



ORKUSTOFNUN
Jarðhitadeild

Lúðvík S. Georgsson
Haukur Jóhannesson
Einar Gunnlaugsson
Margrét Kjartansdóttir
Hilmar Sigvaldason
Þorsteinn Thorsteinsson
Guðmundur Ingi Haraldsson

BÆR Í BÆJARSVEIT

Jarðhitarannsóknir og boranir

OS81014/JHD09
Reykjavík, ágúst 1981

Unnið fyrir Hitaveitu
Akraness og Borgarfjarðar



ORKUSTOFNUN
Grensásvegi 9, 108 Reykjavík

**Lúðvík S. Georgsson
Haukur Jóhannesson
Einar Gunnlaugsson
Margrét Kjartansdóttir
Hilmar Sigvaldason
Þorsteinn Thorsteinsson
Guðmundur Ingi Haraldsson**

BÆR Í BÆJARSVEIT

Jarðhitarannsóknir og boranir

OS81014/JHD09
Reykjavík, ágúst 1981

**Unnið fyrir Hitaveitu
Akraness og Borgarfjarðar**

ÁGRIP

Í skýrslunni eru birtar niðurstöður þeirra jarðhitarannsóknna og borana sem gerðar hafa verið á hverasvæðinu við Bæ í Bæjarsveit síðan 1975. Einstakir rannsóknáættingar voru: Jarðfræðikortlagning, jarðhitakortlagning og rennslismælingar á hverum og laugum, segulmælingar, viðnámsmælingar, greining jarðlaga og mælingar í borholum, efnagreiningar á heita vatninu og rennslis- og vatnsstöðumælingar í borholunum.

Jarðhitinn í Bæjarsveit kemur upp á um tveggja km langri sprungu eða sprungukerfi sem stefnir um N10°V. Hverirnir eru þó ekki jafndreifðir heldur skipa sér saman í fjórar þyrpingar. Náttúrulegt rennsli hverasvæðisins hefur mælst 7,6 l/s og mestur hiti 95°C. Aðaluppkomustaðirnir eru þar sem norðaustlæg misgengi eða gangar skera sprunguna. Misgengin og gangarnir leiða heita vatnið inn á hverasvæðið úr norðaustri. Vatnsleiðararnir eru líklega fjórir, einn fyrir hvert hveraþorp.

Á svæðinu hafa verið boraðar níu holur, þar af eru tvær L-1 (1013 m djúp) og B-3 (1151 m djúp) virkjanlegar með djúpdælum. Afköst holu L-1 eru áætluð 45 l/s af 93°C heitu vatni og B-3 14 l/s af > 100°C heitu vatni. Hámarksafköst svæðisins eru áætluð 107 l/s úr 3 vinnsluholum með 110 m niðurdrætti miðað við 3 ára samfellda vatnsvinnslu, og 171 l/s með 160 m niðurdrætti úr 5 vinnsluholum. Samkvæmt hitamælingum í borholum er hiti í djúpkerfinu við Laugarholt nyrst á hverasvæðinu um 95°C, sunnar er hann um 115°C. Svipaður mismunur kemur fram í efnahita heita vatnsins úr borholunum.

Lagt er til að næst verði borað við Hellur eða Bæ að undangengnum ítarlegum segulmælingum.

EFNISYFIRLIT

	Bls.
ÁGRIP	3
EFNISYFIRLIT	5
TÖFLUSKRÁ	6
MYNDASKRÁ	7
1 INNGANGUR (LSG)	9
1.1 Aðdragandi	9
1.2 Framkvæmd rannsókna	9
2 FYRRI ATHUGANIR (LSG)	13
3 JARÐFRÆÐI (HJ, MK)	15
3.1 Almennt um jarðfræði Borgarfjarðar	15
3.2 Jarðfræði Bæjarsveitar og neðsta hluta Stafholtstungna ..	17
3.3 Misgengi og sprungur	21
3.4 Gangar	23
4 JARÐHITI Á YFIRBORÐI (HJ, GIH, LSG)	26
4.1 Laugarholt - Jaðar	29
4.2 Bær	31
4.3 Laugabær	32
4.4 Hellur	33
5 SEGULMÆLINGAR (LSG)	38
6 VIÐNÁMSMÆLINGAR (LSG)	44
6.1 Framkvæmd mælinganna	44
6.2 Túlkun mælinganna	44
6.3 Niðurstöður viðnámsmælinganna	46
7 BORANIR OG JARÐLÖG Í BORHOLUM (MK, LSG)	51
7.1 Boranir	51
7.2 Jarðlög í borholum	61
8 MÆLINGAR Í BORHOLUM (LSG, HS)	64
8.1 Mæliaðferðir	64
8.2 Hitamælingar	67
8.3 Viðnáms- og geislavirknimælingar	67
8.3.1 Úrvinnsla	67
8.3.2 Jarðlagahalli og misgengi	78
8.3.3 Gangar	80

9	EFNAFRÆÐI HEITA VATNSINS (EG)	83
9.1	Efnagreiningar	83
9.2	Efnahiti og jafnvægi steinda og vatns	83
9.3	Gæði vatnsins	87
10	RENNSLIS- OG VATNSSTÖÐUMÆLINGAR (ÞTh)	88
10.1	Inngangur	88
10.2	Borholur	88
10.3	Mælingar	89
10.4	Úrvinnsla mælinganna	91
10.4.1	Lekt og forðastuðull	91
10.4.2	Afköst hola L-1 og B-3	96
10.5	Afl hverasvæðisins	96
10.6	Niðurstöður rennslis- og vatnsstöðumælinga	97
11	JARÐHITINN OG BERGGRUNNURINN (LSG, HJ, EG, GIH)	98
12	FRAMHALD RANNSÓKNA OG BORANA (LSG)	102
13	HELSTU NIÐURSTÖÐUR (LSG)	103
	HEIMILDASKRÁ	104
VIÐAUKI A	Segulmælingar: Mæliaðferðir og mæliferlar	107
VIÐAUKI B	Viðnámsmælingar: Mæliaðferðir, staðsetning mælinga og mæliferlar	121
VIÐAUKI C	Jarðlagalýsing borhola, jarðlagasnið úr holu H-2 og einföld jarðlagasnið úr holum B-1, B-2, H-3 og H-4	131

TÖFLUSKRÁ

4.1	Rennsli og hiti hvera og lauga í Bæjarsveit	35
4.2	Rennsli úr borholum í Bæjarsveit	37
7.1	Borholur í Bæjarsveit, yfirlit	52
8.1	Mælingar í borholum í Bæjarsveit	65
8.2	Leiðarlög í borholum í Bæjarsveit	68
8.3	Tenging staflans á milli borhola	77
8.4	Gangar í borholum	77
8.5	Innbyrðis afstaða borhola í Bæjarsveit	78
9.1	Efnagreiningar á vatni af hverasvæðinu í Bæ í Bæjarsveit ..	84
10.1	Lekt og forðastuðull í mælingaholum	91
10.2	Afl hverasvæðisins og dæludýpi	97

MYNDASKRÁ

3.1	Jarðlagabunkar í Borgarfirði	16
3.2	Jarðfræðikort	18
3.3	Tenging jarðlaga í borholum og á yfirborði	19
3.4	Snæfellsnesbrotabeltið	22
3.5	Gangakort	24
3.6	Gangarós	25
4.1	Jarðhitakort	27
5.1	Segulkort	39
5.2	Túlkun segulmælinganna	42
6.1	Staðsetning viðnámsmælinga og viðnámsniða	45
6.2	Eðlisviðnám á 300 m dýpi undir sjávarmáli	48
6.3	Viðnámsnið A-A'	49
6.4	Viðnámsnið B-B'	50
7.1	Hitamælingar í holum B-1 og B-2	53
7.2	" í holu B-3	55
7.3	" í holu H-1	56
7.4	" í holum H-2, H-3 og H-4	57
7.5	" í holu B-4	59
7.6	" í holu L-1	60
7.7	Einfaldað jarðlagasnið og ummyndunarsteindir í holum B-3, H-1 og L-1	62
8.1	Hitamælingar úr holum í Bæjarsveit	66
8.2	Hola B-3, jarðlög og borholumælingar	69
8.3	" B-4, " " "	71
8.4	" H-1, " " "	73
8.5	" L-1, " " "	75
9.1	Jafnvægisástand vatns	85
10.1	Borholur í Bæjarsveit, Rennsli og vatnsstaða júlí-sept.'77	90
10.2	Hola L-1, rennsli í þrepum 77-07-11	92
10.3	Holur L-1 og B-3, vatnsstaða frá kl. 14 77-07-11	92
10.4	Hola L-1, rennsli frá 77-07-11 til 77-09-06	93
10.5	Hola L-1, hækkun vatnsstöðu eftir lokun 77-09-06	93
10.6	Hola B-4, hækkun vatnsstöðu eftir lokun L-1, 77-09-06	94
10.7	Hola H-1, hækkun vatnsstöðu eftir lokun L-1, 77-09-06	94
11.1	Tengsl jarðhitans við berggrunninn	101

1 INNGANGUR

Í skýrslu þessari er birt megnið af þeim gögnum um hverasvæðið í Bæ í Bæjarsveit, sem safnað hefur verið, og reynt að gera heildarúttekt á niðurstöðum rannsókna og borana á svæðinu.

1.1 Aðdragandi

Sumarið 1975 hófust hjá Jarðhitadeild Orkustofnunar allitarlegar rannsóknir á jarðhita í ofanverðum Borgarfirði. Tilgangur þeirra var að kanna möguleika á hitaveitu til Borgarness og Hvanneyrar. Möguleg virkjunarsvæði voru talin vera hverasvæðin við Bæ í Bæjarsveit, Kleppjárnsreyki í Reykholtisdal og Efrahrepp í Andakílshreppi.

Rannsóknirnar beindust einkum að hverasvæðinu í Bæ í Bæjarsveit. Ástæðurnar fyrir því voru annars vegar þær, að sparast mundi um 8 km löng lögn frá Kleppjárnsreykjum, ef nægilegt magn af heitu vatni mætti fá í Bæ, en áhugi Borgnesinga hafði fram að því einkum beinst að Kleppjárnsreykjum, þar sem nóg af heitu vatni mátti fá úr Kleppjárnsreykjahver. Hins vegar þótti vafasamt að fá mætti nóg heitt og nóg mikið vatn frá Efrahreppi til þess að virkjun þess gæti orðið hagkvæm, þó að hann væri nær Borgarnesi og Hvanneyri en Bæjarsvæðið.

1.2 Framkvæmd rannsókna

Eins og að ofan getur hófust rannsóknirnar sumarið 1975. Hér að neðan verður rætt um einstaka rannsóknabætti, tilgang þeirra og hvenær þeir voru framkvæmdir.

Jarðfræðikortlagning: Markmið hennar var að kanna gerð þeirra jarðлага sem heita vatnið streymir eftir og reyna að finna brot og ganga í berggrunnum sem veita vatninu upp til yfirborðs. Þarna kom til góða jarðfræðikortlagning starfsmanna Jarðhitadeildar frá fyrri árum og einnig vinna jarðfræðinema við Háskóla Íslands. Lausleg kortlagning á svæðinu næst Bæ fór fram sumarið 1975 en sumarið 1978 var fyllt upp í eyður sem voru í vitneskjunni um svæðið.

Hitamælingar í jarðvegi (lýsing jarðhitastaða): Tilgangur þeirra er að fá sem besta mynd af útbreiðslu jarðhita á yfirborði. Vegna fram-tíðarathugana er mjög gagnlegt að til sé nákvæm kortlagning og lýsing jarðhitaummerkja ef svo færi að jarðhitinn hyrfi af yfirborði við bor-anir. Sumarið 1975 var hiti í jarðvegi mældur á 0,7 m dýpi á hverasvæð-inu í Bæjarsveit.

Viðnámsmælingar: Með viðnámsmælingum er mælt eðlisviðnám í bergi. Eðlis-viðnám bergs er einkum háð vatnsinnihaldi bergsins, hitastigi og seltu jarðvatnsins. Mælingarnar gefa best til kynna lárétt vatnsleiðandi jarð-lög, en sums staðar má finna með þeim ganga og sprungur. Viðnámsmæling-arnar geta sagt til um hve víðáttumikil jarðhitasvæði eru. Sumarið 1975 voru gerðar 4 viðnámsmælingar í Bæjarsveit. Sumarið eftir var bæt-t við 9 mælingum.

Segulmælingar: Með þeim má finna ganga og misgengi, jafnvel þar sem berggrunnur er hulinn lausum jarðlögum. Þær eru því nauðsynlegar til að finna brot eða ganga, sem tengjast jarðhitanum, og sjást ekki á yfirborði. Út frá þeirri vitneskju er hægt að staðsetja borholur með nokkurri nákvæmni. Nokkrar segulmælingar voru gerðar í Bæjarsveit og við Efrihrepp síðla sumars 1975. Ítarlegar segulmælingar voru svo gerð-ar í Bæjarsveit haustið 1976.

Efnagreiningar á heitu vatni: Út frá efnainnihaldi heita vatnsins má fá upplýsingar um hitastig í djúpkerfi hverasvæðisins. Þá er einnig hægt að kanna skyldleika vatns á mismunandi hverasvæðum. Nokkrar gamlar efnagreiningar eru til af vatni úr Bæjarsveit, og ein frá Efra-hrepp. Í framhaldi af borunum í Bæ og Laugarholti voru tekin tvö vatnssýni úr holunum til efnagreiningar.

Í ársbyrjun 1976 kom út áfangaskýrsla um þær athuganir sem gerðar voru árið 1975, sbr. "Skýrsla um jarðhitarannsóknir við Bæ og Efrahrepp í Andakílshreppi vegna hitaveitu til Borgarness" (Kristján Sæmundsson o.fl. 1976). Þar segir m.a. að líkur séu á að finna megi $> 100^{\circ}\text{C}$ heitt vatn í Bæ, sem nægja mundi til hitaveitu fyrir Borgarnes. Lagt er til að fyrsta holan verði boruð við Bæ. Hins vegar voru frekari rannsóknir taldar nauðsynlegar við Efrahrepp áður en hægt yrði að ákveða borun þar.

Rennslismælingar: Þær eru nauðsynlegar til að meta áhrif borana og hugsanlegrar vatnsvinnslu úr borholum á yfirborðsjarðhita. Vorið 1976 voru hverir og laugar í Bæjarsveit rennslismældir og jarðhitastaðirnir skoðaðir betur. Skýrsla um rennslismælingarnar kom út þá um vorið, sbr. "Rennslismælingar í Bæ í Andakílshreppi" (Haukur Jóhannesson 1976). Rennslismælingarnar voru endurteknar sumarið 1980 (Guðmundur Ingi Haraldsson & Lúðvík S. Georgsson 1980).

Boranir: Sumarið 1976 hófust boranir. Boraðar voru tvær 1100-1200 m djúpar holur, sú fyrri við Bæ og sú síðari við Hellur. Árangur var ekki fullnægjandi þar sem aðeins önnur holan, þ.e. holan við Bæ, skilaði samilegum árangri, en hin var sem næst þurr. Í greinargerð frá haustinu 1976 um niðurstöður borananna var mælt með borun grunnrar holu á uppstreymissvæði til að fá traustari vitneskju um hvort nægilegt heitt vatn væri að fá úr vatnsæðum ofan 400 m dýpis og til að fá betur skorið úr um endanlegt hitastig vatnsins. Lagt var til að frekari segulmælingar yrðu gerðar.

Haustið 1976 var borunum fram haldið. Boraðar voru 3 grunnar holur við Hellur, 80-336 m djúpar. Árangur var mjög lítil. Samtíma borunum voru gerðar ítarlegri segulmælingar á jarðhitasvæðinu en áður höfðu verið gerðar. Fyrstu niðurstöður þeirra lágu fyrir í þann mund sem borunum var að ljúka við Hellur. Ákveðið var að bora í viðbót eina grunna holu syðst í Bæjarþorpinu, á stað þar sem segulmælingar bentu til að árangurs mætti vænta. Árangur þeirrar borunar var ekki mikill, en þó ekki neikvæður.

Þegar niðurstöður segulmælinganna lágu fyrir og úrvinnslu viðnámsmælinga frá sumrinu var lokið var ákveðið að gera "lokatilraun til öflunar heits vatns í Bæjarsveit vegna Hitaveitu Borgarness", eins og það heitir í greinargerð frá ársbyrjun 1977. Lagt var til að bora um 400 m djúpa holu í Laugarholti. Holan var boruð snemma vors 1977 og tókst borun vel. Holan varð um 1000 m djúp og við lok borunar fengust úr henni um 28 l/s í sjálfrennsli af um 94°C heitu vatni.

Reynslan af segulmælingunum á Bæ og síðar á öðrum svæðum hefur leitt í ljós að nákvæm segulkortlagning er einn mikilvægasti þátturinn í rannsóknunum á eðli lághitasvæða og ómissandi undirbúningur fyrir staðsetningu borholu.

Rennslis- og vatnsstöðumælingar í borholum: Tilgangur þeirra er könnun á annars vegar vatnsgæfni hverasvæðis og hins vegar afköstum einstakra borhola. Sumarið 1977 voru gerðar rennslis- og vatnsstöðumælingar í borholum á hverasvæðinu í Bæjarsveit. Niðurstöður þeirra voru birtar í skýrslu strax um haustið, sbr. "Rennslis- og vatnsstöðumælingar í borholum í Bæjarsveit" (Þorsteinn Thorsteinsson 1977).

Jarðlagalýsing: Í borun eru tekin sýni með 2 m millibili af bergmylsnu þeirri (svarfi) sem berst upp úr borholunni með skolvatni borsins. Svarfið er greint upp í ákveðin jarðlög. Þannig fást upplýsingar um þau jarðlög sem borholan sker og þær jarðmyndanir sem vatnsæðar í holunni tengjast. Jarðlagasnið hafa verið gerð úr flestum holum í Bæjarsveit.

Borholumælingar: Í borholum eru gerðar margvíslegar mælingar til að fá upplýsingar um ástand og eðli holanna og þau vatnskerfi sem þær skera. Mælingar eru gerðar meðan á borun stendur og eftir að henni lýkur og fer það eftir tilganginum hverju sinni. Helstu mæliaðferðir eru: Hitamælingar en þær gefa upplýsingar um legu vatnsæða og hita í vatnskerfi eða hitastigul holunnar. Víddarmælingar, sem segja til um útvíkanir eða þrengingar vegna skolunar eða hruns, en hvort tveggja getur valdið erfiðleikum í borun. Hallamælingar segja til um halla og jafnvel stefnu borholu. Viðnámsmælingar eru einkum hentugar til að finna jarðlagaskiptingu í borholu. Þá má loks nefna ýmsar geislavirknimælingar til athugunar á þéttleika bergs og vatnsmagni auk þess sem þær veita upplýsingar um jarðlagaskipan. Holurnar í Bæjarsveit hafa allar verið hitamældar og djúpu holurnar hafa verið viðnáms- og víddarmældar og gerðar hafa verið í þeim geislavirknimælingar.

Loks er rétt að nefna að árin 1977 og 1978 fór fram ítarleg jarðhita-könnun í utanverðum Reykholtsdal, m.a. við Deildartungu og Kleppjárnsreyki (Lúðvík S. Georgsson o.fl. 1978). Niðurstöður þeirra athugana og túlkun gagna hafa veitt mikilsverðar upplýsingar um eðli jarðhitans í ofanverðum Borgarfirði og auðveldað túlkun gagna úr Bæjarsveit.

2 FYRRI ATHUGANIR

Í nýlegri skýrslu Jarðhitadeildar "Jarðhitakönnun í utanverðum Reykholtssdal" (Lúðvík S. Georgsson o.fl. 1978) er lauslegt yfirlit yfir helstu athuganir á jarðhita í Reykholtssdal og nágrenni. Þar er einnig dregið á helstu kenningar, sem uppi hafa verið, um uppruna og eðli jarðhitans. Verður það ekki endurtekið hér heldur aðeins minnst á þær athuganir sem snerta hverasvæðið í Bæjarsveit sérstaklega. Hér er aðallega um að ræða athuganir á vegum Raforkumálastjóra (frá 1950) og síðar Jarðhitadeildar Orkustofnunar. Athuganir þessar hafa einkum beinst að því að finna uppstreymisrásir heita vatnsins og stærð vatnskerfisins.

Árið 1944 var gerð skipuleg athugun um allt land á efnainnihaldi og rennsli hvera. Meðal annars voru gerðar efnagreiningar á heitu vatni úr öllum þremur hveraþorpunum í Bæjarsveit og rennslið mælt. Heildarrennslið reyndist vera um 7 l/s (Rannsóknaráð ríkisins 1944).

Jón Jónsson (1959) skoðaði hverasvæðið sumarið 1959 en fann ekki brotalínur sem skýrt gætu tilvist jarðhitans. Sama ár voru mældar tvær stuttar viðnámsmælingar í landi Varmalækjar til könnunar á útbreiðslu jarðhitans. Sumarið 1963 var enn mæld ein stutt viðnámsmæling við Bæ. Síar sama sumar voru svo boraðar tvær grunnar holur við Bæ. Sú fyrri var 20 m djúp og gaf ekki vatn, sú seinni var 94 m og gaf um 1 l/s í sjálfrennsli af 90°C heitu vatni.

Kristján Sæmundsson jarðfræðingur lýsir hverasvæðinu í Bæjarsveit skilmerkilega í skýrslu sinni um jarðfræðirannsóknir í Borgarfirði (Kristján Sæmundsson 1964). Hann bendir á að heildarstefna hveralínunnar N10°V hljóti að vera tengd einhvers konar staðbundinni truflun og bendir á brot í Varmalækjarmúla sem stefnir á syðstu hverina.

Í framhaldi af jarðfræðirannsókn Kristjáns fór fram ítarleg rannsókn á eðli jarðhitans í Reykholtssdal á vegum Jarðhitadeildar og Atvinnudeildar Háskólans. Könnunin fólst einkum í viðamiklum efnagreiningum á heitu vatni og frekari könnun á tengslum jarðhitans við berggrunninn (Kristján Sæmundsson o.fl. 1966). Helstu niðurstöður voru, að heita vatnið í Reykholtssdal og nágrenni væri regnvatn að uppruna, sem fallið hefði vestan Langjökuls. Aðaluppstreymið töldu þeir vera við Reykholt, en að meginhluti þess streymdi hins vegar grunntil vesturs eftir vatnsleiðandi lögum og kæmi upp á yfirborð á sprungusvæðinu utarlega í Reykholtss-

dal og Hvítársíðu. Ennfremur segir þar "Til þessa jarðhitakerfis má líklega telja hvergi allt suður í Bæjarsveit."

Samkvæmt rannsóknnum Braga Árnasonar (1976) bendir tvívetnisinnihald vatnsins í Reykholtssdal og Bæjarsveit til þess, að það tilheyri sama grunnvatnskerfi og eigi uppruna sinn skammt vestan Langjökuls.

Árið 1975 hófust svo rannsóknir á hverasvæðinu í Bæjarsveit vegna fyrirhugaðrar hitaveitu til Borgarness, og fjallar þessi skýrsla um þær.

3 JARÐFRÆÐI

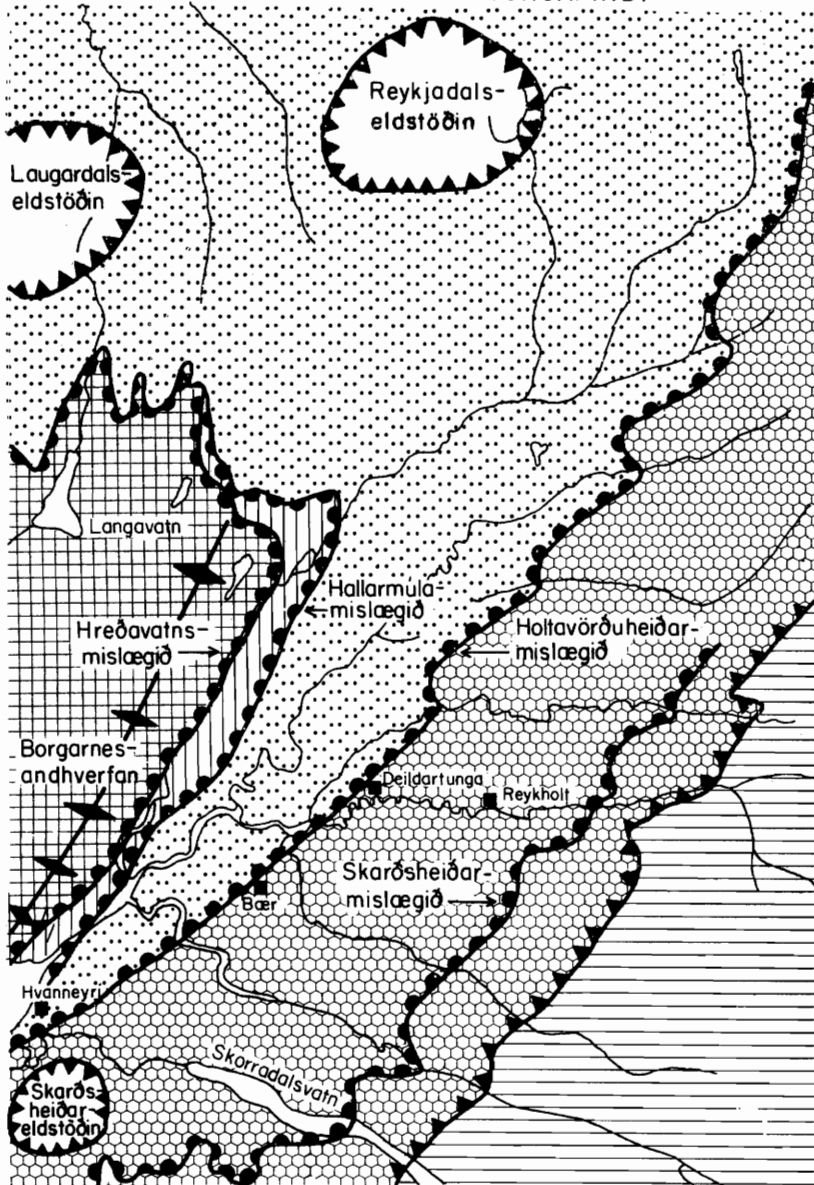
Á vegum Jarðhitadeildar Orkustofnunar hefur verið framkvæmd nákvæm jarðfræðikortlagning í Borgarfirði austan Hvítár og Norðurár. Jarðfræðinemar við Háskóla Íslands hafa kortlagt og skrifað skýrslur um stór svæði í austanverðum Borgarfirði undir leiðsögn Kristjáns Sæmundssonar. Sumarið 1978 voru kortlögð þau svæði á láglandinu austan Hvítár og Norðurár, sem útundan höfðu orðið. Auk þess hafa eldri athuganir verið samræmdar. Enn sem komið er er harla lítið vitað um gerð jarðlaga vestan Hvítár og Norðurár, en þau er að finna djúpt í berggrunninum undir Bæjarsveit.

3.1 Almennt um jarðfræði Borgarfjarðar









Við kortlagningu basaltstafla eins og í Borgarfirði eru einstök hraunlög greind til bergtegundar eftir greiningarkerfi G.P.L. Walker (1959). Síðan er staflanum skipt niður í bergdeildir eftir ráðandi bergtegundum. Mörgum bergdeildum má skipa saman í jarðlagabunka. Í hverjum slíkum jarðlagabunka eru öll hraun sem myndast hafa í einni megineldstöð og sprunguveim, sem tengist henni. Á mynd 3.1 eru sýndir jarðlagabunkar í Borgarfirði og þær megineldstöðvar sem þeir eru ættaðir frá.

Elstu jarðlög í Borgarfirði er að finna í ás Borgarnesandhverfunnar, sem liggur frá Borgarnesi norður fyrir Hreðavatn. Vestan við andhverfúásinn hallar jarðlögum til norðvesturs, en til gagnstæðrar áttar austan megin og yngjast þau er fjær honum dregur. Halli jarðlaganna vex smám saman til austurs frá ásnum og er mestur, 15-30°SA, þar sem elstu bergdeildirnar hverfa innundir svonefnd Hreðavatnssetlög, sem liggja niður með Norðurá austan megin. Um þessi setlög verður breyting á halla jarðlaga, þ.e. mislægi (Hreðavatnsmislægið). Mislægi þetta má rekja suður með Norðurá austan megin allt að Stafholti og þaðan niður með Hvítá vestan megin. Það mun svo liggja yfir Borgarfjörð og neðan undir Hafnarfjalli (Hjalti Franzson 1978). Ofan mislægisins hallar jarðlögum að meðaltali um 6-10°SA. Aldursmunur er og töluverður á jarðlögum neðan og ofan við mislægið. Aldur jarðlaga neðan þess mun vera 12-13 milljón ár (Haukur Jóhannesson 1980) en aðeins 6,5-7,0 milljón ár ofan þess í ofanverðum Borgarfirði (I.McDougall o.fl. 1977) en nokkru lægri sunnar

JARÐLAGABUNKAR Í BORGAFIRÐI



SKÝRINGAR

-  Jarðlög allt að 13 milljón ára gömul
-  Jarðlög 6 til 7 milljón ára gömul (tengd Hallarmúlaeldst.)
-  Jarðlög 4.2 til 6 milljón ára gömul (tengd Reykjadalsseldst.)
-  Jarðlög 3.1 til 4.2 milljón ára gömul (tengd Skarósheiðareldst. og Hvalfjarðareldst.)
-  Jarðlög yngri en 3.1 milljón ára gömul
-  Elsta kvartera jökulberg í Borgarfirði (3.1 milljón ára)
-  Mislægi
-  Öskjurimi



'79.03.08 HJ/AA

Borg. F18196

MYND 3.1 Jarðlagabunkar í Borgarfirði.

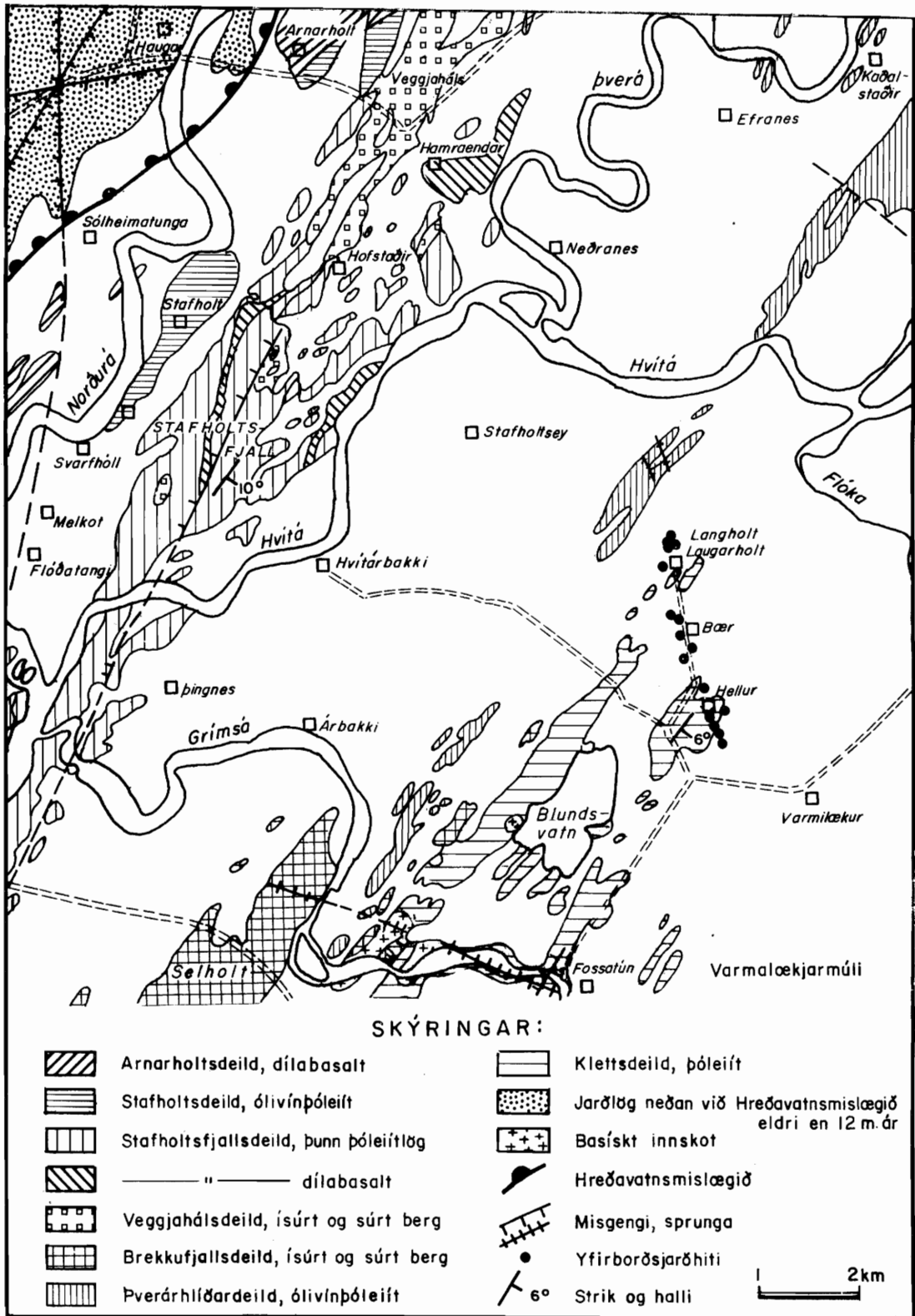
(Hjalti Franzson 1978). Mislægið varð til er hið forna gosbelti á Snæfellsnesi dó út og nýtt myndaðist austar (Haukur Jóhannesson 1975, 1980). Þetta nýja gosbelti var fyrirrennari Reykjanes-Langjökulsgosbeltisins, sem er enn virkt og liggur frá Reykjaneskaga upp í Langjökul. Jarðhita verður lítið vart í þeim jarðlögum, sem eldri eru en 7 milljón ár (þ.e. neðan Hreðavatnsmislægisins).

Í hinu nýja gosbelti var upphleðsla hæð framan af og þykk setlög náðu að myndast milli þess sem hraun runnu. Eldvirknin jókst svo er á leið. Á svæði því sem nú er Hallarmúli, var virk megineldstöð í um 600 þúsund ár (fyrir 6,0-6,6 milljón árum) (Haukur Jóhannesson 1975) og í tengslum við hana mynduðust víðáttumikil flykrubergslög og ísúr hraunlög sem er að finna í Hallarmúla og Veggjahálsi allt að Stafholti (mynd 3.2). Þessi lög munu koma fram neðst í holunni í Laugarholti (sjá mynd 3.3). Skömmu eftir að Hallarmúlaeldstöðina leið (fyrir 6,0 milljón árum) hófst eldvirkni í Reykjadalselfeldstöðinni, sem er um 20 km norðan Hallarmúla. Eldvirknin þar varaði í nær 2 milljónir ára. Hraunlög frá Reykjadalselfeldstöðinni runnu upp að fyrrnefndu eldstöðinni og kaffærðu hana að lokum. Jarðlögum Hallarmúlaeldstöðvarinnar hallar yfirleitt 10°SA en þeim sem ofan á eru um 6-8°SA og helst sá halli inn Borgarfjarðardali. Jarðlagabunkinn frá Reykjadalselfeldstöðinni er langþykkastur norður í Dölum og þynnist verulega er sunnar dregur (sbr. mynd 3.1). Næst eldstöðinni eru fá setlög og yfirleitt þunn en þau verða algengari og þykkari er sunnar dregur. Í Þverárhlið ná setlögin á köflum allt að helmingi af þykkt jarðlagastaflans. Jarðlagasyrþurnar frá Reykjadalselfeldstöðinni ásamt setlögnum finnast í holunum í Bæjarsveitinni.

Fyrir um 4,5 milljón árum færðist þungamiðja eldvirkinnar suður á bóginn, á Skarðsheiðarsvæðið, og mun meginhluti þess stafla, sem mynduðist í Borgarfirði fyrir 3,1 til 4,5 milljón árum, eiga ætt sína að rekja þangað suður eftir.

3.2 Jarðfræði Bæjarsveitar og neðsta hluta Stafholtstungna

Á umræddu svæði var jarðlagastaflanum skipt niður í bergdeildir eftir berggerð í þeim tilgangi að reyna að fá tengingu milli yfirborðslaga og laga í borholunum við Bæ. Á mynd 3.2 eru sýndir helstu drættirnir í jarðfræði svæðisins í grennd við Bæ og þar vestur af og á mynd

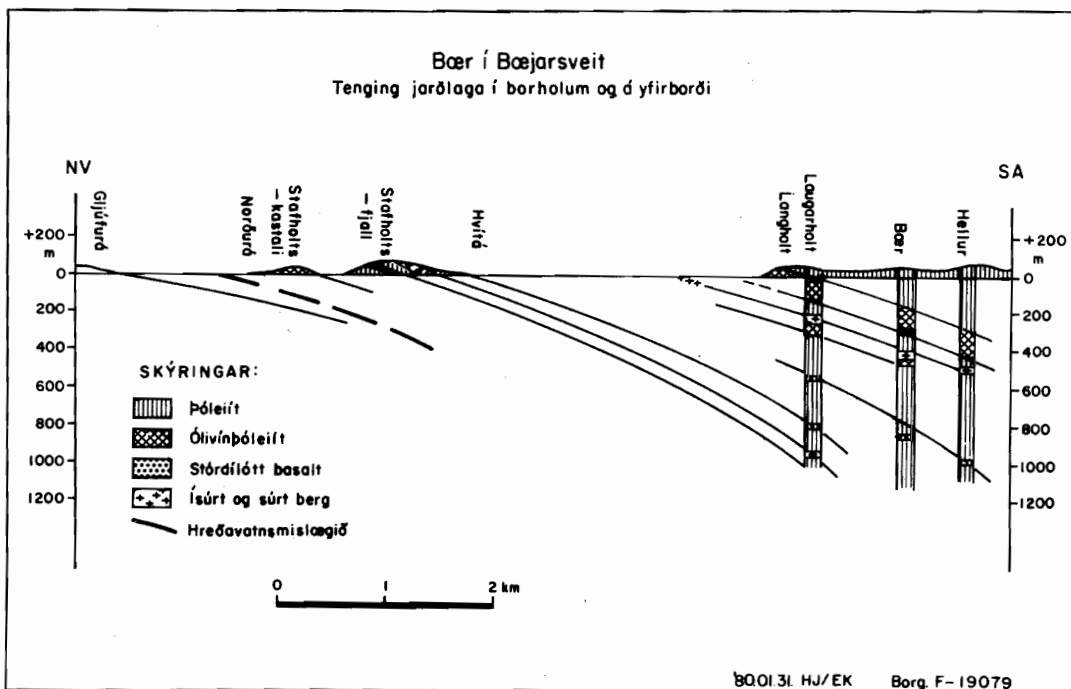


F 18090

MYND 3.2 Jarðfræðikort.

3.3 er þversnið í gegnum svæðið ásamt tengingum við jarðlög í borholunum á Bæjartorfunni.

Hreðavatnsmislægið liggur, eins og áður er getið, skammt vestan Norður-ár. Neðan mislægisins (þ.e. vestan þess) eru jarðlög mikið ummynduð og þar af leiðandi þétt. Setlög eru fá, mest ber á þunnum rauðum leirlögum. Halli er breytilegur. Jarðlögin eru lárétt næst andhverfuásnum, en halli vex er austar dregur. Hreðavatnsmislæginu fylgja setlög sem nefnd eru Hreðavatnssetlögin og eru þau um 20-30 m þykk.



MYND 3.3 Bær í Bæjarsveit. Tenging jarðlaga í borholum og á yfirborði.

Ofan við mislægið (þ.e. austan þess) eru 7 bergdeildir og verður hverri deild fyrir sig lýst lauslega, þar sem opnur eru mjög slæmar á láglandinu vestan Borgarfjarðardala og ógerningur að gera samfellt jarðlagasnið.

1. Arnarholtsdeild liggur næst ofan á Hreðavatnssetlögnum. Hún er úr mjög plagíóklasdílóttu basalti og er allt að 80 m þykk. Hraunlögin eru 2 til 4 að tölu og yfirleitt stórstuðluð. Deildina er að finna í Grænahjalla og Arnarholti vestan Varmalands og í ásunum sunnan Sólheimatungu. Holan í Laugarholti nær ekki niður í þessa deild.

2. Stafholtsdeild er að finna norðan við Þverbrekku og í Stafholtskastala. Hún er 40-50 m þykk og einkennist af dyngjum og stökum ólivín þóleiðtlögum. Dyngjurnar eru yfirleitt plagióklas og/eða ólivín dílóttar. Inn í deildina fleygast Stafholtstungnasetlöggin og flykrubergslag sem ofan á þeim liggur. Holan í Laugarholti nær ekki niður í þessa deild.

