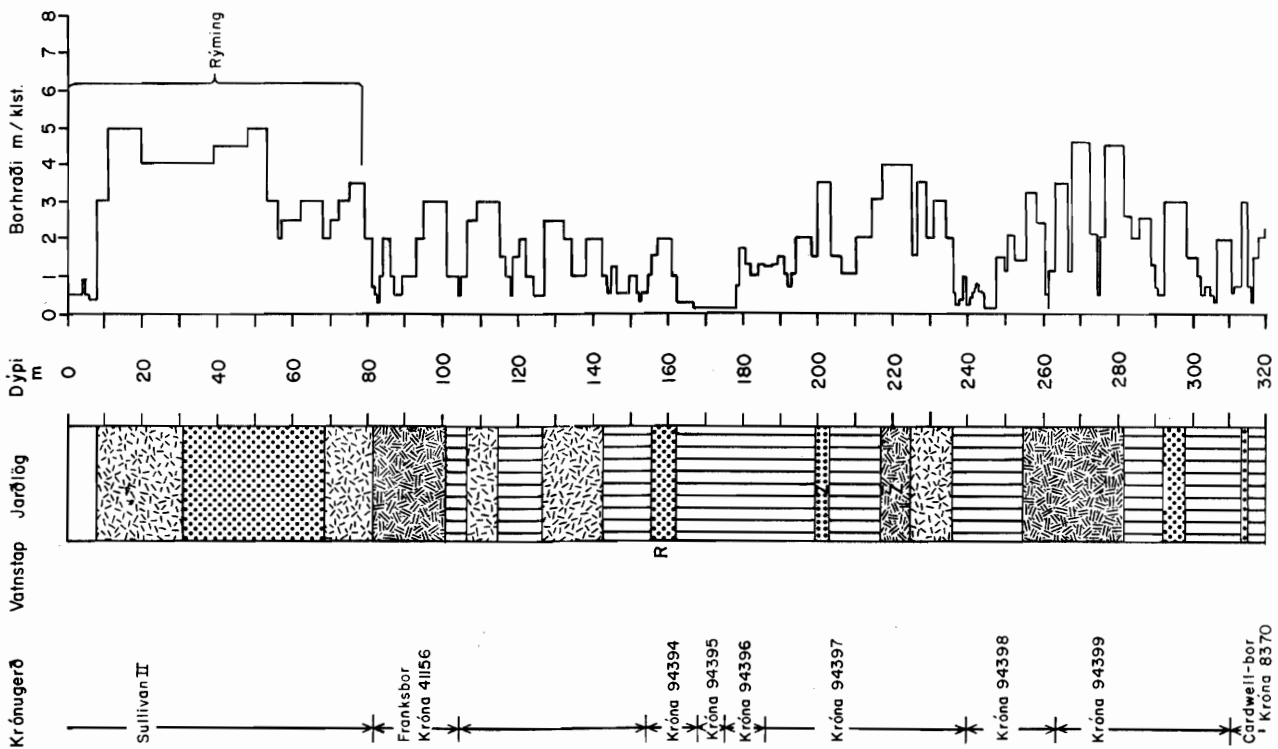
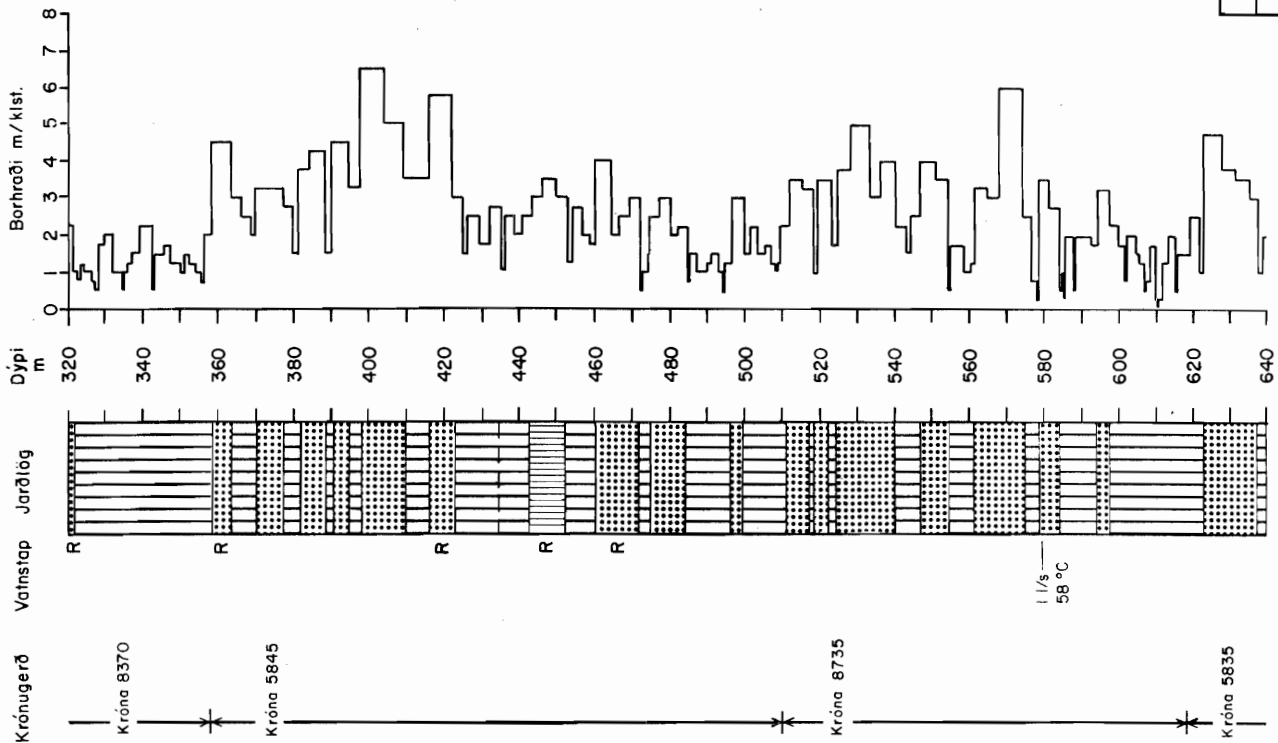
Fnr. 8396

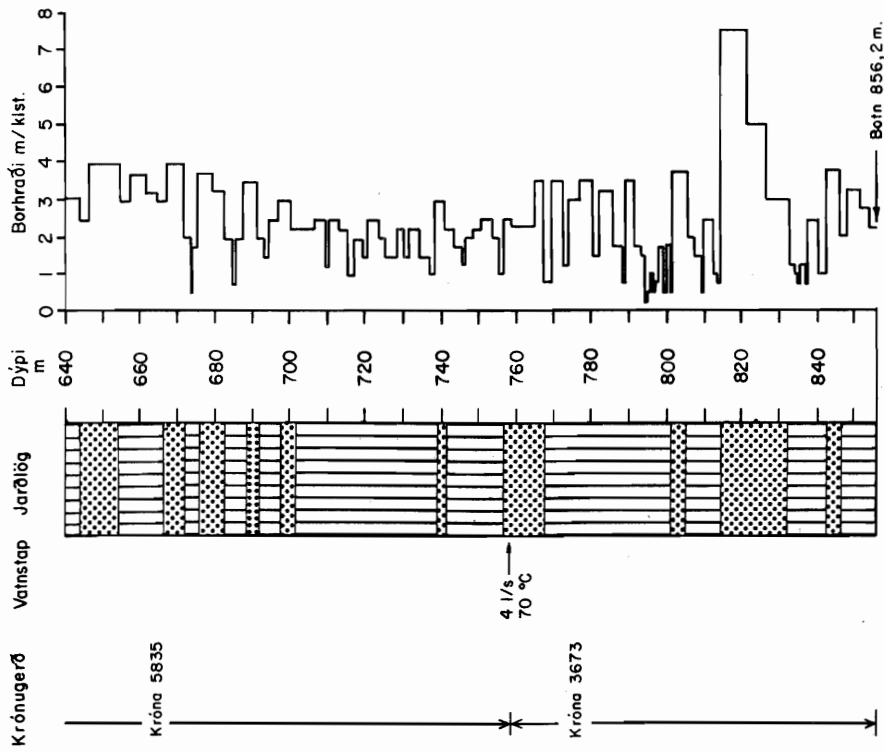


ORKUSTOFNUN






Seltjarnarnes, hola S-2
Jarðlagasnið

30.567/JZ/BIV/S Tr. 7
Blað 1 af 2 J-Seltjarnarn. Fnr. 7830



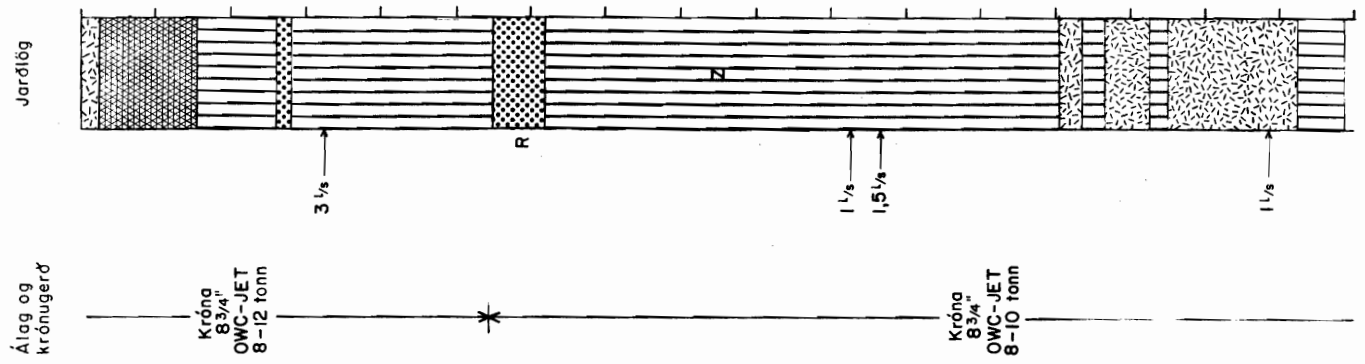
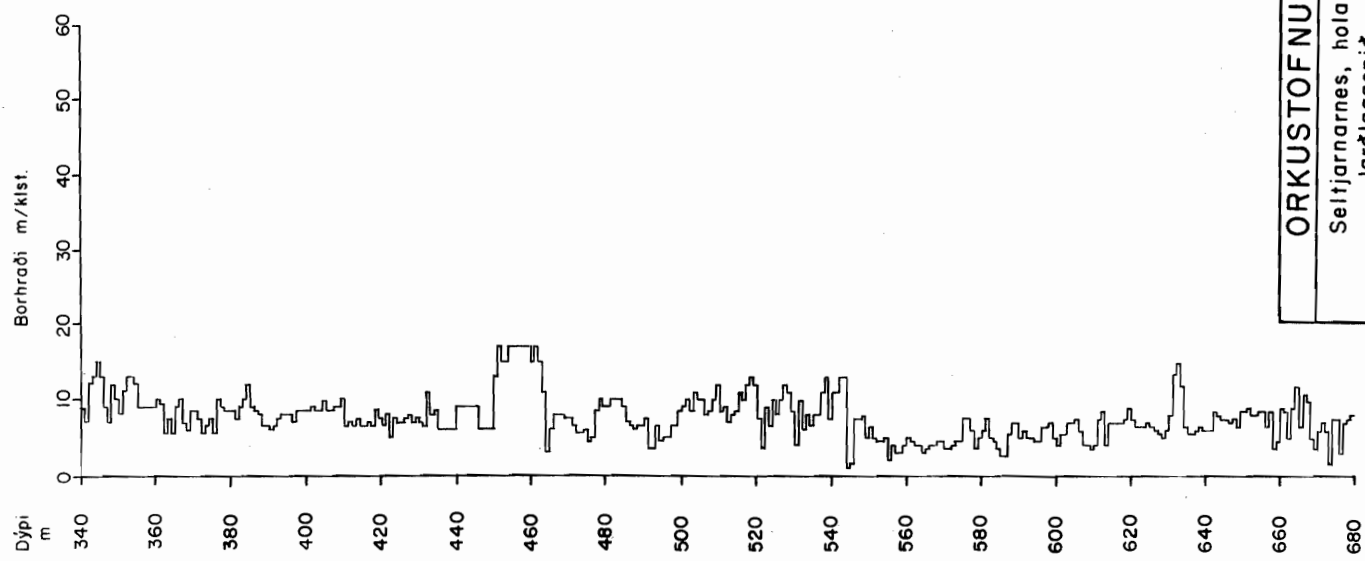


Skýringar:

-  Ferskt basalt
-  Myndbreytt basalt
-  Basalttrik breksia
-  Móbergbreksia
-  Ótilgr. set
- R: Rauðleitt
- Z: Zeólítar
- Lagmót

RAFORKUMÁLASTJÓRI

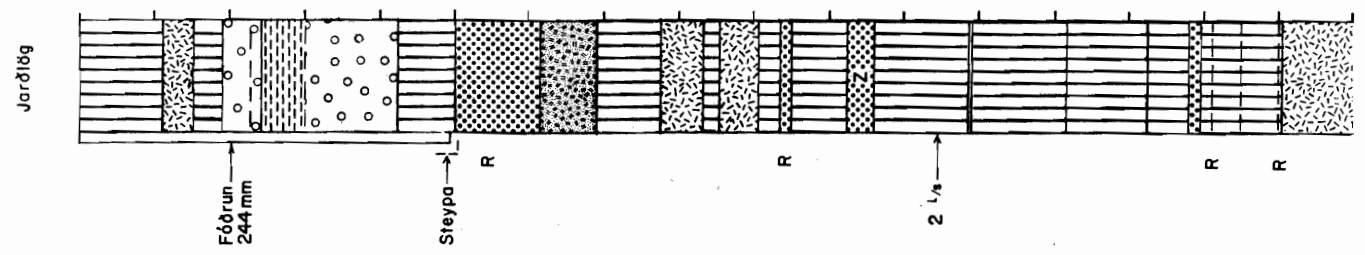
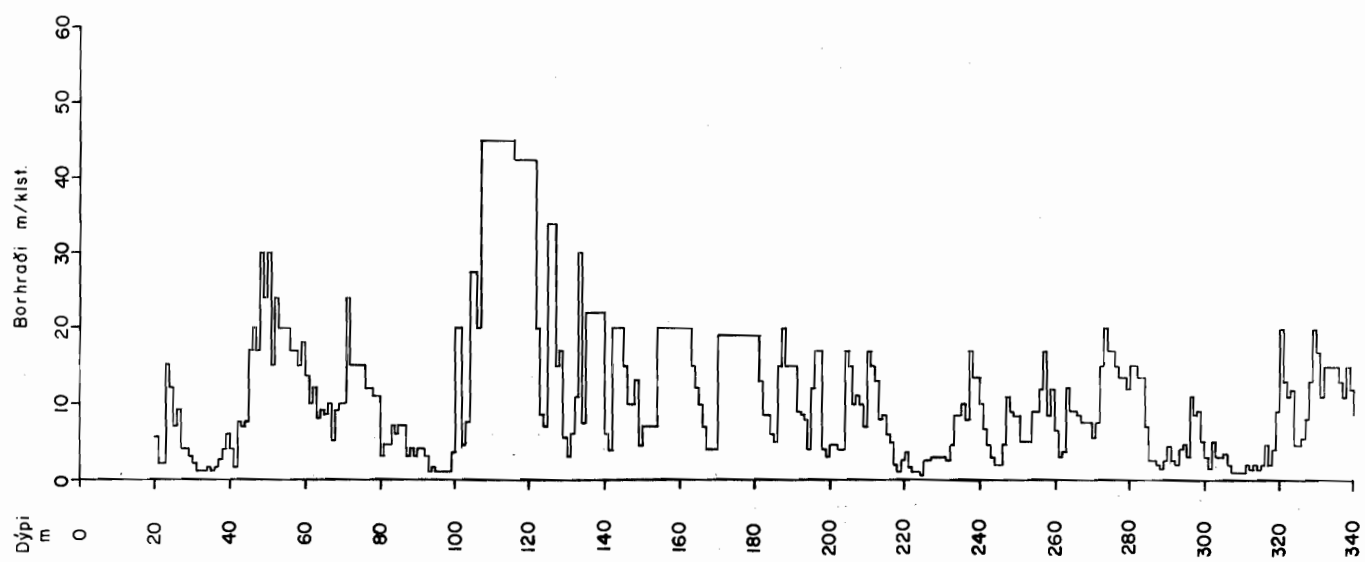
Seljarnarnes, hola S-2	
Jarðlagasnið	
30.567/J.T./21/1/15	Tnr. 7
Blaði 2 af 2	J-Seljarnarn.
Fnr. 7830	