3. Stafholtsfjallsdeild er að finna í Stafholtsfjalli og þaðan suður fyrir Grímsá og norður með Veggjahálsi að austan. Inn í deildina fleygast ísúr hraunlög og flykrubergslög frá Hallarmúlaeldstöðinni að norðan en þau eru hluti af Veggjahálsdeild. Í þessari deild ber mest á fremur þunnum þóleiðit lögum sem yfirleitt eru 2-6 m á þykkt en í deildinni eru tvær syrpur af mikið plagióklasdílóttu basalti. Neðri syrpan finnst framan í (vestan í) Stafholtsfjalli og við Hamraenda en hin efri austur við Hvítá. Báðar þessar syrpur virðast vera neðst í holunni við Laugarholt. Sú neðri er 10-15 m þykk og samanstendur af 2-3 lögum. Hún er á 980-1000 m dýpi við Laugarholt. Sú efri er 10 m þykk og 2-3 lög eða belti. Hún er líklega á um 820-830 m dýpi við Laugarholt. Ekki er vitað um austurmörk þessarar deildar þar sem opnur eru engar austan Hvítár gegnt Bæ.

4. Veggjahálsdeild fleygast inn í Stafholtsfjallsdeildina eins og áður er getið en hún nær ekki sunnar en að Stafholtsfjalli. Hún er þykkust í Hallarmúla (enda ættuð þaðan) en þynnist er sunnar dregur og er 20-30 m þykk suður undir Stafholtsfjalli. Mest ber á ísúrum lögum en eitt súrt hraunlag er skammt suður af Hamraendum. Norðar eru flykrubergslög verulegur hluti af þessari deild en þeirra verður ekki vart sunnan Varmalands. Ísúrt eða súrt lag á 945-975 m dýpi í holunni í Laugarholti mun að líkindum tilheyra þessari deild.

5. Brekkufjallsdeild má rekja sunnan úr Brekkufjalli norður undir Blundsvatn. Hún nær allt að 100 m þykkt í Brekkufjalli en þynnist ört til norðurs og verður síðast vart á yfirborði vestan við Blundsvatn. Deildin er úr ísúrum eða súrum hraunlögum (sjá nánar Hjalti Franzson 1978). Þessi lög eru á 240-280 m dýpi undir Laugarholti, 410-450 m undir Bæ og 500-540 m dýpi undir Hellum (mynd 3.3).

6. Þverárhliðardeild. Opnur í þessa deild eru mjög takmarkaðar á athugunarsvæðinu en verða betri er norðar dregur. Hraunlög deildarinnar komu að norðan og eru hluti af jarðlagabunka Reykjadalselfeldstöðvarinnar. Heildarþykkt deildarinnar er óviss, en hún mun vera nærri 480-500 m

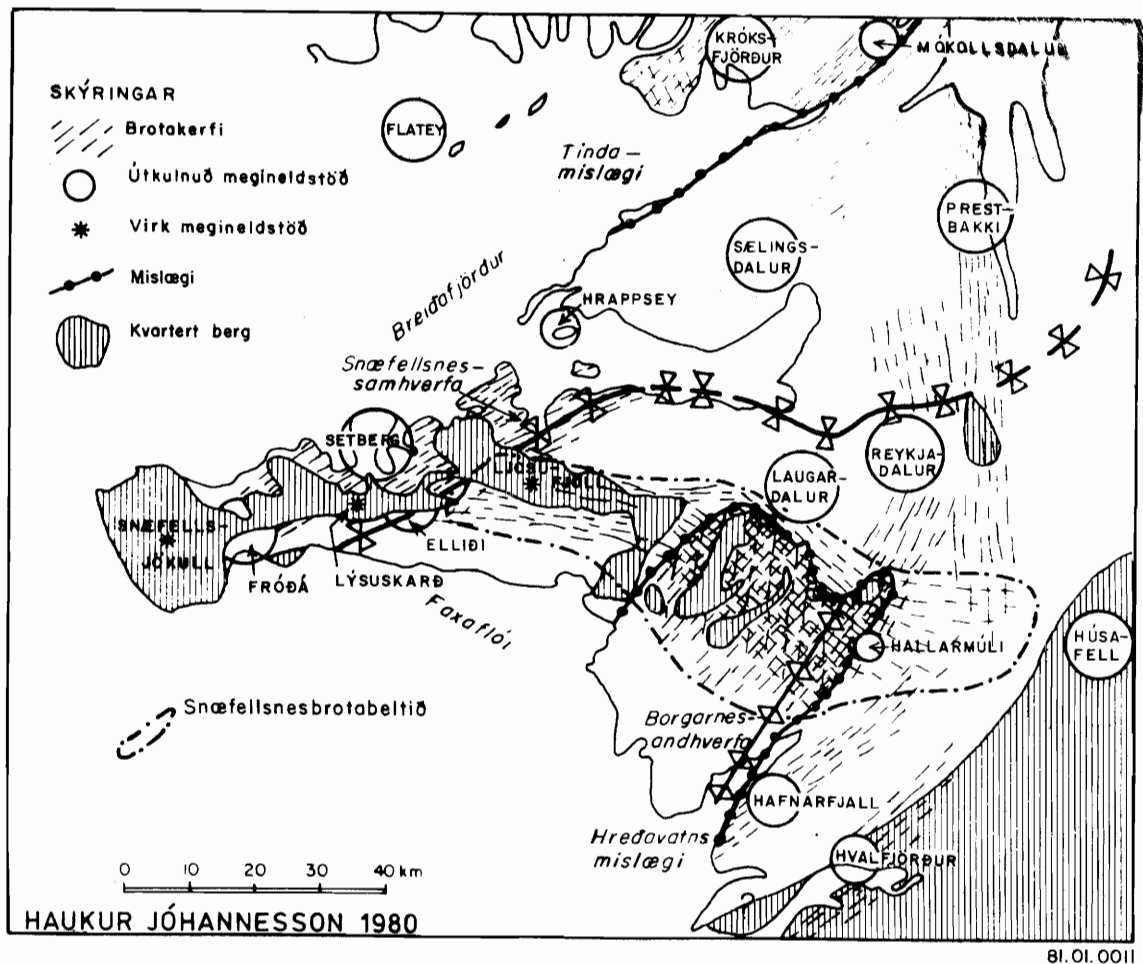
vestan við Reykholtisdal en allmiklu þynnri vestan Bæjar, e.t.v. um 200 m og þynnist út sunnan Grímsár. Um fjölda laga er ekki hægt að fjölyrða. Þessi deild myndar efstu 240 m í holunni við Laugarholt, en er á 200-410 m dýpi við Bæ og á 300-500 m dýpi við Hellur. Flest lögín eru mjög grófkornótt ólivín-þóleiít og dyngjur og koma þau vel fram í holunum. Sum lögín eru ólivín-og/eða plagíóklasdílótt. Einu opnurnar sunnan Hvítár í þessa deild eru í Langholti og holtunum vestan við Blundsvatn. Í Langholti er mjög áberandi lag sem er nokkuð stuðlað og 20-40 m þykkt og greinist vel í holunum í Bæ og á Hellum.

7. Klettsdeild er á láglandinu austan Laugarholts allt að Varmalækjar-
múla. Opnur eru frekar slæmar en deildin hefur verið rakin ofan úr
Síðufjalli a.m.k. suður undir Hestfjall. Deildin er að mestu úr dæmi-
gerðum þóleiíthraunlögum og um 280 m þykk. Fjöldi laga er líðlega 25.
Deildin er í efstu 200 m í holunum í Bæ og efstu 300 m á Hellum.

3.3 Misgengi og sprungur

Brot (misgengi og sprungur) í Borgarfirði hafa myndast á tvennan hátt, annars vegar siggengi, sem myndast hafa í gosbelti samfara gliðnun og hins vegar sniðgengi sem myndast við láréttar skerhreyfingar og þá utan gosbeltis (Haukur Jóhannesson 1980). Til fyrri hópsins teljast þau misgengi sem eru hluti af misgengjabyrpingu megineldstöðvanna. Slíkt misgengi er að finna í austanverðum Borgarfirði. Þau stefna flest NA-SV og eru líklega hluti af misgengjabyrpingu Skarðsheiðareldstöðvarinnar.

Í seinni hópnunum eru þau brot, sem tilheyra Snæfellsnesbrotabeltinu, sem teygir sig frá innanverðu Snæfellsnesi að Borgarfjarðardölum (mynd 3.4). Þeim má skipa í þrjá flokka eftir stefnu og aldri: NA-SV, N-S og NV-SA brot (Haukur Jóhannesson 1975 og 1980). N-S og NA-SV brotin eru mjög algeng í jarðlögum neðan Hreðavatnsmislægisins og af afstöðu þeirra til Hreðavatnssetlaganna á hinum ýmsu stöðum má ráða að þau hafi myndast einhvern tíma á tímabilinu frá því fyrir 8,0-8,3 milljón árum til 12-13 millj. árum. Myndunarsaga NV-SA brotanna er flóknari. Þau eru öll yngri en 8,0-8,3 milljón ára en helmingur þeirra hverfur innundir Hreðavatnssetlögin í Norðurárdal og er því eldri en 6,5-7,0 milljón ár. Þau sem ná upp fyrir setlögin hverfa nær öll innundir minni háttar mislægi í Þverárhlið, sem tengja má andláti Reykjadalselfeldstöðvarinnar fyrir um



MYND 3.4 Snæfellsnesbrotabeltið.

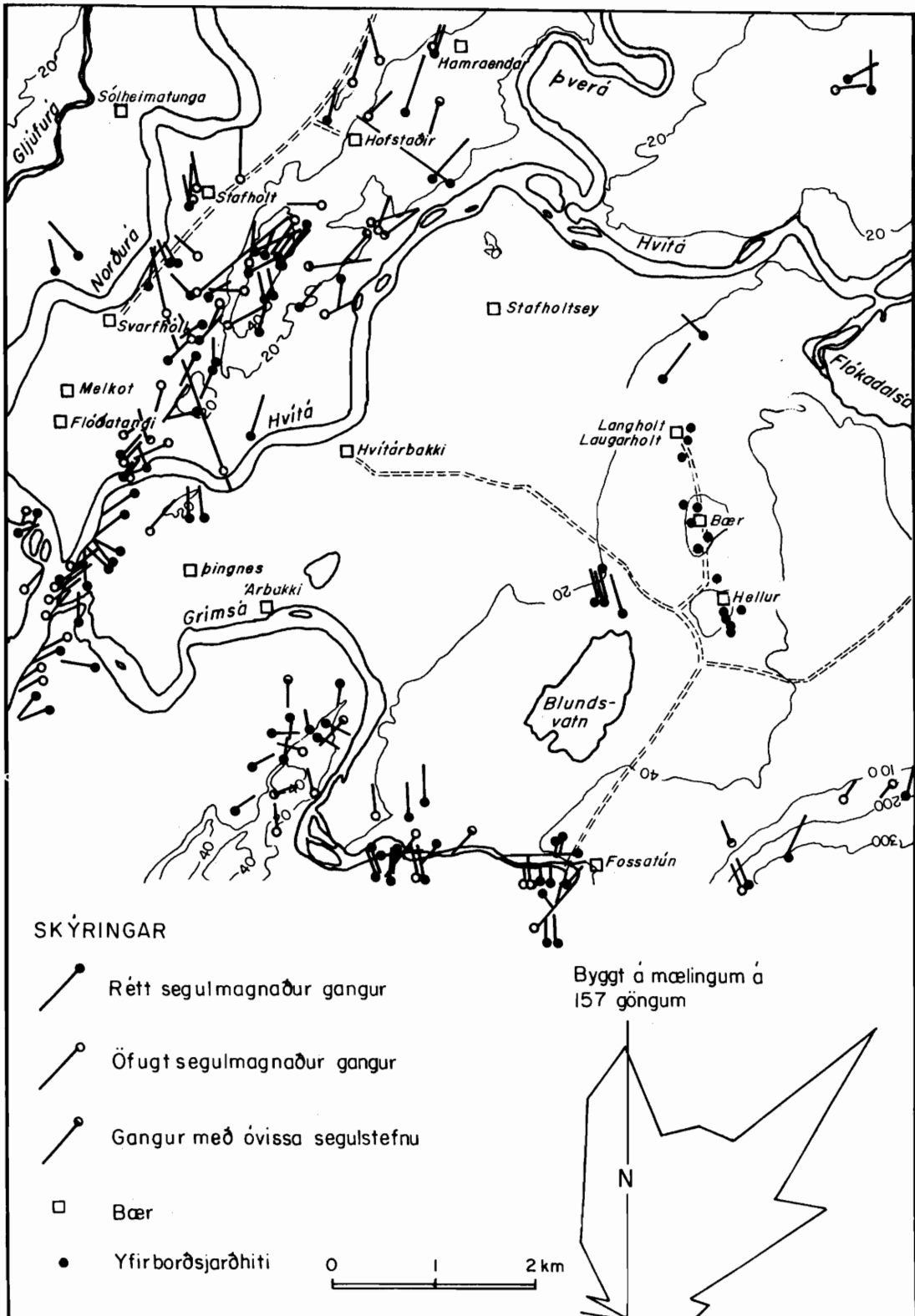
4,5 milljón árum. Hreyfingar hafa þó verið fram á þennan dag á þeim norðvestur brotum sem ná upp fyrir síðastnefnda mislægið. Í Þverárhlíð er 7 m misgengi í malarhjalla frá lokum ísaldar (Kristján Samundsson 1967) og hreyfingarnar urðu á sumum þessara brota í jarðskjálftunum 1974 (Páll Einarsson o.fl. 1977). Jarðhitalínur í utanverðum Reykholtsdal og í Bæ hafa norðlaga stefnu. Athuganir við Deildartungu og Kleppjárnareyki hafa leitt í ljós að þessar N-S línur koma fram sem skástígar norðaustlægar sprungur í leirlögum í dalbotninum (Lúðvík S. Georgsson o.fl. 1978).

Jarðhitinn á Bæjartorfunni liggur á nokkurn veginn beinni línu sem stefnir N 10° V. Norðan í Langholti er vik og upp af því er rás sem er í beinu framhaldi af jarðhitalínunni og verður að túlka þessa rás sem sprungu. Sunnar vottar ekki fyrir sprungunni og eru þó aðstæður t.d. við Hellur góðar.

Grunur leikur á að NA-SV misgengi liggi um Bæjartorfunna. Í farvegi Grímsár hafa fundist tvö slík misgengi, annað skammt vestan Fossatúns og hitt skammt neðan veiðihússins. Fall þessa misgengja er til vesturs og fremur lítið. Eystra misgengið liggur líklega um Hellur og er allgóð vísbending um það á segulkortinu. Hitt gæti legið um Laugarholt eða Bæ. Í skýrslu um jarðhitakönnun í utanverðum Reykholtisdal (Lúðvík S. Georgsson o.fl. 1978) var komist að þeirri niðurstöðu, að aðaluppstreymið þar væri bundið slíkum NA-SV misgengjum.

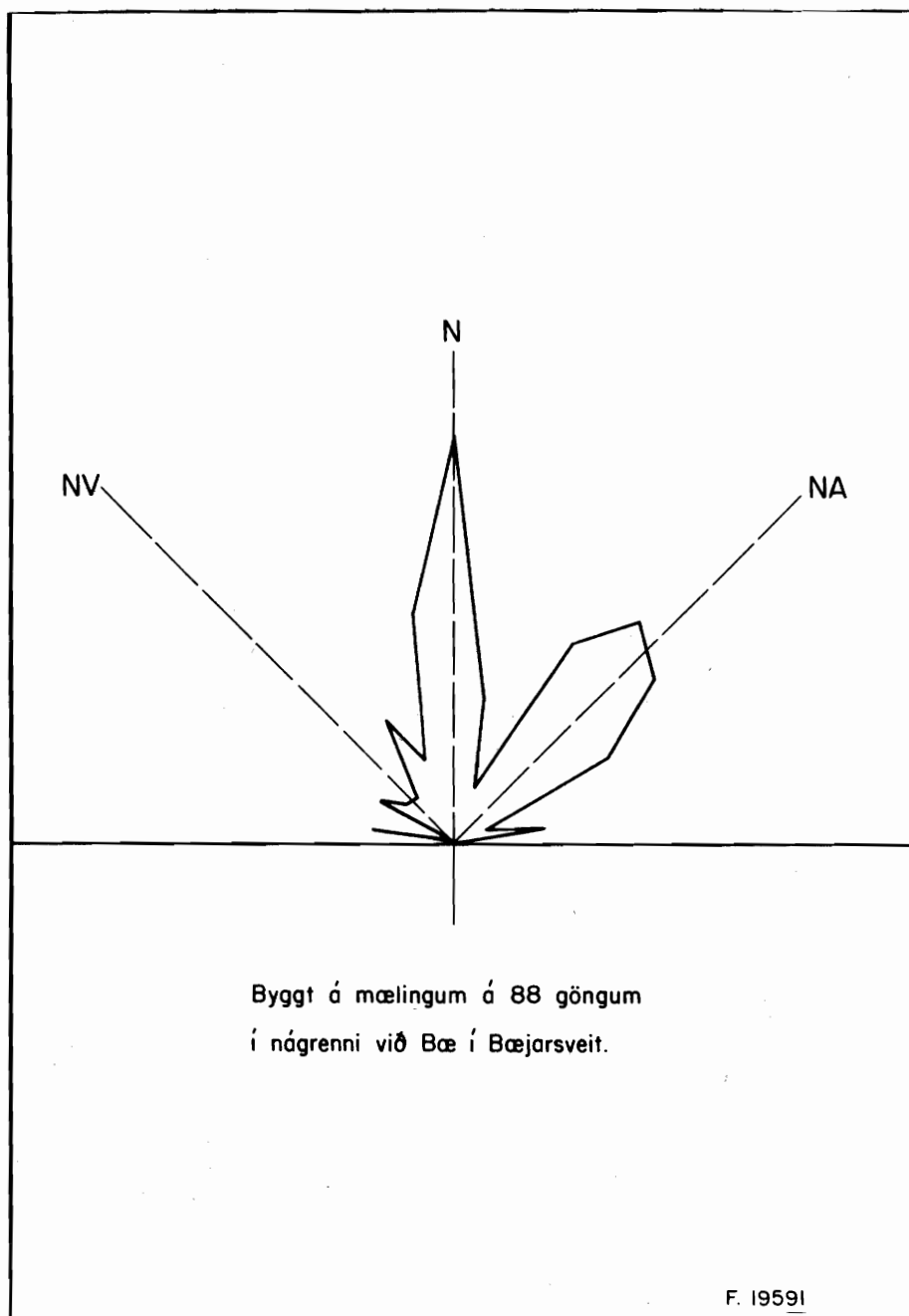
3.4 Gangar

Á mynd 3.5 eru sýndir þeir gangar sem fundist hafa í nágrenni Bæjar-sveitar. Algengustu gangastefnurnar á láglandi Borgarfjarðar eru, samkvæmt gagnarós á mynd 3.5, á bilinu N-S til N60°A. Ef einungis eru teknir þeir gangar, sem finnast í nágrenni Bæjartorfunnar (mynd 3.6), koma fram tvær greinilega afmarkaðar gangastefnur. Önnur er nálægt N-S en hin á bilinu N30°-60°A. Flestir gangar á þessum slóðum eru fremur þunnir, 0,5-1,5 m á breidd, og á það einkum við þá ganga sem stefna nærri N-S. Vestan Hvítár eru örfáir gangar sem stefna NV-SA og eru þeir yfirleitt nokkuð þykkir (3-8 m). Við segulmælingar á Bæjartorfunni hafa fundist með vissu 8 gangar en aðeins tveir þeirra sjást á yfirborði (sjá annars kaflann um segulmælingar). Stefnur þessara ganga falla innan marka ofangreindra hópa. Í Langholti, skammt austan fjárhúsanna, er 1,5 m þykkur, grófkornóttur gangur, sem rakinn hefur verið með segulmælingum suður á móts við Bæ. Gangurinn stefnir N30°A. Gangræfill, sem liggur nærri bæjarhúsunum í Langholti/Laugarholti og kemur greinilega fram í segulmælingum, sást til skamms tíma í vegarkantinum gegnt heimreiðinni að Jaðri. Jarðhita verður einkum vart þar sem gangarnir skera jarðhitálínuna á Bæjartorfunni.



F 18091

MYND 3.5 Gangakort.



MYND 3.6 Gangarós.

4 JARÐHITI Á YFIRBORDI

Elstu heimildir um jarðhita í Bæ í Bæjarsveit mun vera að finna í Sturlungu (1948, III. bindi, s. 272). Nýting heita vatnsins Önnur en til baða og drykkjar hófst á síðari hluta nítjándu aldar, er byggð var torfsundlaug í Laugarlæk rétt við þar sem bæirnir Laugarholt og Langholt standa nú. Í lauginni var kennt sund í nokkur sumur, í fyrsta sinn í Borgarfirði (Kristleifur Þorsteinsson 1972). Á þriðja og fjórða tug þessarar aldar var farið að nota vatnið til upphitunar og þvotta og síðar til ylræktar.

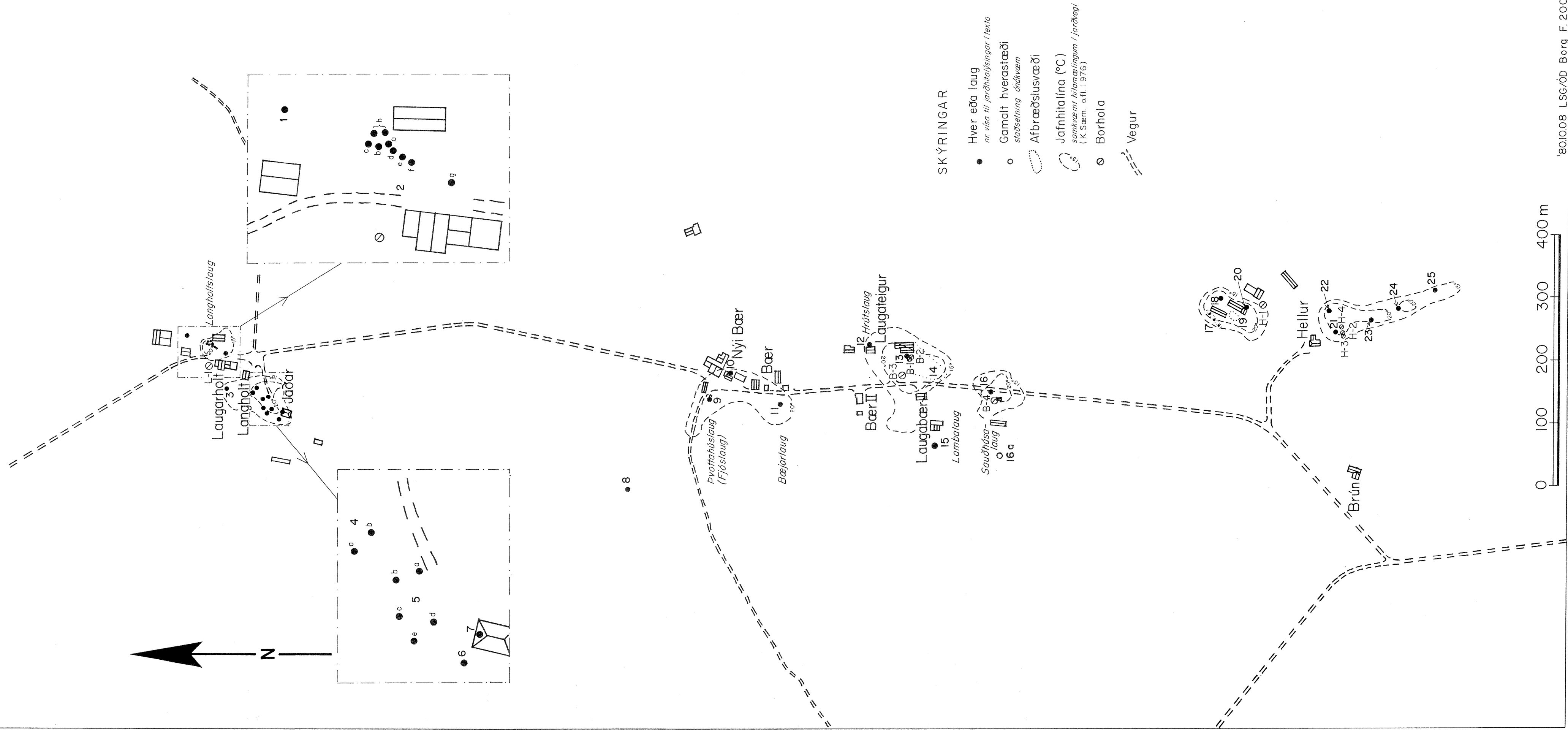
Í þessum kafla verður lýst náttúrlegum jarðhita á hverasvæðinu við Bæ í Bæjarsveit. Lýsingin er byggð á athugunum, sem gerðar voru í lok árs 1975 og rennslismælingum, sem framkvæmdar voru 22. og 23. marz 1976 (Haukur Jóhannesson 1976) og aftur 31. júlí og 1. ágúst 1980 (Guðmundur Ingi Haraldsson og Lúdvík S. Georgsson 1980). Þessu hverasvæði hafa verið gerð nokkur skil áður (sjá Rannsóknaráð ríkisins 1944; Jón Sólmundsson 1962; Kristján Sæmundsson 1964; og Kristján Sæmundsson o.fl. 1976).

Jarðhitinn í Bæjarsveit raðar sér á um tveggja km langa hveralínu, sem stefnir N10°V. Hverirnir eru ekki jafndreifðir heldur skipa þeir sér saman í fjögur hverfi eða þyrpingar: Laugarholt-Jaðar, Bæ, Laugabæ og Hellur. Hverirnir innan hvernar þyrpingar raða sér gjarnan á línur sem hafa norðaustlæga stefnu og liggja á ská yfir meginhveralínuna (Kristján Sæmundsson o.fl. 1976).

Mynd 4.1 sýnir allt hverasvæðið. Númer við laugar vísa til lýsingar í texta hér á eftir. Myndin sýnir einnig staðsetningu borhola auk jafnhitalína hitastigs í jarðvegi á 0,7 m dýpi, en þær mælingar voru gerðar sumarið 1975 (Kristján Sæmundsson o.fl. 1976). Þess ber að gæta að grunnkortíð að mynd 4.1 er teiknað eftir loftmynd frá árinu 1974, en síðan þá hafa orðið nokkrar breytingar á svæðinu. Helst þeirra er sú að búið er að flytja veginn að Bæ austur fyrir byggðina og er nýi vegurinn um 100 m austar en sá gamli sem miðað er við í lýsingu. Í töflu 4.1 er gefið yfirlit yfir rennsli og hita einstakra lauga eins og það mældist árin 1976 og 1980. Í töflu 4.2 er tilgreint rennsli úr borholum eins og það var þegar laugarnar voru mældar. Við rennslismælingar árið

BÆR Í BÆJARSVEIT

Jarðhitakort



1980 var hleypt úr þróm og uppistöðum þar sem það var unnt til þess að geta mælt óþvingað rennsli úr hverri laug. Mælt var þannig að tekinn var tíminn með skeiðklukku, sem tók að fylla fötur eða bakka með þekktu rúmmáli. Við hitamælingarnar var leitað að uppkomustað í hverri laug og þró, þar sem það var hægt og er gefið upp hæsta hitastig sem mældist.

Hér á eftir verður hverri hverapyrpingu lýst fyrir sig. Tölur yfir hitastig og rennsli eru samkvæmt mælingum sumarið 1980 nema annað sé tekið fram. Þá verður fjallað lítillega um þær breytingar sem hafa orðið á einstökum hverapyrpingum síðustu árin.

4.1 Laugarholt - Jaðar

Laugarnar í þessari pyrpingu raða sér á liðlega 200 m langa línu, sem stefnir NA-SV. Línan liggur yfir svonefndan Laugarhól, sem nær allur bræðir af sér snjó.

1. Í skurði um 23 m sunnan stóru fjárhúsanna og 100 m norðan Laugarholtsbæjarins er 50°C heit völgra en rennsli er sáralítið, 0,03 l/s.

2. Langholtslaug. Í draginu austan undir bæjarhólnum, þar sem Lauga-lækur rennur, eru nokkrar laugar eða hveraaugu sem einu nafni hafa verið nefnd Langholtslaug(ar). Heita vatnið sprettur fram úr norðaustlægum sprungum í hvarfleir. Heildarrennsli mældist 3 l/s og hæstur hiti 85,5°C. Utan um vatnsmestu laugina (a) er steypt þró og er vatnið úr henni nýtt til upphitunar í Laugarholti. Þróin er vestan lækjar og mældist hæsti hitinn 85,5°C og rennsli úr henni ásamt rennsli úr augum (d) og (e) 1,43 l/s. Tvö augu eru norðan þróar og vestan lækjar. Hið nyrðra (c) er drulludý, um 10 m norðan þróar; það er 50,5°C heitt en rennsli óverulegt. Hitt (b) er um 5 m norðan þróar og hefur það verið grafið út. Hiti mældist 81°C og rennslið 0,08 l/s. Í læknum og austan hans, gegnt þrónni, eru nokkur augu (h) og eru þau heitust 80-84°C. Rennsli úr þeim mældist 1,23 l/s; það var ekki mælt árið 1976, en talið óverulegt. Þá eru nokkur augu sunnan við þróna og vestan lækjar. Þau helstu eru: (d), sem er um 1 m sunnan þróar, og 71°C heitt; (e), 2,5 m sunnan þróar og 82°C heitt; (f), 4 m sunnan þróar og 80°C heitt og rennsli 0,06 l/s og loks (g), sem er um 15 m sunnan þróar, 84,5°C heitt og rennsli 0,05 l/s. Rennsli úr (d) og (e) var mælt með rennsli úr

úr þrónni. Þau augu sem eru næst læknum koma upp úr hörðum hvarfleurum en hin koma upp í jarðvegi. Syðsta augað hefur verið grafið út og er vatninu veitt í gróðurhús austan lækjar.

3. Við hæsnakofa tæplega 20 m norðvestan við íbúðarhúsið í Langholti er laug sem steipt hefur verið utan um. Hiti mældist 56°C og rennsli er 0,18 l/s.

4. Tvö augu eru um 20 m suðvestan við íbúðarhúsið í Langholti. Þau voru þjökkuð upp með járnkarli en þar hafði brætt af áður. Þrær hafa verið steiptar utan um þau. Syðra augað mældist 84°C heitt og rennsli er 0,29 l/s. Það er notað til upphitunar íbúðarhússins. Hitt augað er 6 m vestar og er 78°C heitt, en rennsli mældist 0,33 l/s. Það er notað til upphitunar gróðurhúss.

5. Í hlaðinu á Jaðri er allstórt svæði, $20 \times 30 \text{ m}^2$, sem bræðir af sér. Til skamms tíma voru þar fimm laugar, en við frágang umhverfis nýja íbúðarhúsið var land hækkað nokkuð og nokkrar lauganna færðar á kaf. Hér á eftir verður aðstæðum lýst eins og þær voru áður (1976) en helstu breytinga getið. Austast á svæðinu var 16°C heit volgra (a). Volgran var í norðurbrún vegar að Jaðri. Steipt var utan um hana og var hún áður notuð sem vatnsból. Volgran hefur nú verið færð á kaf. Um 5 m norðvestar var 56°C heit laug, (b), sem var nýtt í gróðurhús. Rennsli var (1976) 0,06 l/s. Laugin sést ekki lengur. Árið 1980 var rennslismælt heitt vatn sem sytrar út í skurð norðvestan við afbræðslusvæðið og það talið samsvara laugum (a) og (b); mældist þar 0,08 l/s. Nokkru vestar, 10-15 m, er laug (c). Árið 1976 var hún 68°C heit en rennsli lítið. Síðan hefur verið settur brunnur um hana og er hún notuð til að hita upp nýja íbúðarhúsið. Árið 1980 mældist hún $78,5^{\circ}\text{C}$ heit og rennslið 0,16 l/s. Laug (d) var 74°C heitur drullupollur, um 5 m sunnan (c), og var hún nýtt í gróðurhús; rennsli mældist 0,42 l/s árið 1976. Laugin sést ekki lengur en heitt vatn sígur út í skurð vestan afbræðslusvæðisins og kemur það líklega einkum úr (d); þar fengust 0,11 l/s. Vestast á svæðinu er laug (e) sem steipt hefur verið utan um. Hiti mældist 72°C og rennslið 0,24 l/s, samsvarandi tölur árið 1980 voru 69°C og 0,07 l/s.

6. Skammt vestan íbúðarhússins að Jaðri er $80,5^{\circ}\text{C}$ heit laug, sem brauð var seytt í og notuð var til að hita upp gróðurhús. Rennsli mældist 0,24 l/s.

7. Inni í viðbyggingu við íbúðarhúsið að Jaðri er laug, sem þró hefur verið steipt utan um. Hún er 75,5 °C heit og rennsli mældist 0,34 l/s. Rennslið var mælt við útfall úr röri í skurð austan við húsið. Erfitt reyndist að finna uppstreymið í þróna og gæti því mælt hærrí hiti þarna. Laugin er notuð til upphitunar íbúðarhússins.

Laugar 3-7 koma upp í móhellu, sem er sjávarset að uppruna en hefur bakast fyrir tilstilli jarðhitans.

Töluverðar breytingar hafa orðið á laugum og hverum í Laugarholti og Jaðri síðan 1976, þó að mælt heildarrennsli sé svipað, þ.e. 4,88 l/s árið 1980 en 4,38 l/s árið 1976 (þá var ekki mælt rennsli úr augum í Laugalæk). Þannig virðist hafa dregið úr rennsli ú þeim laugum sem hæst standa en aukist í lægstu augunum í Langholtslaug. Þessum breytingum veldur að hluta til jarðraskið á Jaðri en þær eru tvímælalaust einnig tengdar borun og prófunum á holu L-1. T.d. virtust sprungurnar í leirnum í og við Laugalæk opnast við þrýstiprófanir með pakkara í holunni, og bunaði þá vatnið upp um þær. Afleiðingin er að töluvert af því vatni ($\approx 1/2$ l/s), sem áður kom úr augum vestan lækjar hefur nú færst út í læk. Sumarið 1980 var látið renna úr holunni um $1/2$ l/s og hefur það vart haft nokkur áhrif á rennsli úr laugunum.

4.2 Bær

Laugarnar í þessari þyrpingu raða sér, ef ein laug er undanskilin, á línu, sem hefur norðaustlæga stefnu. Línan er liðlega 100 m lögn og liggur frá Bæ norður að Nýja Bæ og á henni eru laugar 9-11.

8. Í skurðbakka um 240 m norðvestan við Nýja Bæ er smá laug. Utan um laugina hefur verið steipt þró og vatni úr henni veitt í peningahús til brynningar skepnum. Hiti er 43°C og rennsli mældist 0,09 l/s. Þessi laug er utan við fyrrgreinda línu.

9. Þvottahúslaug (áður nefnd Fjóslaug). Vestan undir gamla þvottahúsinu er laug, sem steipt hefur verið utan um. Hiti mældist 50,5°C og rennsli 0,14 l/s. Með suðurhlið kofans hefur verið grafin rás og seytlar þar fram vatn allt að 26°C heitt en rennsli er lítið. Vatnið kemur úr malarkenndu lagi. Laugin var áður notuð til þvotta en er nú nýtt til upphitunar á vélaskemmu.

10. Í garðinum bak við Nýja Bæ er laug, sem steyppt hefur verið utan um og byggt yfir. Laugin var þjökkuð upp með járnkarli en þar bræddi af áður. Hiti mældist $71,5^{\circ}\text{C}$ og rennsli $0,13$ l/s. Að sögn heimamanna hefur hæstur hiti mælt um 86°C og 1944 mældist hún $73,5^{\circ}\text{C}$ heit (Rannsóknaráð ríkisins 1944). Laugin er notuð til upphitunar á íbúðarhúsinu.

11. Bæjarlaug. Neðan vegar gegnt gamla íbúðarhúsinu í Bæ er svonefnd Bæjarlaug, sem notuð er til upphitunar á fyrrnefndu húsi. Utan um hana er steyppt þró. Hiti mældist $60,5^{\circ}\text{C}$ og rennsli $0,26$ l/s. Hiti hefur áður mælt hæstur 63°C (Jón Sólmundsson 1962).

Litlar sem engar breytingar hafa orðið á þessari hveraþyrpingu síðan 1976 enda hefur ekki verið borað hér. Heildarrennsli mældist $0,62$ l/s árið 1980 en $0,55$ l/s árið 1976.

4.3 Laugabær

Í þessari þyrpingu eru laugar 12-16, en þær liggja frá Laugateig að skemmu skammt sunnan við Laugabæ. Flestar laugarnar raða sér á línu sem stefnir um $\text{N}20^{\circ}\text{A}$ og er hún um 200 m löng. Lambalaug (15) er um 100 m vestan við hinar.

12. Hrútslaug er bak við verkstæðið á Laugateig og utan um hana er steyppt þró. Laugin er notuð til upphitunar á verkstæðinu og íbúðarhúsinu. Árið 1976 mældist rennslið úr lauginni $0,45$ l/s og hiti 62°C en hafði áður mælt mestur $71,5^{\circ}\text{C}$ (Rannsóknaráð ríkisins 1944). Sumarið 1980 var grafinn grunnur fyrir nýju verkstæðishúsi við laugina. Við það lækkaði grunnvatnsstaða svo mikið að rennsli úr henni hætti. Hiti mældist þó $67,5^{\circ}\text{C}$ þá.

13. Í aflögðum kálgarði austan vegar gegnt Laugabæ er laug, sem grafin hefur verið út og steyppt þró utan um. Árið 1976 mældist hiti 81°C og rennsli $0,22$ l/s. Nú hefur vatnsborð lækkað í þrónni og rennsli hætt og er líklegt að það hafi gerst þegar grunnur var tekinn fyrir nýja verkstæðishúsinu, en hugsanlegt er að áhrifa gæti frá holu B-3. Laugin var notuð til upphitunar á gróðurhúsi. Áður hefur hæstur hiti mælt $86,5^{\circ}\text{C}$ (Rannsóknaráð ríkisins 1944) og Jón Sólmundsson (1962) getur þess að hiti hafi mælt 96°C .

14. Túnið sunnan við áðurnefndan kálgarð, austan vegar, mun að mestu bræða af sér.

15. Lambalaug. Laugin er um 10-15 m vestan fjóssins í Laugabæ. Þetta er allstór pollur eða dý 6-8 m í þvermál en örgrunnt er á móklöppina. Heitasta augað er efst í skurði sem grafinn hefur verið út úr lauginni til vesturs og mældist hitinn þar 42°C. Yfir lagina rennur hlandfor úr fjósinu og er mjög erfitt að mæla rennslið úr lauginni, en það er örugglega lítið. Árið 1944 mældist mestur hiti 40°C og rennsli var metið mjög lítið (Rannsóknaráð ríkisins 1944).

16. Við vélageymslu suður af Laugabæ er allstór pollur um 5x10 m². Austast í pollinum í vegkantinum er laug sem grafin var út með jarðýtu er vegurinn var lagður. Hiti mældist 70,5°C og rennsli 0,15 l/s. Laugin er nýtt til upphitunar gróðurhúss.

16.a Sauðhúsalaug. Um 100 m vestan við laug nr. 16 var Sauðhúsalaug. Hún var 36°C heit og rennslið var um 0,15 l/s (Rannsóknaráð ríkisins 1944). Hún hvarf alveg er laugin við vegarkantinn var grafin út.

Við Laugabæ mældist heildarrennsli úr laugum 0,15 l/s árið 1980, samanbórið við 0,82 l/s árið 1976 (1,13 l/s ef hola B-2 er talin með). Fyrir þessari minnkun eru tvær samverkandi ástæður. Í fyrsta lagi hafði verið takinn nýr grunnur fyrir verkstæðishúsi við Hrútslaug (nr. 12) í Bæ. Við það lækkaði vatnsborð bæði Hrútslaugar og laugarinnar í kálgarðinum (nr. 13) svo mjög að það hætti að renna úr þeim, auk þess að nú rennur ekkert úr gömlu holunni B-2. Þá er líklegt að rennslið úr holu B-3 (≈2 l/s) hafi einnig áhrif til minnkunar. Hola B-4 suður af Laugabæ virðist hins vegar hafa lítil áhrif. Úr holunni renna 0,20 l/s en engin breyting varð á rennsli úr lauginni rétt við hana. Rennslismælingar 1980 geta því ekki talist marktækar um náttúrulegt rennsli í Laugabæ.

4.4 Hellur

Syðstu laugarnar (21-25) liggja á nær beinni 175 m langri línu, sem stefnir norðnorðvestur en nyrðri laugarnar (17-20) eru á svæði, sem er 75x50 m² stórt og ílangt í norðaustur-suðvestur.

17. Á um 50 m kafla í skurði norðvestan við gróðurhús eru nokkur augu. Hiti mældist 66-75°C og rennsli 0,77 l/s. Árið 1976 voru þarna nokkur smá augu en rennsli metið óverulegt. Sjá einnig nr. 20.