Álag og krónugerð

Króna 8 3/4" OWC-JET 8-12 tonn

Króna 8 3/4" OWC-JET 8-10 tonn



Álag og krónugerð

Króna 12 1/4" OSC-3 5-10 tonn

Króna 8 3/4" OSC-1G 8-9 tonn

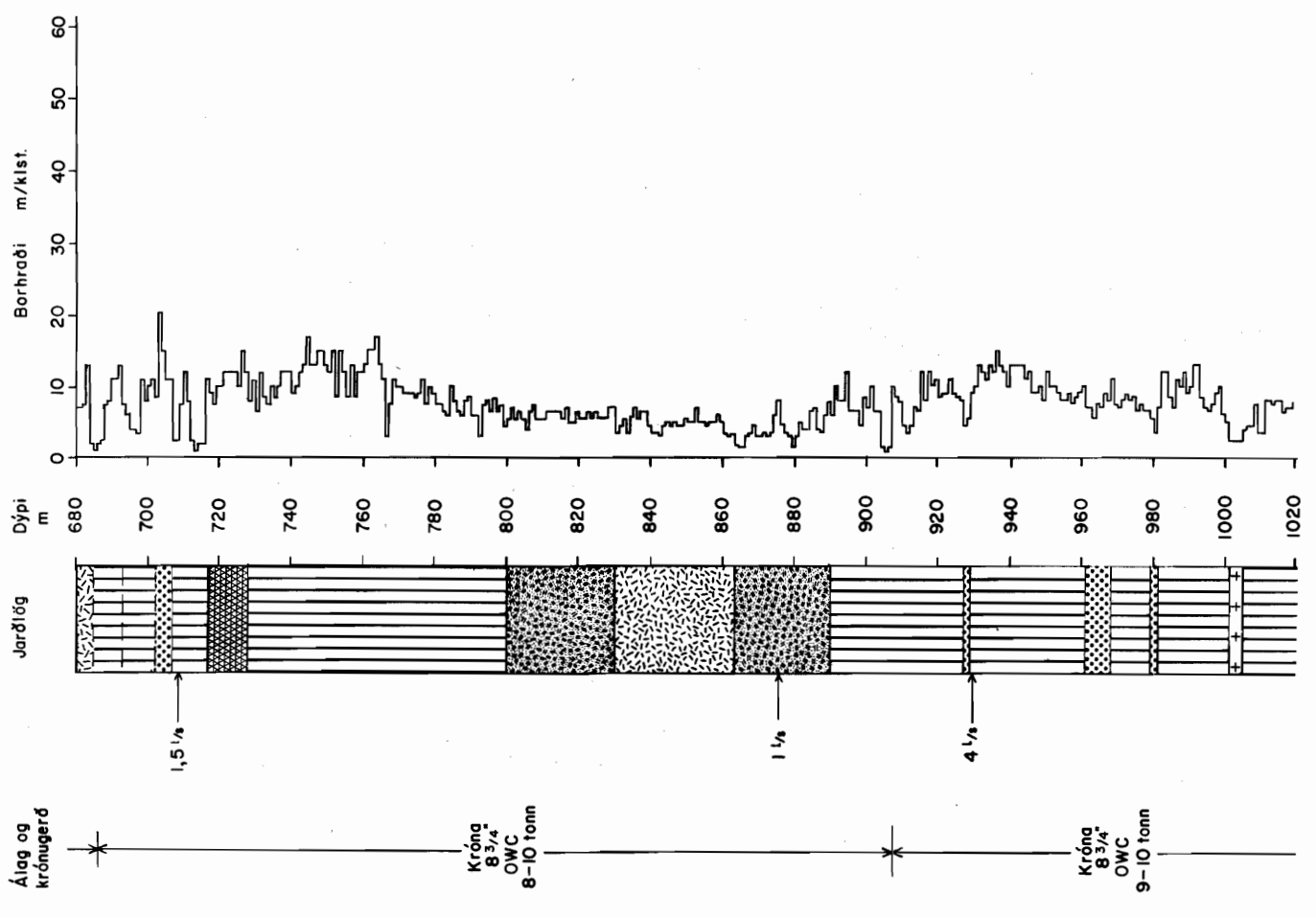
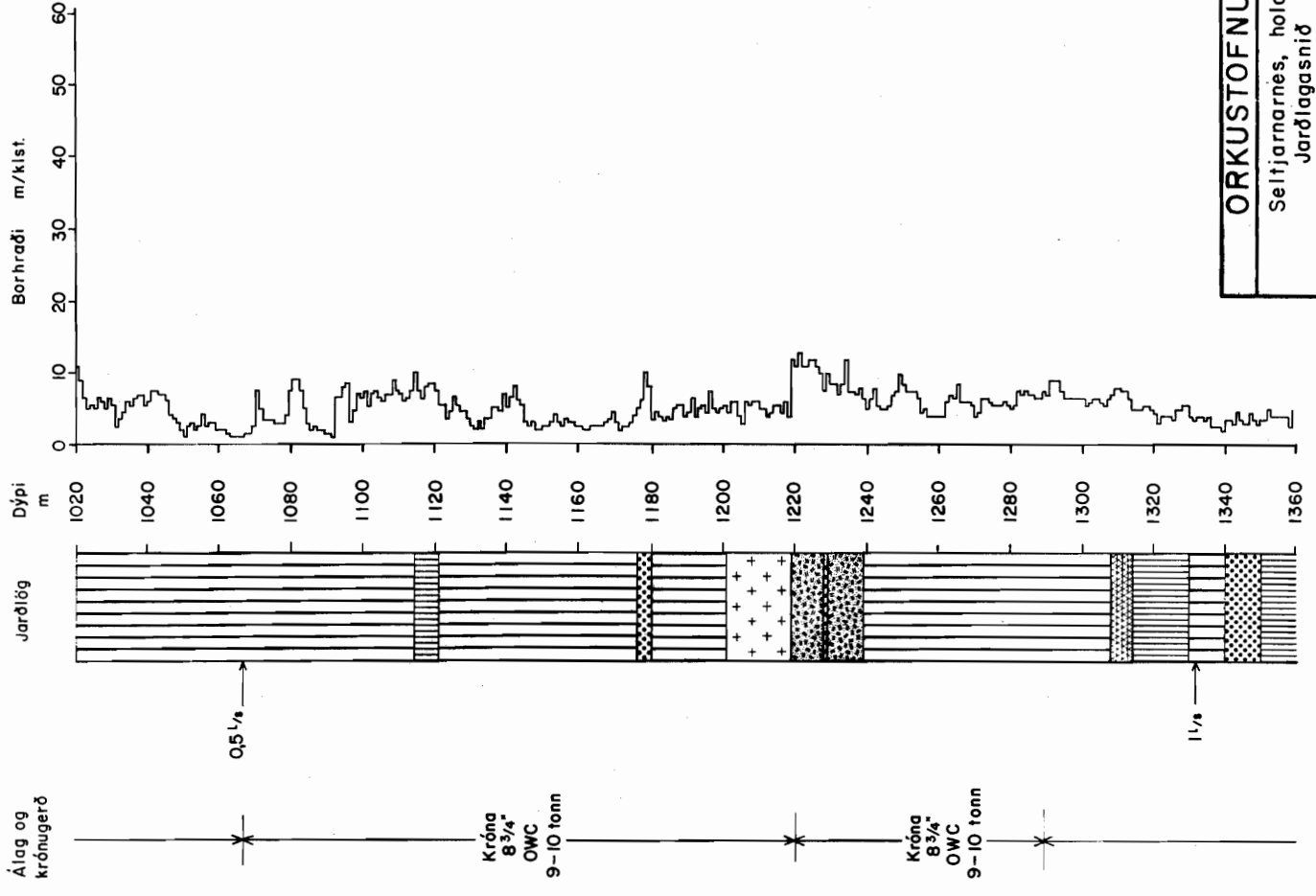
Króna 8 3/4" W7R-JET 11-12 tonn

OSC-1G

ORKUSTOFNUN

Seltjarnarnes, hola S-3
Jardlagasnið

88.6.72 37/6A/MS/ER Tn. 54
Blað 2 af 3 J-Seltj. nes Fnr. 10586



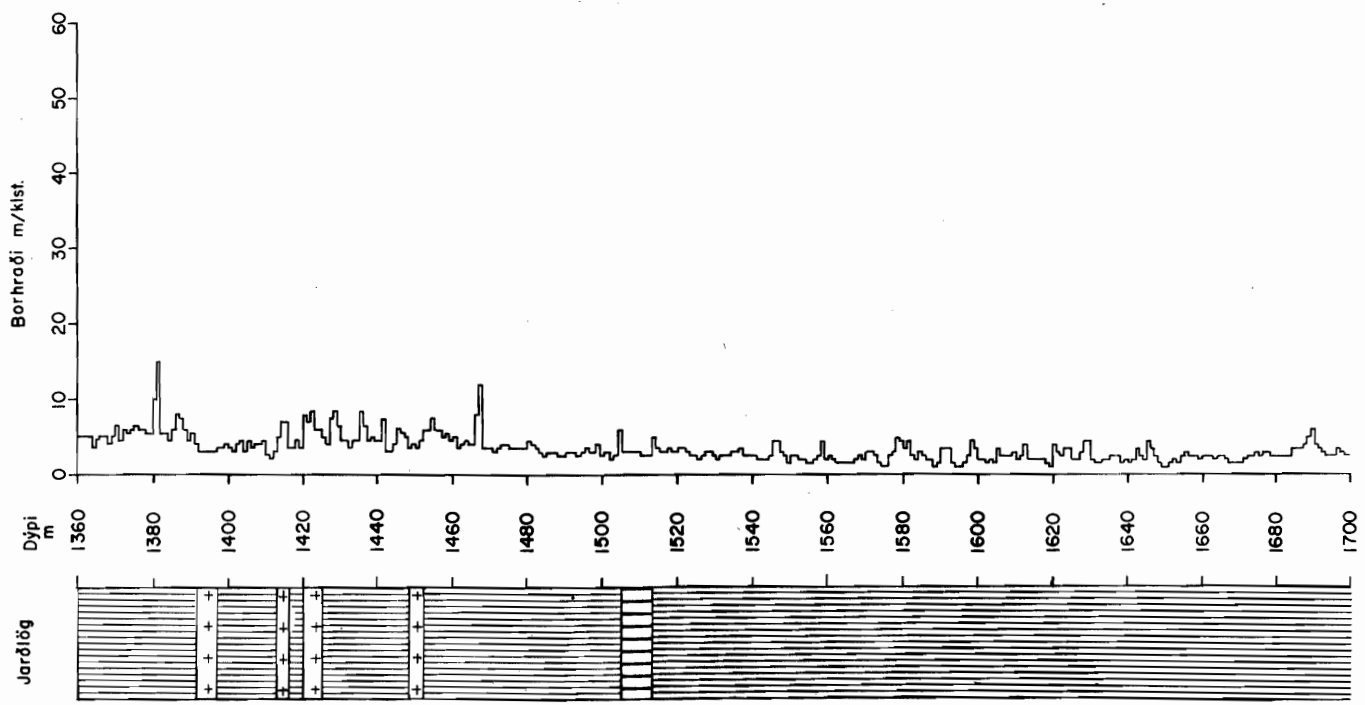
Álag og krónugerð

Króna 8 3/4" OWN 9-10 tonn

Króna 8 3/4" W-7 7-9 tonn

Króna 8 3/4" W-7 7-8 tonn

Króna 8 3/4" WDR-JET 7-8 tonn



Álag og krónugerð

Dýpi m

Borhraði m/klst.



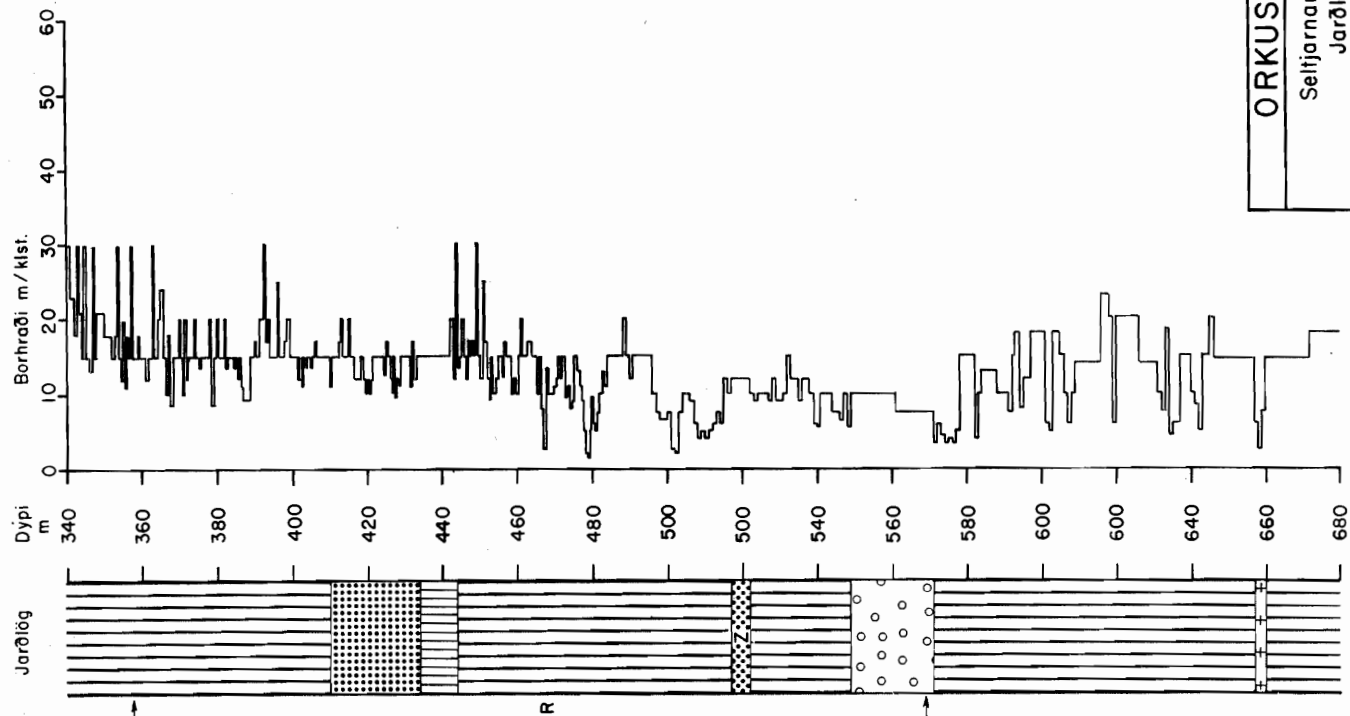
Botn 1715 m

SKÝRINGAR

- Ferskt basalt
- Myndbr. "
- Innskot (dólerít)
- Breksíerad gragrýti
- Basalttrík breksía
- Móbergs breksía
- Ótilgr. set

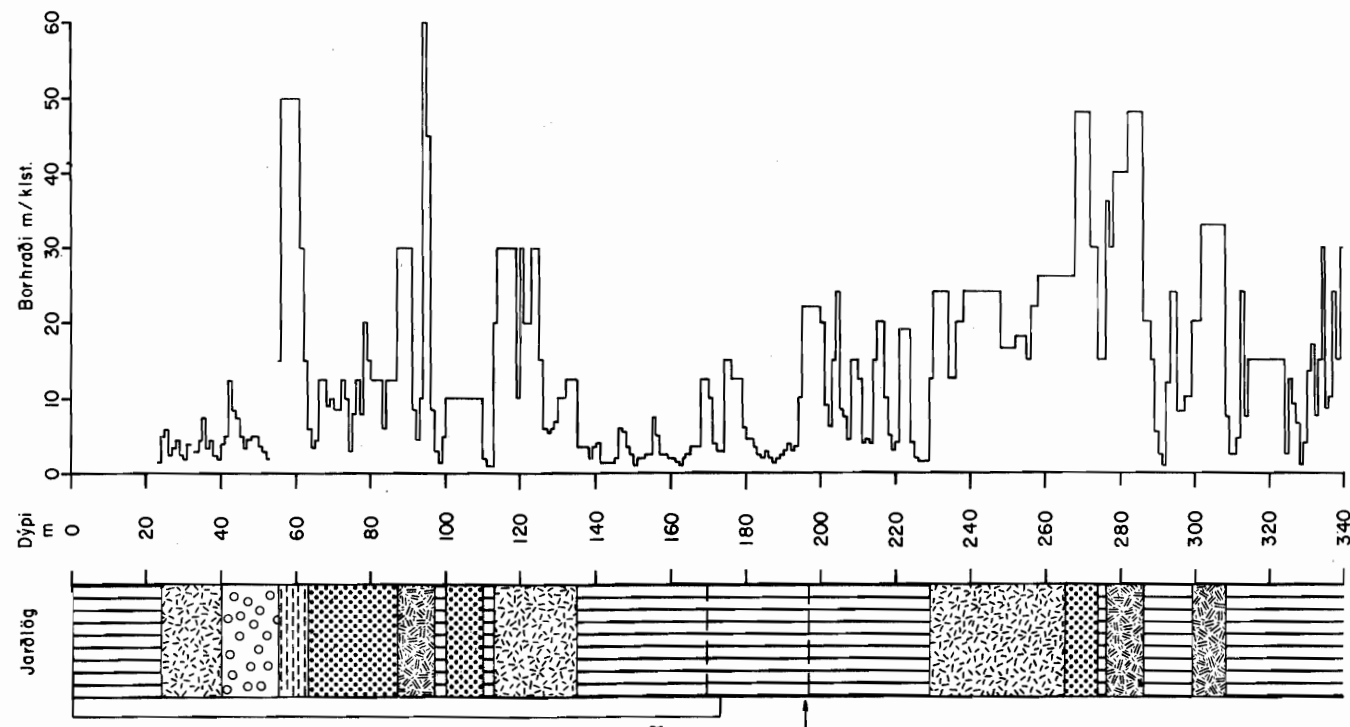
R: Rauðleitt

Z: Zeolítar



Álag og krónugerð
 8 3/4"
 W-7
 EB 301
 12-14 tonn

8 3/4"
 W-7
 XA 973
 12-14 tonn



Álag og krónugerð
 12 1/4"
 UK 8003
 4-12 tonn

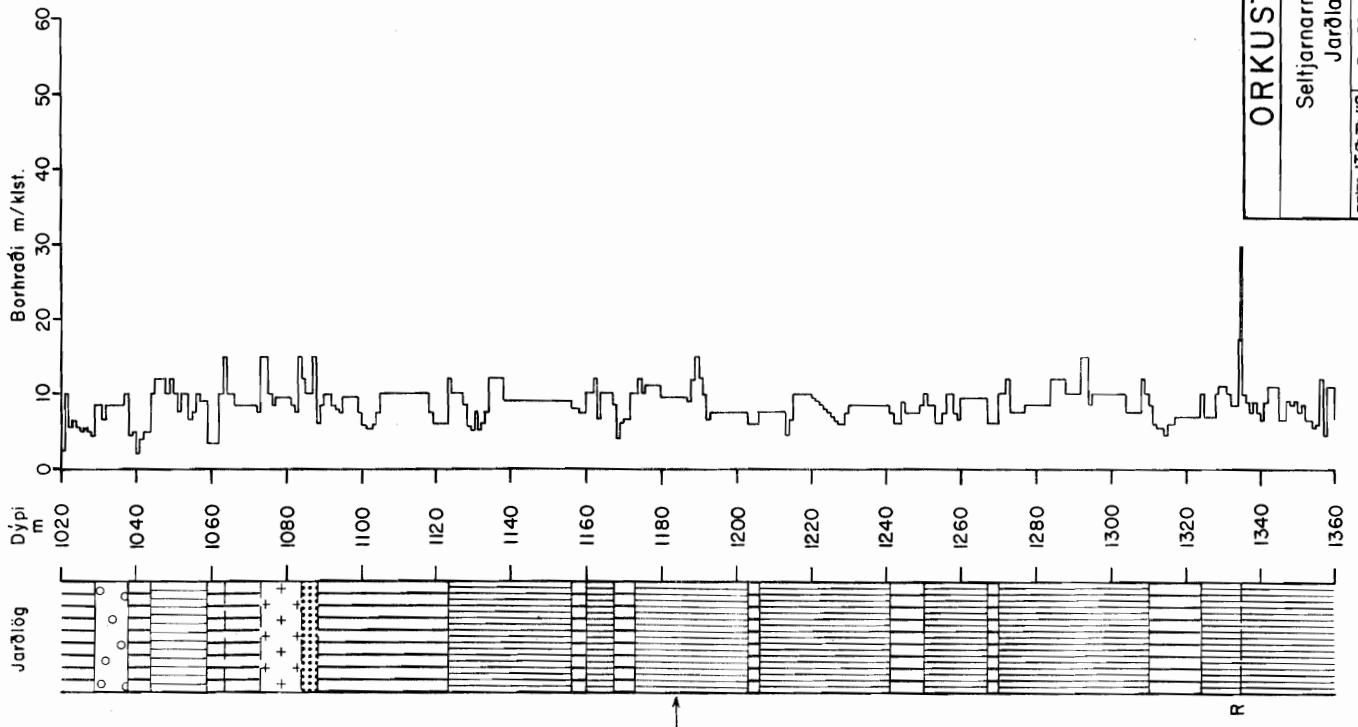
8 3/4"
 OWC-1
 20061
 12-14 tonn

ORKUSTOFNUN

Seltjarnarnes hola S-4
Jarðlagasnið

Z.772 J/T/P.Th./S Tr. 56
Bl. 2 of 3 J-Seltjarnarn.