18. Laug austur af gróðurhúsinu. Tunna er um laugina og hefur nú verið ýtt yfir hana. Árið 1979 var grafinn skurður langleiðina að þessari laug og í hann kemur heitt vatn, sem líklega kemur úr lauginni. Mældist rennslið 0,29 l/s og hiti 79°C. Árið 1944 mældist hitinn 81°C og rennslið um 0,8 l/s (Rannsóknaráð ríkisins 1944). Vatnið var nýtt til upphitunar á gróðurhúsi.

19. Nokkuð stór blettur, sunnan gróðurhúss, sem bræðir af sér.

20. Syðra gróðurhúsið á mynd 4.1 hefur nú verið rifið en í stað þess verið reist skemma lítið eitt vestar. Nokkrum metrum austan byggingarinnar er laug í tunnu sem áður var virkjuð fyrir gróðurhúsið. Vegna nýbyggingarinnar hefur land verið hækkað þarna og rennur nú ekkert úr lauginni, heldur sígur vatnið í burt, trúlega vestur í skurðinn sem augu nr. 17 eru í. Hiti mældist 95°C. Árið 1976 mældist rennslið 0,23 l/s.

21. Tæplega 30 m sunnan við íbúðarhúsið að Hellum er laug, sem steipt þró er utan um. Þarna bræðir af svæði, sem er um 20 m í þvermál. Hiti mældist 79°C og rennsli 0,20 l/s. Laugin er nýtt til upphitunar íbúðarhússins, ásamt vatni úr borholu H-2, en það er leitt í þróna.

22. Tæplega 30 m austan við nr. 21 er laug í skurðenda. Hiti mældist 55°C og rennsli 0,23 l/s. Laugin er nýtt til upphitunar á félagsheimilinu Brún auk vatns úr holu H-4.

23. Um 90 m sunnan við íbúðarhúsið er laug, sem þró hefur verið steipt utan um. Þarna bræðir af svæði, sem er 20 m langt í norðlaga stefnu og 10 m breitt. Hiti mældist 74°C og rennsli 0,15 l/s. Vatnið var áður nýtt til upphitunar félagsheimilisins Brún.

24. Tæplega 140 m sunnan íbúðarhússins er 69,5°C heit laug. Þarna bræðir af svæði, sem er 20 m langt í norður stefnu og 10 m breitt. Rennsli er 0,12 l/s.

25. Tæplega 190 m sunnan við íbúðarhúsið er 69,5°C heit laug. Rennsli úr henni er 0,20 l/s. Nokkur smá augu eru á 10 m kafla norðan laugarinnar. Hiti mældist 70°C árið 1976.

Á Hellum mældist rennsli nú 1,96 l/s, miðað við 1,90 l/s árið 1976. Aðstæður hafa samt breyst þar töluvert. Ekkert rennur nú úr stærstu lauginni (nr. 20). Vatnið úr lauginni virðist þó koma fram í skurði litlu vestar. Árið 1976 var rennsli í skurðinum metið óverulegt en nú mældist það 0,77 l/s af 66-75°C heitu vatni. Þetta er mun meira en því nemur sem rann úr lauginni og virðist því rennsli hafa aukist eitthvað á norðanverðu svæðinu. Úr holu H-1 litlu sunnar en laug nr. 20 renna nú 0,14 l/s. Á syðra hitasvæðinu á Hellum hefur dregið úr rennsli úr laugum, sem nemur 1/2 l/s. Þetta er tvímælalaust vegna rennslis úr holum H-2 (0,40 l/s) og H-4 (0,20 l/s).

TAFLA 4.1

Rennsli og hiti hvera og lauga í Bæjarsveit.

Nr. Staðarlýsing	1976		1980	
	Rennsli l/s	Hiti °C	Rennsli l/s	Hiti °C
1. Laug í skurði um 100 norðan Laugarholts lítið		44	0,03	50
2. Langholtslaug(ar):				
a. Langholtslaug, steypt þró	1,88 ^x	82,5	1,43	85,5
b. Auga norðan a	0,10	81	0,08	81,5
c. Auga norðan b	óverul.	50,5	xx	
d. Auga sunnan við a	x	71	xx	
e. Auga sunnan við d	x	82	0,20	82
f. Auga sunnan við e	0,07	78	0,06	80
g. Augu sunnan við f	0,19	82	0,05	84,5
h. Augu í Laugarlæknum		80-81	1,23 ^{xx}	80-84
^x d og e eru mæld með a				
^{xx} c og d eru mæld með h				
3. Laug 20 m norðvestan Langholtsbæjar	0,21	46	0,18	56
4. Tvær laugar um 20 m suðvestan Langholts				
a. nyrðri laug	0,34	79	0,33	78
b. syðri laug	0,26	69	0,29	84

frh.

Tafla 4.1 framhald

Nr.	Staðarlýsing	1976		1980	
		Rennsli l/s	Hiti °C	Rennsli l/s	Hiti °C
5.	Augu norðan íbúðarhúss að Jaðri:				
	a. Auga í vegkanti gamla vegar, nú grafið í jörð	lítið	16	} 0,08 ^x	
	b. Auga 5 m norðvestan við a, nú grafið í jörð	0,06	56		
	c. Auga í steyptum brunni	lítið	68	0,16	78,5
	d. Drullupollur um 5 m sunnan a, nú horfinn	0,42	74	0,11 ^x	
	e. Laug sem steypt er um	0,24	72	0,07	69
	x mælt það vatn sem sígur út í skurð				
6.	Laug skammt vestan gamla íbúðarhússins á Jaðri	0,32	75,5	0,24	80,5
7.	Laug inni í gamla Jaðarshúsinu	0,29	75,5	0,34	75
	Alls	4,38		4,88	
<u>Bær</u>					
8.	Laug á skurðbakka um 240 m NV Nýja Bæjar	0,07	41	0,09	43
9.	Þvottahúslaug (Fjóslaug)	0,19	44,5	0,14	50,5
10.	Laug bak við Nýja Bæ	0,08	68	0,13	71,5 (73,5)
11.	Bæjarlaug	0,21	51,5	0,26	60,5 (63)
	Alls	0,55		0,62	
<u>Laugabær</u>					
12.	Hrútslaug	0,45	62	0	67,5 (71,5)
13.	Laug í kálgarði	0,22	81	0	(86,5)
14.	Tún sem bræðir af sér				
15.	Lambalaug			lítið	42
16.	Laug við vélageymslu suður af Laugabæ	0,15	70	0,15	70,5
	Alls	0,82		0,15	
<u>Hellur</u>					
17.	Laugar í skurði við gróðurhús	lítið		0,77	66-75
18.	Laug norðan gróðurhúss	0,27	68	0,29 ^x	79 (81)
19.	Afæta milli gróðurhúsa				
20.	Laug sunnan undir gróðurhúsum	0,23	94		95
21.	Laug 30 m sunnan íbúðarhúss á Hellum	0,48	71	0,20	79

Tafla 4.1 framhald

Nr.	Staðarlýsing	1976		1980	
		Rennsli l/s	Hiti °C	Rennsli l/s	Hiti °C
22.	Laug 30 m austan við nr. 20	0,19	48,5	0,23	55
23.	Laug 90 m sunnan íbúðarhúss á Hellum	0,23	65,5	0,15	74
24.	Laug 140 m sunnan íbúðarhúss á Hellum	0,27	66,5	0,12	63
25.	Laug 190 m sunnan íbúðarhúss á Hellum	0,23	70	0,20	69,5
	^x mælt það vatn sem sígur út í skurð.				
	Alls	1,90		1,96	
	Samtals úr öllum hverum og laugum	7,65		7,61	

Ef öruggar heimildir eru fyrir hærra hitastigi en mældist árin 1976 og 1980, þá er það tilgreint innan sviga, sbr. texta.

TAFLA 4.2

Rennsli úr borholum í Bæjarsveit.

Nr.	1976		1980	
	Rennsli l/s	Hiti °C	Rennsli l/s	Hiti °C
L-1, Laugarholt (holan var næstum lokuð)			(~1/2)	
B-2, Bær	0,31	91	0	88
B-3, " (holan var undir þrýstingi)			(~2)	
B-4, "			0,2	
H-1, Hellur			0,14	
H-2, "			0,40	
H-4, "			0,20	

5 SEGULMÆLINGAR

Með segulmælingum má kortleggja misfellur í berggrunni sem eru huldar lausum yfirborðslögum, svo sem ganga og misgengi. Fremst í viðauka A er fjallað lauslega um eðli og notagildi segulmælinga ásamt mæliaðferðum.

Í þeim segulmælingum er hér verður rætt um, var notaður róteindasegulmælir (Geometrics) og nemi hafður í um 2,5 m hæð yfir jörðu. Mældar voru alls 69 segulmælilínur og var lengd þeirra á bilinu 190-700 m. Fjarlægðin á milli einstakra mælipunkta á mælilínu er 5 m. Mælilínurnar eru flestar u.þ.b. samsíða en fjarlægðin á milli þeirra nokkuð mismunandi. Í námunda við jarðhitasvæði var yfirleitt mælt með um 25 m millibili, annars með um 50 m bili, þó var haft 100 m millibil á stöku stað. Melda svæðið er alls um 1,5 km² á stærð.

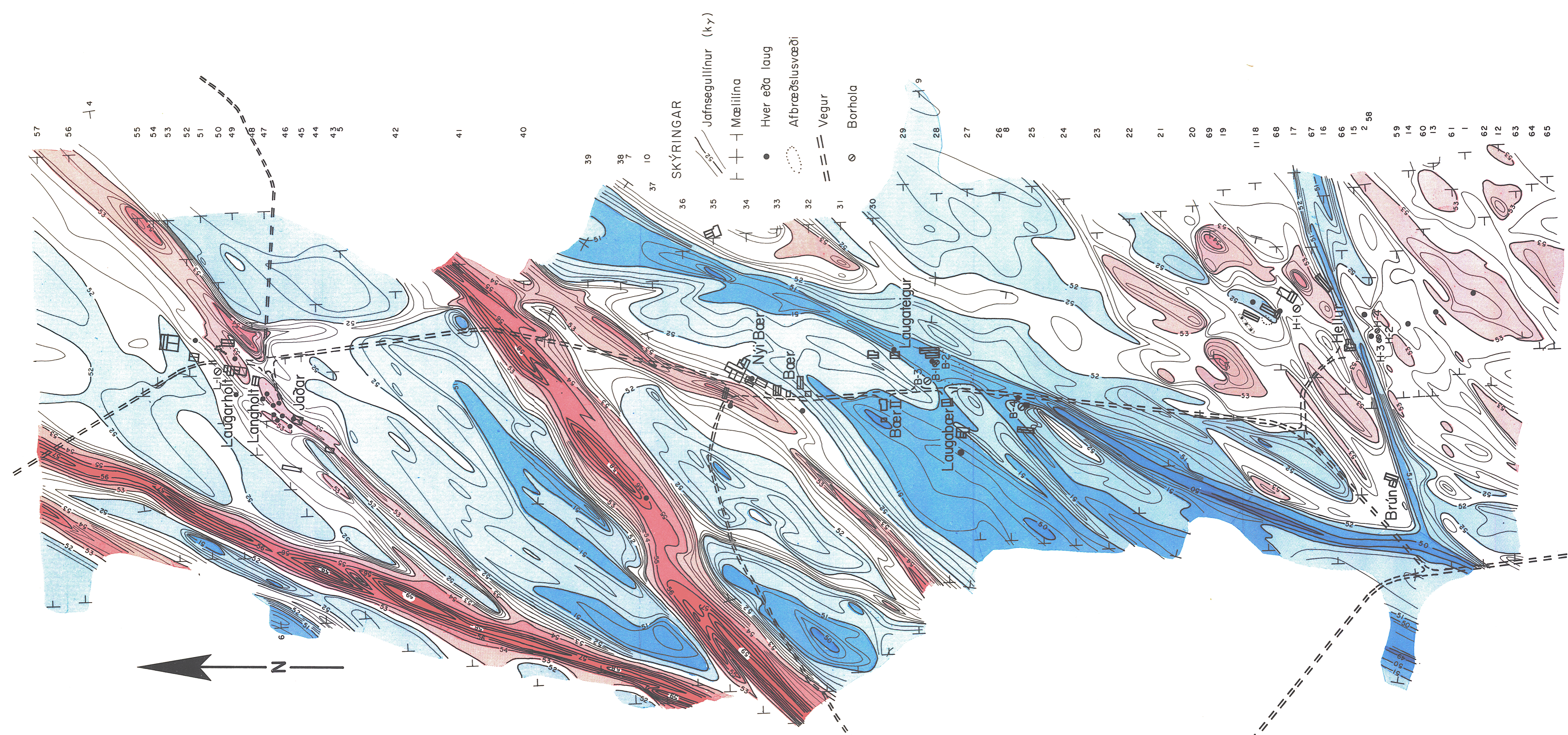
Fyrstu mælingarnar voru gerðar í vetrarbyrjun árið 1975 og voru þá mældar 11 fremur stuttar segulmælilínur á við og dreif u.þ.b. þvert á jarðhitalínuna. Mæliferlarnir sýndu að mikil óregla er í jarðsegulsviði svæðisins. Í skýrslu Jarðhitadeildar frá 1976 um rannsóknir við Bæ segir, að segulfrávikin megi líklega rekja til ganga er stefna sem næst NA-SV, en þeir hafi tæpast nokkuð að segja um dreifingu jarðhitans (Kristján Sæmundsson o.fl. 1976).

Seinni hluta ársins 1976, þegar boraðar höfðu verið 2 djúpar holur með ófullnægjandi árangri, var ákveðið að gera frekari segulmælingar við Bæ til að kanna til hlítar hvort ekki mætti finna samband milli jarðhita og segulfrávika. Í október 1976 voru gerðar ítarlegar segulmælingar á svæðinu og alls mældar 58 mælilínur til viðbótar. Mælt var kerfisbundið eftir allri jarðhitalínunni, þannig að nákvæmt kort fékkst af segulsviðinu og þar með góð mynd af misfellum í berggrunninum.

Mynd 5.1 sýnir segulkort af svæðinu. Jafnsegulsviðslínur eru dregnar með 1 kV (μ T) þéttleika sem heildregnar línur. Fletirnir á milli þeirra eru skyggðir, þannig að hátt segulsvið er sýnt með rauðri skyggingu og lágt með blárri. Meðalsviðið (52-53 kV) er óskyggt. Skyggingarnar aukast með auknu fráviki frá meðalsviði. Nærri meðalsviði eru jafnsegulsviðslínurnar dregnar fjórfalt þéttar, þ.e. með 0,25 kV þéttleika, og eru millilínurnar dregnar sem grannar heilar línur. Á kortinu má rekja

BAER Í BÆJARSVEIT

Segulkort



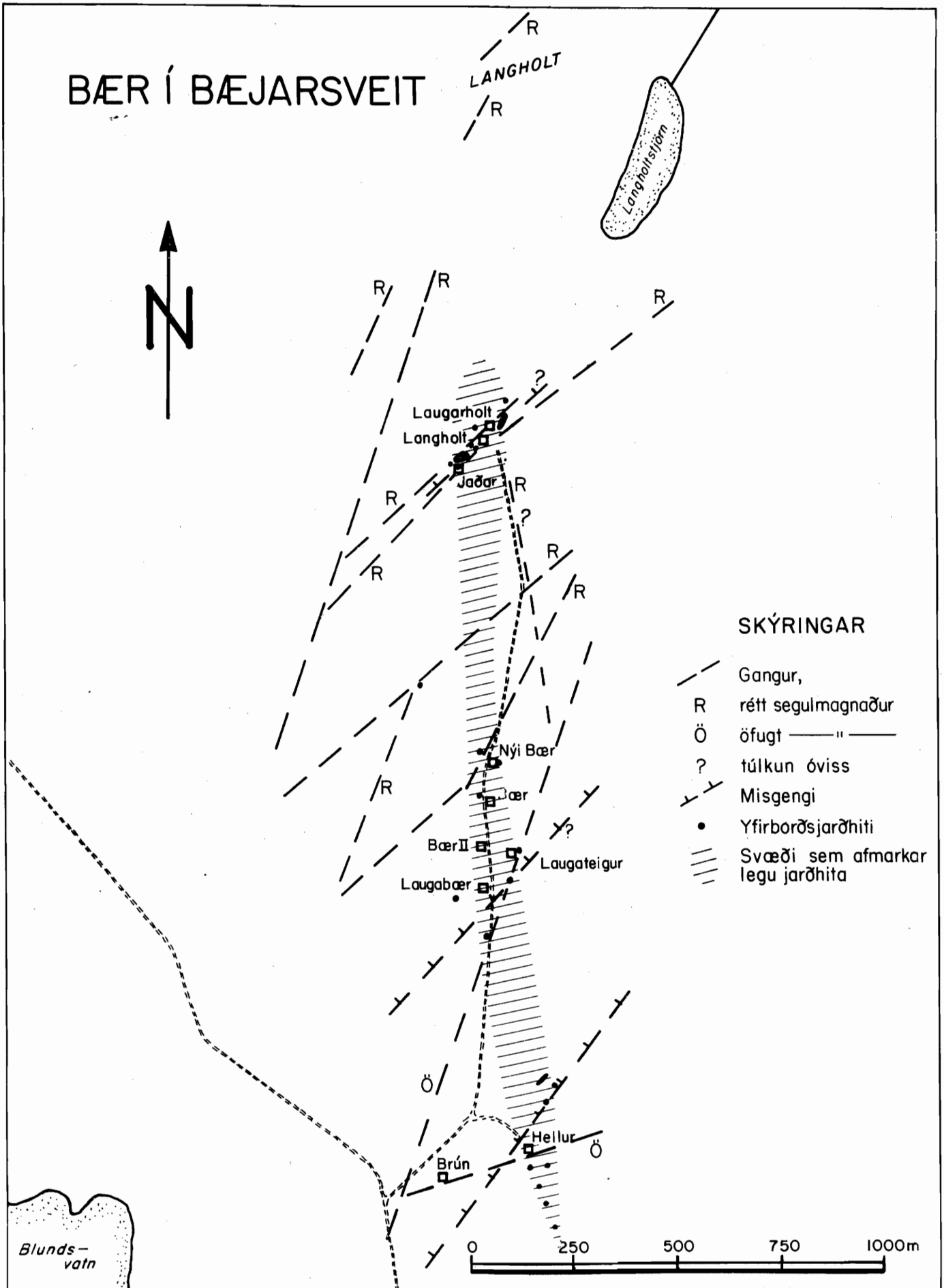
segulfrávikin frá einni mælilínu til annarrar. Á því er einnig sýndlega allra mælilína og jarðhitastaðir og borholur á svæðinu. Einstakir mæliferlar eru birtir aftast í viðauka A.

Eins og fram hefur komið raða hveraþorpin fjögur sér á beina línu sem stefnir N10°V. Í dreifingu innan hveraþorpanna er hins vegar vísbending um stuttar línur sem liggja á ská yfir meginhveralínuna. Engin áþreifanleg tengsl fundust á milli aðalstefnu hveralínunnar, N10°V, og segulfrávika. Þó örlar fyrir jákvæðu fráviki með svipaða stefnu. Það liggur frá Laugarholti í stefnu u.þ.b. 150 m austan bæjarhúsa í Bæ en deyr þar út. Þarna gæti verið um rétt segulmagnaðan gang að ræða, eða misgengi en mjög er vafasamt að tengja þetta frávik við dreifingu jarðhitans. Mælingarnar leiddu hins vegar í ljós allmörg línuleg segulfrávik sem stefna á bilinu N25°A-N70°A. Þessi frávik hafa verið túlkuð sem gangar, flestir rétt segulmagnaðir en þó tveir öfugt segulmagnaðir. Þessir gangar virðast hafa veruleg áhrif á dreifingu jarðhitans.

Mynd 5.2 sýnir túlkun segulmælinganna í Bæjarsveit í grófum dráttum. Á henni eru sýndir gangar, misgengi, jarðhiti og líkleglega jarðhitasprungu. Hveraþorpin eru á línu, sem stefnir sem næst N10°V, og þar er trúlega um að ræða sprungu sem ekki sést í segulmælingunum. Heita vatnið kemur fyrst og fremst upp þar sem gangar eða misgengi með norðaustlæga stefnu skera sprunguna. Segulmælingarnar skera ekki úr um hvort misgengin, gangarnir, sprungan eða eitthvað annað eru aðfærsluæðar heita vatnsins.

Laugarholt - Jaðar. Þar fannst rétt segulmagnaður gangur sem stefnir N45°A og raða hverirnir sér meðfram honum. Gangurinn er greinilegastur norðaustan Laugarholts. Suðvestan Laugarholts virðist vera um tvo ganga að ræða og liggja þeir samsíða með um 50 m millibili. Samkvæmt jarðfræðikortlagningu gæti lítið norðaustlægt misgengi legið um hveraþorpið í Laugarholti, en það kemur ekki fram í segulmælingunum.

Bær. Þar kemur jarðhitinn upp við 2 ganga. Skammt norðan við Bæjarþorpið fannst sterkt rétt segulmagnaður gangur er stefnir N45°A. Við skurðpunkt hans og smágangs er stefnir N25°A kemur upp lítil laug, og er hún rúmlega 200 m norðvestan gamla þvottahússins. Þessi laug er fjarri öðrum laugum og einnig töluvert út úr jarðhitalínunni. Nokkru sunnar fannst annar rétt segulmagnaður gangur. Vestan Bæjarþorpsins



MYND 5.2 Túlkun segulmælinganna.

stefnir hann $N45^{\circ}A$ en beygir skammt vestan við Bæ til norðurs í stefnu $N30^{\circ}A$. Við eða nærri þessum gangi eru þrjár laugar: Bæjarlaug, Þvottahúslaug og laugin við Nýja Bæ.

Laugabær. Þar fannst öfugt segulmagnaður gangur sem stefnir um $N20^{\circ}A$ Ganginn er hægt að rekja alveg frá vegamótum Hvítárbakkavegar og Bæjarvegar, um syðsta hluta Bæjarþorpsins og lengra til norðurs. Við þennan gang eru þrjár laugar: Hrútslaug, laugin í kálgarðinum sem holur B-1 og B-2 voru boraðar við, og laugin við gróðurhúsið sunnan Laugabæjar. Segulkortið bendir ennfræmur til þess að norðaustlægt misgengi skeri jarðhitalínuna á svipuðum stað og gangurinn. Mælingarnar eru þó ekki nægilega þéttar til að skera endanlega úr um það.

Hellur. Þar fannst öfugt segulmagnaður gangur sem stefnir um $N70^{\circ}A$ og liggur rétt sunnan við íbúðarhúsið. Hann virðist ekki hafa áhrif á dreifingu jarðhitans. Hins vegar eru allar líkur á að norðaustlægt misgengi, sem stefnir um $N30^{\circ}A$, liggir um nyrðri laugarnar á Hellum. Jarðfræðikortlagning bendir og til þess sama. Önnur segulfrávik við Hellur stafa af klapparholtum og koma hraunbrúnirnar fram sem óreglulegar segulhæðir.

Fleiri ganga má sjá á segulkortinu, en þeir hafa ekki áhrif á dreifingu jarðhitans.

Loks má geta þess að segulmælingarnar benda til þess að yfirborðshraunlög á svæðinu geti verið frá tveimur segulskeiðum. Þannig er ótruflað meðalsvið fræmur lágt á norðanverðu svæðinu eða um 51 kγ sem bendir til að þar séu jarðlög með öfuga segulstefnu. Við Hellur er meðalsviðið hins vegar mun hærri eða á bilinu 52-53 kγ, sem bendir til réttrar segulstefnu.

6 VIÐNÁMSMÆLINGAR

Með viðnámsmælingum er mælt eðlisviðnám berglaga á mismunandi dýpi. Í viðauka B er fjallað lauslega um eðli og upplýsingagildi viðnámsmælinga, mæliaðferðir og túlkun mælinga.

6.1 Framkvæmd mælinganna

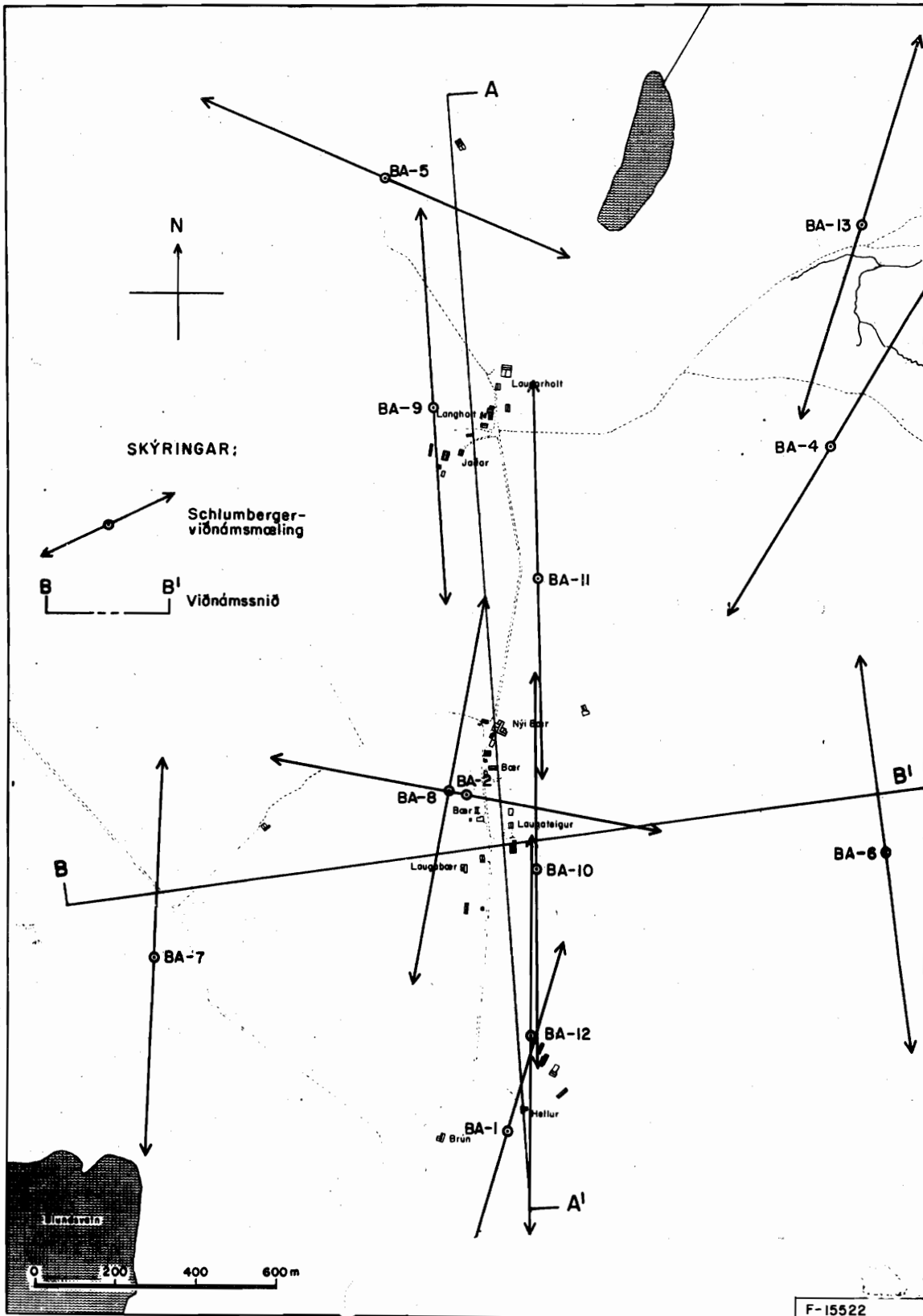
Engar eldri viðnámsmælingar eru til úr Bæjarsveit ef frá eru taldar þær sem á er minnst í upphafi skýrslu og nokkrar mælingar frá Hvítár-
bakka sem mældar voru um svipað leyti. Þessar mælingar eru allar innan við 300 m langar og hafa nú vart meira en sögulegt gildi fyrir jarðhitarannsóknir, vegna þess hve grunnt þær skynja. Þó eru söltu setlög, sem koma fram í nokkrum mælinganna við Hvítárbakka, athyglisverð og gefa góða vísbendingu um þykkt setlaga þar.

Sumarið 1975 voru gerðar í Bæjarsveit fjórar Schlumbergerviðnámsmælingar, BA1 - BA4 (áður nefndar B1-B4), með um 1500 m löngum straumarmi. Af þeim eru 3 staðsettar við eða nærri jarðhitasvæðinu en ein þeirra skammt frá Stafholtsey. Niðurstöður þessara mælinga gáfu til kynna að þykkt lágviðnámslag (yfir 1 km á þykkt) væri á jarðhitasvæðinu með samfelld hækkandi viðnámi út frá miðju jarðhitasvæðisins (Bæ) og var ályktað að lágviðnámið stafaði af heitum vatnsgengum lögum. Lagt var til að gera frekari mælingar (Kristján Sæmundsson o.fl. 1976).

Sumarið 1976 voru gerðar 9 mælingar til viðbótar (BA5-BA13) við eða nærri jarðhitalínunni til nánari könnunar á útbreiðslu og gerð jarðhitans. Staðsetning allra mælinga er sýnd á mynd 6.1 að mælingu BA3 við Stafholtsey undanskilinni. Staðsetning hennar kemur hinsvegar fram í fyrrnefndri skýrslu. Nákvæm staðsetning mælinganna er enn fremur gefin í töflu í viðauka B og eru notuð Mercator-hnitin í bandarísku AMS-kortunum í mælikvarðanum 1:50.000.

6.2 Túlkun mælinganna

Jarðlög í Bæjarsveit eru frá tertíerum tíma og jarðhitinn er tengdur sprungum og göngum. Við slíkar aðstæður nær heita vatnið sjaldnast



MYND 6.1 Staðsetning viðnámsmælinga og viðnámsniða.

verulegri láréttri útbreiðslu og má því búast við nokkrum frávikum frá láréttri lagskipan í mæliferlum viðnámsmælinganna. Flestir mæliferlarnir eru með smábrot eða truflanir en yfirleitt í svo litlum mæli að það hefur lítil eða engin áhrif á túlkun. Þó er mæliferill BA13 óreglulegur til að hægt sé að túlka hann með nokkurri vissu. Ein krossmæling var gerð á svæðinu og sýna mæliferlar BA2 og BA8 niðurstöðurnar. Verulegur munur er á ferlunum. BA2 sýnir lágviðnám (~ 20 Ω m) eins djúpt og mælingin skynjar en BA8 sýnir um 400 m þykka lágviðnámslinsu (~30 Ω m) en mun hærri viðnám neðar (~65 Ω m). Þetta má skýra út frá lögun og eðli jarðhitasvæðisins. Mæling BA2 liggur þvert á jarðhitalínuna og fer því yfir "lóðrétt" lágviðnámskil á tveimur stöðum en mæling BA8 liggur hins vegar eftir jarðhitalínunni endilangri og er því samsíða viðnámskilunum. Segja má að þessar mælingar endurspegli þá brenglun sem búast má við í viðnámsmælingum á svæðum þar sem jarðhiti er fyrst og fremst tengdur sprungum og göngum. Sameiginleg niðurstaða beggja mælinganna verður því sú að ofantil (í efstu 300-500 m) hafi lágviðnámið þó nokkra lárétta útbreiðslu en hún minnki verulega með dýpi og sé óveruleg neðan við 1000 m.

Allir mæliferlar, túlkun þeirra og reiknaðir ferlar, sem samsvara túlkuninni, eru birtir í viðauka B. Mælingar BA1 - BA4 (B1-B4) eru endurtúlkaðir fyrir þessa skýrslu.

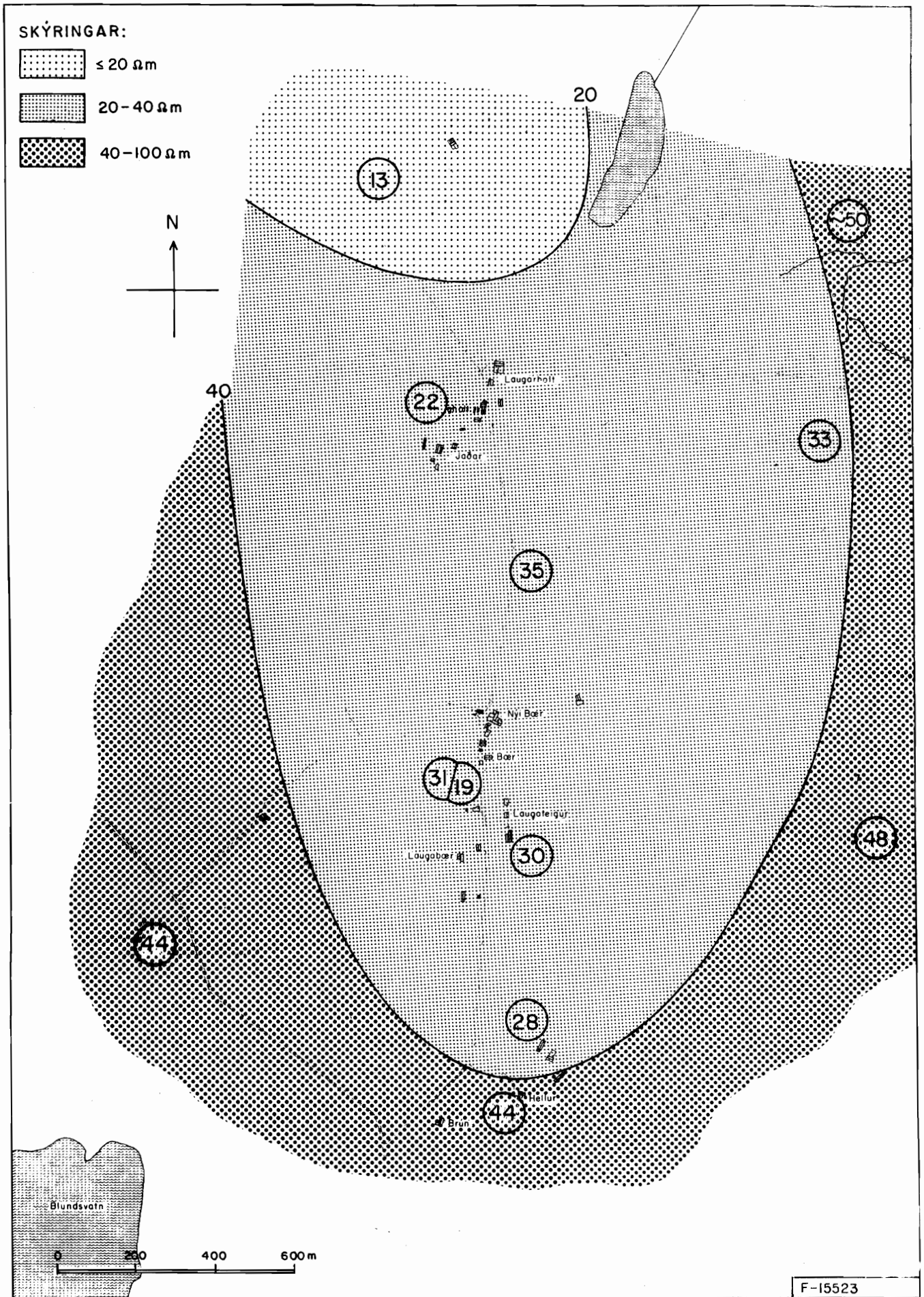
6.3 Niðurstöður viðnámsmælinganna

Viðnámskort sýnir eðlisviðnám svæðis á ákveðnu dýpi en viðnámsnið sýna breytingu eðlisviðnáms með dýpi eftir sniðlínu.

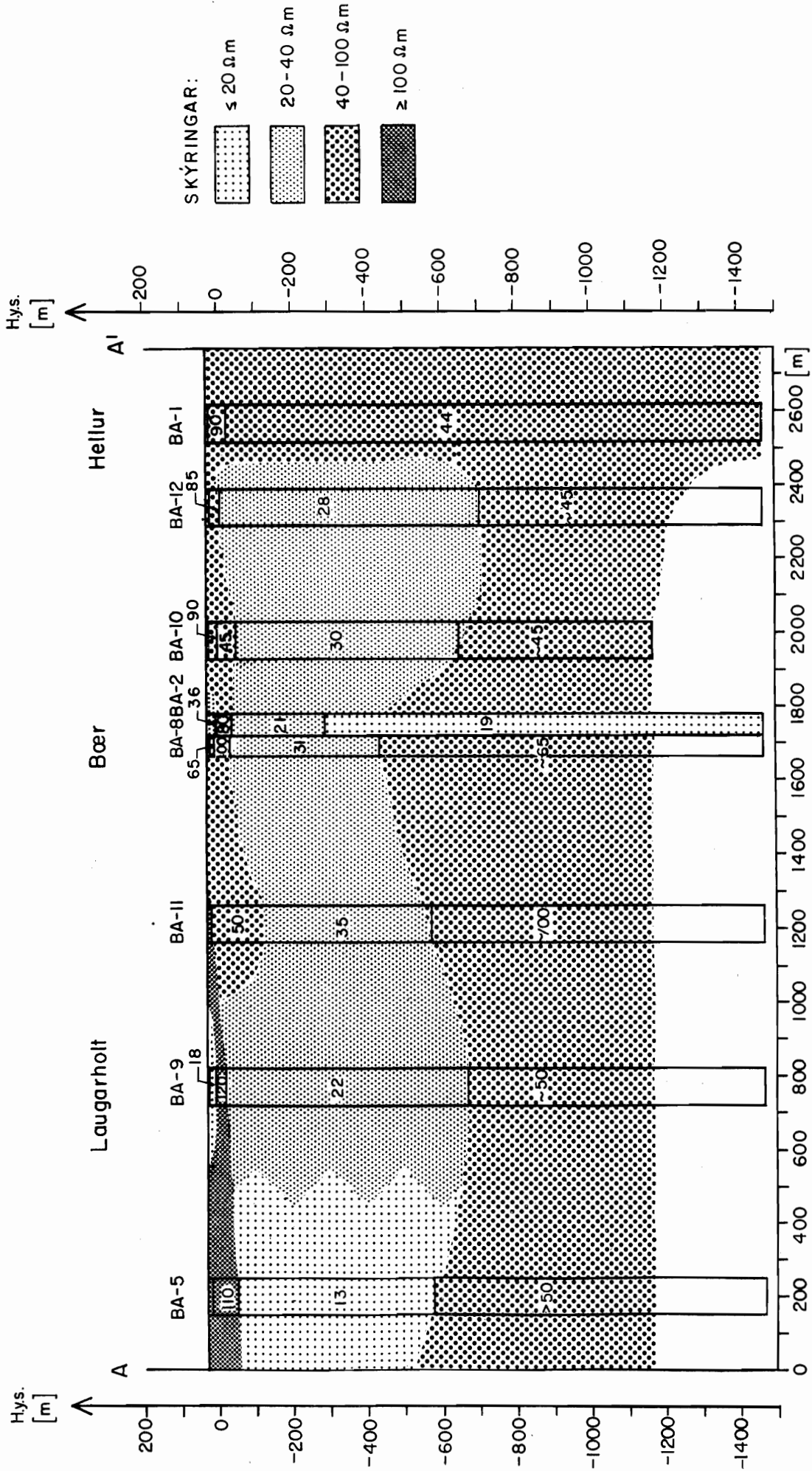
Mynd 6.2 sýnir viðnámskort af jarðhitasvæðinu við Bæ á 300 m dýpi undir sjávarmáli. Kortið sýnir vel að tengsl eru á milli jarðhita og lágviðnáms, og kemur það fram sem lágviðnámssvæði með viðnámi 15-35 Ω m eftir endilangri jarðhitalínunni og hækkandi viðnámi bæði til austurs og vesturs (sbr. einnig mælingu BA3 við Stafholtsey). Nokkur stígandi er einnig í viðnáminu eftir jarðhitalínunni frá norðri til suðurs og samkvæmt því liggja Hellur á mörkum þess svæðis sem unnt er að skilgreina sem lágviðnámssvæði. Loks er mjög athyglisvert að þetta lágviðnámssvæði nær að minnsta kosti norður í Langholt sem er um 700 m norðan bæjanna Laugarholts og Langholts. Þar (BA5) mælist lægsta viðnámið á svæðinu,

13 Ω m, en enginn jarðhiti er á yfirborði norðan Laugarholts, þar sem bæirnir standa. Myndir 6.3 og 6.4 sýna viðnámsstrið A-A og B-B og liggur hið fyrrnefnda langsum eftir jarðhitalínunni en hið síðarnefnda þvert yfir hana við Bæ. Staðsetning striðanna er sýnd á mynd 6.1. Það sem striðin sýna en kortið ekki er, að lágviðnámslagið er ekki þykkt, heldur er aðeins um að ræða 4-600 m þykka linsu með óverulega austur-vestur útbreiðslu, en þar fyrir neðan er viðnámið mun hærri eða 45-100 Ω m. (Sbr. þó það sem segir um krossmælinguna BA2 og 8 í kaflanum um túlkun viðnámsmælinga.)