Fnr. 10612

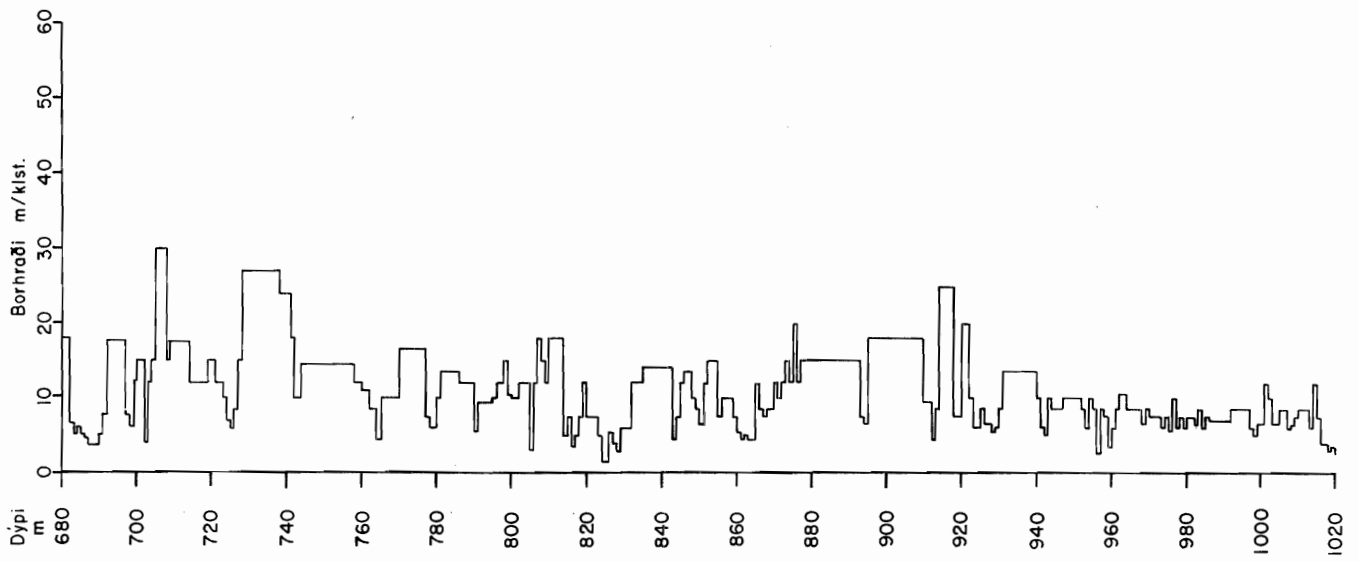


Álag og kröngugerð

8 3/4" W-7 AA 505 13-14 tonn

8 3/4" W-7 XA 988 13-14 tonn

W-7



Álag og kröngugerð

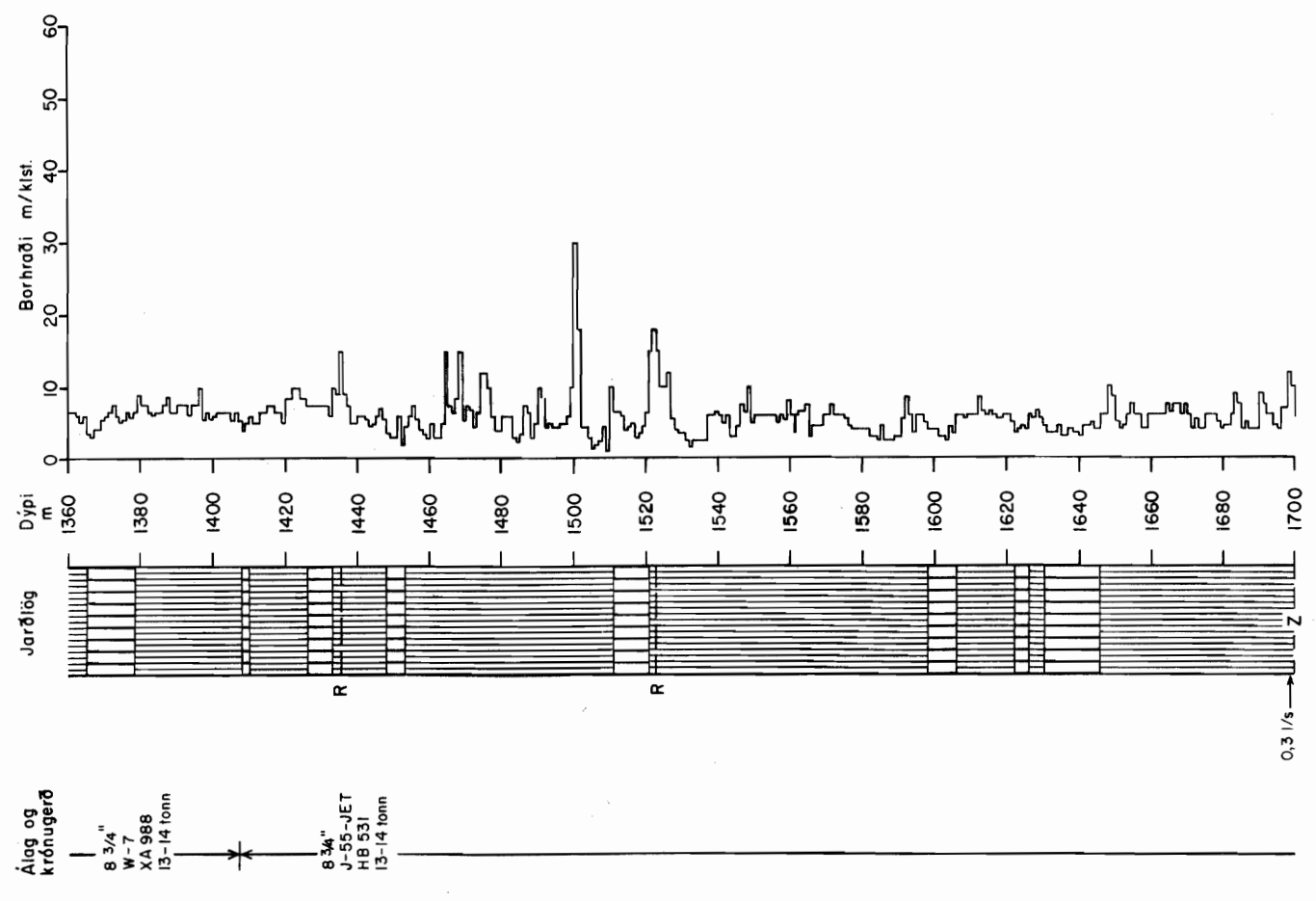
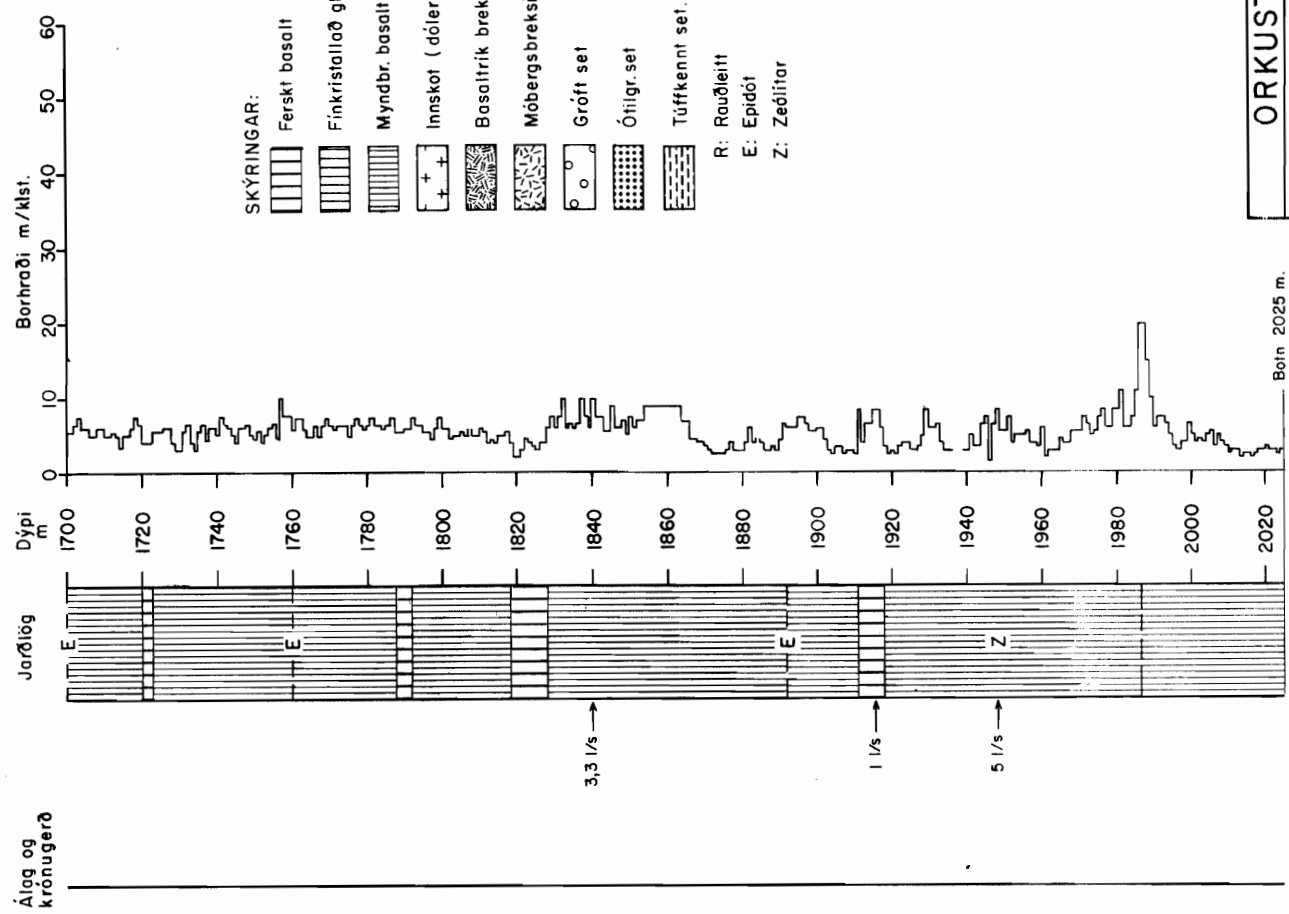
8 3/4" W-7 XA 973 12-14 tonn

8 3/4" W-7 VF-865 12-14 tonn

ORKUSTOFNUN

Seljarnarnes hola S-4
Jardlagasnið

7.7.72JY/ETH/IS Tr. 56
Bl. 08, 3 of 3 J-Seljarnarn.



8 3/4" W-7 XA 988 13-14 tonn

8 3/4" J-55-JET HB 531 13-14 tonn

7.2 Vatnsæðar og hiti.

Vatnsæðar í holunum eru skráðar inn á jarðlagasniðin, og allar hitamælingar frá hverri holu eru færðar inn á eina teikningu (sjá myndir, 7.2.2 - 7.2.5). Til þess að átta sig betur á hitanum í holunum og til samanburðar eru gerð stólpalínurit af hitanum (mynd 7.2.1), og er holunum skipt í 200 m bil. Stólpalínuritið er þannig byggt upp, að gefinn er hámarkshiti í hverju bili. Það er greinilega svólíttill munur á norður og suðurhluta svæðisins. Í nyrstu holunum, S-4 og S-2, vex hitinn talsvert upp fyrir 70°C á bilinu 200-400 m, en er undir 70°C í S-1 og sennilega einnig í S-3. Í S-1 nær 60-70°C heita vatnið alveg niður á 600 m dýpi. Hinsvegar fer hitinn í S-2 upp í 84-85°C á rúmlega 500 m dýpi. En síðan lækkar hitinn lítið eitt og er 80.5°C í botni í 856 m dýpi (sjá mynd 7.2.3). Í dýpri holunum hækkar hitinn niður á 1400 m dýpi og í tveimur dýpstu holunum er hitinn 126°C fyrir neðan 1600 m dýpi.

Þessa hitadreifingu í holunum má túlka þannig, að svæðið skiptist lóðrétt í tvö vatnskerfi, efra og neðra kerfi. Efra kerfið nær niður á 600 m dýpi á suðurhluta svæðisins og er þar um 60-70°C heitt, en á norðurhluta svæðisins nær efra kerfið niður á 850-900 m (minnst 856 m) en vatnið er yfir 80°C fyrir neðan 500 m dýpi. Neðra vatnskerfið er á svipuðu dýpi á báðum svæðunum og er efra borð þess á 1400-1600 m dýpi, en neðra borðið er dýpra en holurnar. Hitinn í neðra kerfi er nærri því sá sami (126°C) í öllu kerfinu. Það má líta á þessi vatnskerfi sem tvö hringrásarkerfi þar sem hitinn er jafnaður út með hringrás vatnsins. Þá mundi vatnið í efra kerfinu streyma upp í norðri og niður í suðri.

7.2.1 Einstakar holur.

S-1. Hitamælingar sjá mynd 7.2.2.

Vantsborð í Bakkaholunni stóð fyrst í 1.5 m eða þar til borinn var kominn niður í 178 m dýpi, þá lækkaði vantsborðið og hélst síðan í 15 m. Þegar holan var orðin 250 m djúp fór að seytla vatn upp úr

holunni, um 21°C heitt. Þetta rennsli hætti þó fljótlega, líklega vegna þess að æðin hefur stíflast af svarfi. Ekki varð vart við fleiri vatnsæðar meðan borað var með Mayhew bor. Í Cardwellboruninni varð vart við skolvatnstap í 425-427 m, um 1.7 l/s og í 614-616 m varð um 3.7 l/s skolvatnstap. Síðast var getið um vatnsæð í 1246 m dýpi, en hún gæti verið á öllu dýpinu frá 1216-1246 m. Þegar holan var orðin 985 m djúp bilaði borinn og var hlé á borun í rúma viku. Á því tímabili var dælt úr holunni í þrjá sólarhringa 1.3 l/s. Um niðurdrátt er ekki getið, en vatnið hitnaði úr 23°C upp í 43°C. Holan var hitamæld 16.06.'67 eftir þessa dælingu, sjá mynd 7.2.2. Á hitaferlinum kemur vel fram vatnsæðin í 600 m dýpi og virðist það vera aðalvatnsæðin í holunni og mældist hitinn á vatnsæðinni 50°C. Aftur bilaði borinn 22.06 og stöðvaðist vinna í fjóra daga. Holan var þá 1154 m. Meðan á hléinu stóð var aftur dælt úr holunni í næstum þrjá sólarhringa sama magni og fyrr, 1.3 l/s. Að lokinni dælingu var holan hitamæld upp á nýtt 27.06., sjá mynd 7.2.2. Á hitaferlinum kemur vatnsæðin á 600 m dýpi greinilega fram, en auk þess vatnsæð í 950 m dýpi og ef til vill er vatnsæð í kringum 1050 m dýpi. Þessar vatnsæðar eru nokkuð heitari en 600 m æðin og er sú neðri 93°C. Fjórum mánuðum eftir að borun lauk var holan hitamæld, 23.10.'67. Botnhitinn mældist þá 111°C, sjá mynd 7.2.2. Þann 31.10.'76 var S-1 prófuð með djúpdælu og var dælt 3 l/s upp úr holunni í samtals 18 klst. Eftir þetta var holan sjálfrennandi og rann upp úr henni 1 l/s af 50°C heitu vatni. Holan var hitamæld að lokinni dælingu og virðist vatnið mest koma frá 600 m æðinni, sjá mynd 7.2.2, mælingu frá 09.11.'67.

S-2. Hiti sjá mynd 7.2.3.

Vatnsæðar: Vatnsborðið í holu 2 var lengi vel nálægt 1-3 m og breyttist við flóð og fjöru. Í 578 m dýpi kom vatnsæð með þrýstingi og byrjaði að renna upp úr holunni 1 l/s og var hitinn kominn upp í 59°C eftir sólarhrings rennsli. Nokkuð margar smáar vatnsæðar eru í holunni, þær stærstu eru í 615 og 715 m dýpi. Í 765 m dýpi var tap orðið 5 l/s, og hélst það tap uns borun lauk. Þegar stoppað var í 762 m runnu um 4 l/s af 70°C heitu vatni úr holunni. Í 765 m var rennslið 5 l/s, af 73°C heitu vatni og þegar borun lauk var rennsli úr holunni 3.5 l/s, af 74°C. Einhverjar vatnsæðar hafa því stíflast af svarfi í borun.

Aðalvatnsæðamar í holunni koma vel fram á hitamælingu frá 14.02.'66, sjá mynd 7.2.3. Efsta vatnsæðin virðist vera á milli 520 og 530 m nokkru ofar en getið var um í bordagbókum, en vatnsæðin í kringum 615 m virðist vera aðalæðin í holunni. Vatnsæðin í 715 m dýpi kemur fram sem kælipunktur. Tvær hitamælingar voru gerðar á holunni eftir að borun lauk með Franksbor, sú fyrri 22.07.'75 og sú seinni 14.02.'66. Báðar mælingarnar eru sýndar á mynd 7.2.3. Holan reyndist vera stífluð í 220-240 m svo ekki var hægt að mæla hana í botn. Hitastigullinn í efstu 220 m er 223°C á km. Hefur hann því lækkað miðað við það, sem hann var í 80 m dýpi, en þar var hann 280°C/km. Þessi lækkun á hitastigli þýðir aðeins, að komið er ofan í vatnsæðakerfið í berginu þar sem hringrásarrennsli jafnar að einhverju leyti hitann í berginu. Holan var ekki hitamæld meðan Cardwellborinn boraði, en fylgst var vel með hitastigi á vatni og rennsli, sem upp kom og hefur þess að nokkru leyti verið getið áður. Eftir að borun lauk rann áfram upp úr holunni og 10.02.'67 var sjálfrennslið um 3.1 l/s, hiti 78.4°C. Þá var holan hitamæld, eins og sýnt er á mynd 7.2.3. Hámarkshitinn er 82°C í 630 m dýpi. Holan var svo hitamæld 18.11.'70. Var þá rennsli úr holunni. Hitinn í holunni hafði breyst allmikið frá fyrri mælingu. Ekki var lengur hámarkshiti á 630 m dýpi. Nú kom fram rennslisferill frá 750 m dýpi af 77°C heitu vatni en kaldast var á 800 m dýpi, 74°C. En í mælingu, þar sem ekkert rennsli var úr holunni 12.05.'72, kom hámarkshitinn betur fram en áður, 83°C í 650 m dýpi. Einnig hafði holan hitnað í botni og var þar yfir 80°C.

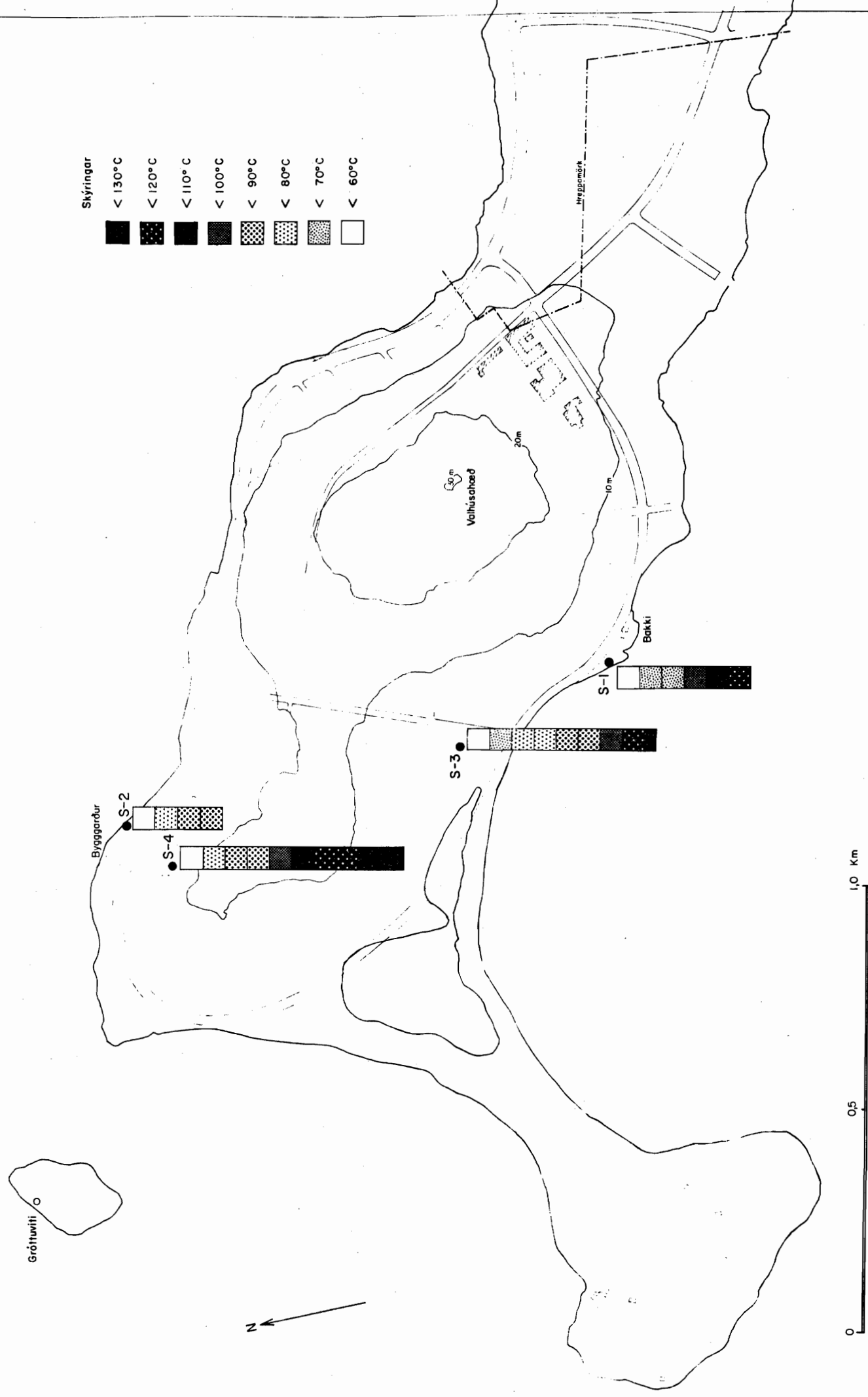
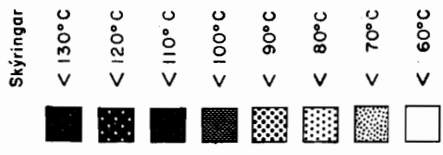
S-3. Hitamæling sjá mynd 7.2.4.

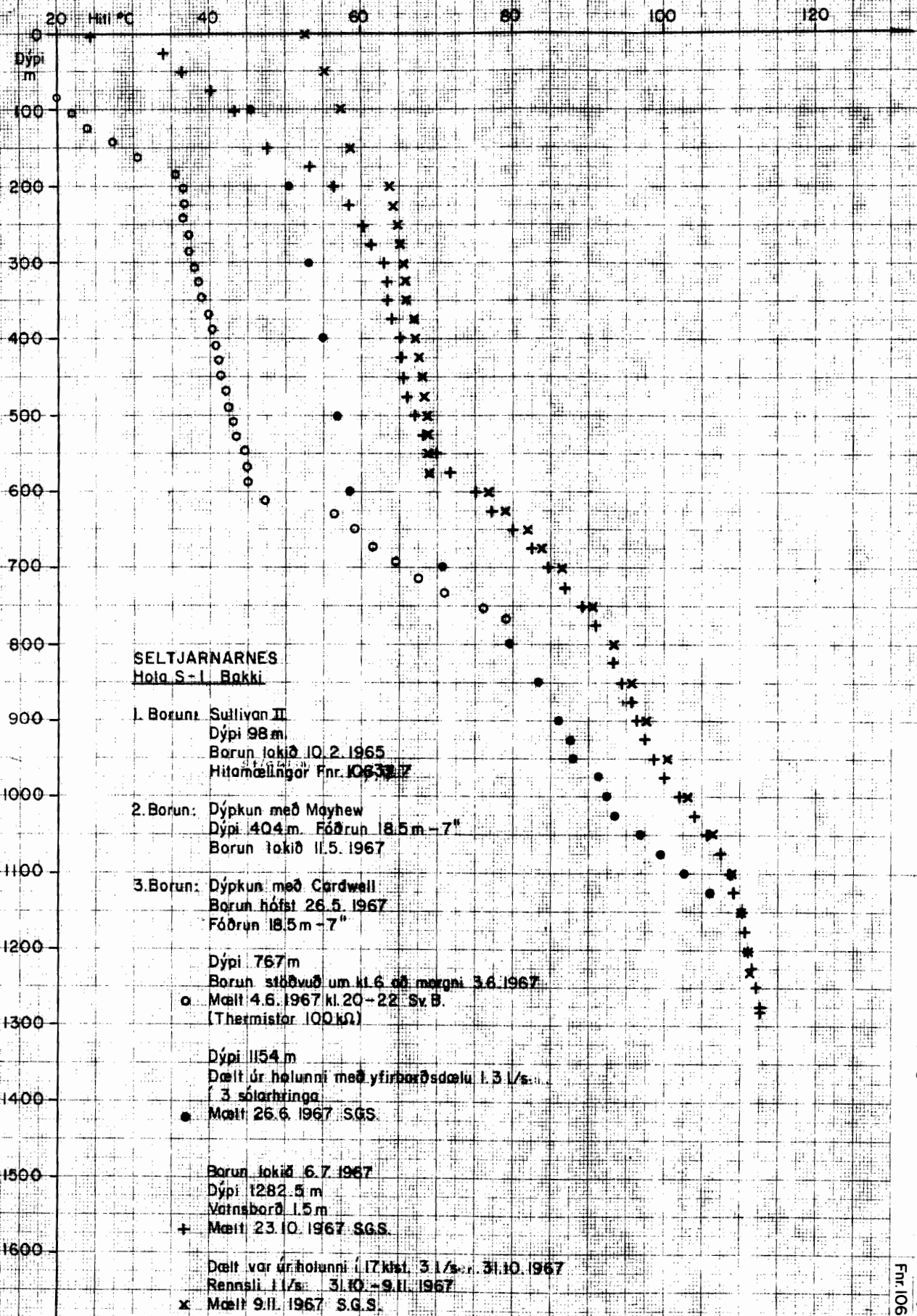
Allmikið er um skoltap í S-3, og er það efsta á 228 m dýpi. Vatnstöpin eru mörg, en fremur smá. Þau eru færð inn á jarðlagasniðið, sjá mynd 7.1.7. Stærstu æðamar eru á 400 m dýpi og 900 til 928 m dýpi, báðar á milli 3-4 l/s. Annars eru æðarnar mjög smáar og oft undir 1 l/s. Fyrir neðan 1540 m dýpi varð eiginlega engin breyting á skolvatnstapi og er sennilega mjög lítið af vatnsæðum þar fyrir neðan, en eftir mælinguna, sem gerð var eftir pökkunina 10.02.'70 í 842 m dýpi virðist holan öll hafa kólnað fyrir neðan pakkarann og þar með hafa tekið á móti vatni á nærri öllu bilinu, en mest hefur hún kólnað í kringum 1100 m dýpi og virðist vera vatnsgefandi lag álveg frá 950 að 1250 m dýpi og mest í 1100 m dýpi. Holan var oft hitamæld á meðan á borun stóð og eru þar mælingar sýndar á mynd 7.2.4. Hitaferillinn er svipaður

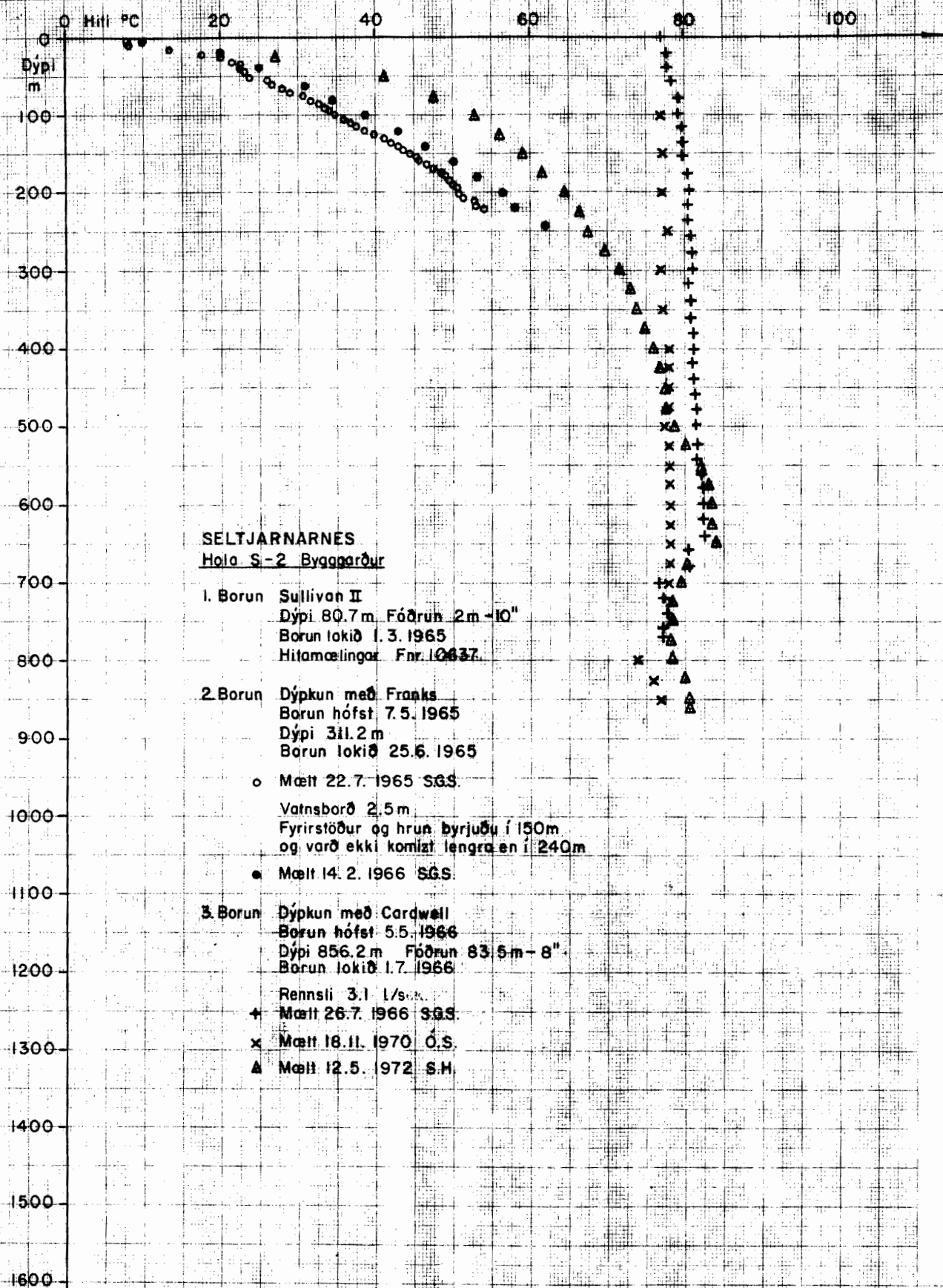
og í hinum holunum og sérstaklega líkur S-1. Fer hitinn vaxandi, einkum fyrir neðan 600 m dýpi, og er um 126°C í botni.

S-4. Hitamælingar sjá mynd 7.2.5.

Vatnsæðar: Allmikið er um skolvatnstap í S-4 og er það fært inn á jarðlagasniðið, sjá mynd 7.1.8. Fyrsta tapið var á 200 m dýpi, um 2 l/s, síðan eru nokkur skolvatnstöp um 2 l/s eða minni, en á 1192 m dýpi var 3 l/s tap og fór þá heildartapið upp í 6 l/s. Síðan breyttist það lítið og var heildartapið á milli 4-5 l/s niður á 1840 m dýpi, en þá fór tapið upp fyrir 7 l/s (tapaukning 3.3 l/s), en neðsta vatnsæðin er á 1980 m dýpi, um 5 l/s. Komst þá heildarvatnstapið upp í 12 l/s, en við lok borunar var tapið ekki nema um 4 l/s. Í hitamælingu, sem gerð var eftir fyrstu prófunina (02.06.'72) nær aðalkælingin niður að neðsu æðum og er hitastökk um 60°C fyrir neðan neðstu æðarnar. Þetta þýðir, að meginhluti vatnsins, sem notað var við þrýstiprófunina, hefur farið í neðstu æðarnar, sem eru aðalvatnsæðarnar í holunni. Hitinn í holunni var mældur 13.09.'73 eftir nærri árs rennsli, og var þá hitinn í botni 126.5°C.







ORKUSTOFNUN
Jarðhitadælið

Hitamælingar í borholum

Júní 72 JT/Gyða
Tnr 59 Tnr 901
J-Seltnes J-Hitam
Fr. 10629

20 Hitir °C 40 60 80 100 120

Dýpi
m
0
100
200
300
400
500
600
700
800
900
1000
1100
1200
1300
1400
1500
1600
1700

SELTJARNARNES

Höla S-3

Fóðrun 99m - 95/9"

Dýpi 1066m

○ Mælt eftir ca. 20 klst stopp
25.1.1970

Dýpi 1418m

● Mælt eftir ca. 42 klst stopp
1.2.1970

Dýpi 1629m

+ Mælt eftir ca. 20 klst stopp
8.2.1970

Berun lokið 10.2.1970

Dýpi 1715m

Pakkas 11.2.1970 í 842m og dælt
í holuna 1500m³

x Mælt með Thermistor 23.2.1970 Ó.S.

▲ Mælt með Amerado 23.2.1970 Ó.S.

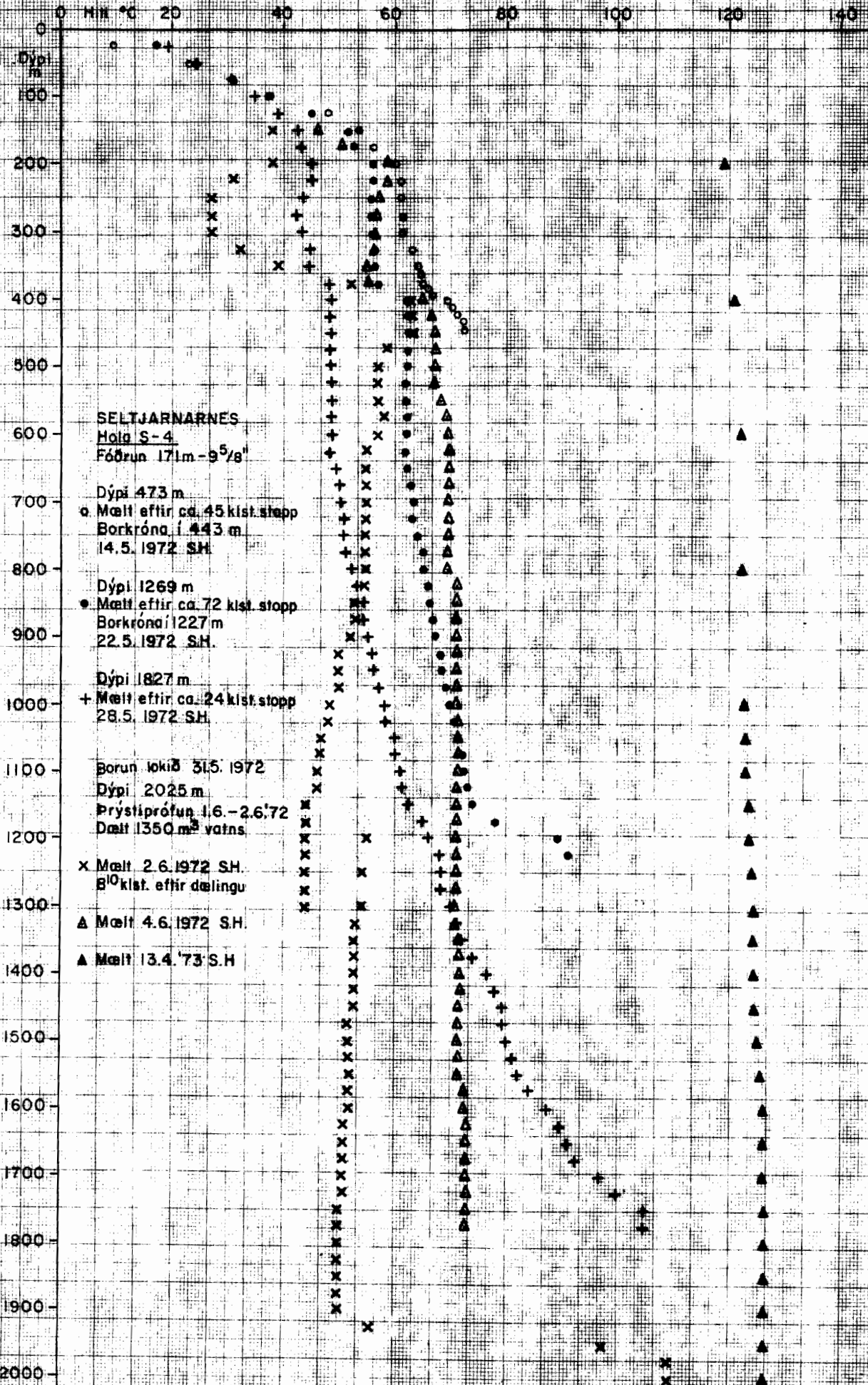
△ Mælt með Thermistor 25.2.1970 Ó.S.