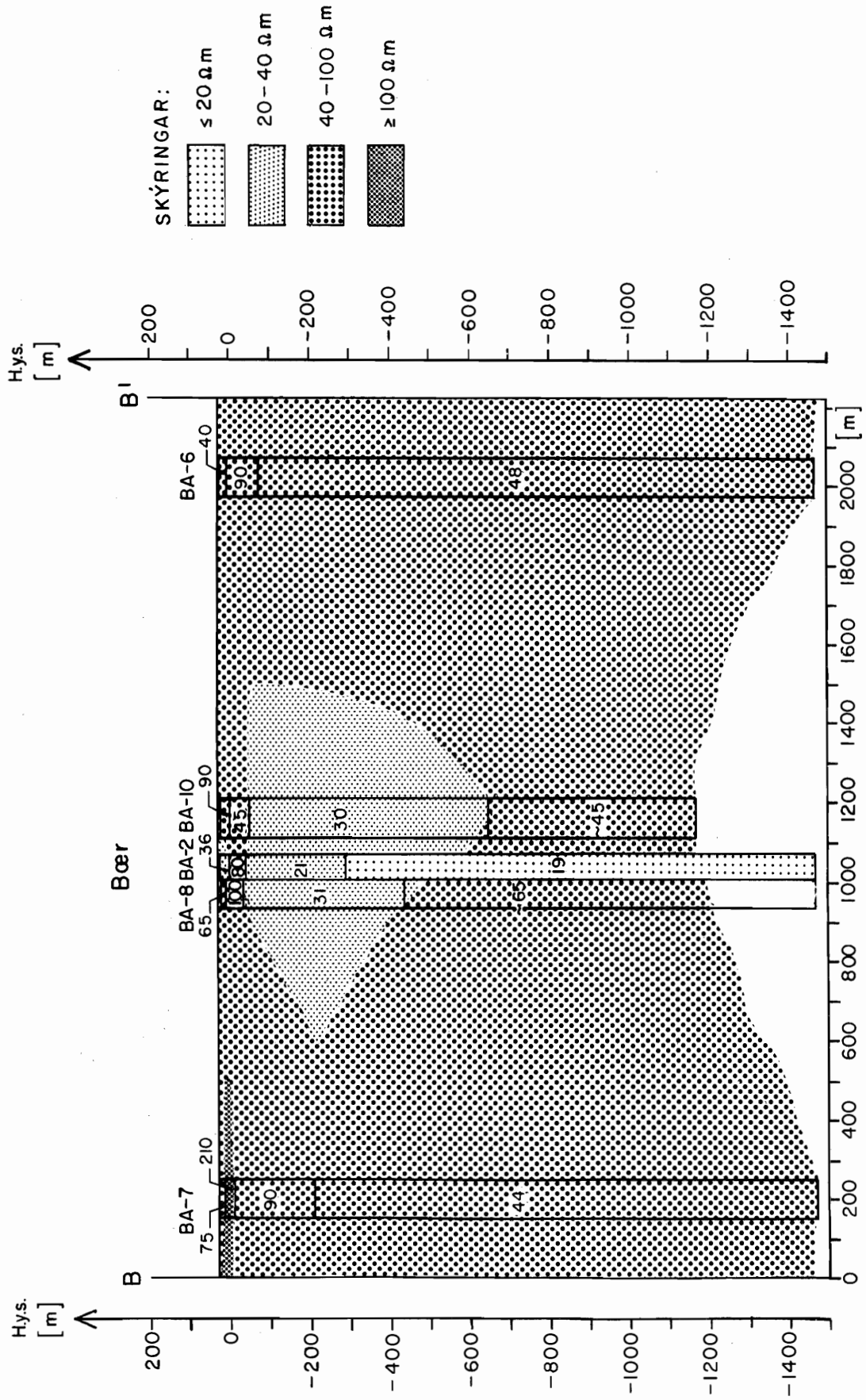
Þegar á heildina er litið má segja að viðnámsmælingar í Bæjarsveit gefi til kynna að jarðhitinn við Bæ sé dæmigerður sprungu- og gangajarðhiti og lárétt útbreiðsla vatnskerfisins sé óveruleg neðan 4-600 m dýpis. Mæling BA5 í Langholti bendir til þess að jarðhitalínan nái lengra til norðurs en jarðhiti á yfirborði segir til um.



MYND 6.2 Eðlisviðnám á 300 m dýpi undir sjávarmáli.



F-15520



F-15521

7 BORANIR OG JARÐLÖG Í BORHOLUM

Fyrst var borað við Bæ (Laugabæ) árið 1963. Þá voru boraðar 2 holur 20 og 94 m djúpar. Á árunum 1976 og 1977 voru svo boraðar 7 holur á jarðhitasvæðinu í Bæjarsveit. Sú dýpsta varð 1151 m djúp en sú grynasta 80 m. Í þessum kafla verður fjallað um borun einstakra hola í rétttri tímaröð, forsendur staðsetninga, gang borunar og árangur. Þá verður rætt um jarðlög í holunum og tengsl þeirra við jarðlög á yfirborði. Holurnar eru merktar með bókstaf og númeri. Bókstafirnir gefa til kynna hvar holan er boruð: L táknar Laugarholt/Langholt, B Bæ (og Laugabæ) og H Hellur. Númerin gefa til kynna röðina, sem holurnar á hverjum stað eru boraðar í. Staðsetning holanna er sýnd á mynd 4.1. Í þessum kafla er stuðst við eftirfarandi borskýrslur: Franks 1963, Glaumur 1976, Ýmir 1976 og Narfi 1977. Í töflu 7.1 er gefið yfirlit yfir dýpi holanna, vídd, fóðringar, bortíma, bortæki og rennsli úr holunum í lok borunar. Loks er getið hvar holur eru stíflaðar.

7.1 Boranir

B-1. Holan, sem er 20 m djúp, er í aflögðum kálgarði tæplega 20 m vestan við gróðurhúsin sunnan Laugateigs. Enginn árangur varð af þessari borun, en þó munu vera einhverjar vatnsæðar í holunni (sjá hitamælingar á mynd 7.1).

B-2. Holan (94 m djúp) er í sama kálgarði og B-1, tæplega 10 m vestan við gróðurhúsin. Í lok borunar var dælt úr holunni um 1 l/s og lækkaði þá vatnsborð laugarinnar í kálgarðinum (nr. 13) og í holu B-1. Í mars 1976 mældist rennsli úr holunni 0,3 l/s (Haukur Jóhannesson 1976) og hitastig í holutoppi hefur mælst 90°C (Kristján Sæmundsson o.fl. 1976). Botnhiti í holunni er 102°C. Samkvæmt hitamælingu (mynd 7.1) eru vatnsæðar á liðlega 20 m, 37 m og á 50-55 m dýpi.

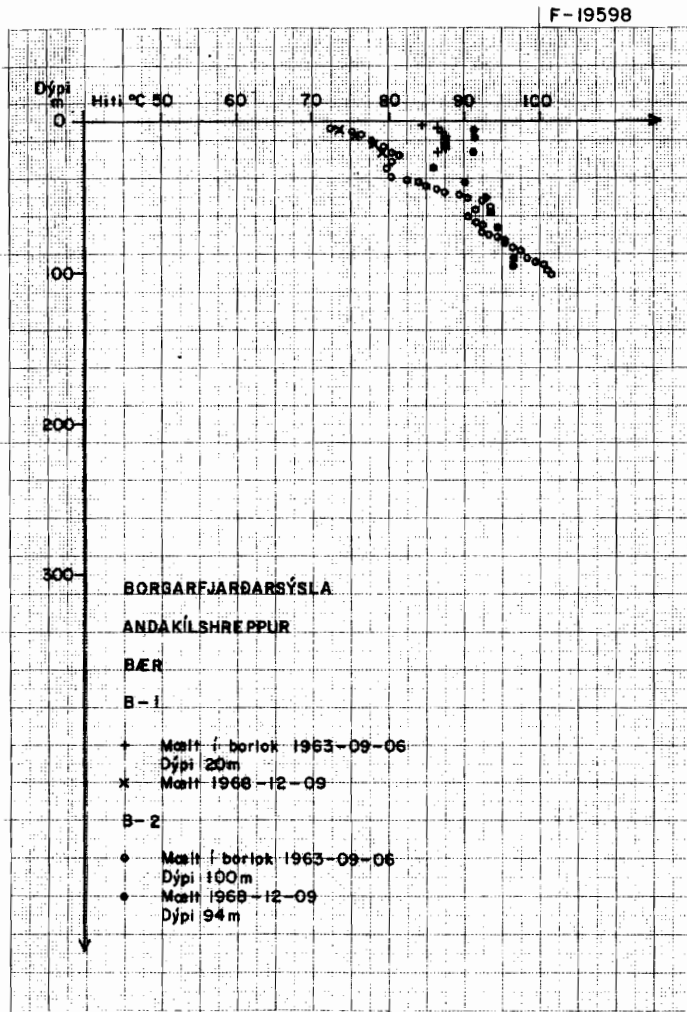
B-3. Holan (1151 m) er um 30 m vestan við holu B-2, rétt austan vegarins sem liggur í gegnum Bæjarþyrpinguna. Bora átti á miðri jarðhitalínunni, þar sem líklegast var talið að aðaluppstreymi heita vatnsins væri. Þar hafði mælst lægst eðlisviðnám sumarið 1975. Dreifing hveranna var talin gefa vísbendingu um norðaustlægar sprungur skástígt á aðaljarð-

TAFLA 7.1

Borholur í Bæjarsveit, yfirlit

Staður	Hóla	Bortæki	Dýpi m	Fóóring		Hóla neðan fóóringar		Bortími	Sjálfrænnslí í lok borunar	Dýpi á fyrirstöðu
				vídd mm	dýpi m	vídd mm	dýpi m			
Bær	B-1	Franks	20	127	6,0	108	1963 08 23-193 08 27	0		
"	B-2	Franks	94	127	10,5	108	1963 08 27-1963 09 04	~1		
"	B-3	Glaumur	1151	254	102	200	1976 06 10-1976 07 27	~2		530
"	B-4	Ýmir	450	356	1,3	165 143	1976 10 28-1976 11 12 1976 11 24-1976 11 28	<1		
Hellur	H-1	Glaumur	1108	254	120	200	1976 07 27-1976 09 08	<1		660
"	H-2	Ýmir	336	200	3,5	165 143	1976 10 12-1976 10 25	<1		
"	H-3	Ýmir	80	-	-	165	1976 10 25-1976 10 26	0		
"	H-4	Ýmir	324	-	-	165 143	1976 10 26-1976 10 26 1976 11 13-1976 11 24	<1		
Laugarholt	L-1	Narfi	1013	273	146	222 200	1977 04 29-1977 06 03	28		

hitastefnuna. Borað var vestan sprungunnar og var ætlunin að skera hana á nokkru dýpi ef hún lægi hornrétt á jarðlög.



MYND 7.1 Hitamælingar úr holum B-1 og B-2.

Borun gekk áfallalaust en skortur á skolvatni tafði borun nokkuð. Bor-
menn urðu varir við smávægileg skoltöp aðallega á 270-280 m dýpi. Sam-
kvæmt hitamælingum (mynd 7.2) er aðalvatnsæðin á um 240 m dýpi en einnig
eru æðar á 270 og 310 m dýpi. Smáæðar eru neðar í holunni en rennsli
virðist lítið úr þeim. Holan stíflaðist á um 530 m dýpi fljótlega eftir
að borun lauk. Hiti vatns í holunni er 105-115°C og hitamælingar, sem
gerðar voru í borun og í borlok, benda til að svipaðs hita megi vænta
alveg niður í botn. Í lok borunar var loftdælt úr holunni og gaf hún
þá um 2,5 l/s. Þetta rennsli jókst í 9 l/s eftir þrýstiprófun á
holutopp.

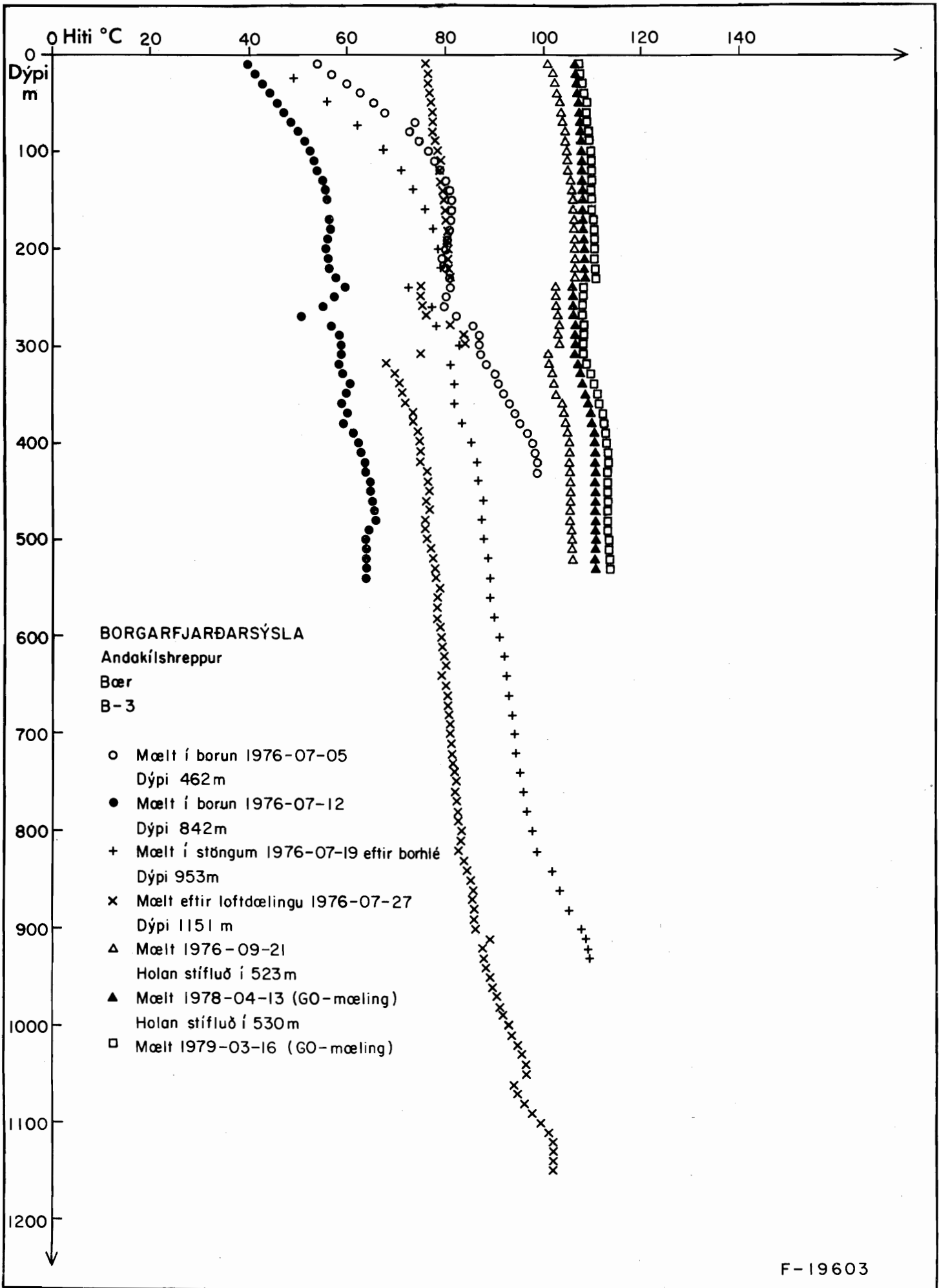
Með segulmælingum sem gerðar voru haustið 1976 fannst berggangur og koma laugarnar næst holunni upp með honum. Líkur voru einnig taldar á að þarna væri norðaustlægt misgengi. Samkvæmt jarðlagahalla á yfirborði hefði holan átt að skera hvort tveggja á innan við 400 m dýpi, ef misgengið og gangurinn eru hornrétt á jarðlög. Samkvæmt mælingum í holunni (kafla 3.2) sker holan misgengið einhversstaðar á bilinu 230-267 m dýpi. Samkvæmt jarðlagagreiningu (kafla 7.2) gæti gangurinn verið á 190 m dýpi. Mælingarnar styðja það þó ekki (kafla 8.3.1).

H-1. Holan (1108 m) er við suðvesturhorn sambyggðra fjárhúsa og hlöðu á Hellum. Þar sem árangur af B-3 hafði verið heldur klénn og ljóst var að holan hafði ekki skorið neina opna sprungu, var ákveðið að bora austan megin hveralínunnar í þeirri von að ætlaðri jarðhitasprungu hallaði til austurs. Borað var við Hellur um 30 m suðaustan við heitasta hverinn á hveralínunni.

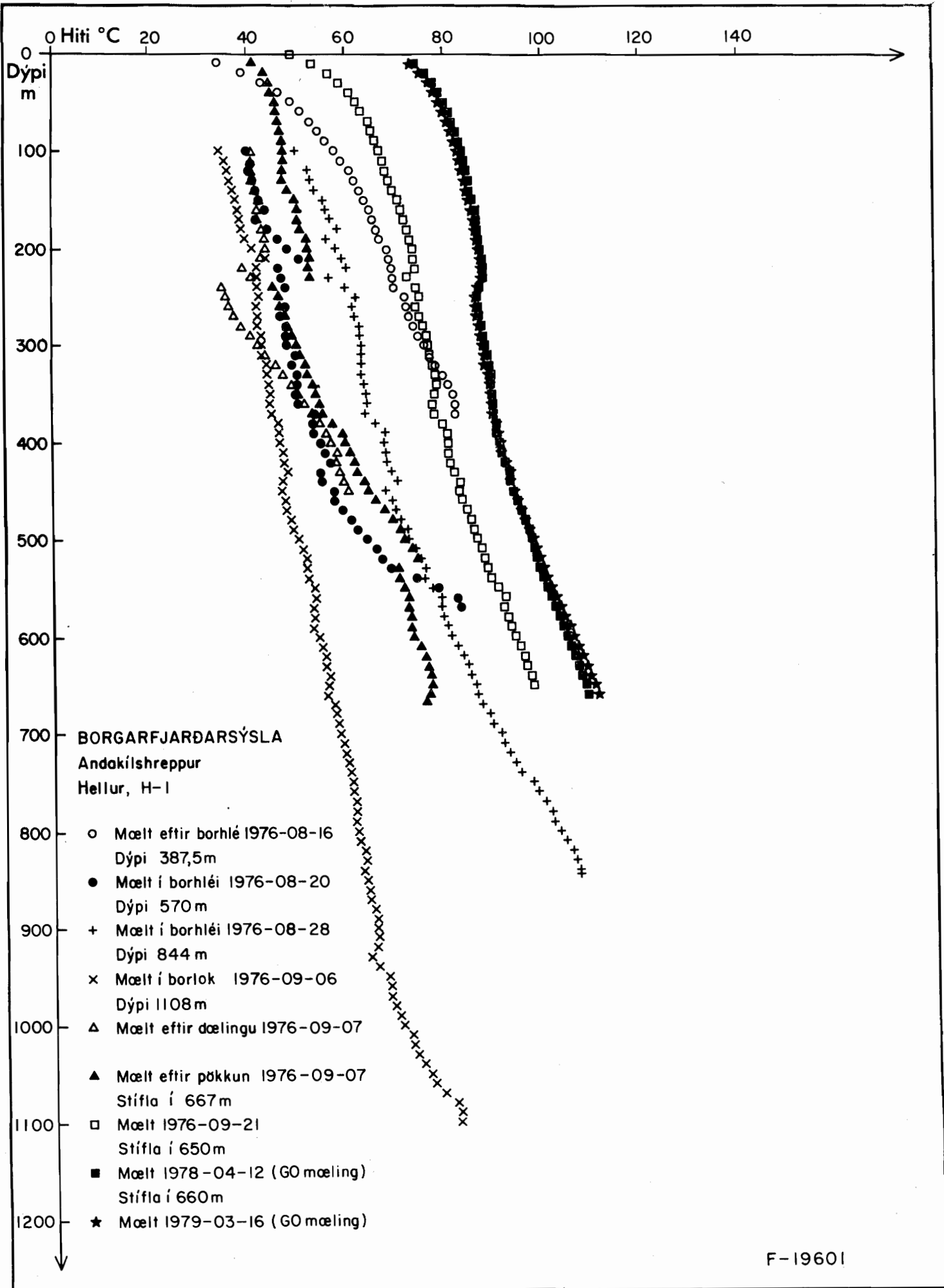
Borun gekk áfallalaust. Engar vatnsæðar komu fram í borun en samkvæmt hitamælingum eru smáæðar á 130-150 m og 230 m dýpi (sjá mynd 7.3). Rennsli úr þeim er mjög óverulegt. Æðarnar í holunni eru um 90°C heitar en hæsti hiti, sem mælt hefur í holunni er 110°C á 660 m dýpi og er það sennilega hiti vatnsins í djúpkerfi. Holan var loftdæld og síðan þrýstiprófuð. Dælt var undir pakkara á 416 m dýpi og á holutopp. Loks var holan loftdæld. Rennsli jókst ekki og var árið síðar 0,15 l/s. Við pökkun hrundi holan í 660 m.

Holan sker ekki vatnsleiðandi sprungu og er öfugu megin við misgengið sem talið er liggja um heitustu hverina á Hellum (kafla 5). Hins vegar sker hún líklega gang á um 460 m dýpi. Gangurinn kemur fram í segulmælingum um 70 m sunnan holunnar, og tengist ekki jarðhitunum (sbr. kafla 8.3.3).

H-2. Holan er um 40 m sunnan íbúðarhússins á Hellum. Árangur af borun B-3 og H-1 var heldur lélegur og ljóst var að hvorug holan hafði skorið opna jarðhitasprungu. Syðstu laugarnar við Hellur komu upp á 175 m langri beinni línu. Þessi lína var talin besta vísbendingin um legu þeirrar jarðhitasprungu sem ætlað var að uppkoma jarðhitans í Bæjarsveit væri tengd. Ákveðið var að gera eina tilraun enn og reyna nú að bora þarna beint í sprunguna. Til verksins var notaður lítill bor.

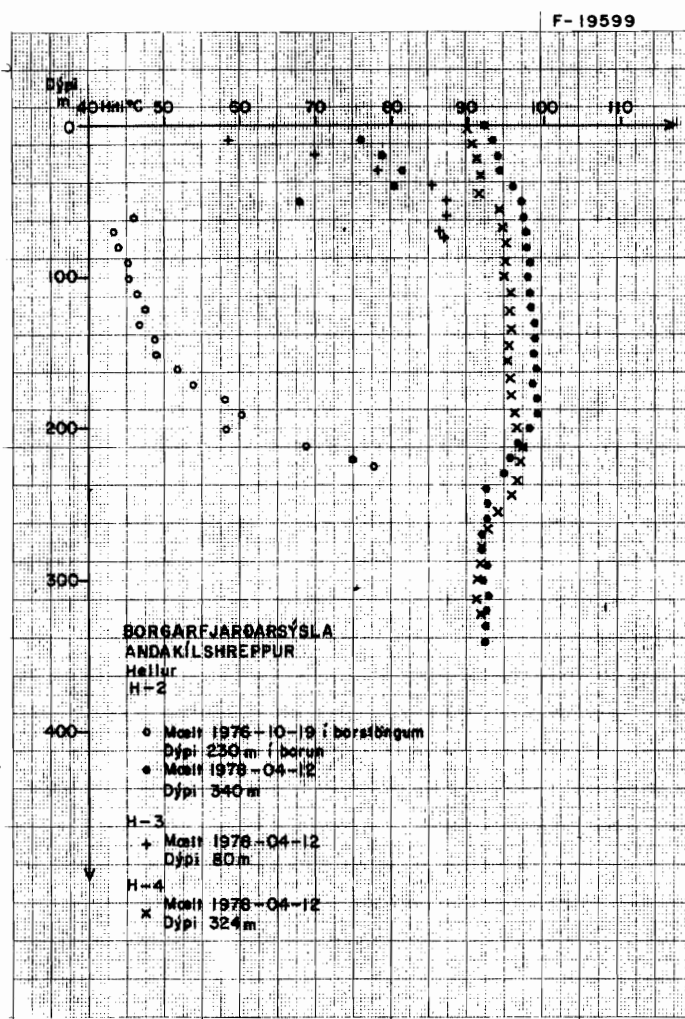


MYND 7.2 Hitamælingar í holu B-3.



F-19601

Borun gekk vel og holan varð 336 m djúp. Bormenn urðu varir við vatnsæðar á 37-43 m. Er boraðar höfðu verið um 110 m, rann um 1 l/s af 84°C heitu vatni úr holunni. Samkvæmt hitamælingum (mynd 7.4) virðist einnig vera smáæð á um 190 m dýpi. Æðarnar í holunni eru 95-100°C heitar en neðan 200 m dýpis er holan kaldari eða 92-93°C. Holan var þrýstiprófuð. Dælt á hana undir pakkara á 70 m dýpi og holan síðan loftdæld. Rennsli jókst ekki og er nú um 0,4 l/s.



MYND 7.4 Hitamælingar í holum H-2, H-3 og H-4.

Holan sker líklega sprungu á 40 m dýpi, en lítill þrýstingur virðist vera á vatninu. Þess skal getið að holan liggur um 20 m hærra en holan í Laugarholti og um 7 m hærra en holurnar í Bæ.

H-3. Holan (80 m) er um 5 m vestan við H-2. Tilgangur borunar var sá sami og við borun H-2.

Smáæð, um 87°C heit, er á 60 m dýpi en ekki rennur úr holunni (sjá mynd 7.4).

Holan sker ekki sprungu. Sambandið við H-2 er fremur tregt.

H-4. Holan (324 m) er um 10 m austan við H-2. Tilgangur borunar var enn hinn sami.

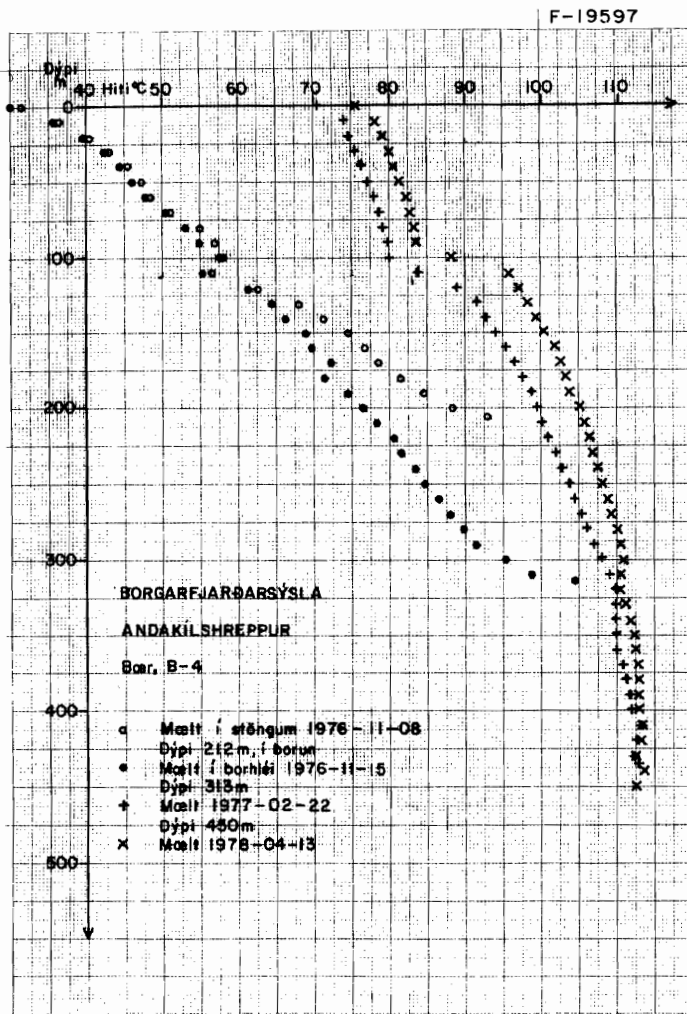
Í borun kom fram um 92°C heit vatnsæð á um 50 m dýpi, og samkvæmt hitamælingu (mynd 7.4) virðist vera smá uppstreymi neðan við æðina, kannski frá smáæð 96-97°C heitri á 190-200 m dýpi. Neðan við 225 m dýpi kólnar holan og er um 92°C í botni. Rennsli er lítið, 0,2 l/s sumarið 1980.

Holan sker líklega ekki sprungu, og benda holurnar við Hellur til þess að uppkoma syðstu lauganna við Hellur sé tengd sprungu sem er lóðrétt eða nálægt því.

B-4. Holan (450 m) er 3-4 m norðan við vélageymslu við Laugabæ, og er við veginn rétt sunnan við Bæjarhverfið. Boranir við Hellur leiddu í ljós að erfitt yrði að skera "jarðhitasprunguna" þar sem hún væri sennilega lóðrétt. Frumniðurstöður ítarlegra segulmælinga á sunnanverðri jarðhitalínunni bentu til að í Bæ og Laugabæ kæmi heita vatnið upp með berggöngum. Holunni var ætlað að skera bergganginn, sem laugarnar í Laugabæ koma upp með og vatnið í holu B-3 tengist að einhverju leyti. Holan er um 20 m vestan gangsins.

Ein æð kom fram í borun á 105 m dýpi um 84°C heit. Samkvæmt hitamælingum (mynd 7.5) gæti verið óverulegt rennsli neðan að, kannski af 350 m dýpi. Hiti í neðstu 100 m holunnar er um 113°C og það er svipaður hiti og í holu B-3. Holan var loftdæld eftir borun og fengust í fyrstu 2 l/s en minnkaði smám saman í 1,5 l/s. Úr holunni renna nú um 0,2 l/s.

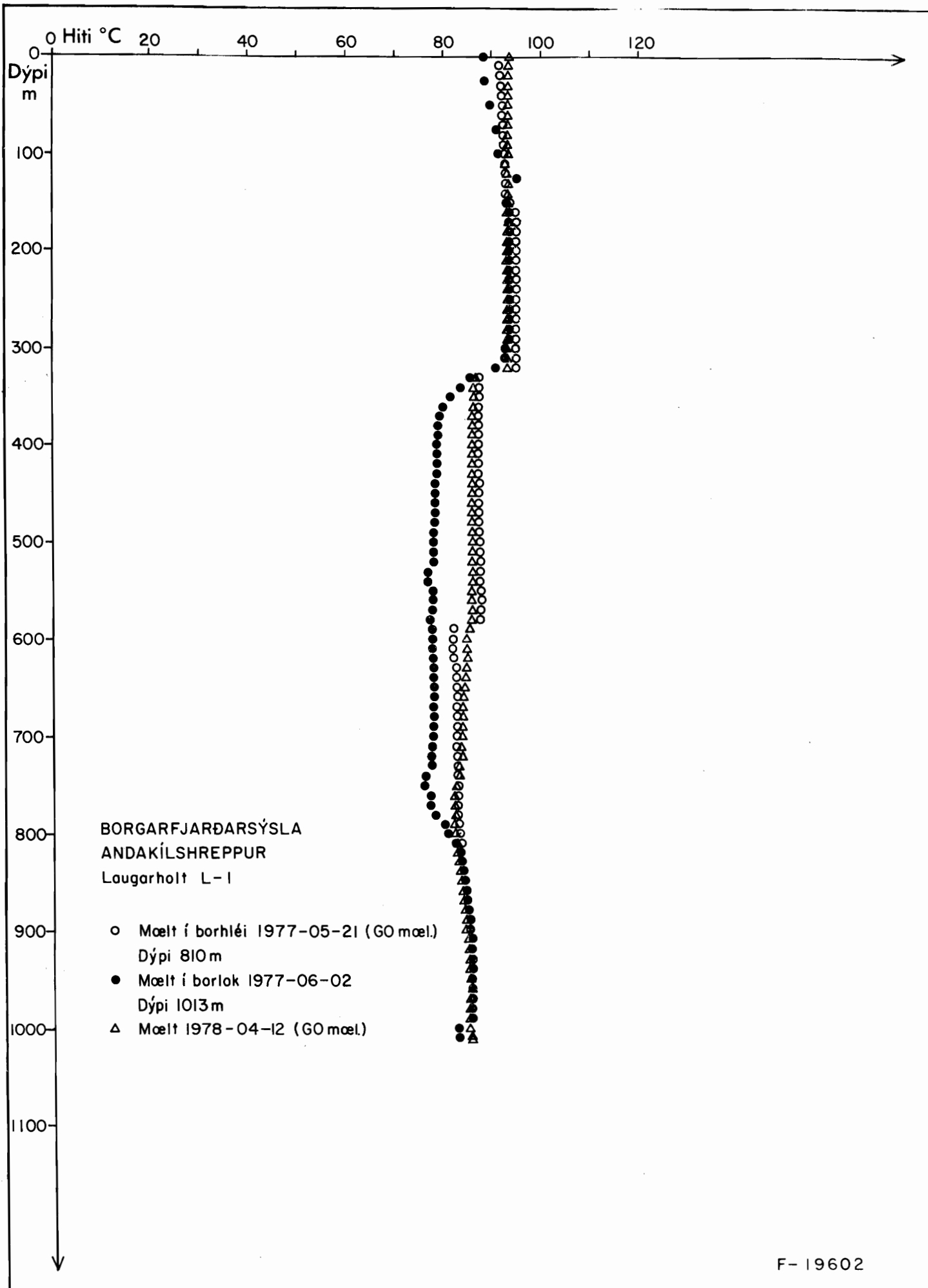
Ef marka má mælingar í holunni (kaflí 8.3.1) þá sker holan líklega ekki bergganginn.



MYND 7.5 Hitamælingar í holu B-4.

L-1. Holan (1013 m) er um 10 m norðan við gamla fjósið í Laugarholti. Segulmælingar sýndu að í Laugarholti er berggangur sem heita vatnið kemur upp með. Borað var um 35 m vestan viðætlaðan skurðpunkt gangs og jarðhitasprungu með það í huga að skera ganginn á 200-300 m dýpi.

Borun gekk samilega en nokkrar tafir urðu við steypingu fódningar í upphafi borunar vegna hruns er borinn var kominn niður á 307 m dýpi. Holan skar tvær stórar vatnsæðar, þá fyrri á 323 m dýpi og gaf hún um 20 l/s af 95-96°C heitu vatni, en þá seinni á um 580 m dýpi sem gaf um 6 l/s af 86°C heitu vatni. Einhverjar minni æðar eru á 200-250 m dýpi. Rennslið úr holunni, er boraðir höfðu verið 255 m, var um 2 l/s. Loks gætu verið nokkrar smáæðar nærri botni en lítið rennur úr þeim. Holan



F-19602

MYND 7.6 Hitamælingar í holu L-1.

kólnar niður á við og er köldust á um 800 m dýpi, 81-82°C, en hitnar aftur upp í 85°C til botns. (Hitamælingar eru á mynd 7.6). Í lok borunar var sjálfrennsli úr holunni um 28 l/s af 93°C heitu vatni. Holan var þrýstiprófuð. Dælt var undir þakkara á 516 m dýpi en rennsli breyttist ekki.

Mælingar í holunni (sbr. kafla 8.3) benda til að efri æðin komi inn við gang, en óvíst er með neðri æðina.

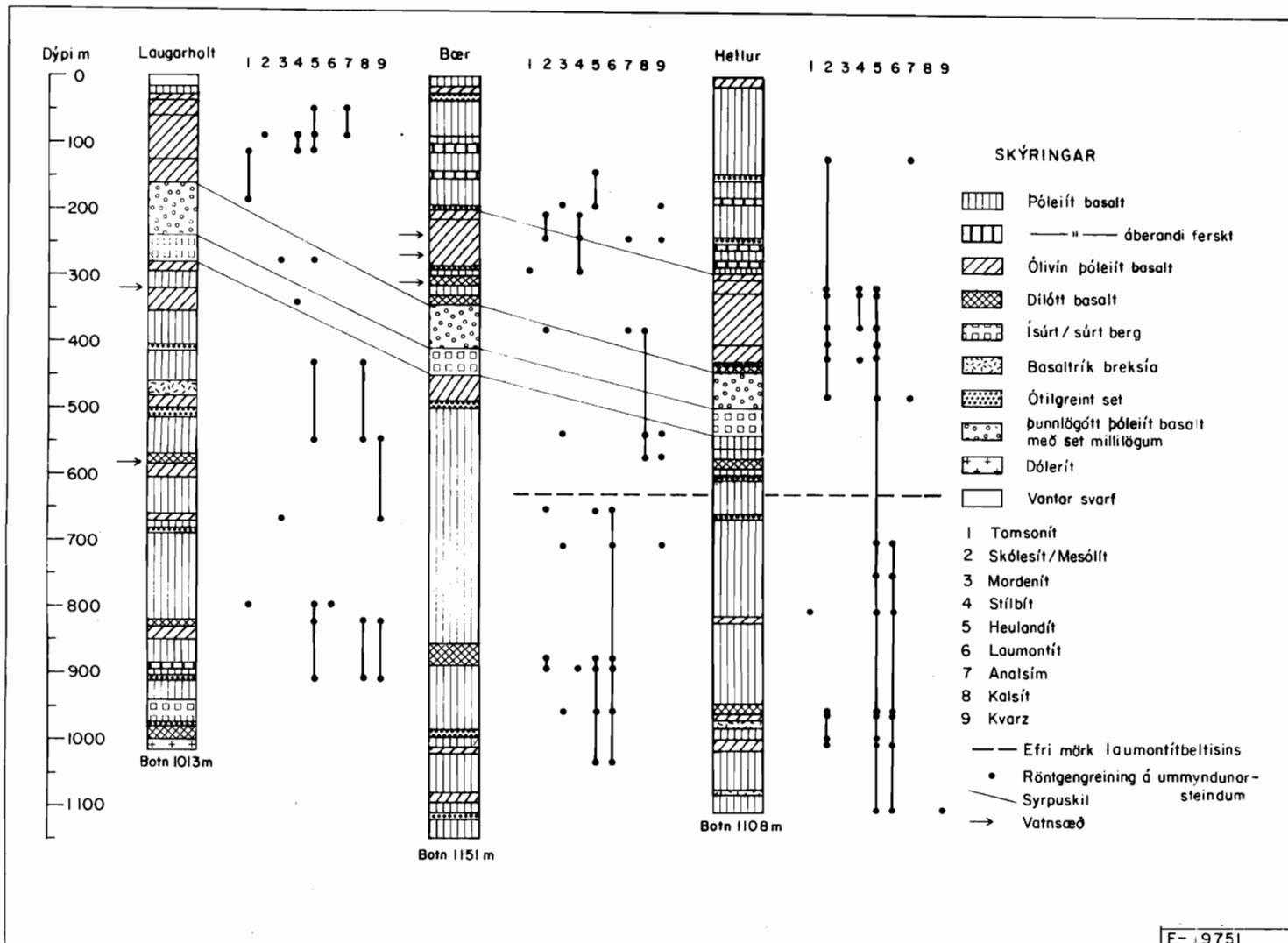
7.2 Jarðlög í borholum

Borsvarf var greint úr fimm holum, B-3 og B-4 í Bæ, L-1 Laugarholti og H-1 og H-2 á Hellum. Ummyndunarsteindir voru einnig greindar. Jarðlagasnið þessara hola, nema H-2, eru á myndum 8.2 - 8.5. Í viðauka C er nákvæm lýsing á svarfi úr holunum og jarðlagasnið af holu H-2 á Hellum. Svarf er ekki til úr holum B-1, B-2, H-3 og H-4. Jarðlagasnið af þeim eru byggð á fátæklegum upplýsingum úr borskýrslum og eru þau einnig í viðauka C.

Á mynd 7.7 er sýnt einfaldað jarðlagasnið af þremur dýpstu holunum (L-1, B-3 og H-1) auk röntgengreininga á ummyndunarsteindum. Hér á eftir verða dregnar saman helstu niðurstöður. Gangar eru tilgreindir þar sem líkur eru á að þeir séu til staðar en svarf úr þeim sker sig oft lítt frá svarfi hraunlaga.

Syrpa I. Syrpuna mynda fínkristölluð þóleiít lög með óverulegum milli-lögum. Hún er í efstu 300 m í H-1 og H-2 á Hellum og efstu 190 m í B-3 og B-4. Fersklegt basalt er að finna á nokkrum stöðum, en það virðist ekki frábrugðið að öðru leyti. Líklegt er að á 190 m í B-3 sé þunnur gangur (sjá þó kafla 8.3.1). Í H-1 eru setlög á 145 m og tæplega 250 m dýpi. Syrpan er nefnd Klettsdeild í kafla 3.

Syrpa II. Syrpan er um 150-160 m þykk og einkennist af ólivín-þóleiíti en einnig kemur fyrir plagióklasdílótt basalt og þóleiít basalt. Í H-1 eru nokkur laganna sérstaklega grófkristölluð og mjög lítið ummynduð. Milli þessara laga í H-1 eru fínkornóttari lög, líklega einnig ólivín-þóleiít og eru sum þeirra mikið holufyllt. Í holunum við Laugholt og Bæ eru löggin mun fínkornóttari og mörg hver plagióklasdílótt. Á



F-19751

MYND 7.7 Einfaldað jarðlagasnið og dreifing ummyndunarsteinda í holum B-3, H-1 og L-1.

230-244 m dýpi í B-4 er mjög mikið af ólivín kristöllum. Hugsanlegt er að þar sé ólivínríkur gangur (sjá þó kafla 8.3.1). Syrpan er í efstu 160 m í Laugarholti, í Bæ er hún á 190-340 m dýpi og á Hellum á 300-450 m dýpi. Þessi syrpa er nefnd Þverárhliðardeild í kafla 3.

Syrpa III. Þykkt syrpannar er um 50-90 m. Hún samanstendur af þunnum ummynduðum þóleiít basaltlögum og misþykkum millilögum. Sum þessara laga gætu verið ísúr. Setin eru þykkust í L-1, en þar er syrpan á

160-240 m dýpi. Í Bæ er syrpan á 340-410 m dýpi og á Hellum á 450-500 m dýpi. Þessi syrpa samsvarar líklega hluta af Þverárhliðardeild, sem nefnd er í kafla 3.

Syrpa IV. Mjög auðkennileg andesítlög mynda þessa syrpu, sem er um 40 m þykk. Bergið er sérkennilega blágrátt í svarfi. Neðarlega í syrpunni er rautt setlag. Syrpan er á 240-280 m dýpi undir Laugarholti, 410-450 undir Bæ og 500-540 undir Hellum. Syrpan samsvarar Brekkufjallsdeild í kafla 3.

Syrpa V. Í þessari syrpu ber langmest á mjög fínkornóttu þóleiít basalti með þunnum rauðum setlögum. Efst í syrpunni í holum L-1 og B-3 eru nokkur ferskleg ólivín-þóleiít lög, þau finnast ekki í H-1. Nokkur lög af ólivín-þóleiíti og plagióklasdílóttu basalti fleygast inn í syrpu. Á 945-975 m dýpi í L-1 er 35 m þykkt andesít og þunnt flykrubergslag. Hugsanlegt er að í L-1 séu gangar á 840 og 890 m dýpi, en holar endar í dólerítgangi. Holur L-1, B-3 og H-1 enda allar í þessari syrpu. Í Laugarholti er hún á 280-1013 m dýpi, í Bæ á 450-1151 m dýpi og á Hellum á 540-1108 m dýpi. Þess skal getið að blöndun svarfs er töluverð, einkum í B-3 og H-1. Syrpan samsvarar Stafholtsfjallsdeild og Veggjahálsdeild í kafla 3.

Halli jarðlaga á yfirborði við Bæ er $6-7^{\circ}$ SA og eykst eftir því sem neðar dregur í holurnar. Á 300-400 m dýpi er hann orðinn 10° .

Með samanburði á jarðlögum í holunum og jarðlagahalla var reynt að athuga hvort misgengi væri á milli holanna. Niðurstöður benda til að útiloka megi stór misgengi en hugsanlegt er að minniháttar misgengi (10-20 m) séu til staðar.

Samkvæmt greiningu á zeólítum virðist komið í laumontít belti á 650 m dýpi í H-1 og B-3. Í L-1 greinist laumontít eingöngu í einu sýni af 794 m dýpi. Því má ætla að um 1000 m hafi rofist ofan af staflanum á þessu svæði (Walker 1974).

8 MÆLINGAR Í BORHOLUM

8.1 Mæliaðferðir

Tilgangur með mælingum í borholum á jarðhitasvæðum getur verið tvíþættur. Annars vegar sá að fá upplýsingar um holuna í borun, til að forðast eða leysa meiriháttar vandamál, svo sem hrun eða festu, sem geta komið upp í borverkinu. Hins vegar er tilgangurinn að fá upplýsingar um jarðhitakerfið sem borað er í. Hér verður eingöngu fjallað um þá hlið málanna.

Með hitamælingum fást upplýsingar um hitastig í jarðhitakerfinu eða hitastigul og vatnsæðar í borholunni.

Viðnámsmælingar veita einkum vitneskju um lagskiptingu bergsins við holurnar og geta því aðstoðað mjög við jarðlagagreiningu. Æskilegt er þó að gera viðdarmælingar samhliða til að fá upplýsingar um skápa, þ.e. útvíkkannir í holunni þar sem þær eru nauðsynlegar fyrir túlkun á öðrum borholumælingum.

Af geislavirknimælingum þá gefur nevtrónudreifing (n-n) upplýsingar um vatnsmagn í berginu, dreifing γ -geislunar (γ - γ) segir til um þéttleika bergsins og náttúrleg γ -geislun eykst í hraunstafla með vaxandi kísilsýruinnihaldi bergs, þ.e. sýnir hærri gildi við súr hraunlög (Valgarður Stefánsson og Emmerman 1980). Að öllu jöfnu geta þessar mæliaðferðir einnig gefið mjög mikilvægar upplýsingar við sundurgreiningu hraunlagastafla í einingar og sá var megintilgangur þeirra í Bæjarsveit.

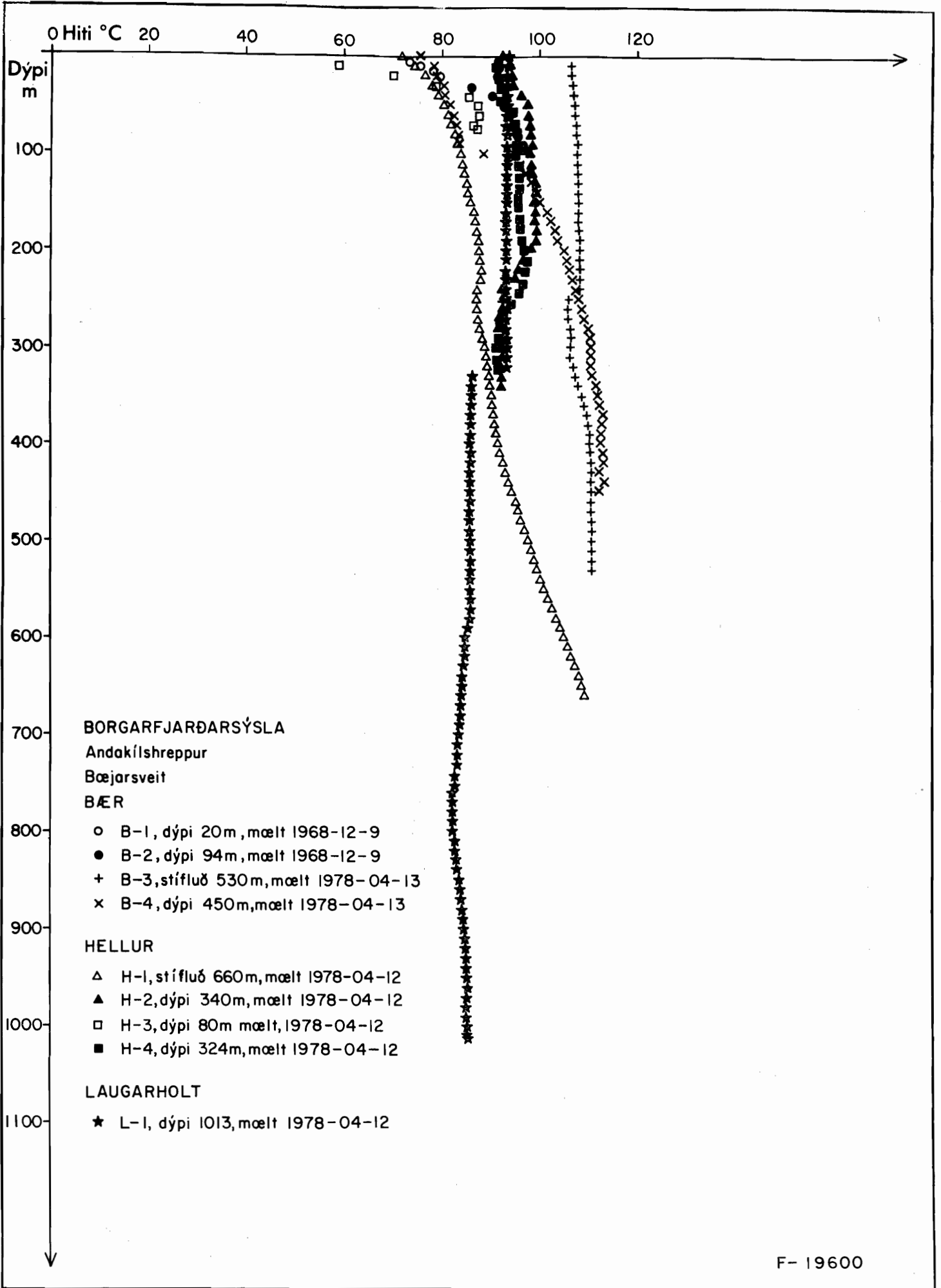
Tafla 8.1 sýnir hvaða mælingar hafa verið gerðar í hinum ýmsu holum í Bæjarsveit

Sú túlkun og úrvinnsla á viðnáms- og geislavirknimælingunum sem hér er birt byggist ekki á raungildum eða tölfræðilegum útreikningum heldur eingöngu á samanburði á mæliferlum úr holum.

TAFLA 8.1.

Mælingar í borholum í Bæjarsveit

Holunr.	Hitamælt í borun eftir upphitun	Viddarmælt	Viðnámsmælt	Nevtrónudreif	Náttúrleg γ -geislun
B-1	x	x			
B-2	x	x			
B-3	x	x	x	x	x
B-4	x	x	x		
H-1	x	x	x	x	
H-2	x	x			
H-3	x	x			
H-4	x	x			
L-1	x	x	x	x	



MYND 8.1 Hitamælingar úr holum í Bæjarsveit.

8.2 Hitamælingar

Um hitamælingar í einstökum holum er fjallað í kafla 7.1, þar sem rætt er um borun holanna. Mynd 8.1 sýnir eina mælingu úr hverri holu og voru þær valdar þannig að tryggt væri að holurnar hefðu náð jafnvægi eftir þá kælingu sem fylgir boruninni. Mestur hiti mældist í holunum í Bæ, 110-115°C á 300-500 m dýpi. Ekki er lengur unnt að mæla holu B-3 dýpra en í um 540 m vegna hruns, en út frá hitamælingum í borun er ekki ástæða til að ætla að holan sé kaldari neðar. Á Hellum (H-1) stefnir í svipaðan hita á um 700 m dýpi en holan er hrúin í um 660 m, svo að ekki er heldur unnt að mæla hana dýpra. Grynri holurnar á Hellum ná 95-100°C hita á 200-250 m dýpi, en kólna lítið eitt þar fyrir neðan. Holan í Laugarholti sker sig úr varðandi hitaástand í djúpkerfi. Upp úr holunni runnu í lok borunar um 28 l/s af um 93°C heitu vatni, sem aðallega kom úr tveim æðum. Sú efri er á 323 m dýpi og gaf um 20 l/s af um 96°C heitu vatni en sú neðri er á um 580 m dýpi og gaf um 6 l/s af 86°C heitu vatni. Þar fyrir neðan er engin æð en holan kólnar enn og er um 82°C á um 800 m dýpi, en hitnar svo lítillega til botns á 1013 m dýpi.

8.3 Viðnáms- og geislavirknimælingar

8.3.1 Úrvinnsla

Túlkun á viðnáms- og geislavirknimælingunum byggðist einkum á samanburði á mæliferlum úr holunum og beindist einkum að tvennu. Í fyrsta lagi að reyna að fá nákvæma tengingu á milli borholanna. Og í öðru lagi að reyna að finna ganga þá og misgengi sem komið höfðu fram í yfirborðsathugunum og holurnar áttu að geta gefið frekari upplýsingar um. Við þessa úrvinnslu var bæði reynt að rekja ákveðin lög, sem kalla mætti leiðarlög, á milli borhola og einnig var heildarmynstur eða áferð hinna ýmsu mæliferla skoðað með hliðsjón af jarðlagasýrþum. Myndir 8.2 - 8.5 sýna jarðlagasnið og mæliferla úr holum B-3, B-4, H-1 og L-1. Auk fyrrgreindra mælinga er þar einnig sýndur mismunahiti ($\Delta T/\Delta Z$, þ.e. mæliferill sem sýnir hitastigsbreytingar í holu) en þar koma vatnsæðar betur fram en í venjulegum hitamæliferli.

Tafla 8.2 sýnir hvar nokkur helstu leiðarlögin komu fram í borholunum (ekki tæmandi upptalning). Lögin eru merkt sérstaklega á myndunum 8.2-8.5 með bókstöfunum H, B og/eða L og hlaupandi númeraröð. H þýðir að lagið komi fram í holu H-1 á Helli, B í Bæ og L í Laugarholti. Þá er ennfremur merkt sérstaklega við þann mæliferil (mæliferla) sem mest var byggt á við greininguna.

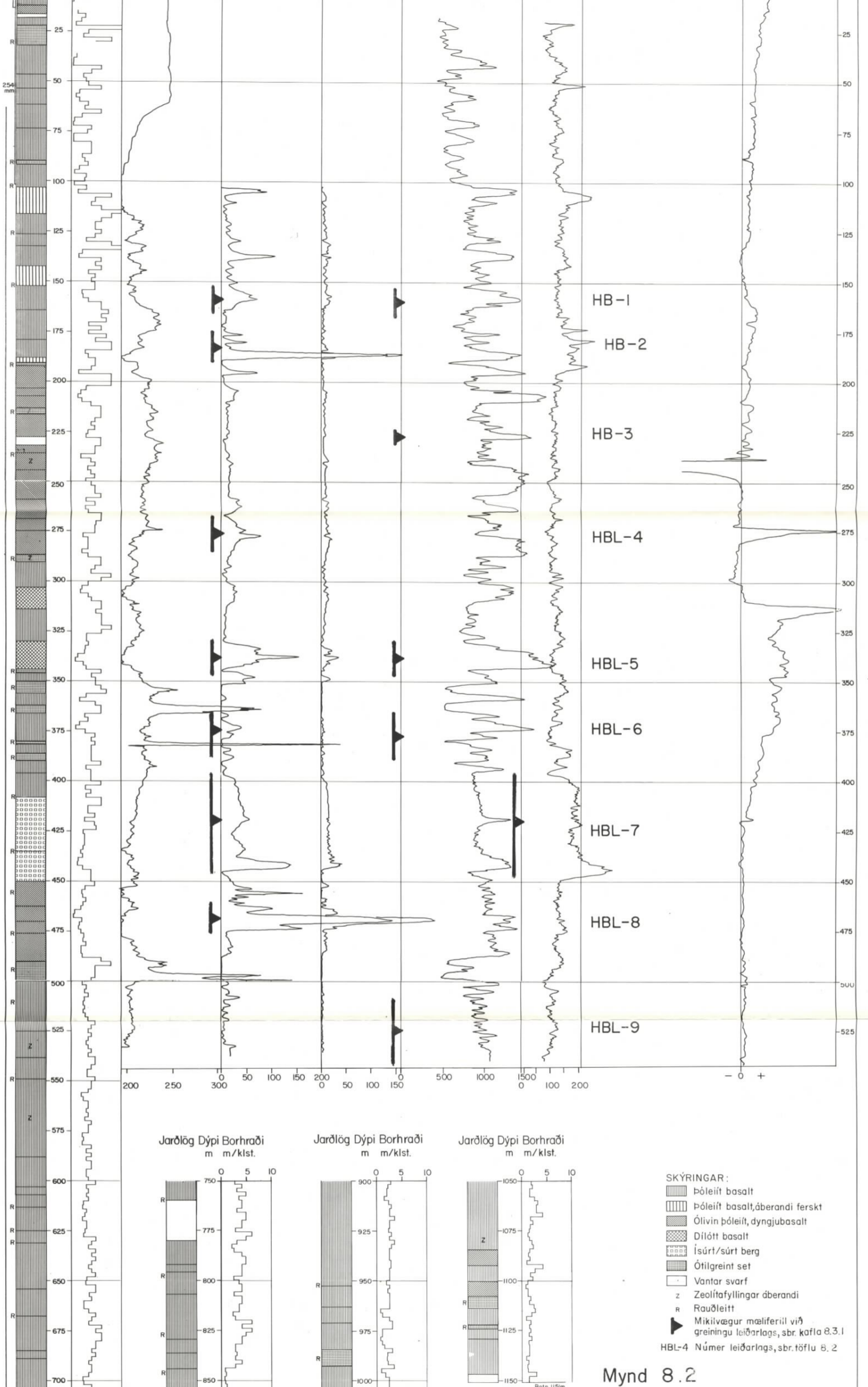
TAFLA 8.2

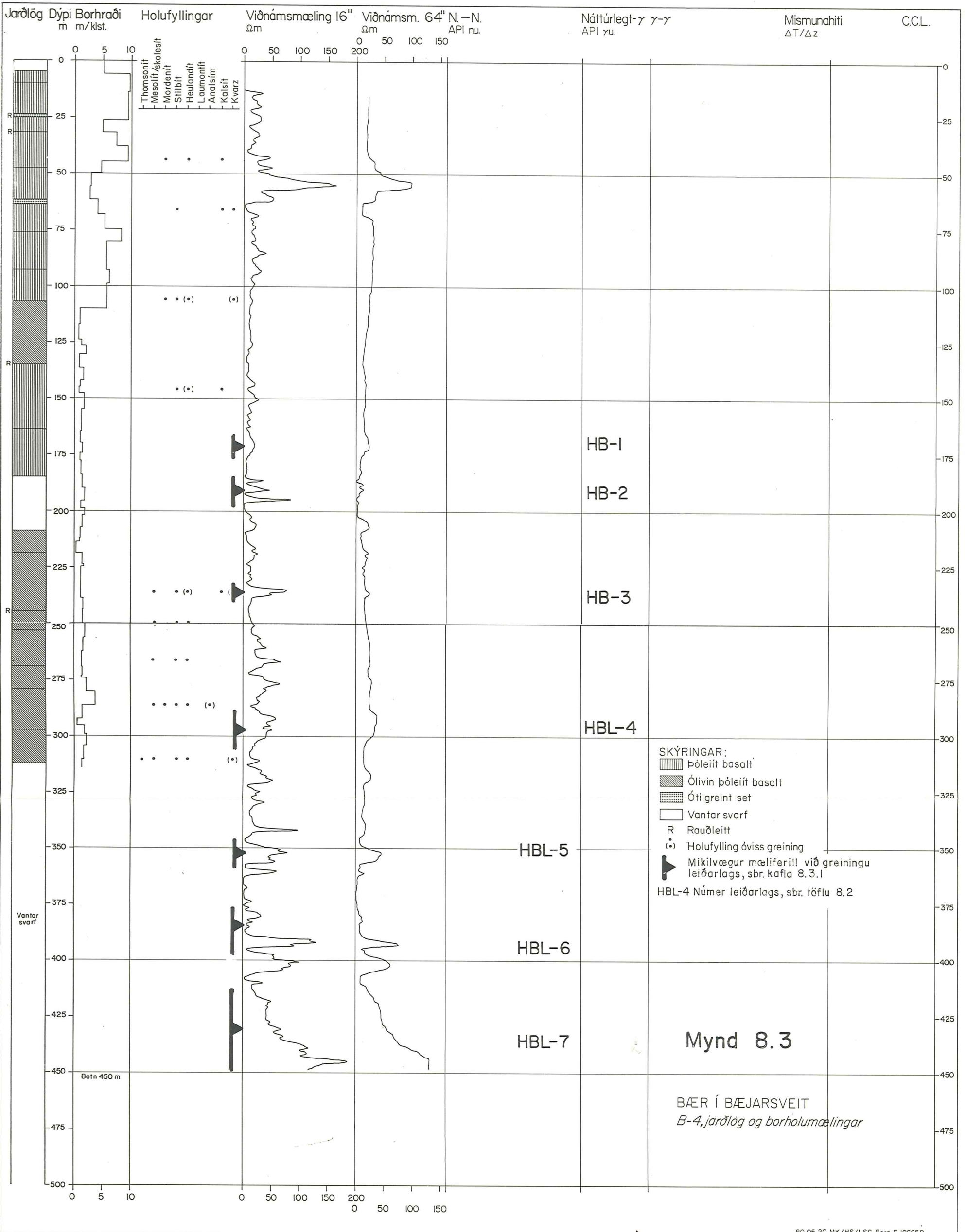
Leiðarlög í borholum í Bæjarsveit.

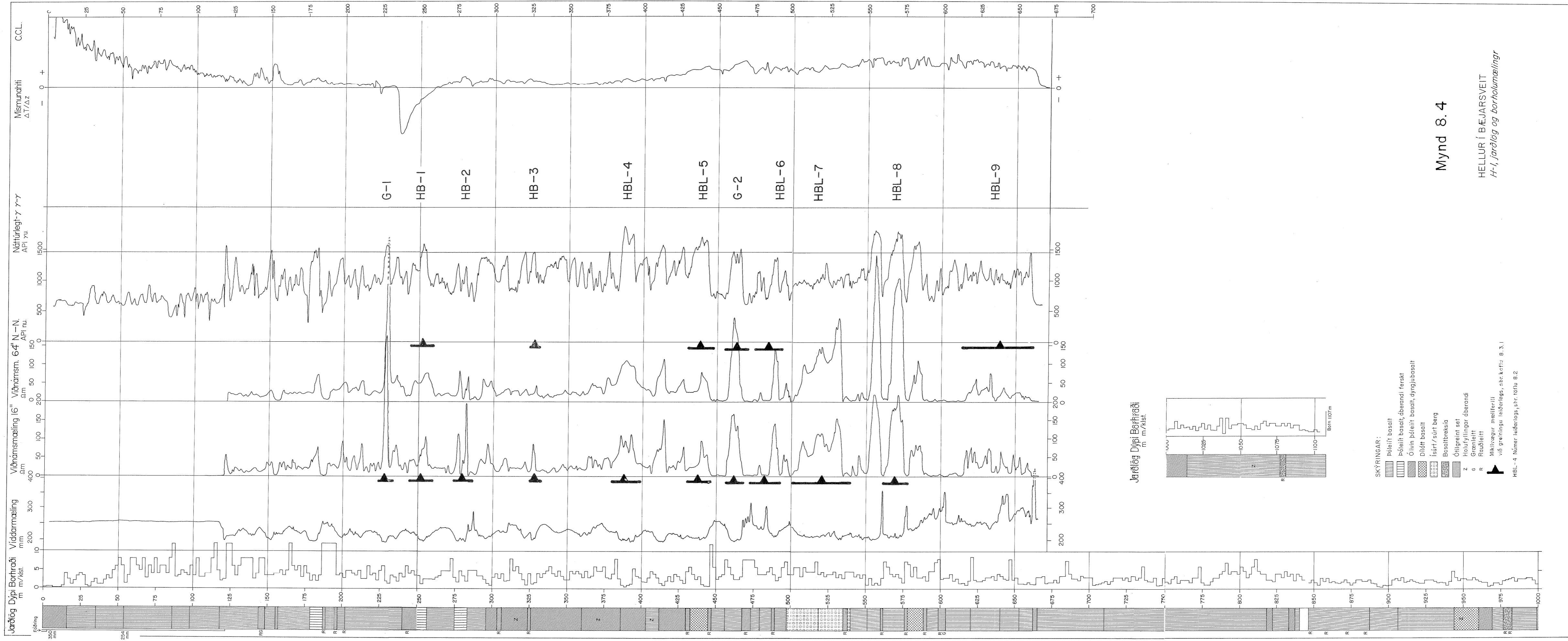
Nr.	Bergtegund	H-1 dýpi m	B-4 dýpi m	B-3 dýpi m	L-1 dýpi m
HB-1	(ferskt)þóleiit	244-259	165-177	152-165	-
HB-2	(ferskt)þóleiit	273-285	184-197	175-190	-
HB-3	óliv.þóleiit	324-329	233-239	224-230	-
HBL-4	óliv.þóleiit	380-397	287-306	267-287	115-129 ?
HBL-5	díl. basalt	430-445	347-359	330-345	171-187
HBL-6	þóleiit	473-493	377-396	365-388	203-225
HBL-7	ísúrt	500-540	413-	396-446	324-282
HBL-8	þóleiit	561-576		461-475	300-310
HBL-9	þól.syrpa	612-662		508-	353-410

Út frá þessum leiðarlögum og frekari tengingum er auðvelt að tengja saman jarðlagastaflann í holunum. (Sjá einnig mynd 3.3.) Tafla 8.3 sýnir hvernig staflinn tengist í holunum. Þar er einnig sýndur í sviga á eftir, meðalmunur á dýpt, Δz , niður á hin ýmsu jarðlög miðað við holu B-3.

Fáein lög skera sig úr að því leyti að þau virðast aðeins koma fram í einni holu en eru mjög greinileg þar. Eðlilegast er að túlka þessi lög sem ganga þó sú túlkun sé ekki ótvíræð. Tafla 8.4 sýnir í hvaða holum og á hvaða dýpi lögin eru. Þau eru merkt með bókstafnum G og hlaupandi númeraröð, og eru þau merkt þannig á myndum 8.2-8.5. Þess ber að geta að þessi samanburður er aðeins mögulegur á því bili sem sami jarðlagastafli er þekktur úr a.m.k. tveimur holum, þ.e. þeim

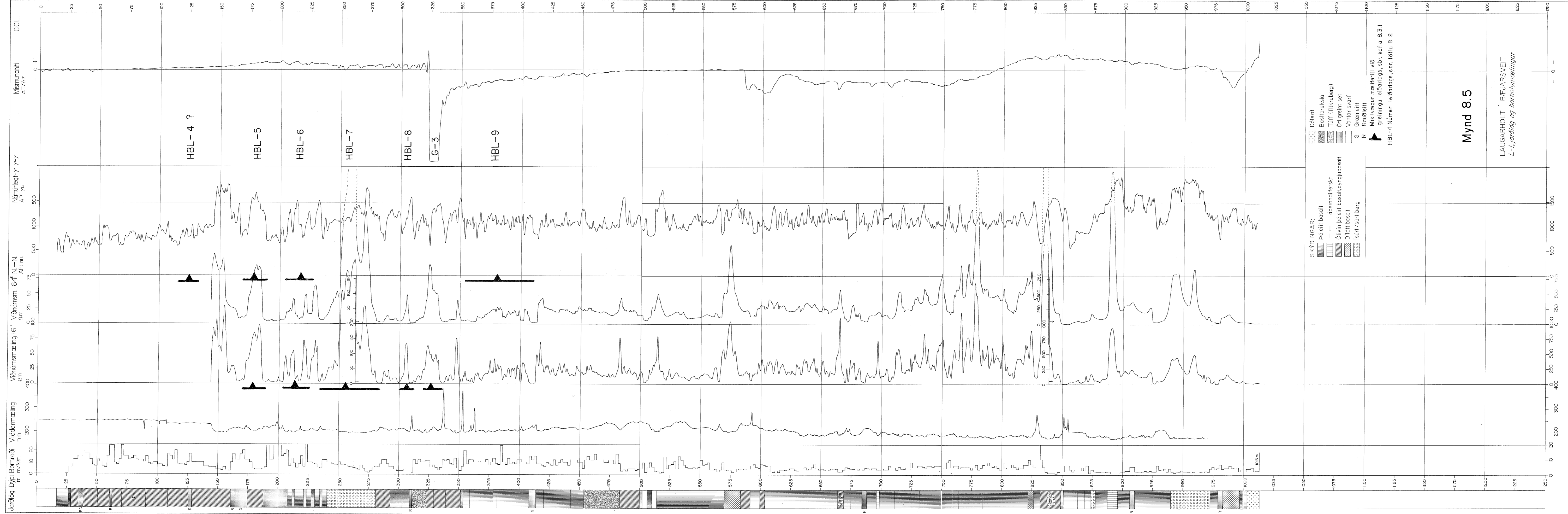






Mynd 8.4

HELLUR Í BÆJARSVEIT
H-1, jarðlag og borholumæling



TAFLA 8.3

Tenging staflans á milli borhola.

H-1	B-4	B-3	L-1
dýpi	dýpi	dýpi	dýpi
m	m	m	m
196-329 (97)	112-239 (10)	100-230	- 62 (-168) ??
329-380	239-287	?	62-115 ?
380-540 (104)	287-450 (19)	267-446	115-282 (-160)
540-639 (101)		446-535	282-380 (-160)

stafla sem tafla 8.3 afmarkar. Athyglisvert er að samkvæmt mælingum í borholum virðast báðir gangarnir, sem jarðlagagreining benti til að gætu verið í holu B-3 og B-4, vera "lárétt" hraunlög.

TAFLA 8.4

Gangar í borholum.

Nr.	Hola	dýpi
		m
G-1 (?)	H-1	225-228
G-2	H-1	455-468
G-3 (?)	L-1	320-333

Til þess að hægt sé að reikna út jarðlagahalla, misgengi og annað í þeim dúr þarf að þekkja innbyrðis afstöðu holanna í hæð, og legu þeirra með tilliti til striksins, þ.e. þeirrar línu sem ákvarðast af skurði hallandi hraunlaga við lárétt yfirborð. Strikstefnan er norðaustlæg. Tafla 8.5 sýnir afstöðu holanna og er holutoppurinn í Laugarholti notaður sem viðmiðun.

TAFLA 8.5

Innbyrðis afstaða borhola í Bæjarsveit.

(Miðað er við holutopp á L-1 í Laugarholti.)

Hola	Hæð m	Stysta fjarlægð frá strik- línu í gegnum L-1. m
L-1	0	0
B-3	16,1	815
B-4	15,4	910
H-1	19,7	1325

8.3.2 Jarðlagahalli og misgengi

Eftirfarandi atriði er vert að hafa í huga. Á yfirborði virðist jarðlagahalli vera um 7° til suðvesturs. Samkvæmt niðurstöðum í köflum 3 og 5 er líklegt að norðaustlægt misgengi með falli (þó ekki miklu) til norðvesturs liggi um nyrðri hverina á Hellum og norðan holu H-1. Einnig var talið líklegt að svipuð misgengi gætu legið um hveraþorpin í Lauga-
bæ og Laugarholti.

Við skulum taka fyrir holu B-3. Í töflum 8.2 og 8.3 kemur fram að sömu lögin og eru í þeirri holu ofan 230 m dýpis, eru um 10 m neðar í B-4 og um 97 m neðar í H-1. Tenging við L-1 er nánast ómöguleg á þessu bili þar sem þar er aðeins nevtrónudreifingin til viðmiðunar en giskað var á að þar væri staflinn um 168 m ofar. Á næstu 37 m er ekki hægt að tengja holu B-3 við hinar holurnar. Neðan 267 m dýpis skýrist myndin aftur. Nú er staflinn í B-4 um 19 m neðar og í H-1 um 104 m neðar. Í L-1 er hann nú um 160 m ofar. Í öllum tengingum kemur fram stökk um 5-10 m. Þetta stökk er varthægt að túlka öðru vísi en sem misgengi. Með hliðsjón af yfirborðsathugunum má því ætla að holan skeri norðaustlægt siggengi með 5-10 m falli einhvers staðar á bilinu 230-267 m. Ef vatnsæðar eru notaðar sem vísbending um misgengið þá sker holan það á 238 m dýpi en þar er heitasta vatnsæðin í holunni.

Jarðlagahallann, ϕ , má finna út frá eftirfarandi líkingu.

$$\tan \phi = \frac{\Delta z + h + m}{l}$$

þar sem Δz = munur á dýpi á stafla í tveimur borholum (sbr. tölur í sviga í töflu 8.3)

h = leiðrétting vegna mismunar á hæð holanna (sbr. töflu 8.5)

m = leiðrétting vegna misgengis

l = stysta fjarlægð milli holanna hornrétt á strikstefnu.

Besta byrjunargildið á jarðlagahalla fæst með því að bera saman B-3 og L-1. Yfirborðsathuganir benta til að spildan þar á milli geti verið óbrotin að því frátöldu að smá misgengi gæti legið um Laugarholt. Við fáum neðan misgengisins í B-3:

$$\tan \phi = \frac{160 - 16,1 - 7,5}{815} \Rightarrow \phi = 10,5^\circ$$

sem er nokkru meira en sést á yfirborði.

Milli B-3 og H-1 fæst á sama hátt:

$$\tan \phi = \frac{104 - 3,6 + 0}{510} \Rightarrow \phi = 12,4^\circ$$

Og milli B-4 og H-1:

$$\tan \phi = \frac{85 - 4,3 - 0}{415} \Rightarrow \phi = 12,2^\circ$$

Tvær seinni tölurnar verða að teljast ótrúlega líkar en óeðlilega háar. Nú er hins vegar talið að norðaustlægt misgengi með falli til norðvesturs liggja um nyrðri hverina á Hellum, þ.e. á milli H-1 og hinna holanna og að það veldur því að útreiknaður jarðlagahalli er of hár. Við breytum því forsendum útreikninganna lítið eitt og gerum ráð fyrir að raunverulegur jarðlagahalli sé sá sami og fékkst á milli B-3 og L-1, þ.e. $10,5^\circ$, sem er áreiðanlega hámarksgildi fyrir jarðlagahallann í efstu 500m í hólunum. Við leysum nú dæmið fyrir m . Þá fáum við:

fyrir B-3 og H-1: $m = -15,5$ m

og fyrir B-4 og H-1: $m = -11,6$ m

Þó að forsendur þessara útreikninga séu $10,5^\circ$ jarðlagahalli, þá verður að telja þetta allgóða staðfestingu á að við Hellur sé misgengi og fall þess sé 10-15 m.

Önnur hugsanleg skýring á þessum mismun í jarðlagahalla er aukning jarðlagahallans sem því nemur með dýpi. Tölur 8.2 og 8.3 benda þó eindregið til að þessi aukning sé ekki til staðar á því dýptarbili sem hér er verið að fjalla um.

Loks má skoða jarðlagahallann milli L-1 og H-1 með því að gera ráð fyrir misgenginu. Þá fæst:

$$\tan \phi = \frac{264 - 19,7 - (7,5 + 13,5)}{1325} \quad \phi = 10,6^\circ$$

Engin vísbending fannst um misgengi við Laugarholt, enda vart hægt út frá þessum mælingum.

8.3.3 Gangar

Samkvæmt yfirborðsathugunum eiga allar djúpu holurnar að skera bergganga. Nokkur lög fundust sem líkur eru á að geti verið bergganga og eru þau sýnd í töflu 8.4. Við skulum nú athuga hvernig þessi lög passa við þá ganga sem fundust á yfirborði. Forsendur útreikninganna eru, að gangarnir séu hornrétt á jarðlög og að holurnar séu lóðréttar, en þær hafa ei verið hallamældar. Þessar forsendur eru vissulega ekki óbrigðular. Halli ganganna fæst út frá eftirfarandi líkingu:

$$z = \frac{\Delta x}{\tan \beta} = \frac{\Delta x}{\tan \phi \cdot \cos \alpha}$$

þar sem ϕ = jarðlagahalli

Δx = fjarlægð holu frá gangi á yfirborði, mæld á segulkorti

α = hornið milli stefnu gangs og strikstefnu

β = halli gangs frá lóðlínu

z = dýpi niður á gang í holu.

Hellur: Þar kom fram öfugt segulmagnaður gangur í segulmælingum. Gangurinn er ekki tengdur uppstreymi heits vatns en holan á að skera hann. Fyrir hann fæst

$$z = \frac{68}{\tan 10,5^\circ \cdot \cos 30^\circ} = 459 \text{ m}$$

Samkvæmt töflu 8.4 er gangur í holunni á bilinu 455-468, sem verður að teljast mjög góð samsvörun og staðfesting á útreiknuðum jarðlagahalla.

Annar smágangur virðist vera í holunni á um 225 m dýpi en hann sést ekki á yfirborði.

Laugabær. Þar er öfugt segulmagnaður gangur á yfirborði sem á að koma bæði fram í holu B-3 og B-4. Lítum fyrst á B-3:

$$z = \frac{35}{\tan 10,5^\circ \cdot \cos 25^\circ} = 240 \text{ m}$$

og svo á B-4:

$$z = \frac{20}{\tan 10,5^\circ \cdot \cos 25^\circ} = 135 \text{ m}$$

Þessi gangur fannst í hvorugri holunni. Það er athyglisvert að hann á að skera holu B-3 á svipuðu dýpi og misgengið er á.

Laugarholt: Þar er rétt segulmagnaður gangur (sbr. kafla 5) sem talinn er leiða heitt vatn inn á svæðið. Hann er reyndar tvöfaldur við Laugarholt og suðvestan þess. Fyrir þennan gang fæst:

$$z = \frac{35}{\tan 10,5^\circ \cdot \cos 0^\circ} = 220 \text{ m}$$

eða

$$z = \frac{64}{\tan 10,5^\circ \cdot \cos 0^\circ} = 405 \text{ m}$$

Í töflu 8.4 kemur fram að gangur virðist vera í holunni í Laugarholti á um 320 - 333 m dýpi, þ.e. neðan við stóru vatnsæðina. Þetta passar ekki of vel en mætti skýra með afbrigðilegum halla gangsins eða hol-

unnar. Út frá sömu skýringu gæti neðri æðin verið við hinn ganginn en það er hrein getgáta.

Ef á heildina er litið má segja að mælingar í borholum styðji vel við niðurstöður yfirborðsathugana. Jarðlagahalli í holum er vissulega töluvert meiri en á yfirborði, eða $10,5^\circ$ samanborið við 7° , en jarðlagahalli eykst að öllu jöfnu með dýpi.

9 EFNAFRÆÐI HEITA VATNSINS

Efnafræðilega hefur heitu vatni í Borgarfirði verið skipt í fimm vatnskerfi (Einar Gunnlaugsson 1980). Er þá einkum stuðst við landfræðilega dreifingu aðalefna, tvívetnishlutfall og Cl/B hlutfall. Eitt þessara vatnskerfa er Bæjarvatnskerfið. Vatnið þar hefur annað Cl/B hlutfall en heitt vatn í Reykholtssdal, auk þess sem dreifing ýmissa efna bendir til að heita vatnið við Klett, sem er næsta hverasvæði austan Bæjar, tilheyri öðru vatnskerfi, þ.e. Reykholtsvatnskerfinu. Samkvæmt tvívetnismælingum Braga Árnasonar (1976) er vatnið talið úrkoma að uppruna sem fallið hefur vestan Langjökuls á Arnarvatnsheiði.

9.1 Efnagreiningar

Þær efnagreiningar sem til eru af Bæjarsvæðinu eru birtar í töflu 9.1. Elstu greiningarnar eru frá 1944, en þær yngstu voru gerðar vegna þessarar könnunar og eru frá 1977. Um eldri greiningarnar er fjallað í fyrri skýrslu um svæðið (Kristján Sæmundsson o.fl. 1976). Eldri og yngri greiningum ber nokkuð vel saman, þó svo að oft hafi verið notaðar aðrar efnagreiningaaðferðir.

9.2 Efnahiti og jafnvægi steinda og vatns

Í ljós hefur komið að flest efni í vatni eru hitastigsháð. Á þetta við um öll aðalefni nema klór (Guðmundur Pálmason o.fl. 1979). Með nákvæmri úrvinnslu og útreikningum má kanna hvort vatnið hafi náð jafnvægi við hitastig jarðhitakerfisins eða hvort vatnið sé í ójafnvægi eða að miklu leyti blandað köldu vatni. Kannað hefur verið jafnvægisástand vatns úr holunum í Bæ og Laugarholti (sýni 770132 og 770133).

Styrkur óklofins kísils í vatni ($H_4SiO_4^0$) stjórnast af uppleysanleika steintegundanna kvartz og kalsedóns. Á mynd 9.1 A er sýndur uppleysanleiki þessara tveggja steinda og hvar efnasamsetning sýnanna frá Bæ og Laugarholti lendir í samanburði við jafnvægisferlana. Bæði sýnin eru í góðu jafnvægi við kalsedón.