▣ Mælt 17.11.1970 Ó.S.

ORKUSTOFNUN
Jörðfræðilega
Hitarmælingar í borholum

Júní 1972 JT/g/oa
Tnr.59 Tnr.902
J-Seltnæs J-Hitam.
Frnr. 10630

Mynd 7.2.4



ORKUSTOFNUN
 Jarðhitadællid
 Hitamælingar í borholum

Júní 1972 JT/900
 Tr. 60 Tr. 904
 J-Seltnes J-Hilum
 Fr. 10636

Mynd 7.2.5

S-1 og S-3 voru þrýstiprófaðar, en ekki hafa verið varðveitt nema lítil gögn frá þessum þrýstiprófunum og verður þeim því ekki lýst hér náið. Með þrýstiprófuninni í S-1 skýrðist vatnskerfi svæðisins nokkuð, en árangur var ekki nægur til að S-1 yrði góð vinnsluhola. Í þrýstiprófuninni í S-3 var pakkað á 842 m dýpi og einnig var dælt í alla holuna. Alls var dælt niður um 1500 tonnum af vatni. Holan virðist hafa opnast allvel í þessari þrýstiprófun og er S-3 allgóð vinnsluhola. S-4 var þrýstiprófuð dagana 01.06 - 02.06 1972. Pakkað var á þremur stöðum í holunni og í 17 dælingum var dælt niður samtals um 1650 tonnum á nítján og hálfri klst. Í töflu 7.3.1 er listi yfir lengd hverrar dælingar, magn, þrýsting o.fl. Fyrst var pakkað í 512 m dýpi kl 5.15, en afpakkað kl 12.30. Í þessari pökkun voru 7 dælingar. Afköst voru svipuð í öllum dælingunum, sjá töflu 7.3.1. Þrýstingurinn óx í fyrstu þremur dælingunum og í lok 3. dælingar var þrýstingurinn um 3 kg/cm^2 hærri en í fyrstu dælingu, en lækkaði í fjórðu dælingunni um 4 kg/cm^2 . Þá hefur holan opnast allverulega. Eftir fjórðu dælingu hækkaði þrýstingurinn hægt aftur. Í sjöundu dælingu byrjaði vatnið að gruggast og þrýstingurinn að hækka og var því hætt við þrýstitilraunir á þessum stað og pakkarinn færður neðar. Það, sem skeð hafði var, að þegar vatnið var orðið óhreint virkaði það sem þéttir í staðinn fyrir að sprengja holuna út. Bakþrýstingurinn hvarf fljótlega, sem bendir til að holan sé mjög opin, og opnari en halda mætti út frá útreiknaða þrýstingnum, en líklega er þrýstingur vegna viðnáms í stöngum og tengistykkjum of lágt reiknaður og þá verður útreiknaði þrýstingurinn of hár. Næst var pakkað í 974 m dýpi kl. 17.50 og afpakkað kl. 23.30. Dælt var fimm sinnum í holuna. Þrýstingur var heldur hærri en í fyrstu pökkun og breyttist lítið, en fór heldur hækkaði eftir því sem dælt var lengur. Næst var pakkað á 1366 m dýpi kl. 07.25 (02.06.'72) og afpakkað kl. 13.50. Fjórar dælingar voru í þessari pökkun. Þrýstingurinn var hærri en í hinum dælingunum og breyttist nær ekkert, virtist aðeins vera háður lengd dælinganna. Bakþrýstingurinn hækkaði nokkuð í hverri pökkun, en var samt mjög lágur í öllum pökkunum.

Tafla 7.3.1.

Prýstiprófun í S-4 dagana 1.6.-2.6. 1973.

Pakkari á dýpi m. 512, 974, og 1366.

Dælt í bil m-n	Dæling nr.	Dæling tími	Dælt l/s	Mældur prýst. kg/cm ²	Útreikn. prýst. kg/cm ²	Bakbrýstingur hverfur á sek	Magn í tonnum	Magn í tonnum samtals
512-2025	1	0.10	47	55-58	27-30		28	
"	1	0.08	35	40	20		15	
"	2	0.20	47	59	31		56	
"	3	0.40	47	56-61	28-33		111	
"	4	0.30	47	56	28		85	
"	5	0.33	47	56-57	28-29	20	95	
"	6	0.30	47	56-59	28-31	20	83	
"	7	0.57	45	55-61	29-35		154	
Samtals		3.18						627
974-2025	8	0.31	39	69-73	30-34	30	73	
"	9	0.38	39	73-74	34-35	40	89	
"	10	0.18	38	74	36	30	40	
"	11	0.43	38	73-75	36-37	42	98	
"	12	0.27	38	75	37	44	62	
"	13	1.00	37	75	37		135	
"	13	0.05	24	49	20	44	6	
Samtals		3.42						503
1366-2025	14	0.55	32	84-88	45-49	50	106	
"	15	2.00	32	84-89	45-49	20	224	
"	16	0.22	32	84-86	45-47		42	
"	17	2.05	32	86-89	47-49	70	237	
Samtals		5.22						609
Alls		12.22						1739

7.4 Efna- og ísótópasamsetning vatnsins.

7.4.1 Nýtingarhæfni vatnsins

Efnagreindur hefur verið fjöldi vatnssýna úr öllum holunum og alls hafa verið gerðar yfir 23 svokallaðar heildarefnagreiningar, sem eru sýndar í töflu 7.4.1. Vatnið á Seltjarnarnesi inniheldur meira af uppleystum efnum en vatnið á hinum jarðhitasvæðum höfuðborgarinnar, og er einkum meira af klóri. Klórinnihaldið frá 178-750 ppm, en heildarmagn uppleystra efna frá 600-1950. Reyndar eru nokkur sýni með mun hærri klórmagn og magn af uppleystum efnum, en það eru sýni, sem eru blönduð vatni frá Seltjörn, sem var notað bæði við borun og þrýstiprófun í holu 3 og 4. Vatn, sem hefur jafn hátt klórmagn og vatnið á Seltjarnarnesi, getur haft tærandi eiginleika, einkum er súrefni kemst í vatnið og hefur verið bent á þetta áður af Orkustofnun. Hitaveita Seltjarnarness hefur þess vegna látið fara fram athugun á tæringarhættu og verður ekki fjölyrt um það hér. Of mikið er af uppleystum efnum í þessu vatni til að það geti talist gott neysluvatn. Þó er heildarmagn uppleystra efna í því vatni, sem nú er notað fyrir Hitaveitu Seltjarnarness (frá S-3 og S-4) undir leyfilegum mörkum fyrir neysluvatn. SiO_2 er þó of hátt (sjá kafla 6.4.1) skv. skilgreiningu Alþjóðaheilbrigðisstofnunarinnar WHO. Kalsíummagnið er nokkuð hátt og er því vatnið nokkuð hart og krefst því fremur mikillar sápu við þvott.

7.4.2 Uppruni vatnsins

Fyrir utan heildarefnagreiningar hafa verið gerðar umfangsminni greiningar á nokkuð mörgum sýnum og í mörgum sýnum einkum frá S-3 og S-4 hefur einungis verið greint klór. Við borun og þrýstiprófun á holum S-3 og S-4 var notað vatn úr Seltjörn. Vatnið í tjörninni er blandað sjó og getur sjórinn verið frá 1/10 upp í 1/4 hluta af vatninu. Þegar rennsli eða dæling byrjar eftir þrýstiprófun hafa vatnssýni verið tekin nokkuð reglulega til klórgreininga, til að fylgjast með hve lengi tjarnarvatnið er að hverfa úr borholuvatninu. Allar klóreiningar úr S-4 eru í línuriti á mynd 7.4.1. Cl og SiO_2 gefa mismunandi einkenni vatnsins og með því að greina pH er hægt að reikna út kísilhita (sjá kafla 6.4).

Í töflum 7.4.2 - 7.4.4 eru allar greiningar, sem til eru af öðru hvoru eða báðum efnunum og pH, en ef fleiri efni eru greind er greiningin einnig í töflu 7.4.1. Auk þess er tilgreint rennslis- og dælingarmagn, hiti og útreiknaður kísilhiti. Í töflu 7.4.2 eru sýni, þar sem blöndunar gætir við skolvatn (þrýstiprófanir). Frá S-4 eru aðeins sýni þar sem meira var greint en klór. Í töflu 7.4.3 eru sýni tekin úr holustút (borholuvatns). Í töflu 7.4.4 eru djúpsýni og er tilgreint dýpi á sýnunum í stað dælingar eða rennslismagns í hinum töflunum. Auk efnagreininga, hefur ísótópahlutfallið D/H, þ.e. δ -gildi vatnsins (sjá kafla 6.4 og töflu 7.4.5), verið mælt.

Klór: Eins og sést á töflum 7.4.3 og 7.4.4. er klórmagnið nokkuð breytilegt á jarðhitavatninu eða á milli 390-730 ppm. Lægsta klórmagnið er frá S-2, þegar holan var 588 m djúp (vatnsæð í 550 m dýpi), þá rann úr holunni 1 l/s í sólarhring. Um blöndun við skolvatn er vart að ræða, því þetta sýni er með lægsta δ -gildi, sem mælt hefur verið á svæðinu (sjá töflu 7.4.5). Klórmagnið í rennsli frá S-2 var 470 ppm eftir borun, en minnkaði síðan niður í 400-420 ppm. Þessi breyting á klórmagni er sennilega vegna þess að vatnsæðarnar eru misklórrikar og koma misjafnt inn meðan holan er að ná fullum hita. Klórmagnið í sýnum, sem tekin eru við stút í hinum holunum (S-1, S-3 og S-4) er svipað, 500-550 ppm. Í öllum holunum, þar sem djúpsýni hafa verið tekin, er klórmagnið breytilegt með dýpi þannig að klórmagnið vex með dýpi að minnsta kosti niður í 1300 m. Út frá dreifingu vatnsæðanna og klórmagnsins í dæli- og rennslissýnum er líklegt að klórmagnið fyrir neðan 1300 m dýpi sé á milli 500-550 ppm. Klórið í jarðhitavatninu er komið frá sjó, annað hvort með beinni blöndun eða óbeint í gegnum útpvott sjávarsalts úr jarðlögum. Seinni tilgátan er líklegri, t.d. er ekkert samband á milli klórmagns og δ -gildis. Einnig er dýptardreifing klórsins slík, að hún mælir heldur með útpvotti en blöndun (a.m.k. ekki blöndun að ofan). Saltið í jarðhitakerfinu gæti verið komið þegar sjávarstaða var mun hærri en nú, rétt eftir ísöld. Grunnvatnið hefur þá verið sjór eða sjóblanda. Gæti mismunandi selta í jarðhitavatninu með dýpi stafað af því að mest selta situr eftir í gropnum jarðlögum eins og setum og breksíum. Það virðist vera fylgni milli slíkra jarðlaga og klórtoppanna. Þessi jarðlög eru algengust á milli hringrásarkerfanna (sjá kafla 7.2). Má því ætla, að tveir þættir ráði klórmagninu, þ.e. magni af salti í jarðlögum (getur hvort sem er verið í formi útkristallaðs salts eða salts lagar), og hraða gegnumstreymis af vatni í gegnum jarðlögin.

δ-gildi vatnsins.

Mælingar á D/H -hlutfalli vatnsins eru í töflu 7.4.5 ásamt fleiri atriðum, sem gætu verið tengd δ-gildinu. δ-gildið er nokkuð breytilegt í sýnunum á milli -72.9 til -76.6 o/oo.

Ekkert samband virðist vera á milli δ-gildisins og annarra atriða í töflu 7.4.5, t.d. virðist ekkert samband vera milli klórmagns og δ-gildis eða hita og δ-gildis. δ-gildi vatnsins á Seltjarnarnesi er lægra en á hinum jarðhitasvæðunum á höfuðborgarsvæðinu, og er því líklega mun lengra að komið en annað vatn á svæðinu. Vatn með mjög lágu δ-gildi finnst á Akranesi, Leirá og fleiri stöðum í Borgarfirði (sjá nánar í kafla 5, og Bragi Árnason og Jens Tómasson, 1970).

7.4.3 Önnur uppleyst efni.

Kísill og sýrustig.

Sýrustig í vatni S-1 og S-2 er nokkuð breytilegt frá pH 7.5 - 8.5. Í holum S-3 og S-4 er pH um 8.4. Magn kísils í jarðhitavatni ákvarðast af hita og sé pH vantsins þekkt, er hægt að reikna út kísilhitann (sjá kafla 6.4). Kísilhitinn hefur verið reiknaður út, sjá töflur 7.2-7.4. Best samræmi milli mælds hita og kísilhita er í S-4. Allmikið ósamræmi er í flestum sýnum frá hinum holunum. Þetta ósamræmi gæti stafað af því að vatnið í sumum vatnsrásum væri í jafnvægi við ópal. Þetta gæti einkum átt við um efstu vatnsrásirnar, þar sem mikið er af fersku gleri.

Natrium.

Magnið er breytilegt eins og klórmagnið, en megin hluti sýnanna hefur um 300-400 ppm af natríum. Natríum/klórhlutfallið er það sama og í sjó, sem eru einnig rök fyrir því að saltið sé komið frá sjó.

Kalíum.

Kalíummagnið er nokkuð breytilegt og vex með vaxandi hita eins og búast má við. Stundum hefur kalíum/natríum hlutfallið verið notað til hita-

mælinga, en hér hefur ekki verið gerð nein tilraun til þess að spá í hitann út frá því hlutfalli.

Kalsíum.

Kalsíum/klór hlutfallið er mun herra en í sjó. Þetta fyrirbrigði er mjög algengt í sjóættuðu vatni (Jens Tómasson, 1967).

Magnesíum.

Magnesíum/klór hlutfallið er miklu lægra en í sjó. Það er einnig miklu lægra en í sjóættuðu vatni, kalsíum eykst, þegar sjóblandað vatn kemur inn í berg, en magnesíum minnkar og virðist þetta gerast við tiltölulega lágan hita.

Súlfat.

Súlfatið er nokkuð breytilegt í sýnunum, en uppleysanleiki súlfats er í öfugu hlutfalli við hita. Hér virðist þó súlfatið heldur aukast með hita og er einna mest í dýpstu og heitustu holunni. Þetta hlýtur að stafa af því að allt vatnið er undirmettað með tilliti til Ca SO_4 og skiptir því tiltækt magn af súlfati í bergi og vatni meira máli en uppleysanleikinn.

Skolvatnið.

Í töflu 7.4.2 eru sýni, sem eru menguð af skolvatni. Þar sem efnasamsetning jarðhitavatsins er mjög frábrugðin efnasamsetningu skolvatnsins er hægt að sjá á efnasamsetningu sýnanna hvernig skolvatnið hverfur úr jarðhitavatninu. Við boranir og þrýstiprófanir var notað tvenns konar skolvatn, vatn frá Vatnsveitu Reykjavíkur (Gvendarbrunnvatn), vatn sem er mjög snautt af uppleystum efnum, og svo vatn úr Seltjörn, sem er sjóblandað vatn. Vatnið úr Seltjörn er sjór að 1/10 - 1/4 hluta (2000-5000 ppm af klór). Í töflu 7.4.2 eru tvö sýni frá S-1, þar sem skolvatnið var Gvendarbrunnvatn, enda er klórmagn þeirra mun lægra en jarðhitavatsins á Seltjarnarnesi. Í S-3 og S-4 var notað vatn úr Seltjörn og eru því sýnin þaðan með mun herra klórmagni en er í jarðhitavatninu, og klórmagnið fer hækkandi með tíma. Best sést hvernig skolvatnið hverfur í S-4. Þar var byrjað að dæla úr holunni

með lofti (8.6.1972), en holan varð sjálfrennandi eftir rúmlega sólarhringsdælingu. Dæling og sjálfrennsli var misjafnlega mikið, frá 10-40 l/s. Á mynd 7.4.1 er sýnt, hvernig klórmagn og hiti breytast með tíma frá byrjun rennslis úr S-4. Eftir mánaðartíma er svo klórmagn og hiti orðið nærri stöðugt, allt skolvatn er sem sagt horfið úr holunni. Ef reiknað er með að runnið hafi úr holunni 20 l/s að meðaltali, sem mun ekki vera fjarri lagi, þá runnu úr holunni um 50 þúsund tonn af vatni áður en skolvatnið hvarf úr holunni. Magnið af vatni, sem tapaðist í holunni við borun og þrýstiprófum var hins vegar innan við 5 þúsund tonn. Virðist því þurfa að renna úr holunni um tíu sinnum meira magn en það, sem tapaðist við borun og þrýstiprófun, til að losna aftur við skolvatnið úr holunni. Einnig má sjá á mynd 7.4.1 hvernig vatnsæðarnar eru að koma inn eftir því sem holan hitnar. Klórmagnið í tjörninni meðan þrýstiprófunin fór fram var um 2000 ppm. Sama klórmagn var í sýni úr fóðurrörinu (fyrsta sýnið), en rétt fyrir neðan fóðurrörið var klórfátækara vatn, 650 ppm um 45°C heitt. Þetta þýðir að frá efstu vatnsæðunum hefur komið nokkurt jarðhitavatn inn í holuna áður en dæling byrjaði. Hvorki klór né hiti breytast reglulega. Mesta stökkið í klórmagninu varð eftir rúmlega sólarhringsdælingu, þá vex klórmagnið um 400 ppm og hitinn lækkar um 15°C. Þá hefur komið inn vatn úr dýpri æðunum, sem hafa verið meira mengaðar af skolvatni en þær grynri.

Tafla 7.4.1. Heildarefnagreiningar frá Seltjarnarnesi.