TAFLA 9.1

Efnagreiningar á vatni af hverasvæðinu við Bæ í Bæjarsvæði. Styrkur í mg/l (ppm)

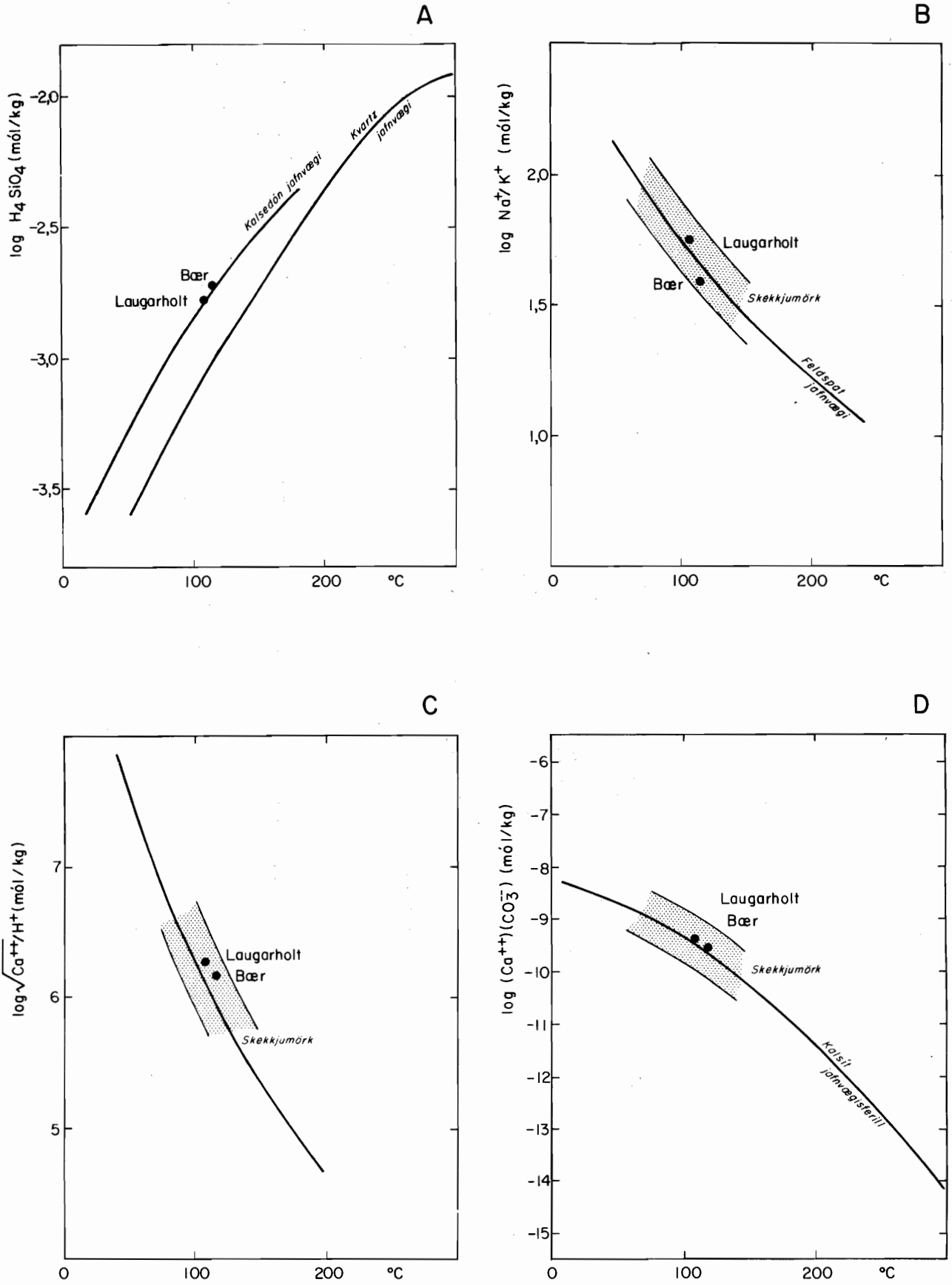
Staður	Bær	Laugarholt		Varmilækur (Hellur)	Jaðar
Dags.	1944	15.11.59	20.9.77	1944	13.5.59
Númer	215 ¹⁾	216 ¹⁾	770132	219 ¹⁾	218 ¹⁾
			SA292 ²⁾		
Mældur hiti	73	90,5	101	83	76,5
pH/°C	8,9/20	9,25/20	9,16/22	9,1/20	9,17/20
Ω _m /°C		17,7/20			
SiO ₂	115,0	107,0	130,0	129,0	117,2
B			0,35		
Na		102,5		103,2	
K		4,5		3,1	
Ca		12,0		14,0	
Mg		0,01		0,12	
CO ₂ ³⁾		13,9		4,5	
SO ₄	71,0	72,0	72,0	78,0	72,8
H ₂ S ⁴⁾		0,5		0,6	
Cl	113,0	110,0	110,0	122,0	112,7
F		2,0		2,1	2,1
Uppl.efni	1660	416,0	468	452	1608
Kalsedónhiti	114	104	115	119	112
Alkalíhiti		125		98	

1) Atvinnudeild Háskólans

2) Stefán Arnórsson (1969)

3) H₂CO₃ + HCO₃⁻ + CO₃²⁻

4) H₂S + HS⁻ + S²⁻



EG/ÓD Borg F.81010001

MYND 9.1 Jafnvægisástand vatns.

Í ljós hefur komið að styrkur natriúms og kalíums í vatni er háður jónaskiptun steinda er innihalda þessi efni og að hlutfallið Na^+/K^+ breytist reglulega með hitastigi (mynd 9.1 B). Vatnið frá Laugarholti og Bæ fylgir ferli sem byggður er á íslensku jarðhitavatni í jafnvægi. Þessum ferli ber vel saman við jafnvægisferil fyrir efnajafnvægi alkali feldspatanna albíts og adularía.

Á mynd 9.1 C er sýnt hvernig hlutfallið $\log \sqrt{\text{Ca}^{++}}/\text{H}^+$ breytist með hitastigi en ekki er vitað hvaða steindir eiga hér hlut að máli. Mynd 9.1 D sýnir breytingu á uppleysanleika kalsíts með hitastigi. Í báðum tilfellum lendar efnasamsetning vatns frá Bæ og Laugaholti nærri jafnvægisferlunum.

Önnur efni í vatninu stjórna af öðrum steindum, sem flestar hverjar innihalda ál og járn, en þau efni eru ekki að staðaldri greind í heitu vatni. Þessi dæmi verða því að nægja til að sýna fram á að vatn og berg eru í efnajafnvægi við ríkjandi hitastig. Þess má þó geta að nýlega var greint ál og járn í vatni úr borholu B-3 í Bæ. Þær greiningar benda til þess að vatnið sé einnig í jafnvægi við laumontít og prehnít, sem kemur vel heim við dreifingu ummyndunarsteinda (sjá mynd 7.7) þar sem gert er ráð fyrir að efri hluti laumontítsbeltisins sé á rúmlega 600 m dýpi.

Öll hitastigsháðu efnajafnvægin eru mælikvarðar á ríkjandi hitastig í jarðhitakerfinu. Kísill, natriúm og kalíum hafa einkum verið notuð í þeim tilgangi að reikna hitastig jarðhitakerfa. Grundvöllur þessara efnahitamæla eru jafnvægisferlarnir sem sýndir eru á myndum 9.1 A og 9.1 B. Á mynd 9.1 er gengið út frá því að kalsedón jafnvægi ríki, en í ljós hefur komið að hér á landi er kísill í heitu vatni í jafnvægi við kalsedón upp að um 170°C en fyrir ofan þann hita ríkir jafnvægi við kvarts. Neðst í töflu 9.1 er útreiknaður kalsedónhiti og alkálíhiti miðað við feldspat jafnvægi.

Vatnið í borholunni við Bæ mældist 101°C við söfnun, en hitamælingar í holunni sýna hæstan hita um 115°C . Kísilhitinn reiknast sá sami, en alkálíhiti er lítið eitt hærri en þó í samilegu samræmi. Í holunni við Laugarholt mældist hiti vatnsins $91,2^\circ\text{C}$ við söfnun, en heitasta æðin mun vera 96°C (hitamælingar í holunni). Kalsedónhitinn reiknast 109°C en alkálíhiti er svipaður (98°C) og mældur hiti í holunni.

Efnafræðin gefur því til kynna að vatnið í holunum sé í jafnvægi við þann hita sem þar mælist hæstur. Munurinn sem er á mældu hitastigi í holunum virðist því raunhæfur. Skýring á því gæti verið að aðaluppstreymið væri nær Bæ en Laugarholti.

9.3 Gæði vatnsins

Útreikningar á kalkmettun fyrir efnagreiningar á vatni frá Bæ og Laugarholti sýna að vatnið er mettað af kalsíti (mynd 9.1 D). Lítil hætta er því talin vera á að kalkútfellinga gæti við nýtingu vatnsins.

Í febrúar 1979 var mælt súrefni í vatni úr holum B-3 og L-1. Súrefni í Bæjarholunni var ekki mælanlegt, en það var um 40 ppb í vatninu úr Laugarholtsholunni. Þetta bendir til að vatnið sé ekki tærandi.

Eins og komið hefur fram í skýrsku um Bæ (Kristján Samundsson o.fl. 1976) dæmist vatnið í Bæ og nágrenni allt vera hæft í hitaveitur. Efnagreiningar, sem gerðar hafa verið síðar, eru svipaðar eldri greiningum, þannig að þessi umsögn er enn í fullu gildi. Þó er rétt að geta þess, að magn flúors er nokkuð hátt miðað við drykkjarvatn. Evrópskir neysluvatnsstaðlar telja 1,5 mg/l flúors vera efri mörk leyfilegs magns, en aðrir neysluvatnsstaðlar telja hámark leyfilegs magns vera 1,6 til 3,4 mg/l. Í sýnum frá Bæ og Laugarholti er magnið 2 mg/l. Þetta magn er því í efri mörkum fyrir leyfilegt magn í drykkjarvatni.

10 RENNSLIS- OG VATNSSTÖÐUMÆLINGAR

10.1 Inngangur

Eftirfarandi kafli fjallar um rennslis- og vatnsstöðumælingar, sem voru gerðar sumarið 1977 í holu L-1 í Laugarholti og í öðrum aðgengilegum holum á hverasvæðinu í Bæjarsveit. Tilgangur mælinganna var annars vegar ákvörðun á afköstum vinnsluhæfu holanna, L-1 í Laugarholti og B-3 í Bæ og hins vegar könnun á lekt (transmissivity) og forðastuðli (storage coefficient) jarðlaga umhverfis holurnar og þar með hverasvæðisins.

Byrjað var á mælingunum rúmum mánuði eftir að borun holu L-1 lauk, en góður árangur hennar olli þáttaskilum í heitavatnsleit í Bæjarsveit. Hann þótti sýna að möguleikar væru þar á vatnsvinnslu sem fullnægt gæti vatnsþörf hitaveitu fyrir Borgarnes.

Jarðhitadeild Orkustofnunar skipulagði mælingar og sá um úrvinnslu, en mælingarnar framkvæmdi að miklu leyti Jón Kr. Guðmundsson, veitustjóri í Borgarnesi.

10.2 Borholur

Eins og fram kom hér á undan hafa alls verið boraðar 9 holur á hverasvæðinu í Bæjarsveit. Þar af eru 4 við Hellur, 4 við Bæ og 1 við Laugarholt. Yfirlit yfir dýpi, þvermál og fóðringar ásamt sjálfennsli í lok borunar er að finna í töflu 7.1, og helstu vatnsæða og hita er getið í kafla 7. Afstaða holanna kemur fram á mynd 4.1.

Sex holur eru grunnar og stutt fóðraðar, sú dýpsta af þeim, B-4, er 450 m djúp en ófóðruð. Af djúpu holunum er hola L-1 sú eina sem opin er í botn í 1013 m dýpi. Fyrirstaða er í H-1 í 660 m og í B-3 á 530 m dýpi.

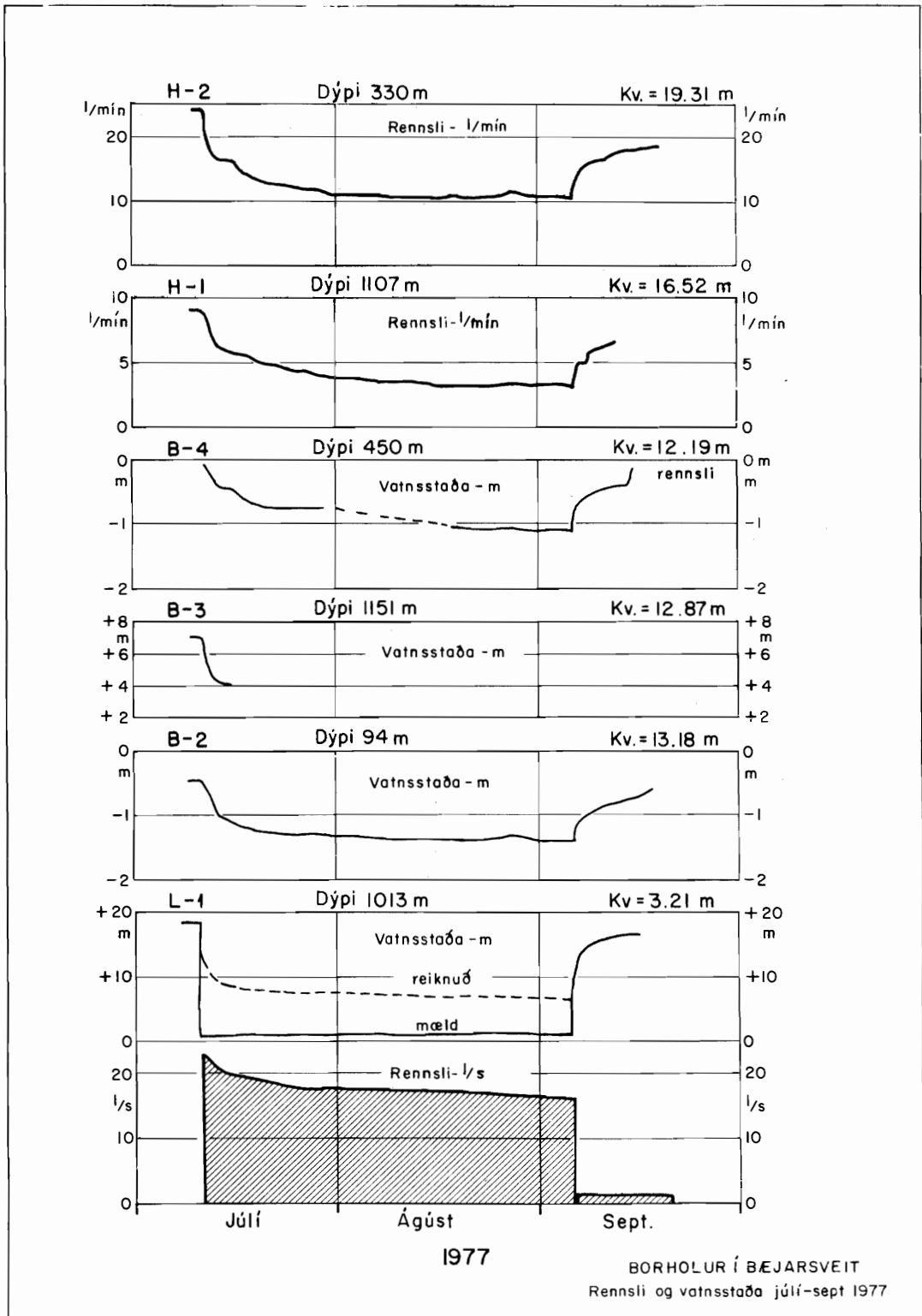
10.3 Mælingar

Mælingar hófust 11. júlí 1977, með aflmælingu á holu L-1. Var látið renna úr henni í 4 þrepum, um það bil 6, 12, 17 og 23 l/s í 1 klst. við hvert þrep. Hækkun lokunarþrýstings var síðan mæld í 1 klst. Að þessu loknu var holan opnuð aftur og látið renna óhindrað úr henni þar til 6. september 1977. Þá var henni lokað í 3 klst. til mælinga á lokunarþrýstingi og vatnsstöðu mælingahola, sérstaklega holu B-4, en í henni hafði verið komið fyrir sírita. Að þessum mælingum loknum var látið renna úr holunni 1,75 l/s vegna íbúðar og gróðurhúsa í Laugarholti, fram til 20. september er henni var lokað aftur.

Reglubundnar mælingar voru gerðar á rennsli og/eða vatnsstöðu mælingaholna fram til 21. september. Yfirlit yfir mælingarnar má sjá á mynd 10.1 ásamt rennsli og vatnsstöðu holu L-1, reiknaðri út frá iðustreymisstuðli hennar, sem fenginn var úr aflmælingu 11. júlí. Hæðir holanna, sem sýndar eru á mynd 10.1, eru miðaðar við hæðarkerfi Vegagerðar ríkisins í Bæjarsveit.

Rennsli úr L-1 varð alls um 95000 m³. Það var mest í upphafi, 26,0 l/s, en hafði minnkað í 16,3 l/s 6. september þegar lokað var fyrir það. Vatnshiti var óbreyttur allt rennslistímabilið, 91°C. Rennsli holu H-1 minnkaði á sama tíma úr 0,15 l/s í 0,05 l/s en holu H-2 úr 0,40 í 0,15 l/s. Vatnsborð holu B-2 lækkaði um 1,18 m en holu B-4 um 1,45 m. Í holu B-3 varð 3,1 m lækun fram til 13. júlí en hætta varð mælingum vegna afnota byggðarinnar af holunni (mynd 10.3).

Lækun vatnsstöðu og minnkun rennslis er mest á fyrstu dögum rennslis-tímabilsins en verður fljótlega lítil sem engin í grunnu (og svo til ófóðruðu) holunum H-2, B-2 og B-4. Í holu H-1 sem er 1107 m djúp, er rennslisminnkunin langvinnari og í L-1 verður ekkert lát á rennslisminnkun allt tímabilið. Hækkun vatnsstöðu og rennslisaukning í mælingaholum eftir 6. september 1977, er rennsli holu L-1 var breytt í 1,75 l/s, er í samræmi við lækun vatnsstöðunnar og minnkun rennslis úr sömu holum á jafnlöngum tíma eftir að renna tók úr L-1 11. júlí 1977.



MYND 10.1 Borholur í Bæjarsveit. Rennsli og vatnsstaða í júlí - sept. 1977.

10.4 Úrvinnsla mælinganna

Vatnsstöðuferlar mælingaholanna og holu L-1, sem sjá má á myndum 10.3 til 10.7, eru í samræmi við misvægislíkingu Theis frá 1935 fyrir lagstreymt rennsli í víðáttumiklum vatnsleiðara milli tveggja óvatnsgengra jarðmyndana. Líkingin gerir m.a. ráð fyrir að leiðarinn sé eingerður (homogen), þ.e. að vatnsleiðandi glúfur í berginu hafi nokkurn veginn jafna dreifingu. Skilyrði þetta útilokar ekki að vatnsleiðni umhverfis holurnar í Bæjarsveit sé að einhverju leyti um margar jafndreifðar sprungur í berginu. Ólíklegt er þó að um fáar stórar sprungur sé að ræða innan svæðanna því að ferlar hækkandi og lækkandi vatnsstöðu yrðu þá frábrugðnir ferlunum á myndum 10.3 til 10.7. Hinsvegar verður ekki út frá ferlunum sagt til um hvort fjarlægt aðstreymi geti verið um stærri sprungur t.d. að hverri hveraþyrpingu fyrir sig, þ.e. Laugarholti, Bæ og Hellum. Lítil sem engin lækkun vatnsstöðu mælingahola á seinni hluta rennslistímabilsins (sjá mynd 10.1) og 20°C mismunur vatnshita í holum L-1 og B-3 gæti bent til þessa. Eins líklegt er þó að ástæðan fyrir hægari lækkun í mælingaholum sé minnkun rennslis með tíma, áhrif vegna stuttra fóðringa og úrkomu. T.d. má rekja hækkun vatnsstöðu í holum H-2 og B-2 á síðustu dögum ágústmánaðar (mynd 10.1) til úrkomu.

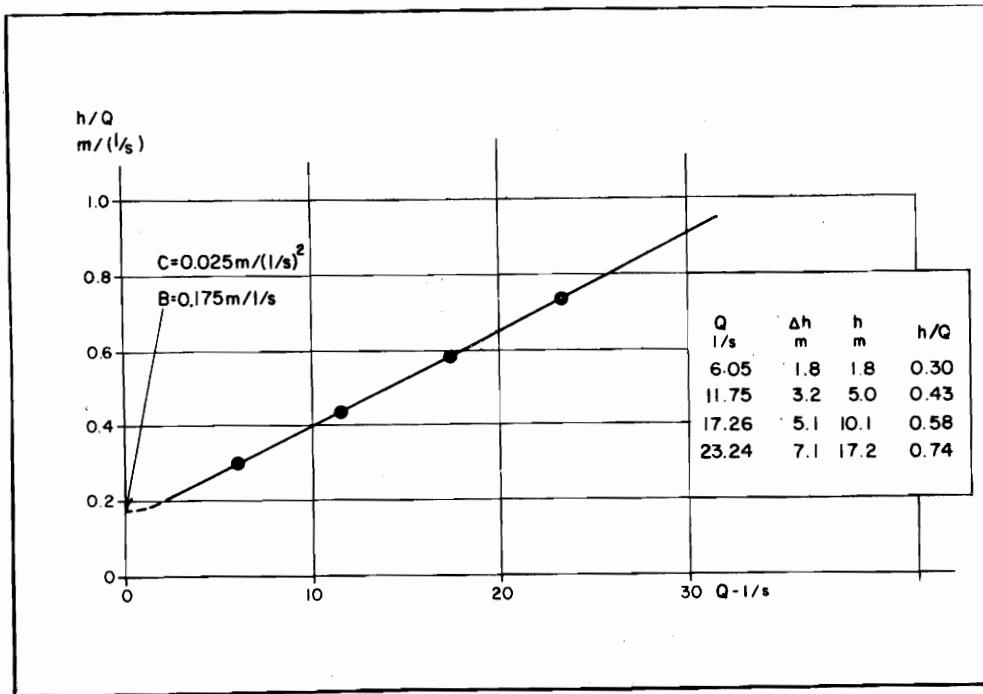
10.4.1 Lekt og forðastuðull

Gildi fyrir lekt (transmissivity) og forðastuðul (storage coefficient) sem reiknuð eru út frá vatnsstöðu og rennslisferlum á myndum 10.3 til 10.7, eru í töflu 10.1.

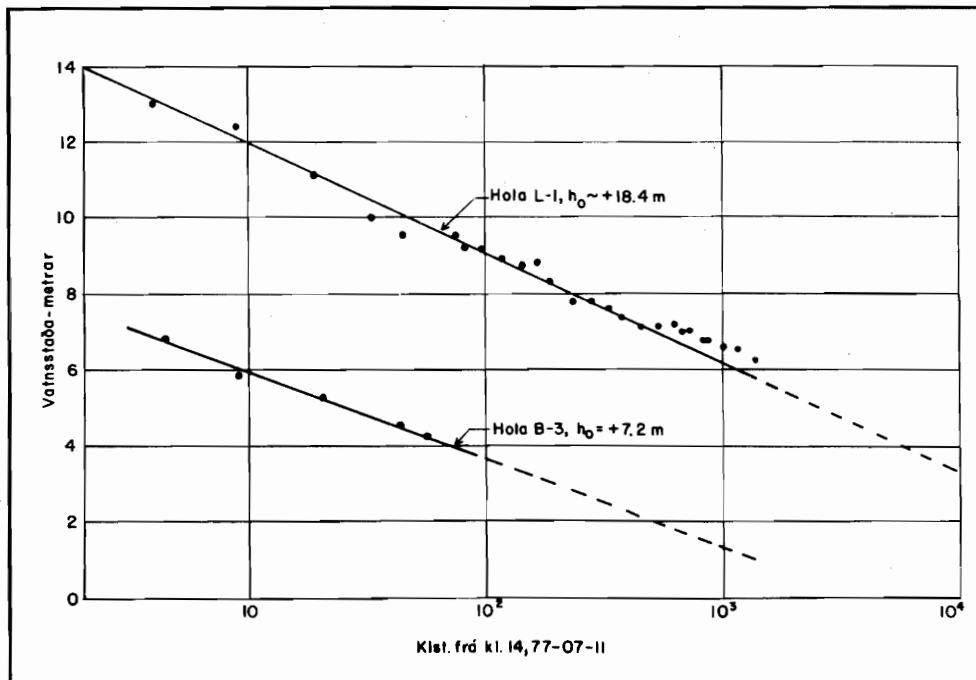
Tafla 10.1

Lekt og forðastuðull í mælingaholum.

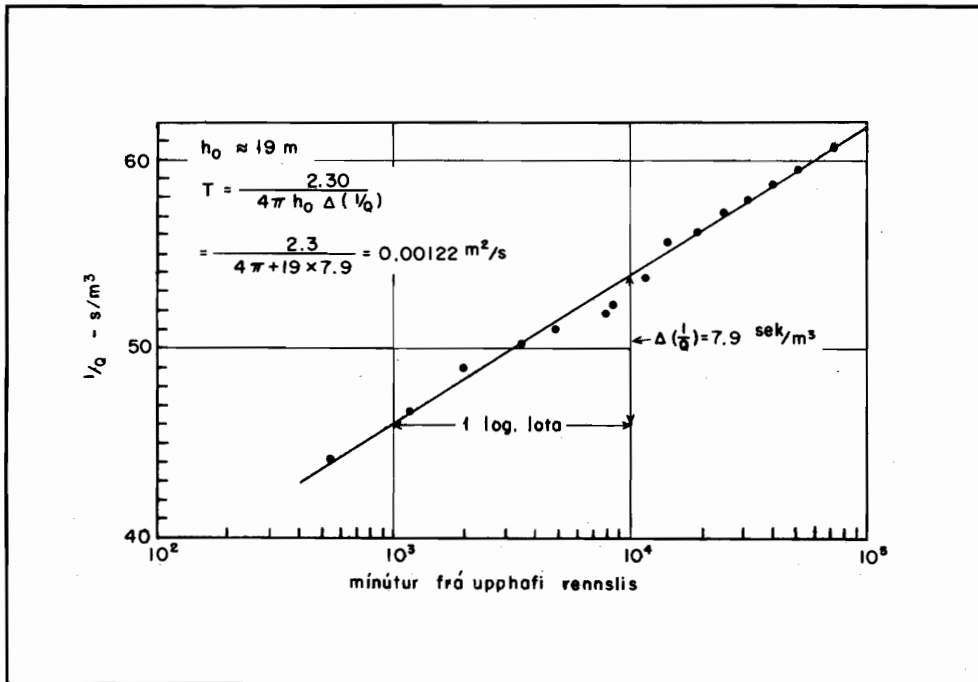
Mælingahola	Lekt-T m^2/s	Forðastuðull - S	Mynd
L - 1	$1,26 \times 10^{-3}$		10.3
L - 1	$1,22 \times 10^{-3}$		10.4
L - 1	$5,0 \times 10^{-3}$		10.5
L - 1	$1,05 \times 10^{-3}$		10.5
B - 3	$1,56 \times 10^{-3}$		10.3
B - 4	$10,3 \times 10^{-3}$	$7,0 \times 10^{-5}$	10.6
H - 1	$5,2 \times 10^{-3}$	$5,1 \times 10^{-5}$	10.7



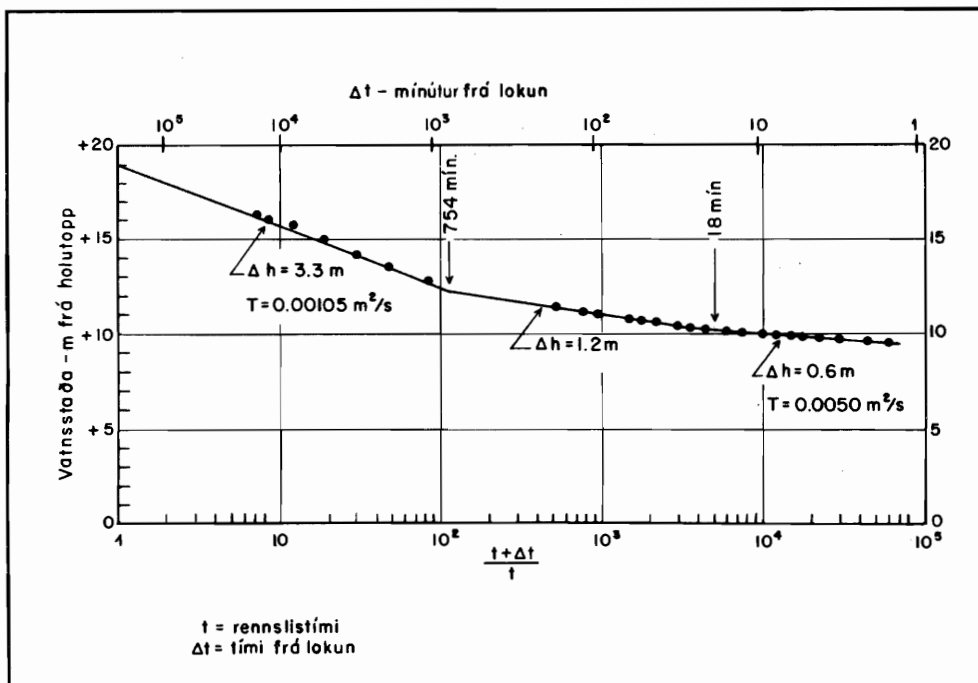
MYND 10.2 Hóla L-1, rennsli í þrepum 77-07-11.



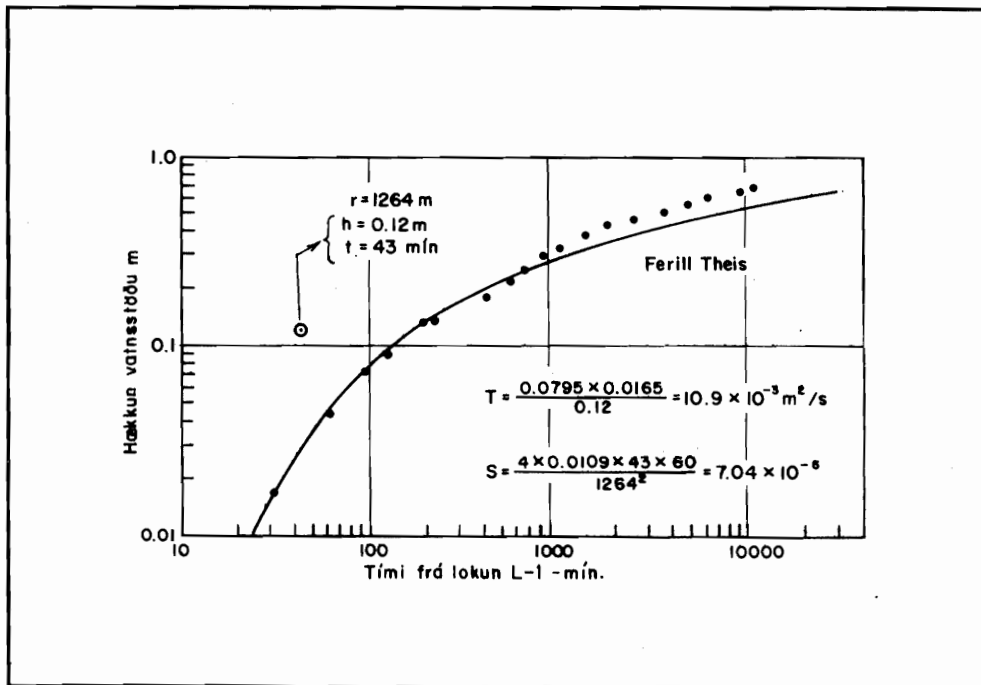
MYND 10.3 Hólur L-1 og B-3, vatnsstaða frá kl. 14, 77-07-11.



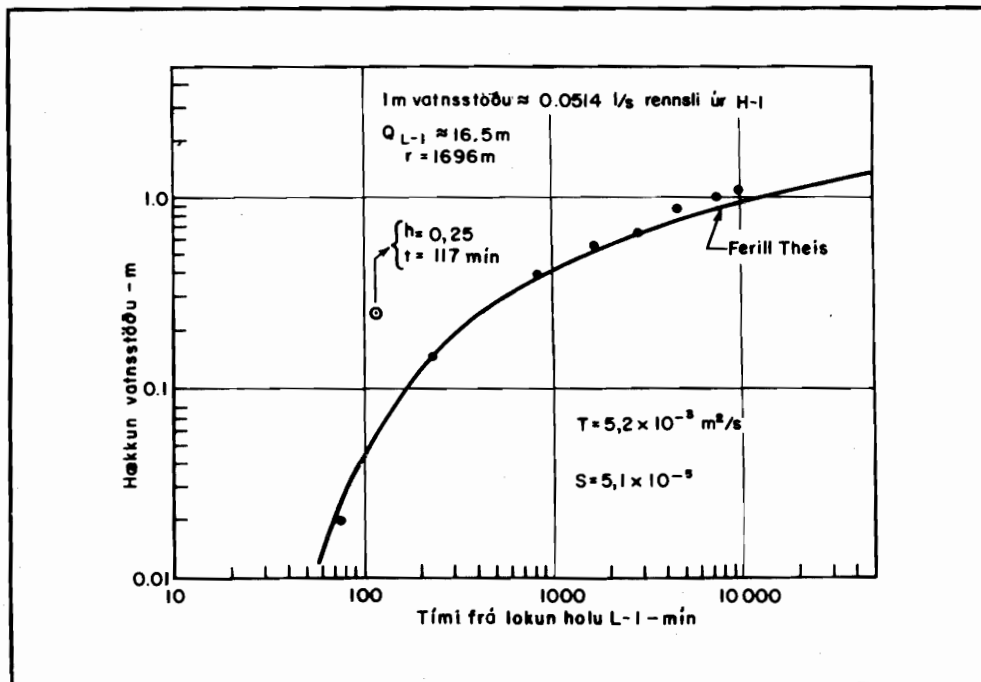
MYND 10.4 Hóla L-1, rennsli frá 77-07-11 til 77-09-06.



MYND 10.5 Hóla L-1, hækkun vatnsstöðu eftir lokun 77-09-06.



MYND 10.6 Hola B-4, hækkun vatnsstöðu eftir lokun L-1 77-09-06.



MYND 10.7 Hola H-1, hækkun vatnsstöðu eftir lokun L-1 77-09-06.

Mynd 10.5 sýnir vatnsstöðu holu L-1, miðað við holutopp, eftir lokun 6. september 1977, á móti hlutfallinu $\frac{t+\Delta t}{\Delta t}$, þar sem t er rennslistími en Δt er tími sem liðinn er frá lokun. Þetta er svonefndur útjöfnunarfelill Theis (1935), sem lengi hefur verið notaður til útreikninga á rennslis-eiginleikum í borholum á olíusvæðum en er þar kenndur við Horner. Mismunur vatnsstöðu á hverjum tíma eftir lokun og ríkjandi vatnsstöðu áður en rennsli hefst verður

$$h = \frac{2,3Q}{4\pi T} \log \frac{t+\Delta t}{\Delta t}$$

þar sem Q er rennsli fyrir lokun í m^3/s en T lekt vatnskerfisins í m^2/s . Halli ferilsins, miðað við eina log - lotu á lín-log-pappír verður því

$$\Delta h = \frac{2,3Q}{4\pi T} \quad \text{eða} \quad T = \frac{2,3Q}{4\pi \Delta h}$$

Vatnsstaða holu eftir lokun nálgast ríkjandi vatnsstöðu fyrir opnun því meir sem lengri tími er liðinn frá lokun og hlutfallið $\frac{t + \Delta t}{\Delta t}$ nálgast 1. Afmarkist vatnskerfið af óvatnsgengum jaðarmyndunum er gert ráð fyrir spegilvinnsluholum (image wells) til að upphefja reikningslega áhrif afmarkananna en þá verður jafnframt að auka halla ferilsins í samræmi við fjölda þeirra og legu.

Mæligildin á mynd 10.5 raða sér fyrst eftir lokun á beina línu með hallanum $\Delta h = 0,6$ eða $T = 0,005 m^2/s$. Hallinn tvöfaldast eftir 18 mínútur og eykst enn eftir um 754 mínútur í $\Delta h = 3,3 m$, $T = 0,00105 m^2/s$. Stefnir ferillinn þá á upphaflegu vatnsstöðuna $h_0 = +19,0 m$ við $\frac{t + \Delta t}{\Delta t} \geq 1$

Tvöföldun hallans 18 mínútum eftir lokun getur verið vísbending um lóðréttar afmarkanir kerfisins í fjarlægðinni

$$L = 0,749 \frac{T \cdot \Delta t}{S} = 0,749 \sqrt{\frac{0,005 \cdot 18 \cdot 60}{0,00005}} = 246 m$$

(Earlougher R.C. 1977).

Aukningu hallans eftir 754 mínútur má á sama hátt túlka sem áhrif enn frekari afmarkana í um 1600 m fjarlægð frá holu L-1.

Hærra lektargildið, $5,0 \times 10^{-3} m^2/s$, á mynd 10.5 er í samræmi við lektargildi holu H-1 (mynd 10.7) og einnig holu B-4, sé gert ráð fyrir að einungis hluti vatnsvinnslu L-1 hafi áhrif á vatnsstöðu B-4. Forðastuðull jarðhitakerfisins er áætlaður $5,0 \times 10^{-5}$ (mynd 10.7).

Lægra lektargildið á mynd 10,5, $1,05 \times 10^{-3} m^2/s$, er reiknað eftir að áhrif óvatnsgengra afmarkana hafa komið fram. Það er í samræmi við lektargildi holu L-1 og B-3 á mynd 10.3, $1,26 \times 10^{-3}$ og $1,56 \times 10^{-3} m^2/s$, og

L-1 á mynd 10.4, $1,22 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$. Verður gildi þetta notað hér á eftir, ásamt forðastuðlinum $S = 5,0 \times 10^{-5}$, til útreikninga á afli hverasvæðisins.

10.4.2 Afköst hola L-1 og B-3

Afköst holu L-1 voru ákvörðuð með þrjúþrengisli eins og greint er frá hér að framan og sýnt er á mynd 10.2. Þar er gert ráð fyrir að vatnsborðslækkun í vinnsluholu H eigi sér tvær meginorsakir. Annars vegar lækkun vegna iðustreymis í holunni og í næsta nágrenni við hana, CQ^2 , en hinsvegar lækkun vegna lagstreymis í vatnskerfinu, BQ , eða $H = BQ + CQ^2$. Iðustreymisstuðull holu L-1 reiknaðist $C = 0,025 \text{ m}/(1/\text{s})^2$ en lagstreymisstuðull $B = 0,175 \text{ m}/(1/\text{s})$. Ekki reyndist unnt að ákvarða afköst holu B-3 með þrjúþrengisli en út frá loftdælingu við lok borunar var iðustreymisstuðull hennar áætlaður $0,4 \text{ m}/(1/\text{s})^2$

Afköst holu L-1 voru samkvæmt þessu áætluð 45 l/s með 51 m niðurdrætti en holu B-3 14 l/s með 78 m niðurdrætti.

10.5 Afl hverasvæðisins

Afl lághitavatnskerfis ræst í aðalatriðum af tvennu, auk hita. Annars vegar af rennsliseiginleikum kerfisins og víðáttu þess og hinsvegar af afköstum vinnsluhola, þ.e. fjölda þeirra og vinnsludýpi djúpdalanna, sem notaðar eru til vatnsvinnslunnar. Tafla 10.2 sýnir reiknað afl hverasvæðisins í Bæjarsveit við mismunandi dæludýpi, miðað við 3 ára samfellda vatnsvinnslu. Gert er ráð fyrir lektarstuðlinum $T = 0,0011 \text{ m}^2/\text{s}$ og endalausri víðáttu vatnsgengu jarðmyndananna í stað $T = 0,005 \text{ m}^2/\text{s}$ og óvatnsgengum afmörkunum (sjá mynd 10.5). Þetta er gert vegna óvissu um legu afmarkananna og fjölda þeirra. Forðastuðull verður $S = 5,0 \times 10^{-5}$, en iðustreymisstuðull vinnsluhola $C = 0,025 \text{ m}/(1/\text{s})^2$ og vatnsmagn 40 l/s. Vatnshiti er áætlaður 90°C (holu L-1).

Dæludýpið 200 m er vel viðráðanlegt fyrir djúpdalur þær, sem nú eru almennt notaðar í borholum á lághitasvæðum hér á landi, og knúnar eru gegnum öxla frá yfirborði. Neðan við 250 m dýpi verður rekstur öxuldæla erfiðari vegna þess að hlaup dælusnúða í dæluhúsum er takmarkað en toggun öxla í beinu hlutfalli við lengd þeirra og lyftihæð dælu. Neðan við 20 m er því hagkvæmara að nota dælur knúðar rafhreyfli niðri í holunni

TAFLA 10.2

Afl hverasvæðisins og dæludýpi.

Dæludýpi m	Lækkun vatnsstöðu m	Afl l/s	MW*	Fjöldi vinnsluhola C = 0,025 Q = 40 l/s
150	110	107	22,5	3 (2,7)
200	160	171	35,9	5 (4,3)
250	210	233	48,9	6 (5,8)

*Miðað er við nýtingu að 40°C.

(Reda). Nokkur reynsla hefur þegar fengist af slíkum dælum hjá Hita-veitu Akureyrar við Ytri Tjarnir í Eyjafirði, en þar hefur Reda-dæla dælt samfelld um 9 mánaða skeið, 45 l/s af 85°C vatni af 355 m dýpi. Óvíst er hvort æskilegt getur talist að fara með djúpdælur mikið niður fyrir 200 m í borholum í Bæjarsveit vegna þess hve grunnt er á vatnsæðar.

10.6 Niðurstöður rennslis- og vatnsstöðumælinga

Vatnsstöðu- og rennslisferðar úr vinnslu- og mælingaholum á hverasvæðinu í Bæjarsveit benda til þess að vatnsleiðni þess sé í aðalatriðum um lárréttar jarðmyndanir, sem afmarkast af a.m.k. tveimur óvatnsgengum lóðréttum afmörkunum. Lögum vatnsstöðuferla útilokar þó ekki að fjarlæggt aðstreymi að svæðinu geti verið um sprungur eða ganga.

Lekt vatnsgengu jarðmyndananna er reiknuð $T = 5,0 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ og forðastuðull $S = 5,0 \times 10^{-5}$. Afl svæðisins er áætlað 170 l/s miðað við dæludýpið 200 m í 5 vinnsluholum og 3 ára samfellda vatnsvinnslu.

Ofangreindar áætlanir eru byggðar á stuttu (2 mánaða) mælingaskeiði. Til nákvæmari ákvörðunar á rennsliseiginleikum hverasvæðisins er æskilegt að reglubundnar mælingar á vatnsstöðu, vatnsmagni og hita verði gerðar í borholum í Bæjarsveit jafnhliða 45 l/s vatnsvinnslu með djúpdælum í holum L-1 og B-3, sem hafin var í janúar 1981.

11 JARÐHITINN OG BERGGRUNNURINN

Jarðhitavatni í Borgarfirði hefur verið skipt í 5 vatnskerfi eða jarðhitasvæði út frá efnainnihaldi. Hverasvæðið í Bæjarsveit er hluti af jarðhitasvæði sem kennt er við Bæ. Til þessa jarðhitasvæðis teljast einnig hverasvæðin við Varmaland/Laugaland og Einifell í Stafholtstungum. Austar tekur við jarðhitasvæðið í Reykholtstal, sem er öflugasta jarðhitasvæðið í Borgarfirði. Á mörkum þessara svæða eru Lundahver og Brúarreykjahver. Norður af Einifelli og Lundahver virðast þessi tvö jarðhitasvæði renna saman í eitt (Einar Gunnlaugsson 1980).

Jarðhitinn í Reykholtstal og Bæjarsveit kemur upp í tertíeru bergi sem er 3-7 milljón ára gamalt. Strikstefna er norðaustlæg. Algengustu gangastefnur eru NA-SV og N-S. Norðvestlægir gangar finnast þó einnig.

Berggrunnurinn er mjög brotinn. Snæfellsnesbrotabeltið teygir sig frá innanverðu Snæfellsnesi að Borgarfjarðardölum. Heildarstefna þess er VNV-ASA. Brotunum er hér skipt í þrjá flokka: norðlæg, norðaustlæg og norðvestlæg eða vestlæg brot. Allar þessar stefnur koma fram í dreifingu jarðhitans í ofanverðum Borgarfirði, enda eru þær allar virkar í einhverjum mæli enn í dag. Skemmst er að minnast jarðskjálftanna í Borgarfirði árið 1974. Í dreifingu skjálfta komu fram tvær stefnur, vestlæg og norðaustlæg (Páll Einarsson o.fl. 1977). Þá má geta þess að athuganir á norðlægum jarðhitasprungum í utanverðum Reykholtstal leiddu í ljós að á þeim hafa orðið láréttar skerhreyfingar eftir að ísöld lauk. Hreyfingin er þó ekki meiri en svo að jarðhitasprungurnar sjást vart í hliðum múlanna (Lúðvík S. Georgsson o.fl. 1978).

Af ummyndunarstigi jarðlaganna (mynd 7.7) má ráða að allmikil þétting hafi orðið í þeim, og poruhluti bergsins (primary porosity) sé lítill. Uppkoma heits vatns í ofanverðum Borgarfirði bendir hins vegar til verulegs grunnvatnsrennslis á miklu dýpi og tiltölulega greiðra uppstreymisrása.

Jarðhitavatnið í Bæjarsveit er regnvatn að uppruna, sem hefur hitnað af hinum almenna varmastraumi úr jörðinni (Trausti Einarsson 1942). Út frá mælingum Braga Árnasonar (1976) á tvívetni í heitu og köldu vatni í Borgarfirði og nágrenni og með hliðsjón af norðaustlægri

striksstefnu, samsíða megingangastefnunni og virkri brotastefnu má álykta að upptakasvæði jarðhitavatnsins sá á miðri eða vestanverðri Arnarvatnsheiði. Það leitar síðan vegna hæðarmunar til suðvesturs uns það kemur upp um opnar sprungur á láglandinu.

Rannsóknir í Bæjarsveit og Reykholtssdal benda til þess að norðaustlæg brot og í einhverjum mæli gangar séu aðalvatnsleiðarar heita vatnsins næst uppstreymissvæðunum. Þeirri spurningu er hinsvegar ósvarað, hvort þau eru einnig virkust í flutningi heita vatnsins af hálendinu í norðaustri eða hvort þau eru aðeins safnæðar fyrir heita vatnið næst jarðhitasvæðunum. Hið fyrrnefnda verður þó að telja líklegra. Þá er einnig ósvarað spurningunni á hvaða dýpi vatnið rennur eftir leiðurunum inn á hverasvæðið. Efri mörk þess geta þó vart legið grynna en á 500-1000 m dýpi, ef miðað er við svæðisbundinn hitastigul.

Hverirnir í Bæjarsveit koma upp á línu sem stefnir um N10°V. Sprunga með þessari stefnu sést óljóst á yfirborði norðan Laugaholts. Hér er gert ráð fyrir að heildarstefna hveralínunnar sé tengd þessari sprungu. Hvort sprungan er ein og samfelld eða hvort um er að ræða skástígar sprungur með meginstefnuna N10°V er þó ei unnt að segja til um. Sprungan er það sem opnar vatninu leið upp á yfirborð jarðar. Samkvæmt þeim athugunum sem fjallað er um hér að framan skera tvö norðaustlæg misgengi (með falli til norðvesturs) og nokkrir gangar jarðhitalínuna. Vatnsmestu og heitustu hverirnir koma upp í skurðpunktum misgengjanna og ganganna annars vegar og sprungunnar hins vegar. Aðrar laugar og hverir koma ýmist upp á sprungunni eða við misgengin og gangana við rennsli út frá aðaluppstreymisstöðunum.

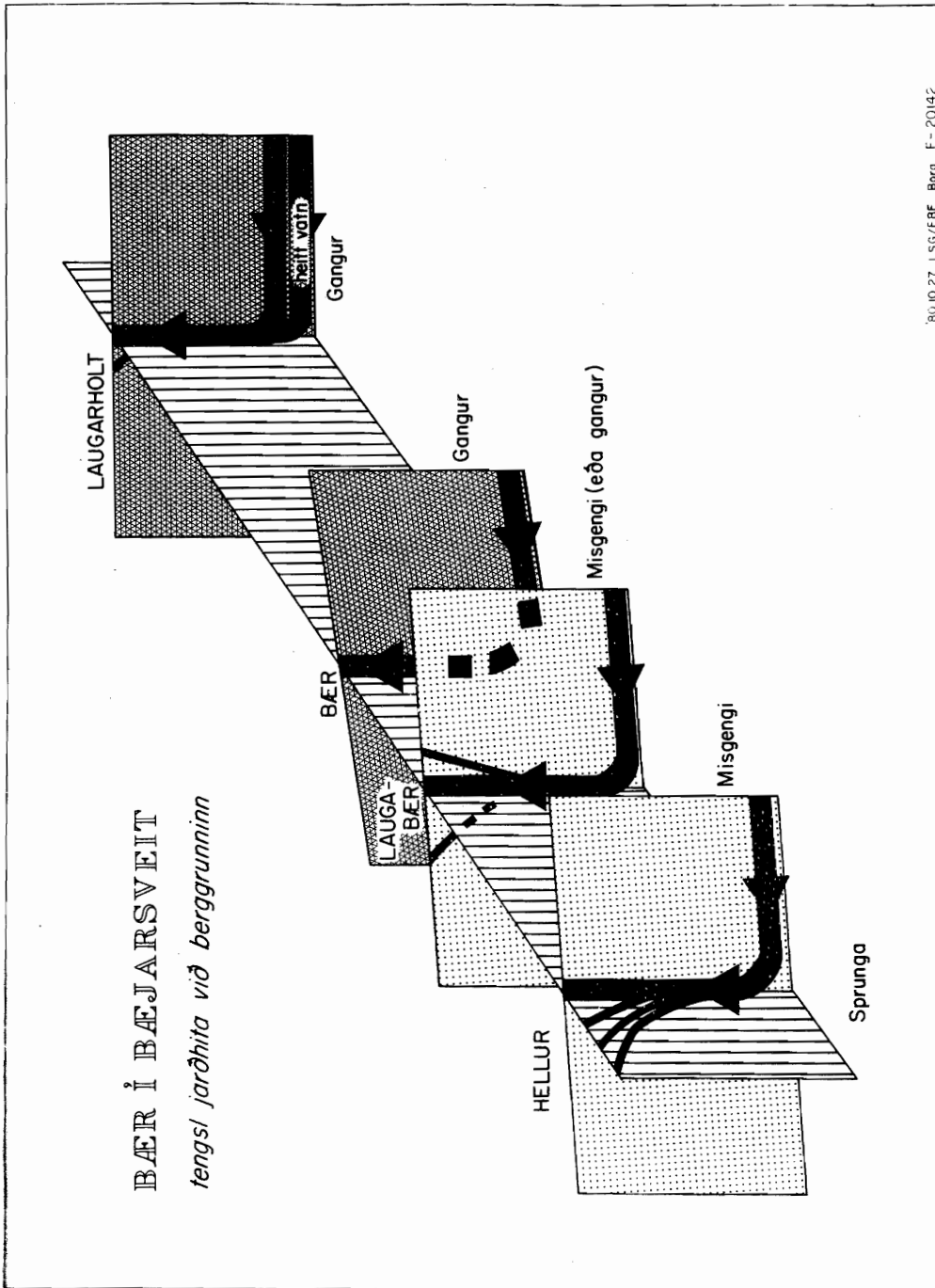
Jarðhitarannsóknir í Bæjarsveit benda til að þar séu fjórir vatnsleiðarar. Laugarholt (og Jaðar) hefur mjög líklega sér vatnsleiðara enda sker hann sig úr hvað varðar hita í djúpkerfinu. Þessi vatnsleiðari hlýtur að vera norðaustlægi gangurinn (eða gangarnir) sem fannst með segulmælingum og liggur yfir Laugarholtið. Langholtslaug, sem er vatnsmesti hverinn á svæðinu, kemur upp í skurðpunkti gangs og sprungu. Í Bæ er líklega um tvo vatnsleiðara að ræða. Ef svo er, þá leiðir norðaustlægi gangurinn, sem Þvottahúslaug og Bæjarlaug liggja við, vatnið í laugarnar á nyrðri hluta Bæjartorfunnar. Norðaustlæga misgengið, sem hola B-3 sker, eða öfugt segulmagnaði gangurinn, sem liggur um Hrútslaug, leiða hins vegar vatnið í sunnanvert Bæjarþorpið

við Laugabæ. Loks benda athuganir til þess að á Hellum liggja norðaustlægt misgengi um heitasta hverinn í Bæjarsveit, þar sem ætla má að sprungan skeri misgengið. Þetta misgengi er væntanlega vatnsleiðarinn fyrir heita vatnið á Hellum.

Þó að vatnsleiðarar í Bæjarsveit séu líklega fjórir þá virðist vera lítill munur á efnainnihaldi vatnsins á hverasvæðinu. Efnahiti er þó eitthvað lægri í Laugarholti en sunnar á svæðinu, svipað og fram kemur í hitamælingum. Svipaða sögu er að segja úr Reykholtisdal þar sem samsvarandi aðstæður eru þekktar.

Ekki er hægt að vinna vatn úr einum þessara vatnsleiðara óháð öðrum. Hverasprungan og lárétt leiðni í a.m.k. efstu 400-500 m stjórna þrýstiástandi hverasvæðisins. Þannig lækkaði vatnsborð í hverum og borholum eftir endilangri hveralínunni, þegar hola L-1 í Laugarholti var látin renna frjálst í nokkurn tíma og draga niður vatnsþrýstinginn á svæðinu. Bein afleiðing þess er að við lökkun vatnsborðs með djúpmælingu munu allir hverir og laugar hverfa.

Mynd 11.1 er tilraun til myndrænnar skýringar á því líkani sem jarðhitarannsóknirnar í Bæjarsveit hafa leitt af sér.



MYND 11.1 Tengsl jarðhita við berggrunninn.

12 FRAMHALD RANNSÓKNA OG BORANA

Þó að jarðhitasvæðið í Bæjarsveit sé nú allvel þekkt þá eru nokkur atriði, sem ætti að skoða betur, áður en frekari boranir geta farið fram. Það er mikilvægast að staðfesta og kanna betur legu norðaustlægu vatnsleiðaranna við Bæ og Hellur. Til þess er heppilegast að beita segulmælingum og þarf að mæla mun þéttar og þvert á stefnu þeirra til að að ná sem bestum árangri. Jafnframt væri æskilegt að stækka mælisvæðið nokkuð. Þá var í ársbyrjun 1981 hafin dæling á um 40 l/s úr borholunni í Laugarholti. Viðbrögð annara hola við þessari dælingu geta gefið frekari upplýsingar en nú liggja fyrir um afköst svæðisins. Að þessu skoðuðu er ekkert því til fyrirstöðu að staðsetja fleiri borholur á svæðinu. Ef niðurstöður segulmælinganna leiða enn frekari líkur að því líkani sem hér hefur verið sett fram, þá yrðu næstu borholur borðar við Hellur og Bæ, þannig að þær skæru misgengin á hæfilegu dýpi við jarðhitasprunguna.

Niðurstöður rennslis- og vatnsstöðumælinga í Bæjarsveit gefa til kynna að nú megi vinna á svæðinu um 60 l/s af um 93°C heitu vatni. Með frekari borunum má auka afköst þess upp í um 110 l/s með 110 m niðurdrætti og upp í um 170 l/s ef niðurdráttur yrði aukinn í 160 m. Miðað er við 3 ára samfellda vatnsvinnslu. Hvort þetta vatnsmagn næst með tveimur eða fleiri holum eða hvort ennþá meira vatn megi vinna á svæðinu er ekki unnt að segja fyrir um án frekari borana.

13 HELSTU NIÐURSTÖÐUR

1. Jarðhitinn í Bæjarsveit raðar sér á um tveggja km langa hveralínu sem stefnir N10°V. Hverirnir eru þó ekki jafndreifðir heldur skipa sér saman í fjórar þyrpingar: Laugarholt-Jaðar, Bæ, Laugabæ og Hellur. Hverirnir innan hverrar þyrpingar raða sér gjarnan á línur með norðaustlæga stefnu, skástígt á meginhveralínuna.
2. Náttúrulegt rennsli hverasvæðisins hefur mælst 7,6 l/s (lágmarkstala) og mestur hiti 95°C við Hellur.
3. Athuganir benda til að jarðhitinn komi upp á sprungu eða sprungu-kerfi með stefnuna N10°V. Sömuleiðis benda athuganir til að aðaluppkomustaðirnir séu þar sem norðaustlæg misgengi eða gangar skera sprunguna.
4. Norðaustlægu brotin og gangarnir leiða heita vatnið úr norðaustri inn á hverasvæðið. Í Bæjarsveit eru líklega fjórir vatnsleiðarar, einn fyrir hvert hveraþorp.
5. Samkvæmt hitamælingum í borholum er hiti í djúpkerfinu við Laugarholt um 95°C en sunnar á svæðinu er hann um 115°C. Svipaður munur kemur fram í efnahita heita vatnsins úr borholunum.
6. Alls hafa verið boraðar níu holur á svæðinu, þar af þrjár 1000-1200 m djúpar. Hóla L-1 í Laugarholti gaf í sjálfrennsli í lok borunar um 28 l/s af 93°C heitu vatni og hola B-3 í Bæ (Laugabæ) um 2 l/s af >100°C heitu vatni. Afköst hola L-1 og B-3, sem eru einu vinnsluholurnar á svæðinu, eru áætluð 59 l/s. Með frekari borunum má auka afköst svæðisins í um 110 l/s með 110 m niðurdrætti, en í um 170 l/s ef niðurdráttur yrði aukinn í 160 m. Miðað er við 3 ára samfellda vatnsvinnslu.
7. Lagt er til að næstu holur verði boraðar við Hellur eða Bæ. Áður þyrfti þó að gera ítarlegri segulmælingar.

HEIMILDASKRÁ

Atvinnudeild Háskólans, efnagreiningar (handrit).

Bragi Arnason 1976: Groundwater systems in Iceland traced by deuterium.
Vísindafélag Íslendinga, rit 42, 236 s.

Earlougher R.C. 1977: Advances in well test analysis. Soc. Pet. Eng.
of AIME, Monograph vol 5, Dallas, 264 s.

Einar Gunnlaugsson 1980: Borgarfjörður, efnafræði jarðhitavatns.
Orkustofnun, OS80020/JHD11, 61 s.

Guðmundur Ingi Haraldsson & Lúðvík S. Georgsson 1980: Rennslismælingar
á laugum á hverasvæðinu í Bæ í Bæjarsveit 1980. Orkustofnun,
GIH-LSG-80/04, 12 s.

Guðmundur Pálmason, Stefán Arnórsson, Ingvar Birgir Friðleifsson,
Hrefna Kristmannsdóttir, Kristján Samundsson, Valgarður Stefáns-
son, Benedikt Steingrímsson, Jens Tómasson & Leó Kristjánsson 1978:
The Iceland Crust. Evidence from drillhole data on structure and
processes. í Talwani M. (ritstj.): Second Maurice Ewing Symposium:
Indications of Deep Drilling Results in the Atlantic Ocean. Argon
House, Tuxedo, New York, 43-65.

Haukur Jóhannesson 1975: Structure and petrochemistry of the Reykja-
dalur central volcano and the surrounding areas, Midwest Iceland.
Doktorsritgerð, Durhamháskóli, 273 s.

Haukur Jóhannesson 1976: Rennslismælingar í Bæ í Andakílshreppi.
Orkustofnun, OS JHD 7627, 5 s.

Haukur Jóhannesson 1980: Jarðlagaskipan og þróun rekbelta á Vesturlandi.
Náttúrufræðingurinn, 50(1), 13-31.

Hjalti Franzson 1978: Structure and petrochemistry of the Hafnarfjall-
Skarðsheiði central volcano and the surrounding basalt succession
W-Iceland. Doktorsritgerð, Edinborgarháskóli, 264 s.

Jarðboranir ríkisins 1963: Borskýrslur Franks.

Jarðboranir ríkisins 1976: Borskýrslur Glaums.

Jarðboranir ríkisins 1976: Borskýrslur Ýmis.

Jarðboranir ríkisins 1977: Borskýrslur Narfa.

Jón Jónsson 1959: Skýrsla um jarðhitaathuganir í Borgarfirði. Raforkumálastjóri, 7 s.

Jón Sólmundsson 1962: Laugabók, Ferð um Borgarfjörð. Handrit í vörslu Jarðhitadeildar Orkustofnunar.

Kristján Sæmundsson 1964: Skýrsla um jarðfræðirannsókn í Borgarfjarðarsýslu sumarið 1964. Raforkumálastjóri, 28 s.

Kristján Sæmundsson, Rúnar Sigfússon, Valgarður Stefánsson & Stefán Arnórsson 1976: Skýrsla um jarðhitarannsóknir við Bæ og Efrahrepp í Andakílshreppi vegna hitaveitu til Borgarness. Orkustofnun, OS JHD 7606, 18 s.

Kristján Sæmundsson, Sveinbjörn Björnsson, Guðmundur E. Sigvaldason, Gunnlaugur Eliásson & Halldór Kjartansson 1966: Rannsókn á jarðhita í Reykholtssdal. Raforkumálastjóri, 58 s.

Kristleifur Þorsteinsson 1972: Notkun jarðhitans í Borgarfirði. Í: Úr byggðum Borgarfjarðar II, 2. útg. Leiftur, Reykjavík, 198-213.

Líðvík S. Georgsson, Haukur Jóhannesson, Guðmundur Ingi Haraldsson & Einar Gunnlaugsson 1978: Jarðhitakönnun í utanverðum Reykholtssdal. Deildartunga - Kleppjárnsreykir, Klettur - Runnar. Orkustofnun, OS-JHD-7856, 89 s.

McDougall I., Kristján Sæmundsson, Haukur Jóhannesson, Norman D. Watkins & Leó Kristjánsson 1977: Extension of the geomagnetic polarity scale to 6.5 m.y.: K-Ar dating, geological and paleomagnetic study of a 3500 m lava succession in western Iceland. Bull. Geolog. Soc. Am., 88, 1-15.

- Páll Einarsson, Fred W. Klein & Sveinbjörn Björnsson 1977: The Borgarfjörður earthquakes of 1974 in west Iceland. Bull. Seism. Soc. Am., 67, 187-208.
- Rannsóknaráð ríkisins 1944: Jarðhiti á Íslandi I, alkalísk jarðhita-svæði. Reykjavík, Rannsóknaráð ríkisins, 177 s.
- Stefán Arnórsson 1969: A geochemical study of selected elements in thermal waters of Iceland. Doktorsritgerð, Lundúnarháskóli, 353 s.
- Stefánsson, V. & Emmerman, R. 1980: Gamma Ray Activity in Icelandic Rock. JGR-IRDP spec. issue, (í prentun.)
- Sturlunga III 1948: Þorgils saga Skarða. Íslendingasagnaútgáfan, Reykjavík, 480 s.
- Trausti Einarsson 1942: Über das Wesen der heißen Quellen Islands. Vísindafélag Íslendinga, rit 26, 91 s.
- Valgarður Stefánsson & Emmerman, R. 1980: sjá Stefánsson, V. & Emmerman, R. 1980.
- Walker, G.P.L. 1959: Geology of the Reyðarfjörður area, eastern Iceland. Quart. J. Soc. London, 114, 367-393.
- Walker, G.P.L. 1974: The structure of eastern Iceland. í: L.Kristjánsson (ritstj.) Geodynamics of Iceland and the North Atlantic Area. Dordrecht, D. Reidel Publ. Co., 177-188.
- Þorsteinn Thorsteinsson 1977: Rennslis- og vatnsstöðumælingar í borholum í Bæjarsveit, júlí - sept. 1977. Orkustofnun, OS JHD 7728, 8 s.

VIÐAUKI A

Segulmælingar: Mæliaðferðir og mæliferlar.



Segulmælingar

1978-06-20

SEGULMÆLINGAR

Inngangur

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

Eóli segulmælinga

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

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

Notagildi

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

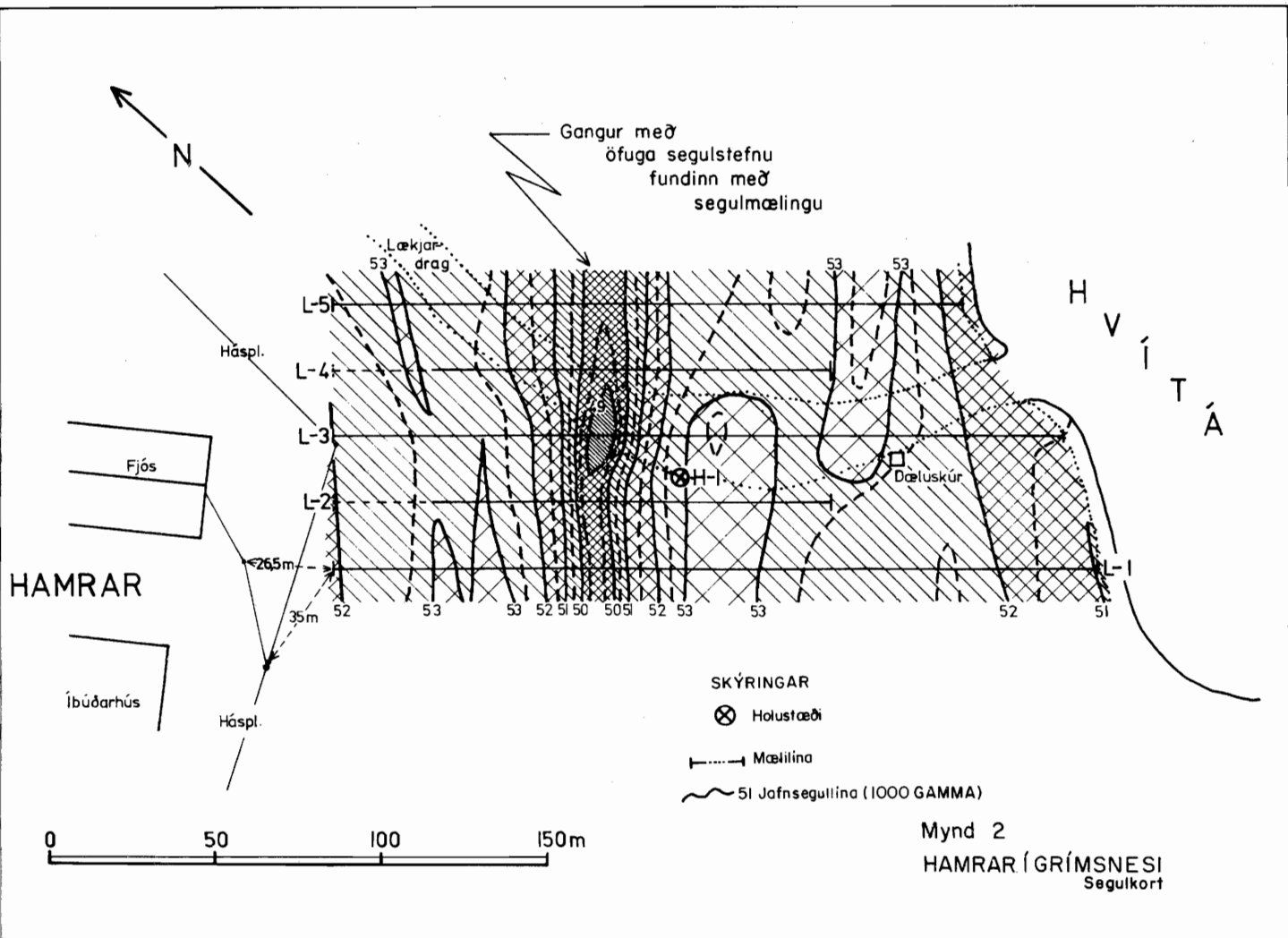
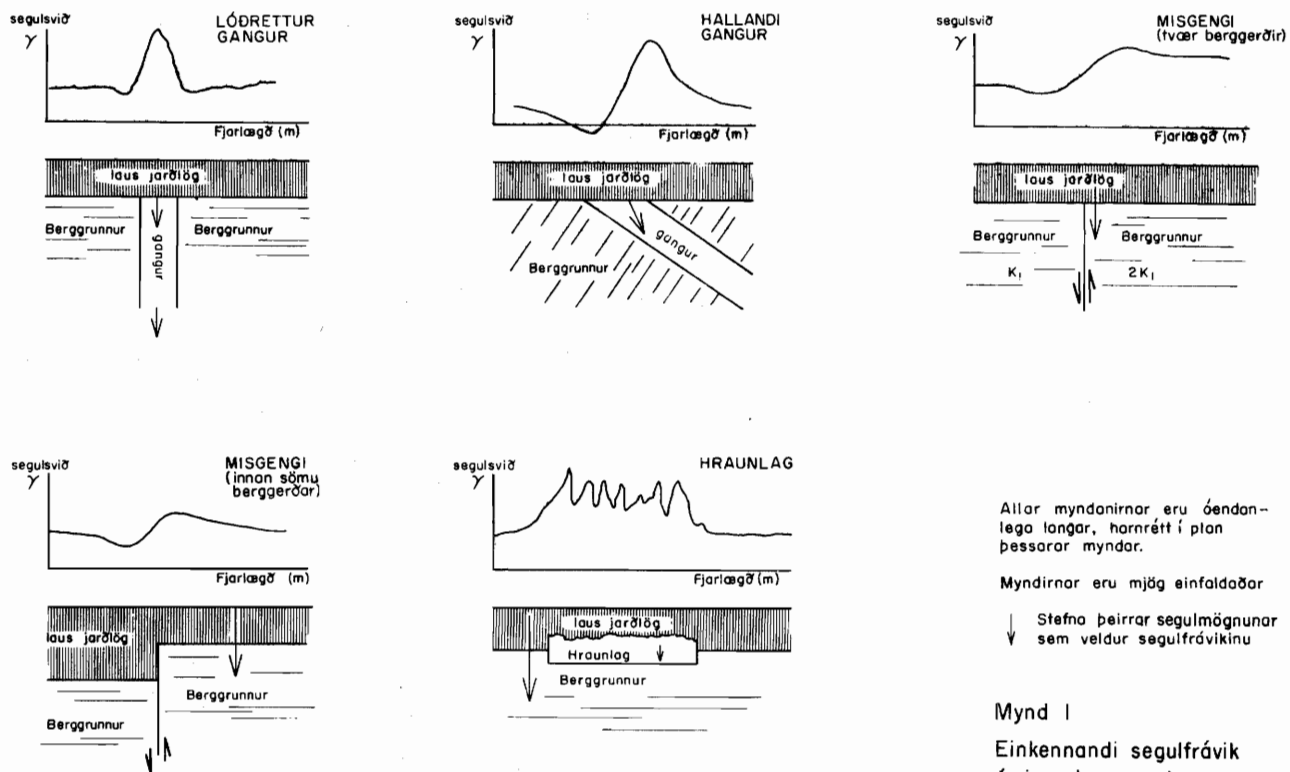
sviði. Frávikio er jákvætt yfir rétt segulmagnuðum gangi, þ.e. þar mælist sterkara segulsvið en neikvætt yfir öfugt segulmagnuðum gangi, þ.e. veikara segulsvið.

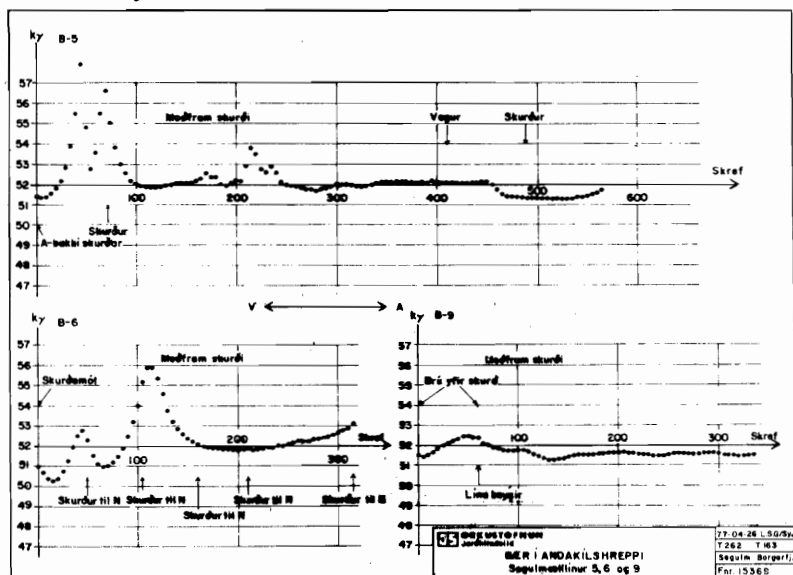
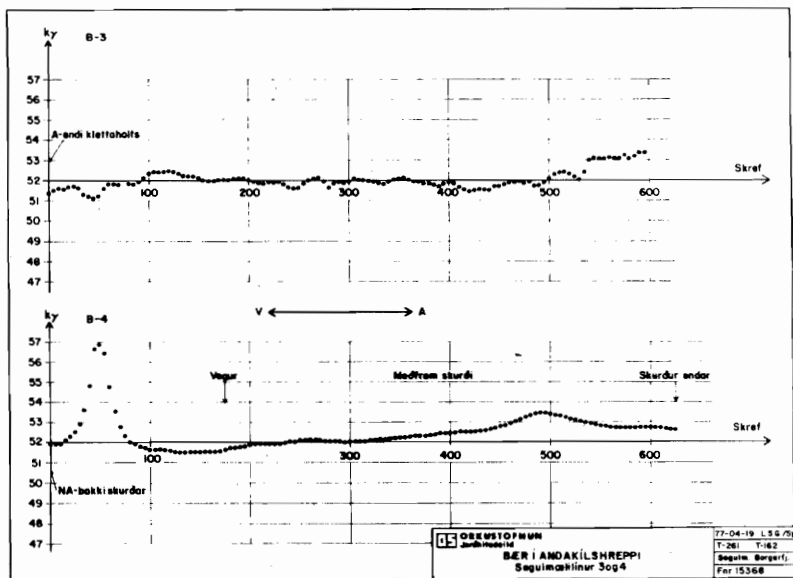
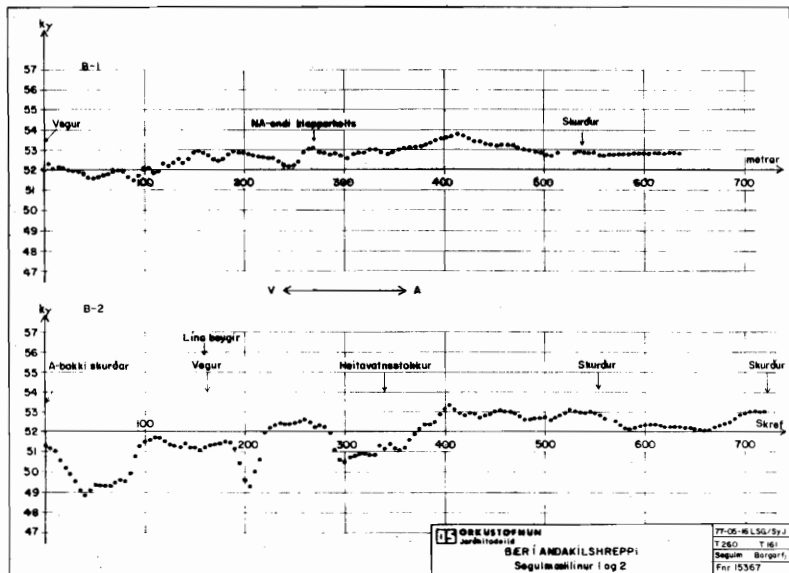
Mynd 1. sýnir áhrif ýmissa bergmyndana á segulsviðið. Að gefnum ákveðnum forsendum er unnt að reikna út lögum og dýpi þeirra myndana er valda mældu staðbundnu frávikni á heildarsviðinu. Nákvæmni í staðsetningu þeirra bergmyndana er valda frávikni er að mestu háð þykkt yfirborðslaganna, gerð og halla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

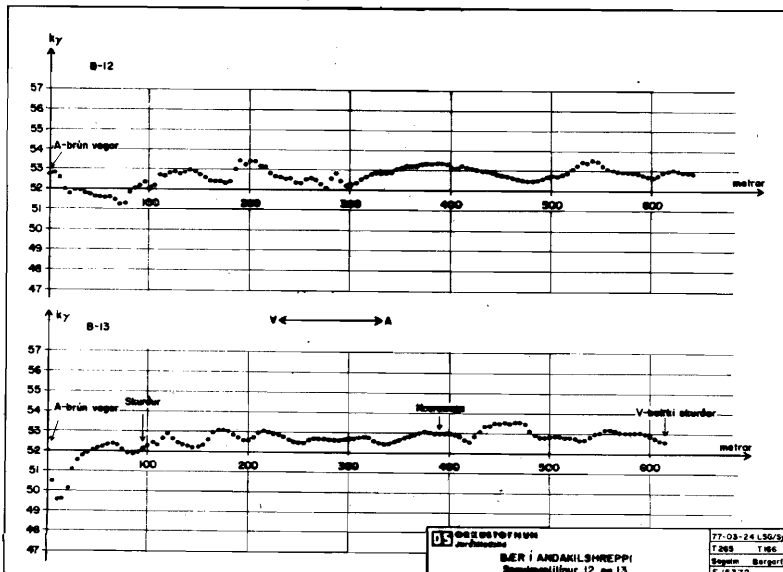
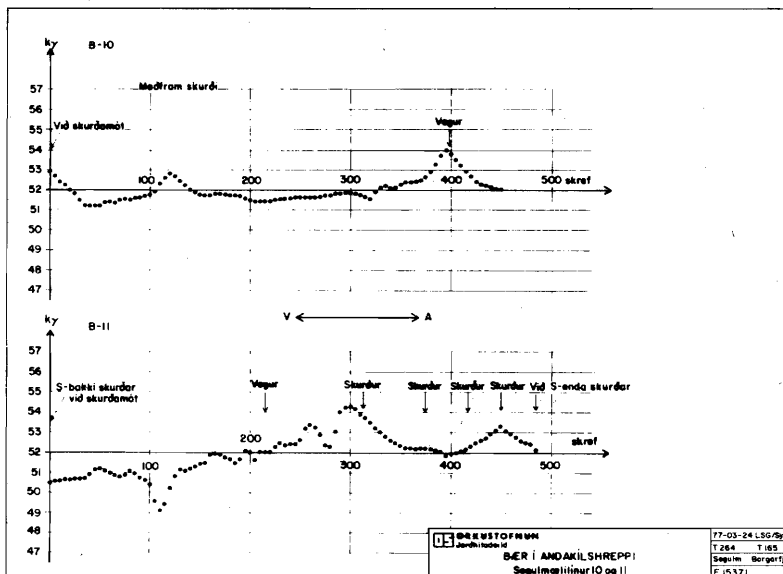
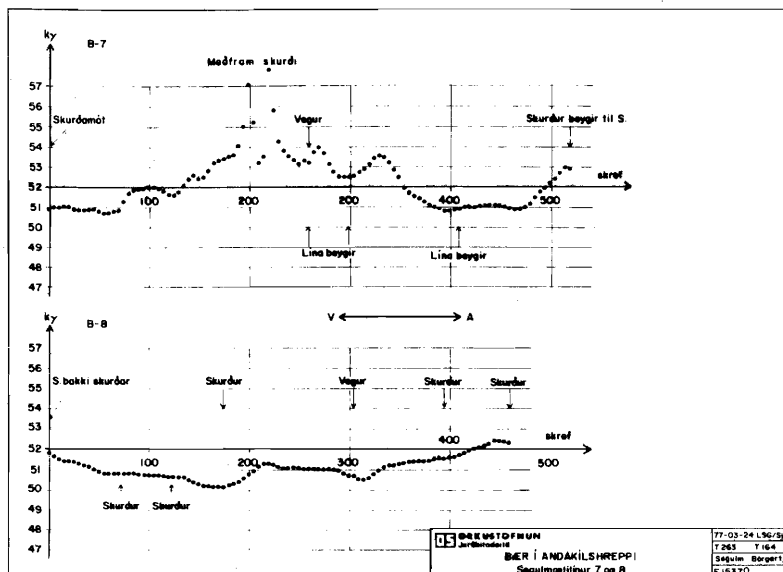
Stundum eru staðbundin áhrif frá jarðmyndunum það veik að þau valda ekki marktæku segulfrávikni. Segulmælingar gagna að sjálfsögðu ekki þar, við að greina í sundur jarðmyndanir sem eru huldar lausum yfirborðslögum.