Sýni nr.	Hola Dýpi	Sýru stig pH	Cl ⁻ ppm	SiO ₂ ppm	Uppl. steine. ppm	Na ⁺ ppm	K ⁺ ppm	Ca ⁺⁺ ppm	Mg ⁺⁺ ppm	CO ₃ ⁻⁻⁻ ppm	HCO ₃ ⁻ ppm	SO ₄ ⁻ ppm	F ⁻ ppm	Hiti °C
24.06. '67	S-1	7.6	178	100	600	128	2.0	4	0.2	1	29	80	0.1	39.0
31.10. '67	"	8.5	350	80	885	226	4.5	48	1.5	20	10	150	1.0	53
08.01. '68	"	8.0	585	70	1020	268	5.1	60	1.3	8	17	195	1.0	54
HÖFV05690035	"	9.15	432	86	1055	305	5.9	61	0.5	12.0 ^x	7	147	0.95	
HÖFV06690039	"	9.95	203	58	655	173	3.4	32	0.3	12.6 ^x	7	90	0.55	
HÖFV06690041	"	8.9	353	72	891	232	4.7	50	0.4	13.2	0	128	0.9	
HÖFV06690042	"	7.55	516	92	1257	307	8.2	80	0.8	0 ^x	23	168 ^x	0.80	70
HÖFV06690043	"	7.55	547	93	1312	324	8.4	91	1.3	0 ^x	2 ^x	174	0.80	97
HÖFV06690044	"	7.60	727	116	408	408	15.7	150	0.9	0	21	218	0.70	110
13.06. '66	S-2		390	100	1060	275	5.6	48	1.2	5	12	156	1.0	59
27.07. '66	"	7.4	526	108	1540	430	7.4	66	6	0	11	17	1.0	76
27.12. '66	"	7.5	405	100	1060	290	5.5	60	2.5	3	22	185	1.0	78.4
10.02. '67	"	7.8	410	100	1040	285	5.6	56	2.0	10	13	181	1.0	78.4
07.03. '67	"	7.3	420	85	1060	256	4.6	56	2.4	10	20	50	0.8	78
21.04. '67	"	7.2	423	90	1000	278	4.2	56	2.4	8	19	53	0.8	78
HÖFV05690036	"	9.15	443	90	1100	281	5.5	66	0.1	11.4 ^x	2 ^x	162	1.00	
HÖFV11700195	S-3	8.5	518	130	1320	290	9.8	156	0.2	9.0	15	179	1.0	100
HÖFV11720156	"	8.45	544	117	1368	352	10	108	0.04	14		188.5	0.95	
HÖFV067200821	S-4	8.3	4108	83	2508	660	17.1	96	13.7			227	0.45	81
HÖFV07720100	"	8.2	488	105	1428	330	9.7	116	0.4	20		199.2	0.8	114.5
HÖFV009720131	"	8.3	542	106	1366	325	6.7	116	0.1	19		203.5	1.00	116
HÖFV11720155	"	7.8	554	101	1376	362	10	132	0.09	17		209	0.95	115.2

^xekki leiðrétt fyrir áhrif SiO₂

CO₂
ppm

Tafla 7.4.2. Sýni, þar sem gætir blöndunar við skolvatn.

Sýni númer	Kl.	Hola	pH	Cl ⁻ ppm	SiO ₂ ppm	SiO ₂ Hiti °C	Hiti °C
24.06. '67		S-1		160			30.5
24.06. '67		S-1	7.6	178	100	110	39
24.02. '70	18 ⁰⁰	S-3		1368			
25.02. '70	18 ¹⁵	"		1376			
27.05. '70	9 ⁴⁵	"		1120			
01.03. '70	13 ³⁰	"		944			
02.03. '70	13 ³⁰	"		886			
09.03. '70	14 ⁰⁰	"		752			
HÖFV06720076		S-4	8,25	1078			75
HÖFV06720077		"	8.25	1110			77
HÖFV06720078		"	2.15	1114			79
HÖFV06720079		"	7.2	1134			86
HÖFV06720081		"	8.25	1124			85
HÖFV06720082		"	8.30	1103	83	97	81
HÖFV06720083		"	7.3	1064	101	110	93
HÖFV067720084		"	7.5	974	106	112	95
HÖFV067720085		"	7.9	854	99	108	98
HÖFV067720086		"	8.0	766	109	115	99
HÖFV067720091		"	7.4	702	104	115	106

Tafla 7.4.3. Sýni tekin úr holustút.

Sýni númer	Hola	pH	Cl- ppm	SiO ₂ ppm	SiO ₂ Hiti	Hiti °C	l/s
31.10. '67	S-1	8.5	350	80	94	53	
08.01. '68	"	8.0	585	70	78	54	
HÖFV05690035	"	9.15	432	86			
HÖFV06690039	"	9.95	203	58			
HÖFV06690040	"	8.95	313	72	86		
HÖFV06690041	"	8.9	353	72	86		
13.06. '66	S-2		39	100	110	59	
27.07. '66	"		470			74	
27.12. '66	"	7.5	405	100	110	76	
10.02. '67	"	7.8	410	100	110	78.4	
07.03. '67	"	7.3	420	85	100	78	
21.04. '67	"		7	423		78.0	
HÖFV05690036	"	9.15	443	90			
HÖFV03700019	S-3	7.65	735	127	125		
HÖFV0470162	"	8.35	572	132	128		
HÖFV08700105	"	8.5	520				D=15.6
HÖFV08700106	"	8.3	512				
HÖFV08700107	"	8.35	510				D=18.2
HÖFV08700108	"	8.35	503				
HÖFV08700109	"	8.4	508				D=16.4
HÖFV08700110	"	8.4	507				
HÖFV08700111	"	8.4	514				D=16.0
HÖFV0870112	"		513				D=17-18
HÖFV0870113	"		514				D=17-18
HÖFV0870114	"		507				D=17-18
HÖFV0870115	"	8.4					D=17-18
HÖFV0970116	"		521				D=17-18
HÖFV11700195	"	8.5	518				
HÖFV11720136	"	8.45	544				
HÖFV06720094	S-4	7.9	570	109	114	113	R=12
HÖFV07720100	"	8.20	488	105	113	114.5	R=12
HÖFV07720102	"	8.45	484	110	113	111.5	R=5
HÖFV07720103	"	8.40	466	106	113	115	R=11
HÖFV08720107	"	8.40	506	102	112	113	
HÖFV109720131	"	8.30	542	105	113	116	R=10
HÖFV11720155	"	8.30	554	101	111	115	R=5

D=Dæling
R=Rennsli

Tafla 7.4.4. Djúpsýni.

Sýni númer	Hola	Dýpi m	pH	Cl- ppm	SiO ₂ ppm	SiO ₂ Hiti °C	Hiti °C
HÖFV06690042	S-1	600	7.55	516	92	105	70
HÖFV06690043	"	950	7.55	547	93	105	97
HÖFV06690044	"	1290	7.6	727	116	115	110
27.07. '66	S-2	700	7.4	526			76
27.07. '66	"1	640		600			83
HÖFV03700020	S-3	400	7.65	732			
HÖFV03700021	"	850	7.90	732			
HÖFV03700022	"	1100	7.9	539			
HÖFV03700023	"	1670	7.70	587			
HÖFV04700160	"	400	8.2	563			
HÖFV04700161	"	1100	8.1	432			

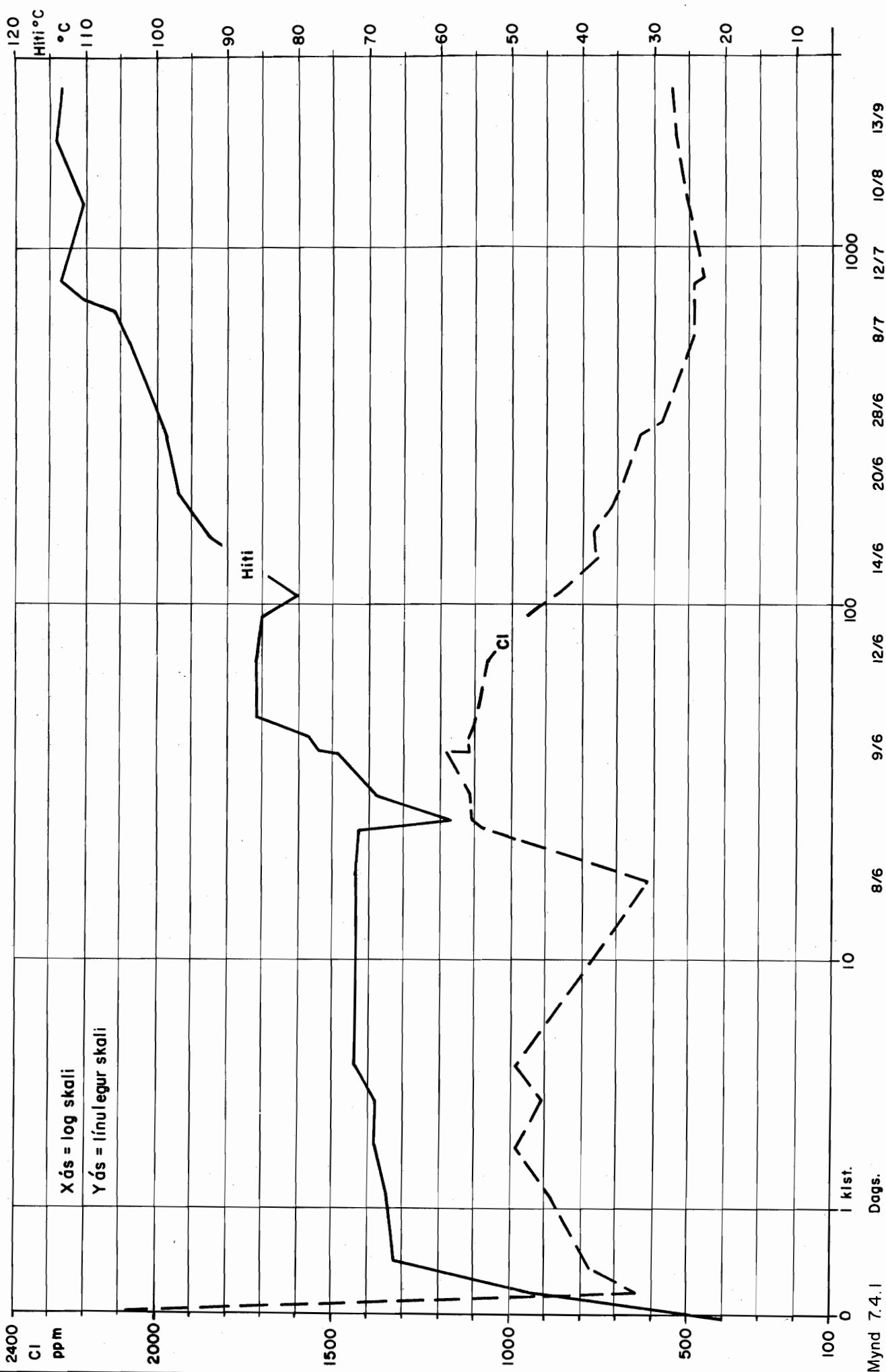
Tafla 7.4.5 δ -gildi, Cl^- og hiti, mælingar frá Seltjarnarnesi.

Sýni númer	Hola nr.	Dýpi m	Cl^- ppm	$-\delta$ -gildi 0/00	Hiti ($^{\circ}\text{C}$)	Rennsli l/s
08.01. '68	S-1	0	585	73.2	54	1.5
09.06. '69	"	600	516	73.7	70	1.0
09.06. '69	"	950	547	74.7	97	1.0
09.06. '69	"	1250	727	76.6	110	1.0
13.06. '66	S-2	0	390	76.6	59	2.0
27.06. '66	"	0	470	72.9	74	3.5
27.06. '66	"	635	600	75.7	83	3.5
27.06. '66	"	700	526	74.0	76	3.5

22.8. '73 JT/LB/EK
 Tnr. 80 Tnr. 450
 J-Jarðefnaf J-Rvík
 Fnr. 11405



Breytingar á hitastigi og klórmagni með tíma í S-4



7.5 VATNSSTÖÐUMÆLINGAR Í BORHOLUM Á SELTJARNARNESI 1966-1969

7.5.1 Inngangur

Mælingar á vatnsstöðu og vatnsrennsli úr borholum á Seltjarnarnesi hafa verið gerðar á vegum jarðhitadeildar Orkustofnunar frá því um áramót 1965-1966. Þær voru í fyrstu gerðar til þess að kanna hugsanleg áhrif 4-5 gígalítra árlegrar vatnsvinnslu á Laugarnessvæðinu í Reykjavík, í 3-5 km fjarlægð, á vatnsstöðu holanna. Síðari mælingar, sem gerðar voru samhliða dælingu og þrýstítílaun í holu 1, við Bakka, í nóv.-des., 1968 og í júní 1969, voru gerðar gagnert til að kanna rennsliseiginleika jarðlaga á Seltjarnarnesi og þar með möguleika til heitavatnsvinnslu úr þeim.

7.5.2 Borholur

Staðsetning mælingarhola er sýnd á mynd 7.5.1. Dýpt holanna við Ægisíðu og Ánanaust er um 100 m en holu við Ísbjörninn 49 m. Hóla 1, við Bakka, var í upphafi mælingartímabilsins 100 metrar í dýpt en varð 1282 m eftir dýpkun í mars-júlí, 1967. Hóla 2, við Bygggarð, var í upphafi 311 m á dýpt en varð 854 m eftir dýpkun, apríl-júlí, 1966. Hitaferlar og jarðlagasnið úr holu 1 og 2 (myndir 7.1.6, 7.1.7, 7.2.2, og 7.2.3) sýna að rennslið úr holunum er mestmegnis úr vatnsgengum jarðlögum í 500-800 m dýpt. Hitaferill úr holu 1 bendir auk þess til heitari vatnsæða neðan 800 m.

7.5.3 Mælingar

Mælingar á vatnsstöðu holanna og á vatnsmagni og hitastigi úr holum 1 og 2, eftir að rennsli hófst úr þeim í nóv. 1967 og júlí 1966, voru gerðar því sem næst mánaðarlega. Mælingar voru einnig gerðar reglulega á vatnsstöðu allra holanna meðan þrýstítílaun var gerð í holu 1, í júní, 1969, en hóla 2 stóð þá lokað og voru mælingar gerðar á henni með Bourdon þrýstimæli. Þá var vatnsstaða holu 1 mæld við mismunandi vatnsmagn, meðan dælt var úr henni, eftir virkjun með borholudælu í nóv. 1968 og aftur í júní, 1969 eftir þrýstítílaun. Var þetta gert til að ákvarða rennslismótstöðu í holunni og í næsta námunda við hana. Loks voru gerðar mælingar með síritandi vatnsstöðumæli í holu 1, holu við Ægisíðu og

holu við Ísbjörninn í júní, 1969, til þess að kanna áhrif sjávarfalla og loftþyngdar á vatnsstöðu holanna.

7.5.4 Úrvinnsla mælinga

Breytingar urðu ekki á vatnsstöðu holanna við Ægisíðu, Ánanaust og Ísbjörninn, né heldur hola 1 og 2 fyrir dýpkun þeirra, aðrar en þær sem orsakast af sjávarföllum, loftþyngd og úrkomu. Rennsli úr holu 2 minnkaði hinsvegar úr ca. 4 l/s í júlí, 1966, í 3.15 l/s í feb., 1968, (mynd 7.5.4), en hitastig hélst óbreytt, 77.5°C.

Vatnsstaða og rennsli úr holu 1, eftir dýpkun í 1282 m, sýndi engin merki um áhrif árstíðarbundinnar vatnsvinnslu á Laugarnessvæðinu í Reykjavík. Þetta bendir til óvatnsgengra jarðlaga þar á milli a.m.k. niður í 1282 m dýpi. Hin tiltölulega öra lökkun rennslis úr holu 2 eftir áramót 1966-67, orsakast sennilega af takmörkunum á víðáttu svæðisins á einn eða fleiri vegu.

Þrýstitilraun í holu 1 olli rúmlega 1 m hækkun vatnsstöðu í holu 2 og eftirfarandi dæling, lökkun um 1/2 m (mynd 7.5.2). Áhrifa þrýstitilraunar og dælingar gætti ekki í öðrum holum (mynd 7.5.7).

Misvægislíking Theis, sem notuð hefur verið með góðum árangri á Laugarnes- og Elliðaársvæðunum í Reykjavík, var notuð til þess að ákvarða rennslisstuðla vatnsgengu jarðlaganna í 500-800 m dýpt og þar með vatnsvinnsluþol þeirra miðað við viðráðanlega vatnsstöðulökkun.

Rennslisstuðlarnir, heildarvatnsleiðnin $T = 2.2$ l/s á breiddarmeter vatnsgengu jarðlaganna og rýmdarstuðull þeirra $S = 4 \times 10^{-5}$, voru ákvarðaðir með lakkandi vatnsstöðuferli úr holu 2, 7 og 8 júní, eftir þrýstitilraun í holu 1. T var einnig ákvarðað eftir rennslisferli holu 2 frá júlí, 1966 til jan. 1968 og varð þá 1.3 l/s á breiddarmeter (mynd 7.5.4). Þess ber að gæta að fyrstu vatnsmagnsmælingar eftir að rennsli hófst í júlí 1966, kunna að vera of háar og þetta gildi á T , því of lágt. Einnig er nokkur óvissa á vatnsmagnsmælingum í þrýstitilraun og gæti gildið á T , sem með þeim er fengið, 2.2 l/s á meter verið of hátt. Eftir aðstæðum þykir þó ekki óvarlegt að áætla $T = 1.5 - 2.0$ l/s á meter.

Rennslisstuðlarnir T og S voru síðan notaðir til að reikna vatnsstöðulækkun í vinnsluholu staðsettri líkt og hola A á mynd 7.5.1 og miðað við samtals 60 l/s vatnsvinnslu úr sex vinnsluholum. Vatnsstöðulækkunin var reiknuð fyrir gildin $T = 1.0$ og 1.5 l/s/m og $S = 4 \times 10^{-5}$, og gert ráð fyrir óvatnsgengum jarðlögum eins og myndin sýnir. Reiknuð vatnsstaða hola A miðað við efri brún fóðurrörs er sýnd á mynd 7.5.5. Eftir 200 daga vatnsvinnslu er hún -78 metrar ef $T = 1.0$ l/s/m, -48 metrar ef $T = 1.5$ l/s/m en yrði -36 metrar ef $T = 2.0$ l/s/m.

Vatnsstöðulækkunin, sem reiknuð er á mynd 7.5.5 er línulegs eðlis en hún stendur í beinu hlutfalli við vatnsmagnið og stuðul B, sem háður er logaritma af tíma frá upphafi vatnsvinnslu og rennslisstuðlunum T og S. Við þessa lækkun í vinnsluholu bætist lækkun sem orsakast af rennslismótstöðu í holunni sjálfri og í næsta námunda við hana og sem er í beinu hlutfalli við því sem næst annað veldið af vatnsmagninu og stuðulinn C. Lækkun í vinnsluholu verður þannig $h = BQ + CQ^2$. Niðurstöður mælinga á vatnsstöðu við mismunandi vatnsmagn úr holu 1 í des. 1968 og júní 1969, að þrýsttilraun lokinni, eru sýndar á mynd 7.5.3. Stuðullinn C lækkaði úr $1.05 \text{ m}/(1/\text{s})^2$ í $0.68 \text{ m}/(1/\text{s})^2$ vegna þrýsttilraunarinnar.

Sjávarföll orsaka vatnsstöðubreytingar í öllum holunum að undanskilinni holu við Ísbjörninn. Áhrif þeirra eru 22% af hæðarmismun flóðs og fjöru í Reykjavíkurböfn í holu 1 og 2, en um 23% í holum við Ægisíðu og Ánanaust (myndir 7.5.2 og 7.5.6). Óbreytt efnainnihald vatnsins úr holum 1 og 2 og lítill sem enginn fasamismunur sveiflanna í holunum og í sjónum benda til þess að áhrifin séu óbein og orsakist af mismunandi fargi á vatnsgengum jarðlögum við mismunandi sjávarhæð.

Sé þykkt vatnsgengu jarðlaganna í 500-800 metra dýpt, D , áætluð 100 metrar og gert ráð fyrir að þau séu fjaðurmögnuð (elastic), verður gleipni (porositet) þeirra, reiknað út frá rýmdarstuðlinum $S = 4 \times 10^{-5}$ og 19% áhrifum sjávarfalla (22% -3%), um 7%. Eðlisleiðni (permeability) laganna verður T/D eða $1.5 \times 10^{-3} - 2.0 \times 10^{-3} \text{ cm/s}$, sem jafngildir 0.58 - 0.77 darcy miðað við 75°C heitt vatn.

7.5.5 Niðurstöður vatnsstöðumælinga

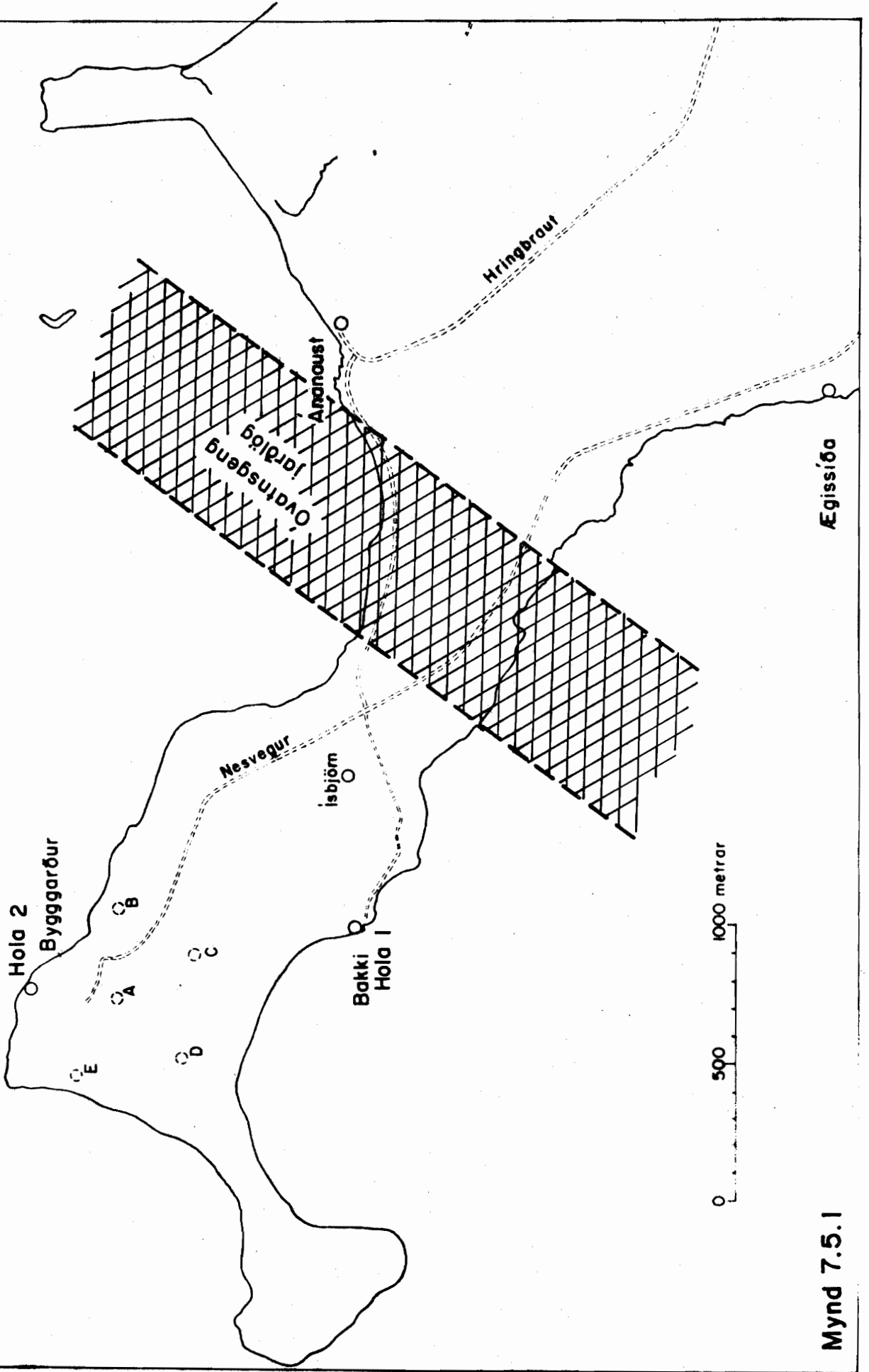
Vatnsstöðubreytingar í holu 2 vegna dælingar og þrýstítílauna í holu 1 í 1200 metra fjarlægð, benda til víðáttumikilla vatnsgengra jarðlaga undir vesturhluta Seltjarnarness. Hitaferlar og jarðlagasnið (myndir 7.1.6, 7.1.7, 7.2.2 og 7.2.3) benda til þess að vatnsgengu jarðlögin séu í 500-800 metra dýpi. Vatnsleiðnin milli holanna 1.5 - 2.2 l/s/m, er tiltölulega lítil miðað við t.d. Laugarnessvæðið í Reykjavík, þar sem leiðnin er 5-7 l/s/m og Elliðaársvæðið, þar sem hún er 3-4 l/s/m. Hún ætti þá að þola til 50-60 l/s vatnsvinnslu í samfleytt 200 daga með viðráðanlegri vatnsstöðulækkun úr 6 vinnsluholum staðsettum líkt og mynd 7.5.1 sýnir. Er þá gert ráð fyrir innstreymisstuðlinum $C = 0.6 - 0.7 \text{ m}/(\text{l/s})^2$.

Ekki er vitað um vatnsleiðni jarðlaga neðan 850 metra, en herra hitastig vatnsins úr 500-800 metra dýpt í holu 2 en í holu 1 gæti bent til þess að hún væri meiri í námunda við Bygggarð en við Bakka.

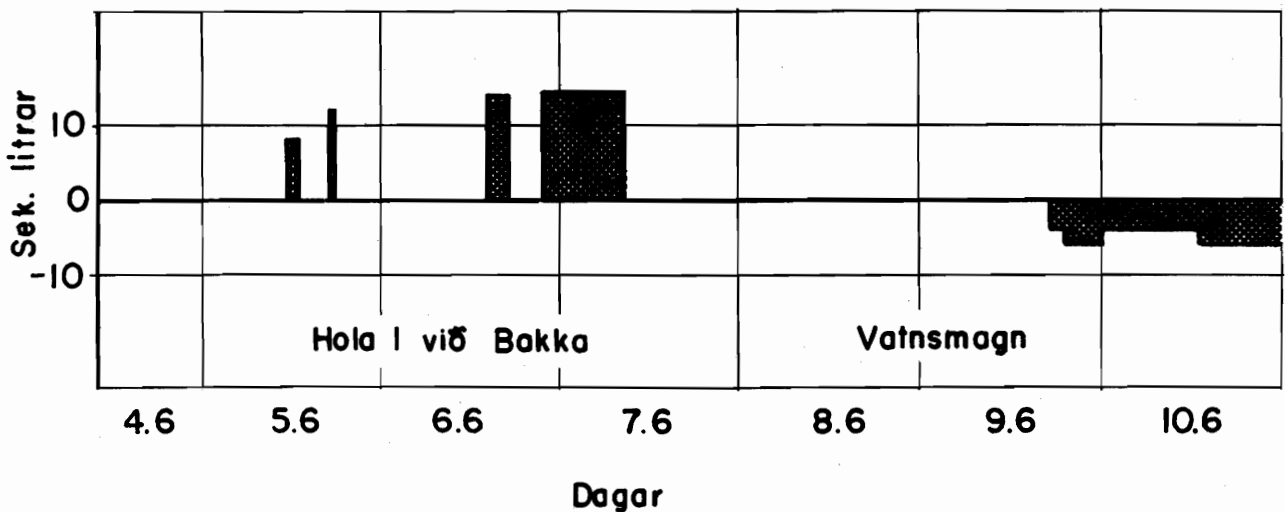
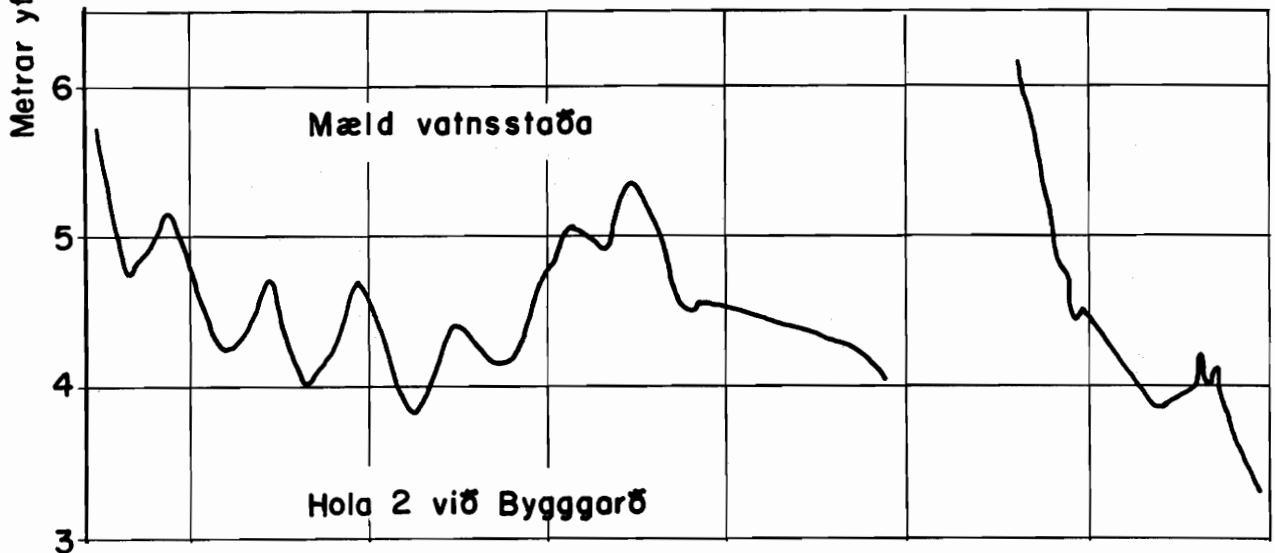
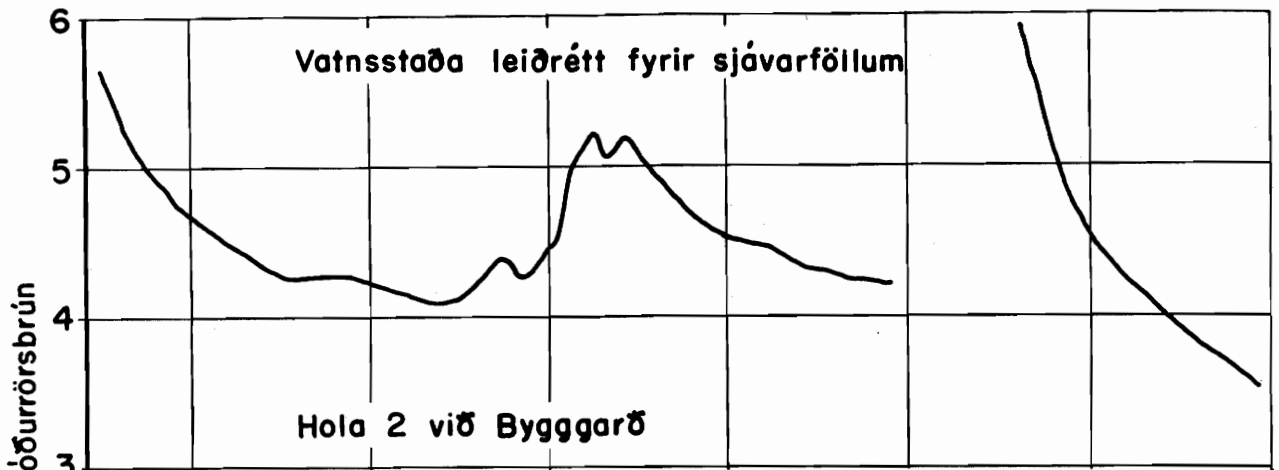
Einnig er líklegt að innstreymisstuðullinn, C , sem var $0.67 \text{ m}/(\text{l/s})^2$ eftir þrýstítílaun í holu 1 og sem yrði orsök meira en helmingis vatnsstöðulækkunar í vinnsluholu, verði lægri þar.

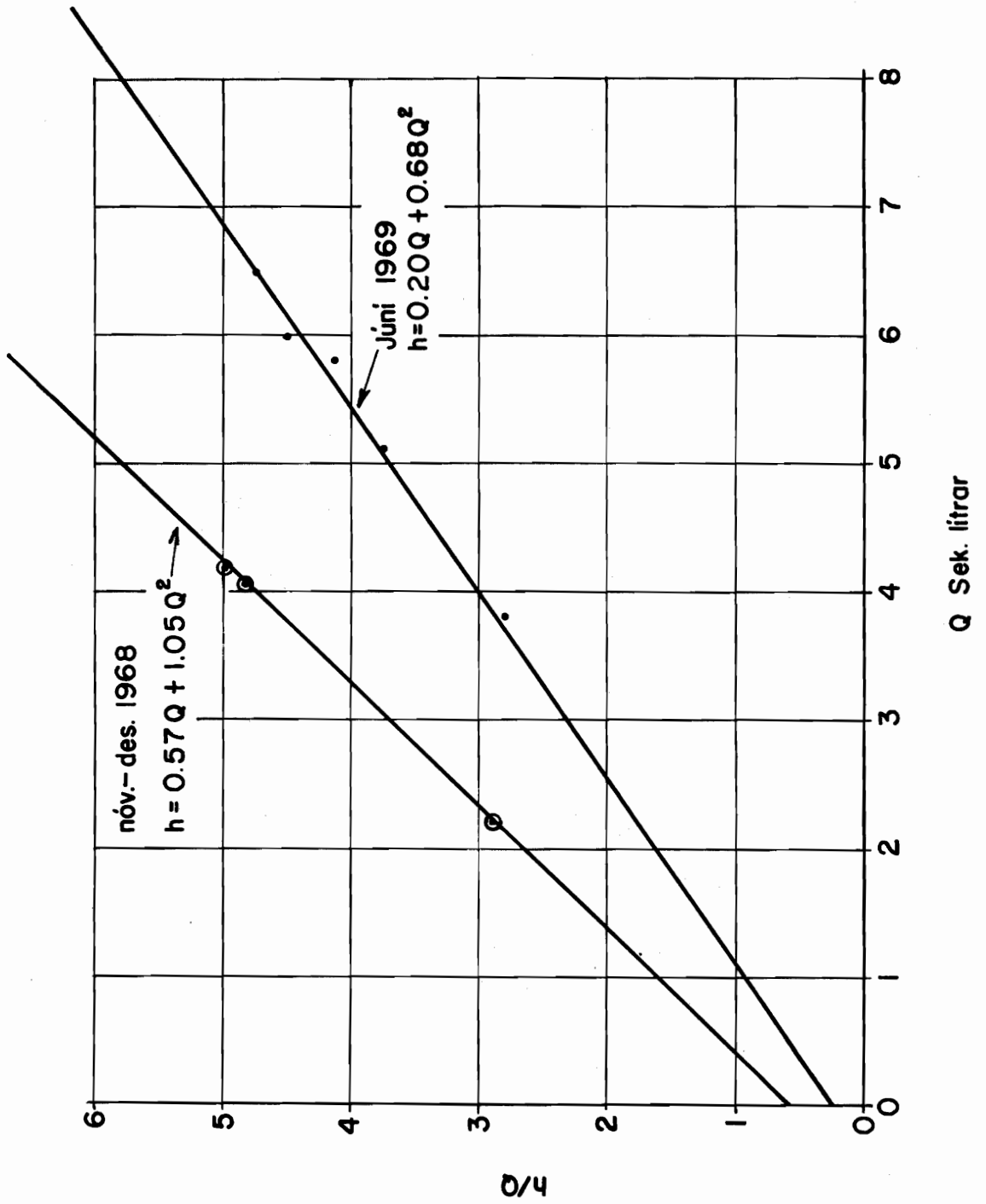
31.6'69 P.Th./O.M.
Tnr. 18
J-Selti.
Fnr. 8908

ORKUSTOFNUN
Jarðhitadeild
Berhólar á Seltjarnarnesi



Mynd 7.5.1





ORKUSTOFNUN
Jarðhitadeild

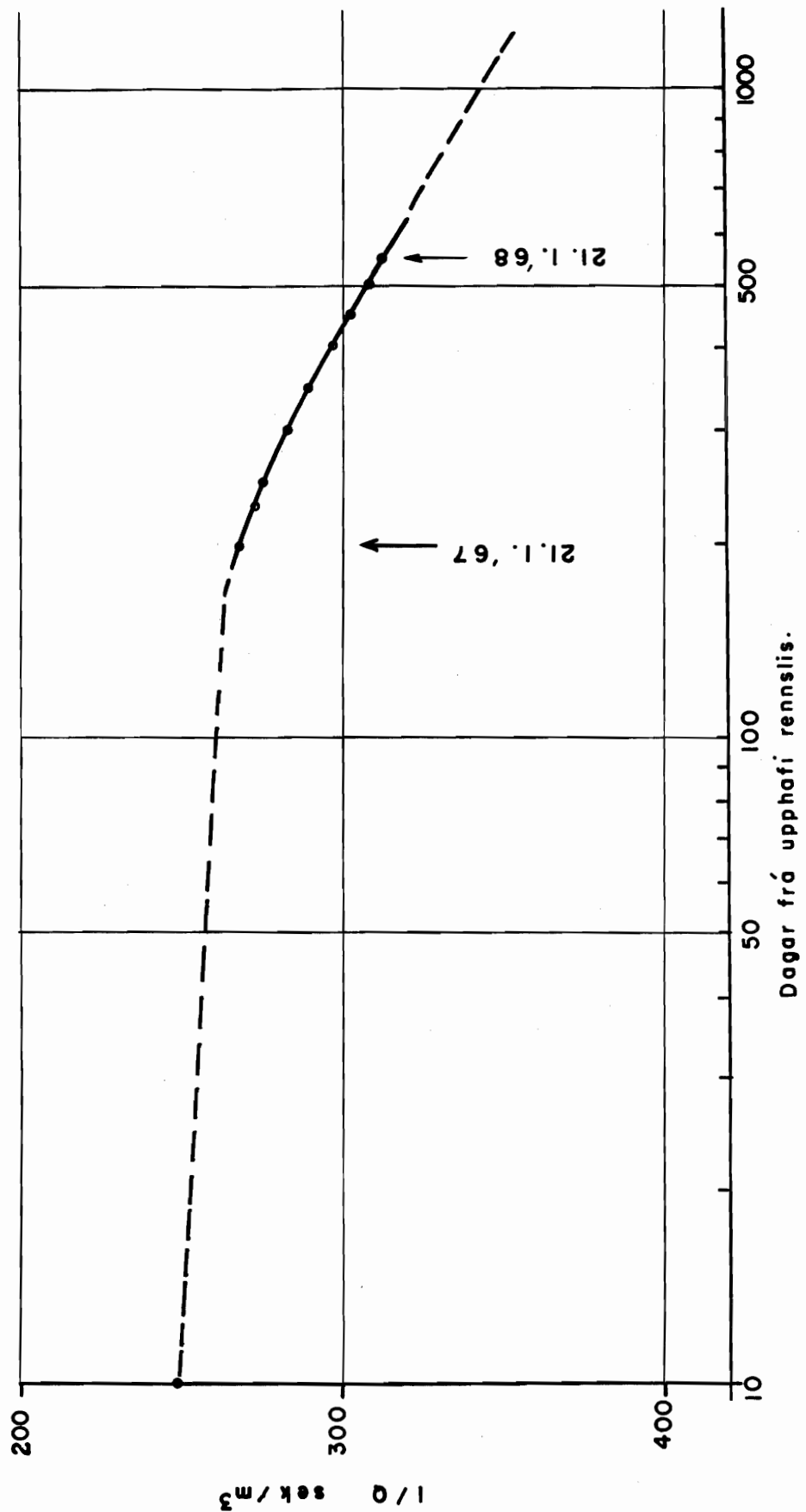
HOLA 2 Á SELTJARNARNESI, V/ BYGGGARÐ.
Rennslí: Júlí 1966 - Jan. 1968

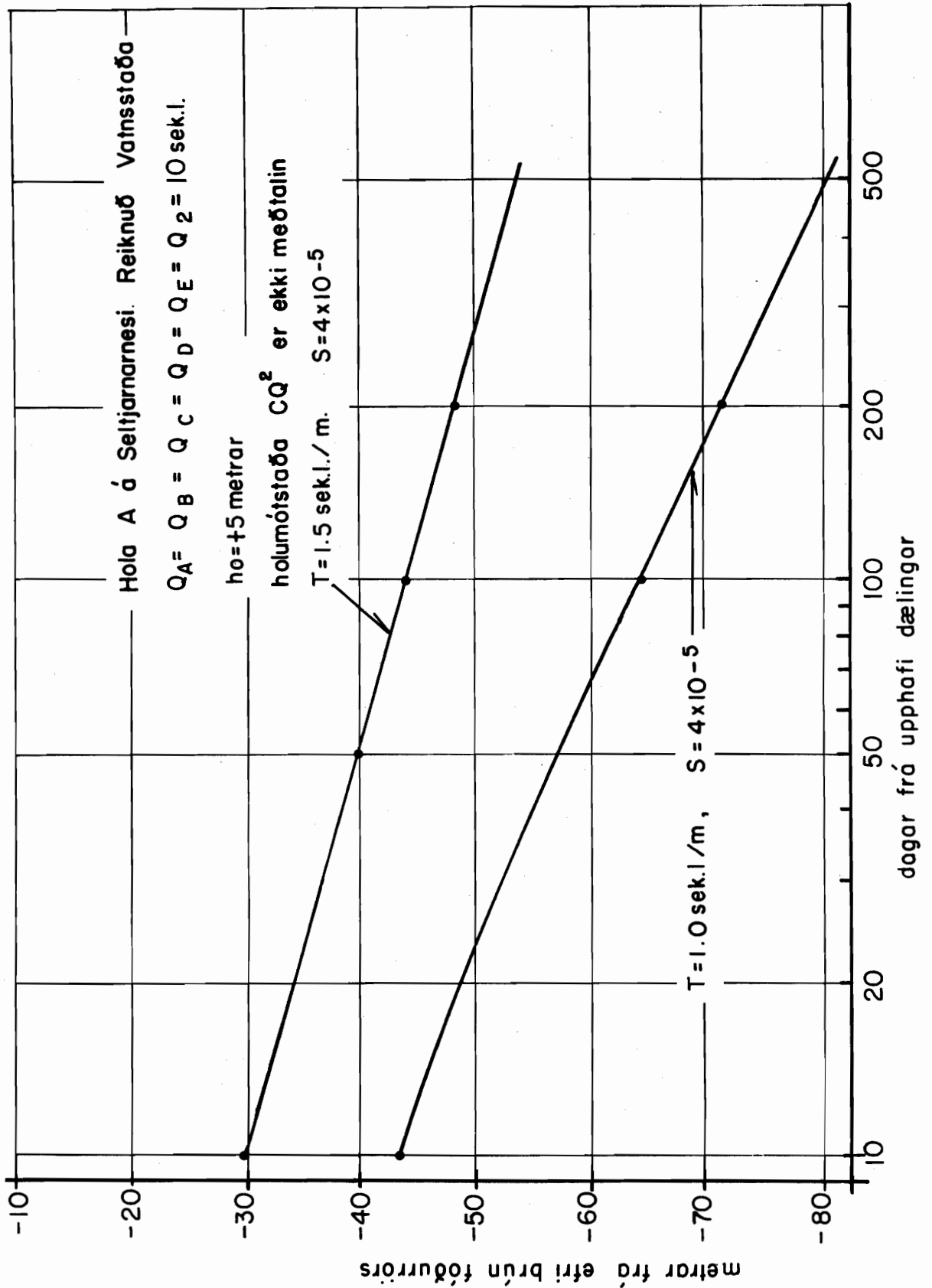
5.7.'69. Þ.TH / PJ

TNR 20

J - Seltjarnarn.

FNR. 8 914





ORKUSTOFNUN
Jarðhitadeild

HOLA 1 á Seltjarnarnesi v/Bakki
Vatnsstaða 7.6 – 9.6.69

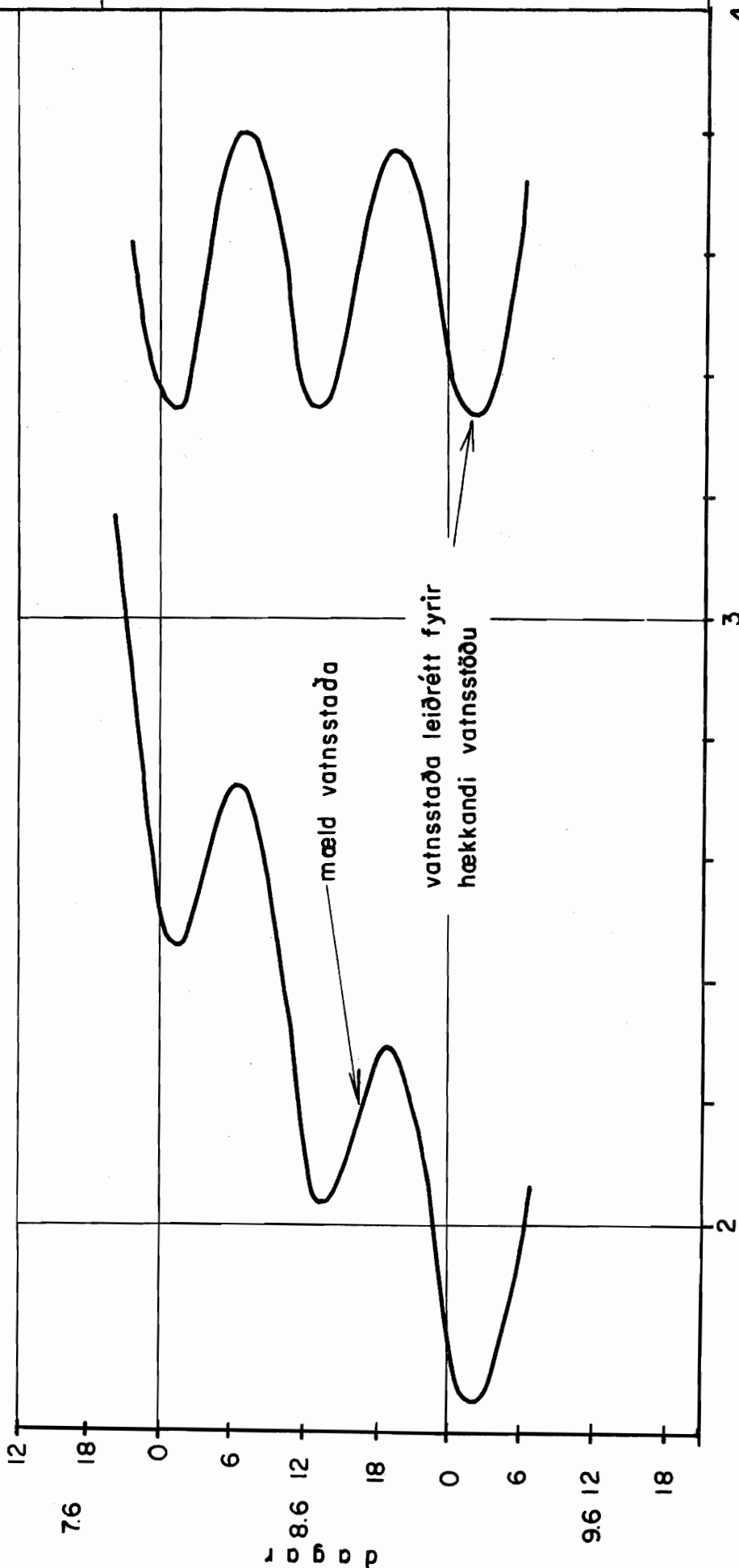
7.7.69 PTh / PJ

Tnr. 19

J – Seltjarnarn.

Fnr. 8913

4



metrar frá fódurrörsbrún

Mynd 7.5.6

ORKUSTOFNUN
Jarðhitadeild

BORHOLA ^v/frystih. ÍSBJÖRNIN, SELTJARN.N.

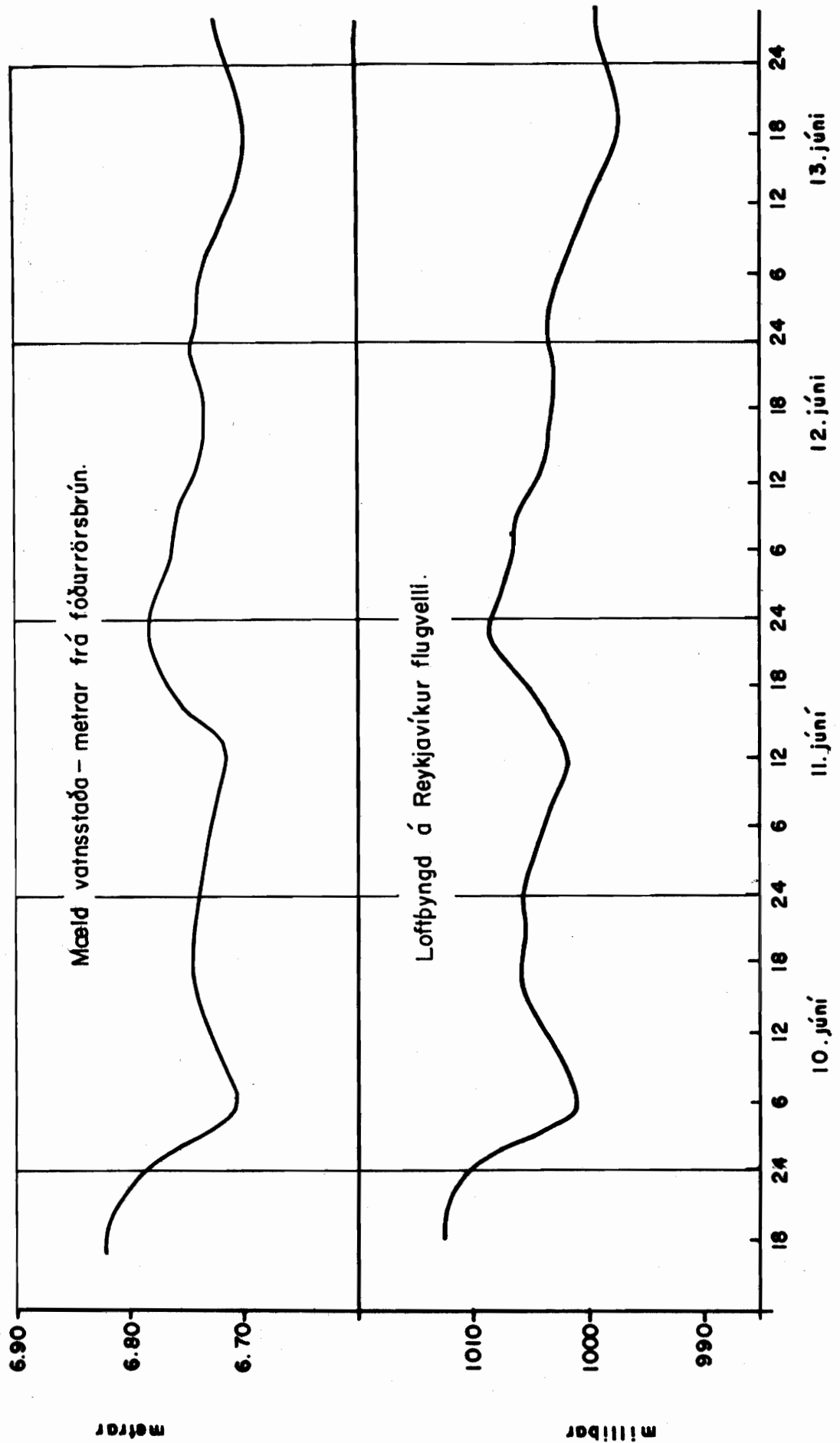
Vatnsstaða 9.6 — 13.6. '69.

5.7.'69 ÞTH./PJ

TNR. 21

J — Seltjarnarn

FNR. 8915



TILVITNANIR.

Bragi Árnason og Þorbjörn Sigurgeirsson (1967). Hydrogen isotopes in hydrological studies in Iceland; Proceedings of a symposium on isotopes in hydrology, p. 35. International Energy Agency, Vienna.

Bragi Árnason og Jens Tómasson (1970). Deuterium and chloride in geothermal studies in Iceland. Geothermics, v. 2, Special Issue, p. 1405.

Guðmundur Pálmason (1967). On heat flow in Iceland in relation to the Mid-Atlantic ridge. ICELAND AND MID-OCEAN RIDGES, Soc. Sci. Islandica XXXVIII, ed. Sveinbjörn Björnsson.

Guðmundur Pálmason (1971). Crustal structure of Iceland from explosion seismology. Soc. Sci. Islandica, Publ. 40, 187 pp.

Guðmundur Pálmason (1973). Kinematics and heat flow in a volcanic rift zone, with application to Iceland. Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society, v. 33, p. 451.

Guðmundur Pálmason og Kristján Sæmundsson (1974). Iceland in relation to the Mid-Atlantic Ridge. Annual Review of Earth and Planetary Sciences, v. 2, p. 25.

Gunnar Böðvarsson og Guðmundur Pálmason (1961). Exploration of the Subsurface Temperature in Iceland. Conference on New Sources of Energy, Rome (1961). Published in Jökull No. 11, 1961.

Guttormur Sigbjarnarson (1972). Vatnafræði Þórisvatnssvæði.
OS ROD, mars.

Guttormur Sigbjarnarson, munnl. uppl.

Hjalte Franzson, munnl. uppl.

Hrefna Kristmannsdóttir, 1975. Clay minerals formed by hydrothermal alteration of basaltic rocks in Icelandic geothermal fields. Geologiska Föreningens i Stocholm Förhandlingar. Vol. 97, pp. 289-292.

Ingvar Birgir Friðleifsson (1973). Petrology and structure of the Esja Quaternary volcanic region, southwest Iceland. D. Phil. thesis, 208 pp. Oxford University.

Ingvar Birgir Friðleifsson (1975). Lithology and structure of geothermal reservoir rocks in Iceland: Proceedings of the Second United Nations Symposium on the Development and Use of Geothermal Resources, San Francisco, bls 371-376.

Ingvar Birgir Friðleifsson og Jens Tómasson (1972). Jarðhitarannsóknir á Stardalssvæðinu 1969-1971. OS JHD, Hitaveita Reykjavíkur, janúar.

Jens Tómasson (1967). On the origin of sedimentary water beneath Vestman Islands. Jökull, vol. 17, pp. 300-311.

Jens Tómasson og Þorsteinn Thorsteinsson (1968). Þrýsttilraunir í borholum við Elliðaár, G-24 og G-28. Orkustofnun, jarðhitadeild, Hitaveita Reykjavíkur, október.

Jens Tómasson og Hrefna Kristmannsdóttir, 1974. Investigation of three low-temperature geothermal areas in Reykjavík and its neighbourhood. Proceedings, International symposium on water-rock interaction, bls. 243-249.

Jens Tómasson, Ingvar Birgir Friðleifsson og Valgarður Stefánsson (1975). A Hydrological Model for the Flow of Thermal Water in SW-Iceland with Special Reference to the Reykir and Reykjavík Thermal Areas. Second U.N. Symp. on the Development and Use of Geothermal Resources, San Francisco, bls. 643-648.

Jens Tómasson og Þorsteinn Thorsteinsson (1975). Use of injection packer for hydrothermal drillhole stimulation in Iceland. Second U.N. Symp. on the Development and Use of Geothermal Resources, San Francisco, bls. 1821-1828.

Jón Jónson (1965). Bergsprungur og misgengi í nágrenni Reykjavíkur. Náttúrufræðingurinn, hefti 35, bls. 75-95, Reykjavík.

Jón Jónsson (1972). Grágrýtið. Náttúrufræðingurinn, hefti 42, bls. 21-30, Rvk.

Kristján Sæmundsson (1974). Evolution of the Axial Rifting Zone in Northern Iceland and the Tjörnes Fracture Zone. Geol Soc. of America Bulletin, v. 85, p. 495-504.

Kristján Sæmundsson, munnl. uppl.

Sigríður Friðriksdóttir, Margrét Halldórsdóttir, Björn Jónasson, Þórunn Skaftadóttir og Snorri Zophaníasson (1972). Úr Jarðfræði Eyrarfjalls. Háskóli Íslands.

Stefán Arnórsson (1973). Uppleyst efni í heitu vatni. Skýrsla til OS JHD, sept.

Theis, D.V., 1935. The relation between the lowering of the piezometric surface and the rate and duration of discharge of a well using ground-water storage: Am. Geophys. Union Trans., pp. 519-524.

Todd, D.K. (1970). The water Encyclopedia. Ed. Todd.

Trausti Einarsson (1954). A survey of gravity in Iceland. Soc. Scientarium Islandica, v. 30, p. 1.

Þorleifur Einarsson (1968). Jarðfræði - saga bergs og lands. Mál og Menning, Rvk. 335 bls.

Þorsteinn Thorsteinsson og Jónas Elíasson, 1970. Geohydrology of the Laugarnes hydrothermal system in Reykjavík: Geothermics, v. 2, Special Issue, p. 1191.