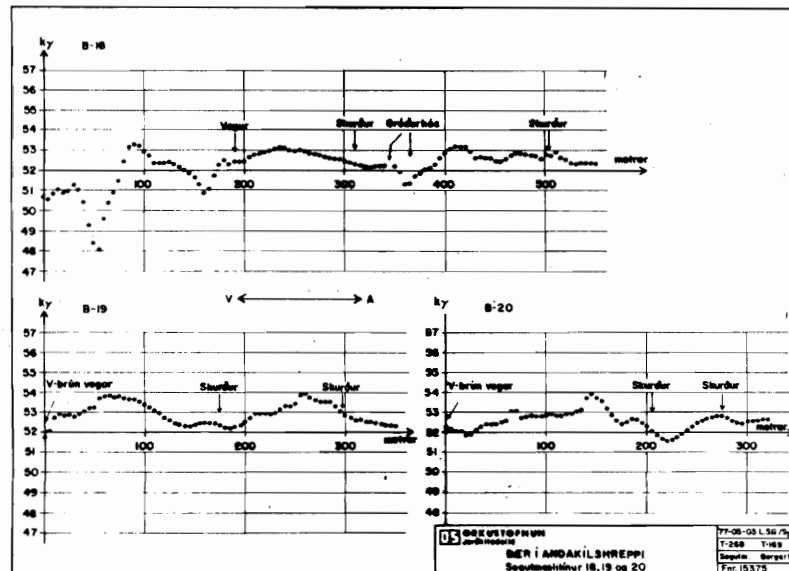
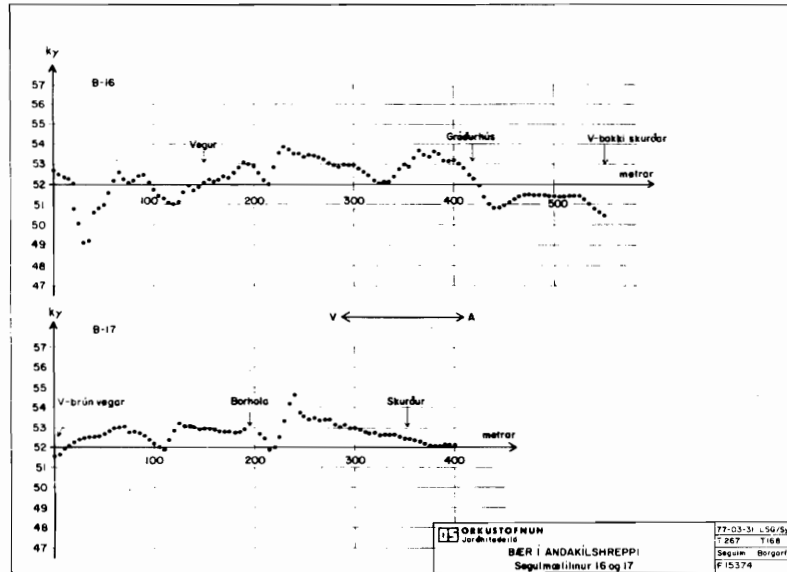
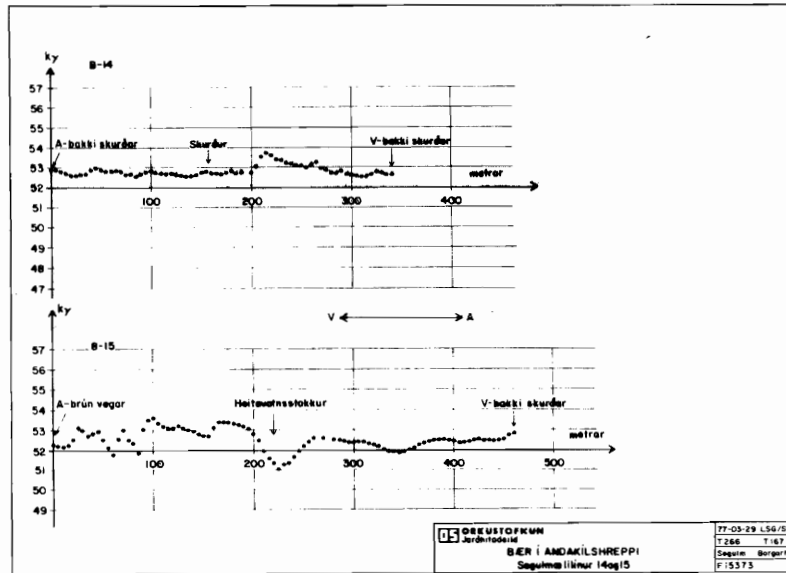
Mæliaóferð og mannaflí

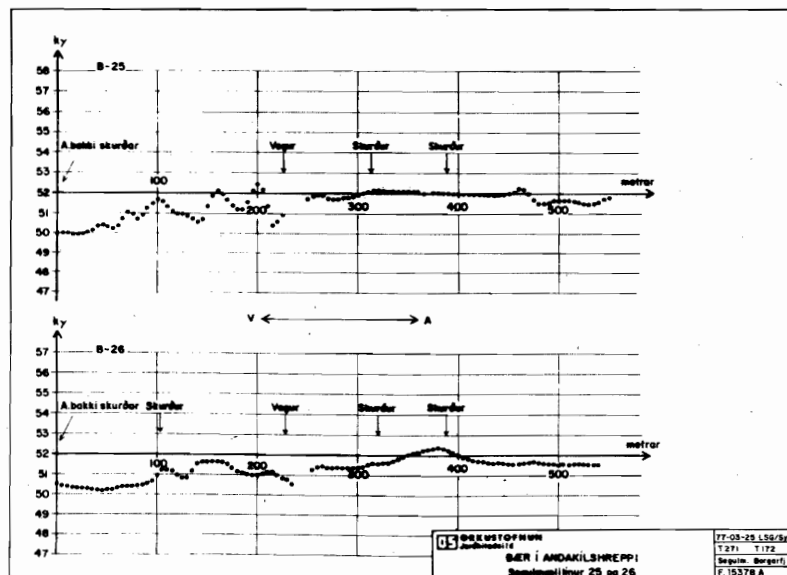
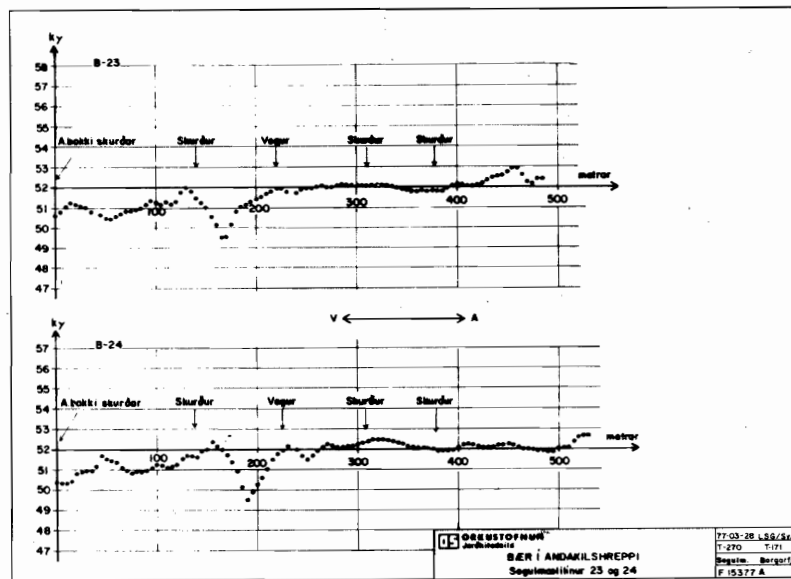
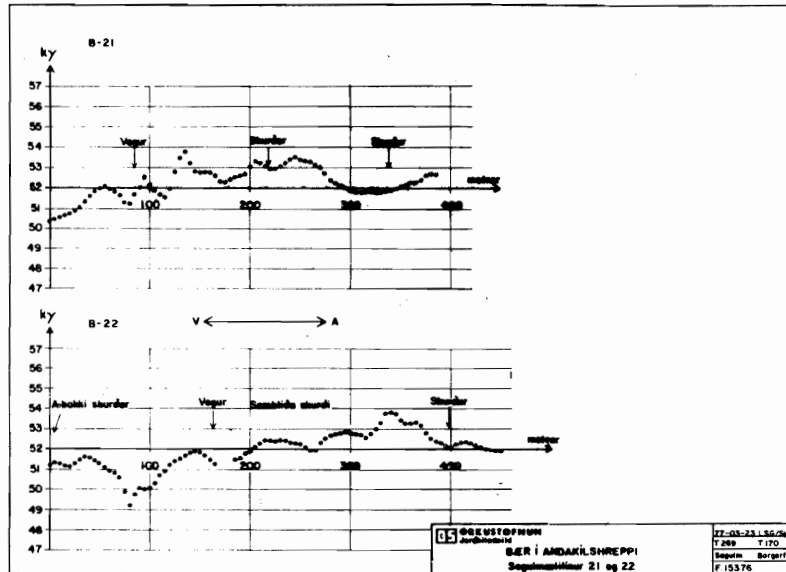
Segulmælingar eru oftast gerðar með segulmæli sem mælir heildarstyrk sviðsins (prótónusegulmælir). Mælt er í um það bil 2,5-4 m hæð yfir jörðu eftir ákveðnum línunum eða í neti. Fjarlægð á milli lína eða punkta í neti fer eftir því hve örar breytingar verða á segulsviðinu og þeirri nákvæmni og upplausn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

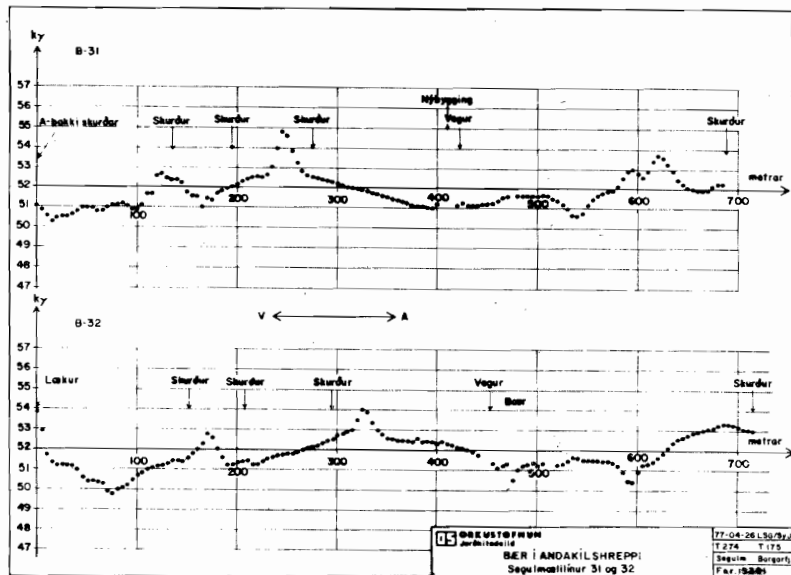
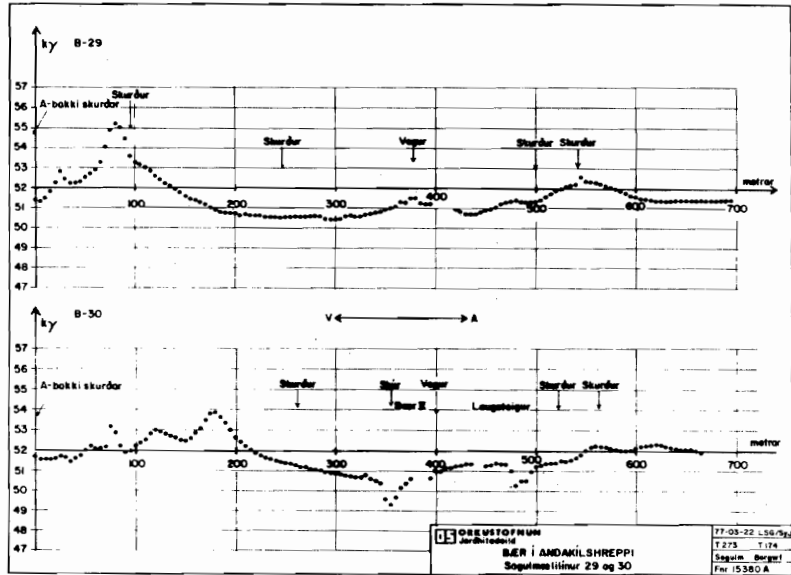
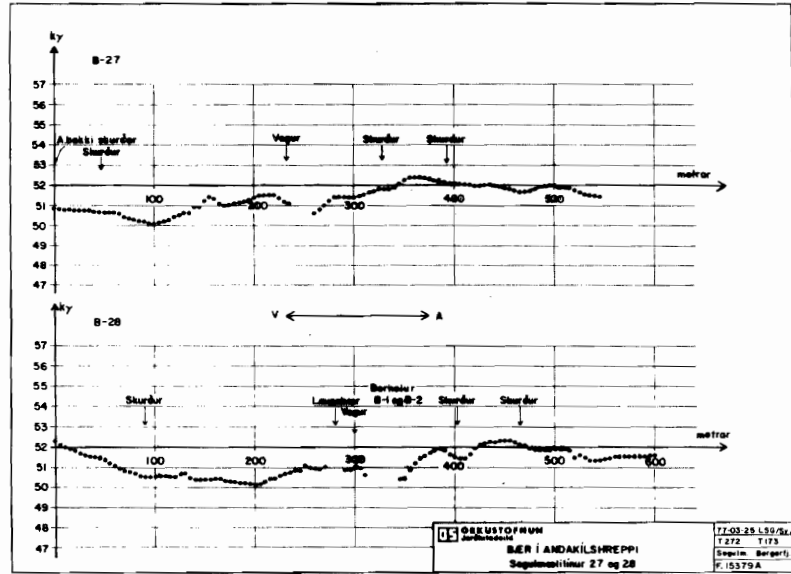


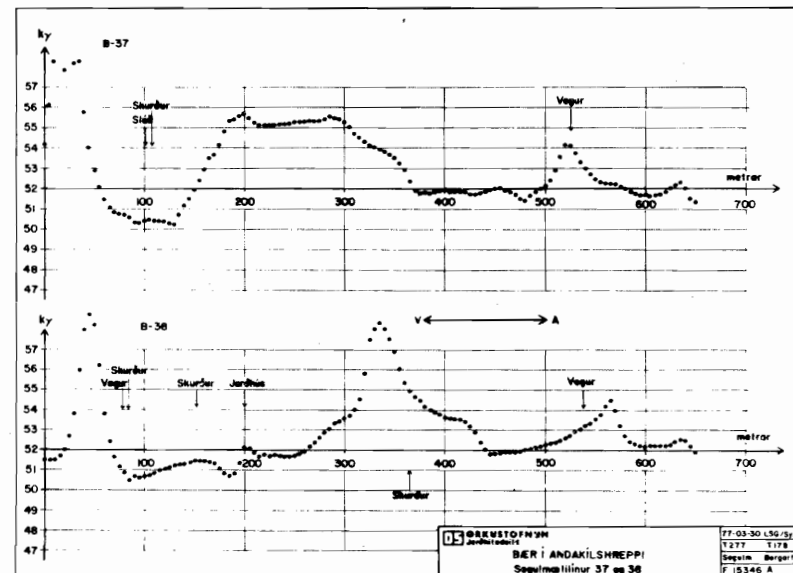
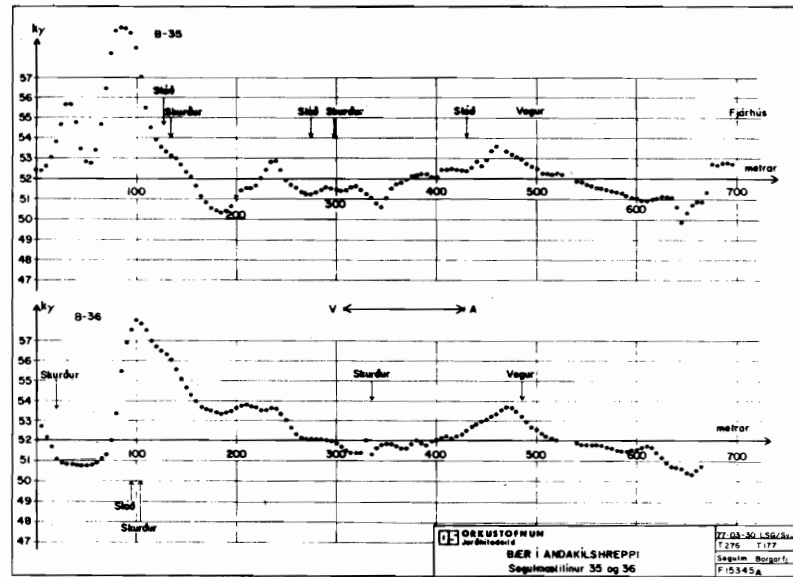
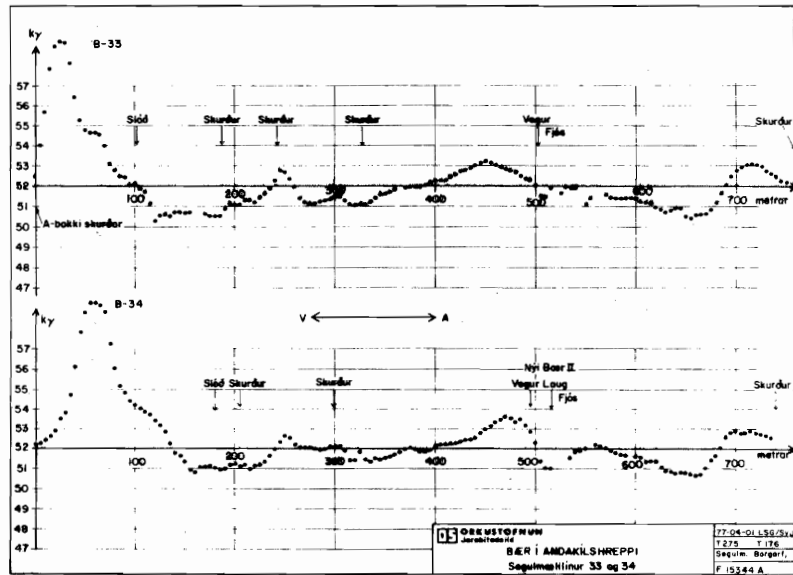


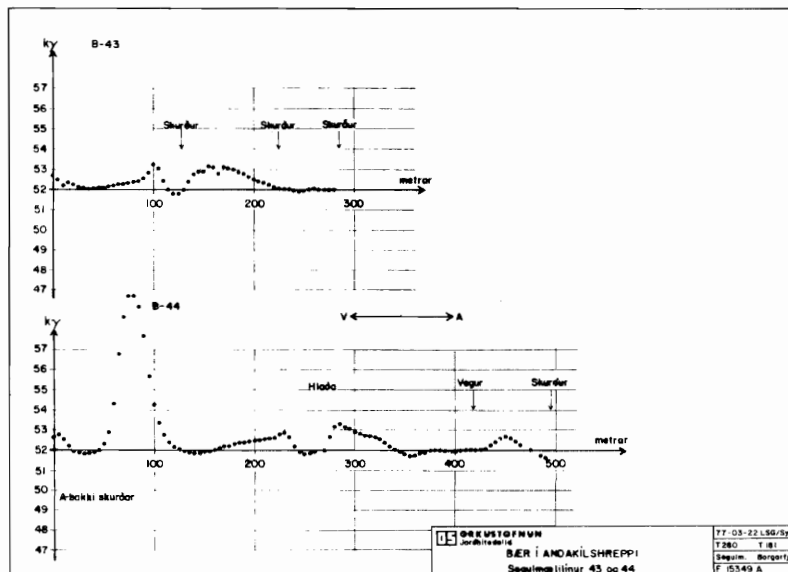
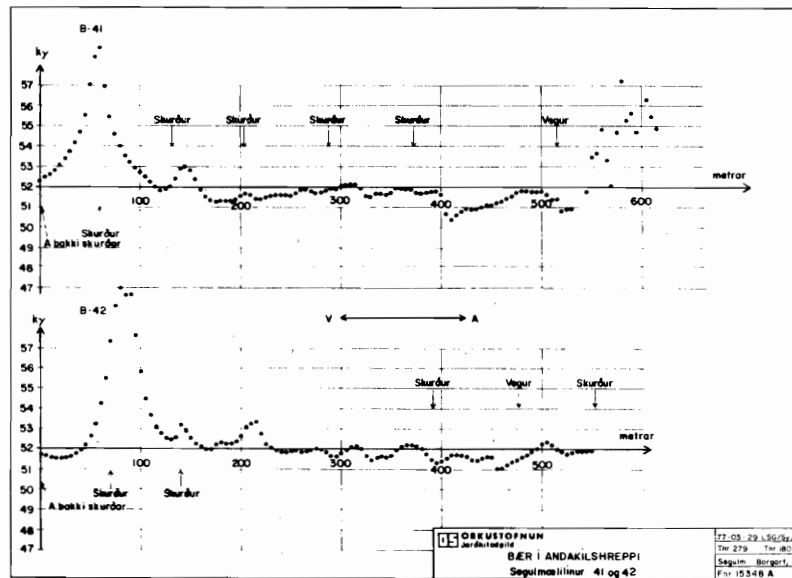
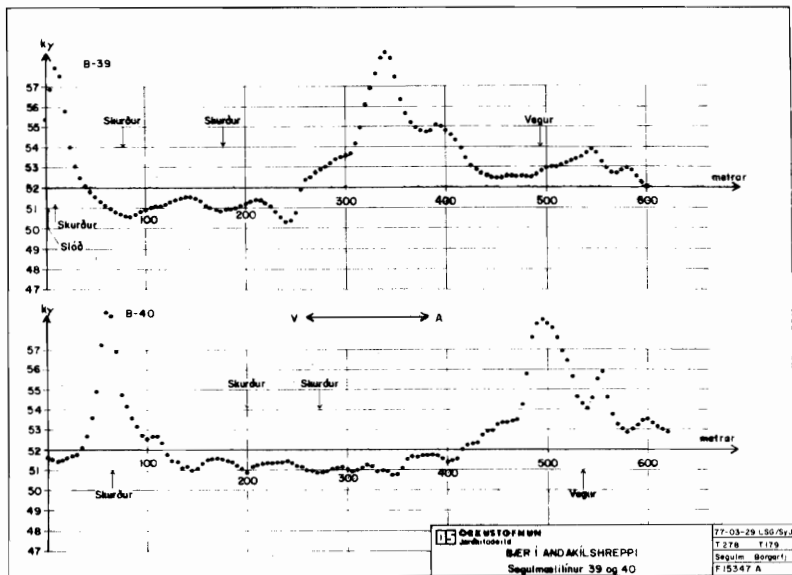


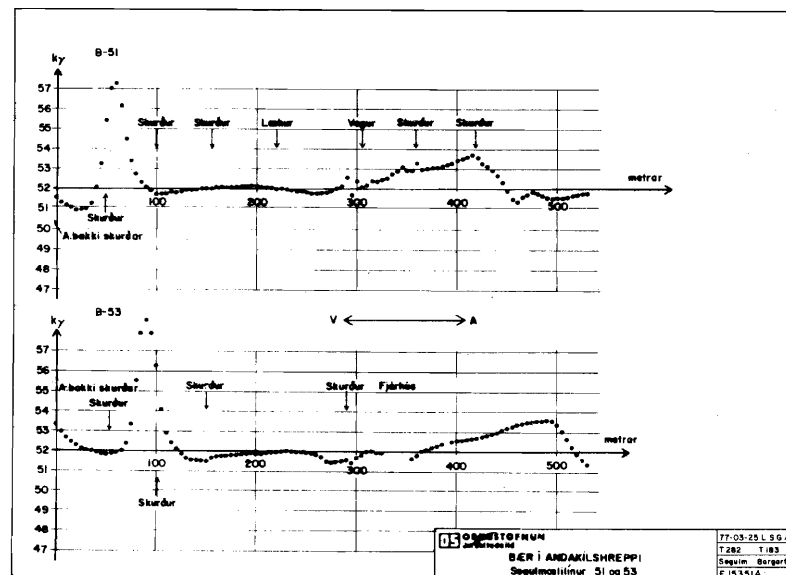
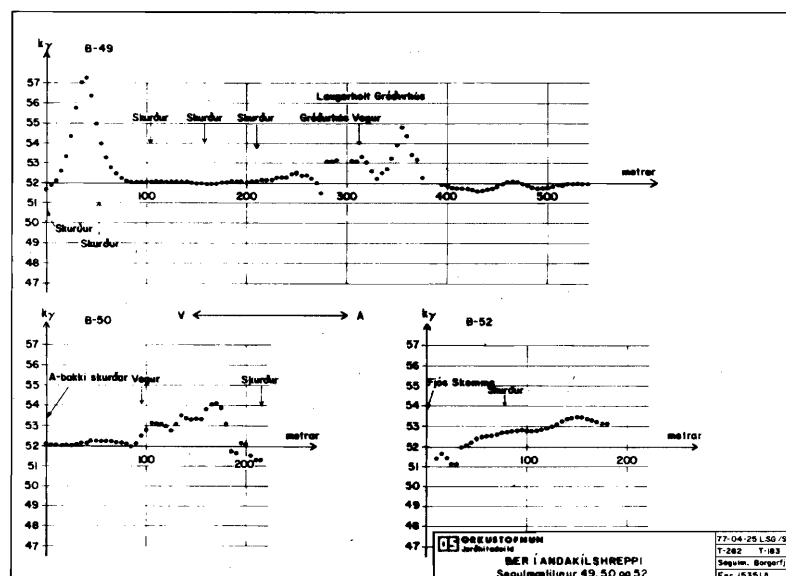
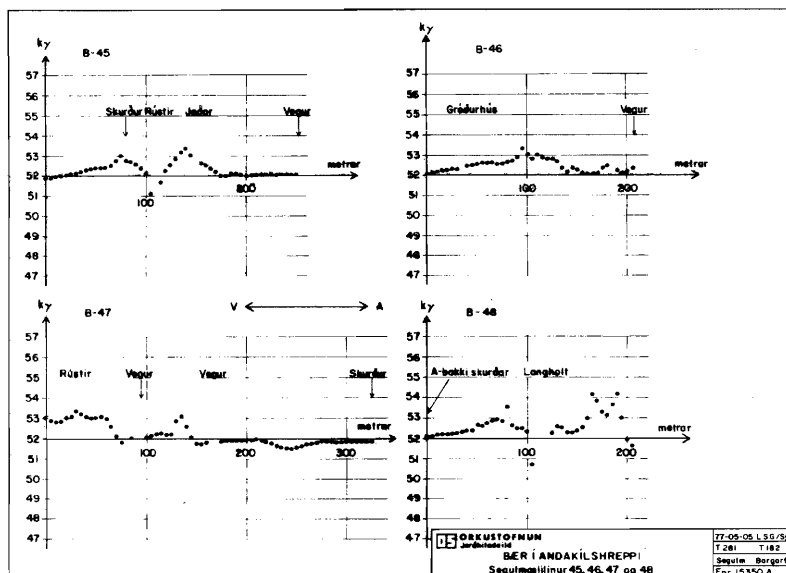


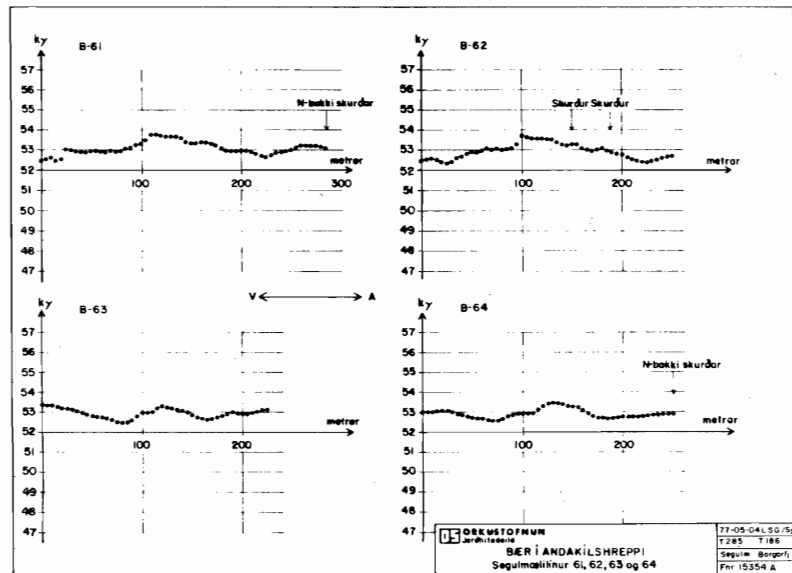
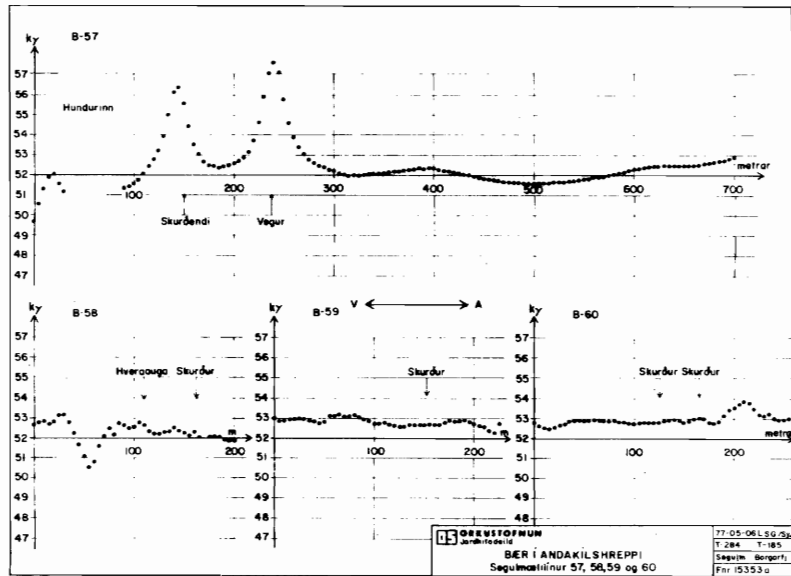
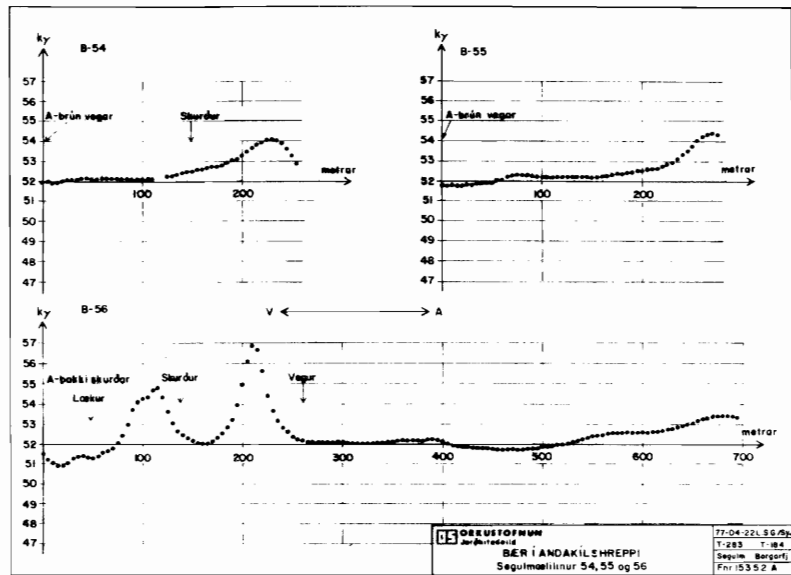


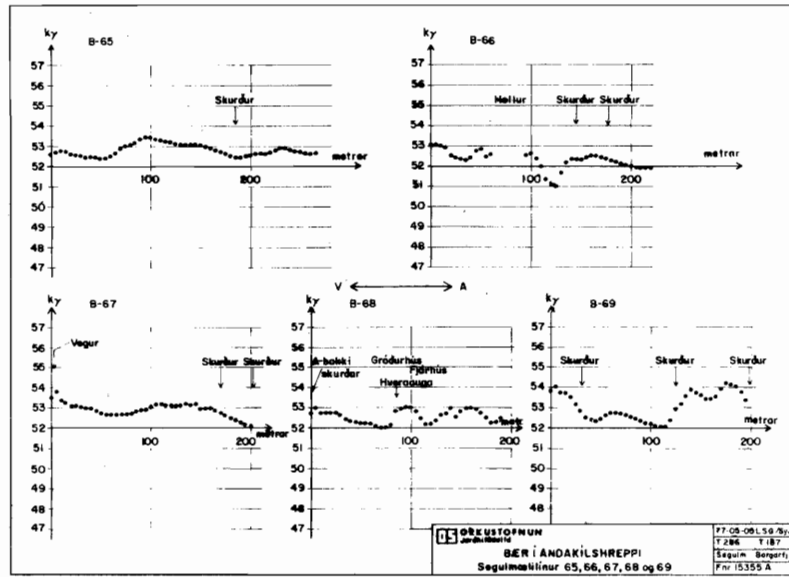












ORUSTOFNUN
BÆR Í ANÐAKILSHREPPÍ
Seguimattínlínur 65, 66, 67, 68 og 69

17.08.09 L.S.d. Árd.
T.286 T.187
Seguim. Bergart.
Pnr. 15355 A

VIÐAUKI B

Viðnámsmælingar: Mæliaðferðir, stað-
setning mælinga og mæliferlar.

VIÐNÁMSMÆLINGAR

Eðlisviðnám

Eðlisviðnám bergs, sem er mettað vökva, er háð hitastigi, holrými (poruhluta), seltu jarðvatnsins og einnig gerð bergsins, þ.e. lögun poranna í berginu og viðnámi þurra bergsins. Eðlisviðnámið fer lakkandi með :

1. auknu holrými
2. hækandi hitastigi
3. auknu seltumagni jarðvatns.

Á jarðhitasvæðum mælist gjarnan lægra eðlisviðnám en utan þeirra. Þetta lágviðnámsfrávik getur átt sér þrjár orsakir. Vatnsinnihald bergsins er meira þar, bergið er heitara en umhverfis og seltumagn jarðhitavatns er hærra. Yfirleitt er um samspil allra þátta að ræða, enda eru þeir að nokkru tengdir sem marka má af því að selta jarðvatns eykst með hærra hitastigi. Eðlisviðnám bergs er viðkvæmast fyrir breytingum í seltu jarðvatnsins og því getur lágt viðnám átt sér aðrar orsakir en jarðhita. Algengast er að um sé að ræða áhrif frá sjávarseltu, þar sem sjór nær að ganga inn í berggrunninn. Því verður að meta ytri aðstæður hverju sinni.

Þó að vitað sé hvaða þættir hafi áhrif á eðlisviðnám bergs er samspil þeirra oftast of flókið til að meta megi hlutfallslegan þátt hvers og eins. Gildi viðnámsmælinga í jarðhitaleit er því fyrst og fremst fólgið í samanburði mælinga innan og utan jarðhitasvæða. Þannig fást veigamiklar upplýsingar um stærð og lögun jarðhitasvæða, vatnsleiðandi jarðlög o.s.frv.

Mæliaðferðir

Ýmsar viðnámsmæliaðferðir eru til. Þeim má skipta í lengdarmælingar og dýptarmælingar.

Lengdarmælingar gefa upplýsingar um lárétta breytingu eðlisviðnáms og hafa þær verið notaðar lítillega í jarðhitaleit hér á landi til að finna eða rekja vatnsleiðandi sprungur eða ganga.

Dýptarmælingar gefa upplýsingar um breytingu eðlisviðnáms með dýpi. Þær hafa mikið verið notaðar í jarðhitaleit hér á landi. Jarðhitadeild beitir einkum tveimur mæliaðferðum við þessar athuganir, Schlumbergermælingum og tvíþól mælingum, en aðrar aðferðir hafa verið reyndar, ef það hefur verið talið gagnlegra.

Schlumbergermælingar mæla viðnám niður á um 1000-1500 m dýpi. Meðfylgjandi mynd sýnir tækjauppsetningu. Straumgjafi er tengdur við tvö rafskaut (póla), sem eru reknir niður í jörðina. Þegar straumur (I) er sendur út verður spennufall (ΔV) á yfirborði jarðar, og er það mælt á milli tveggja annarra rafskauta. Hið svokallaða sýndarviðnám ρ_s er skilgreint samkvæmt Ohmslögmáli sem $\rho_s = k \frac{\Delta V}{I}$, þar sem k er stuðull sem aðeins er háður afstöðu og fjarlægð milli skauta. Með því að breyta bilinu milli skautanna og teikna sýndarviðnámið sem fall af fjarlægð milli straumskauta fást ferlar, sem með rétttri túlkun gefa upplýsingar um raunverulegt eðlisviðnám jarðlaga á mismunandi dýpi.

Tvíþólmælingar mæla viðnám niður á um 5 km dýpi. Mælitæknin er svipuð og við Schlumberger-mælingar en innbyrðis afstaða rafskautanna önnur. Tvíþólmælingar eru allmiklu tímafrekari og kostnaðarsamari en Schlumberger-mælingar og nákvæmnin er minni.

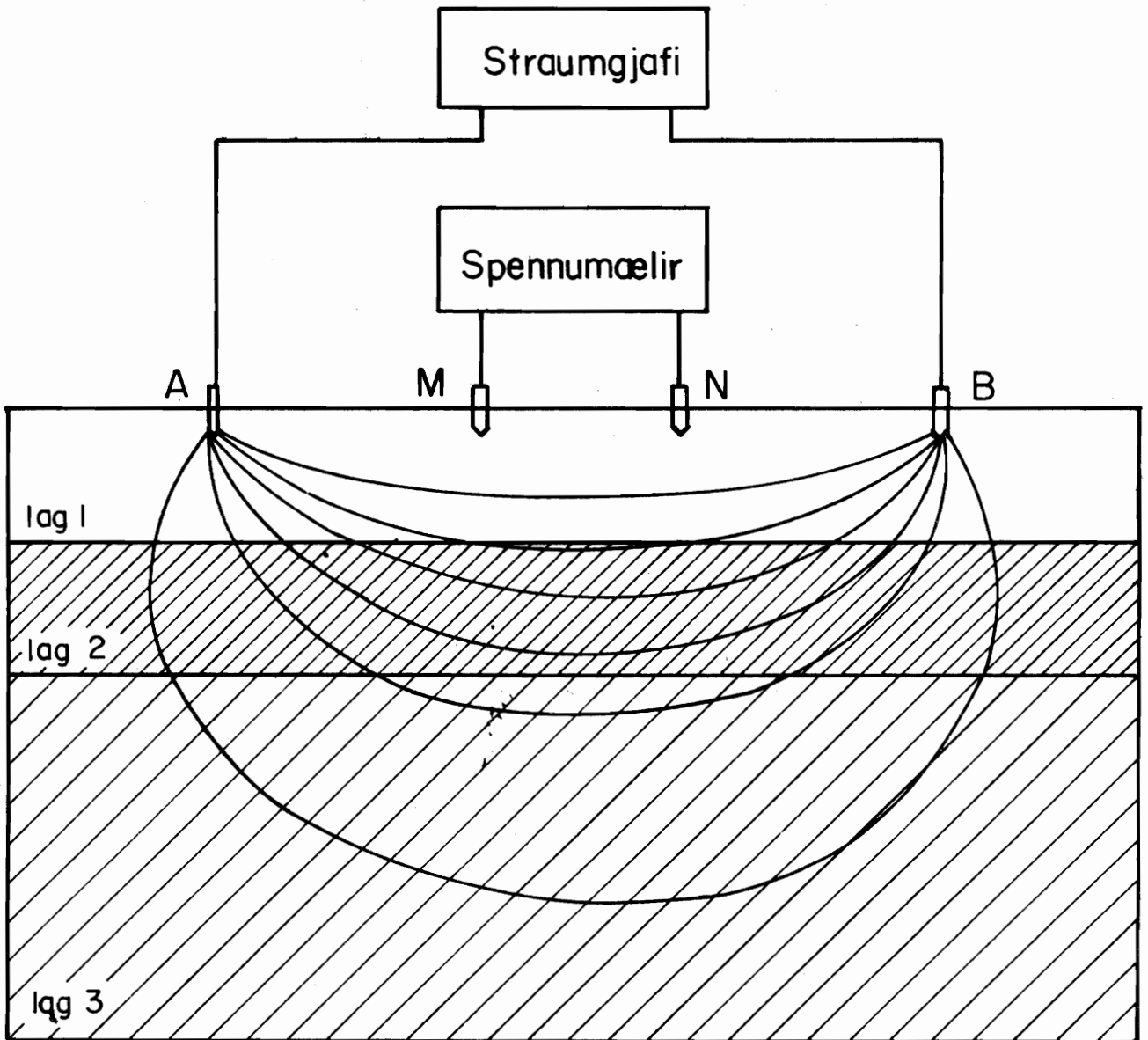
Túlkun mælinganna

Hefóbundin túlkun viðnámsmælinga (dýptarmælinga) gerir ráð fyrir láréttri skipan viðnámslaga, þ.e.a.s. að lögin séu lárétt og útbreiðsla þeirra í láréttu plani sé meiri en nemur samanlagðri lengd straumarmanna. Sjaldnast er þetta svona einfalt. Jarðlögin eru yfirleitt ekki lárétt og útbreiðsla þeirra í láréttu plani oft ekki nægilega mikil. Einnig getur eðlisviðnámið í "viðnámslagi" verið nokkuð breytilegt frá einni mælingu til annarrar. Alltaf verður að reikna með mæliskekkju (áætluð um 5%), sem getur átt sér ýmsar orsakir, svo sem breytilegt yfirborðsviðnám, jarðspennusveiflur o.fl. Oftast eru frávikin þó ekki stærri en svo að góð nálgun fæst með því að gera ráð fyrir láréttri lagskipan. Lausn fæst þó stundum ekki fyrr en við samræmingu nokkurra

mælinga, en þannig fæst venjulega ein lausn sem innan skekkjumarka er sennilegri en aðrar. Viðnámslöggin má síðan tengja jarðfræðinni, og þannig fæst fyllri mynd af jarðlagaskipan svæðisins. Þó ber að athuga að mismunandi jarðlög geta haft svipað eðlisviðnám og því verður að sýna varkárni við slíkar tengingar.

Mæliferlarnir eru gróftúlkaðir með því að bera þá saman við safn móðurferla, sem hver samsvarar ákveðinni lagskipan, og velja þá úr sem passa best hverju sinni. Með aðstoð tölvu er svo reiknaður út ferill sem samsvarar þessari lagskipan og hann borinn saman við mæliferilinn. Í ljósi þessa samanburðar er túlkunin endurskoðuð og nýr ferill reiknaður. Þessu er haldið áfram uns gott samræmi fæst á milli mæliferils og reiknaðs ferils.

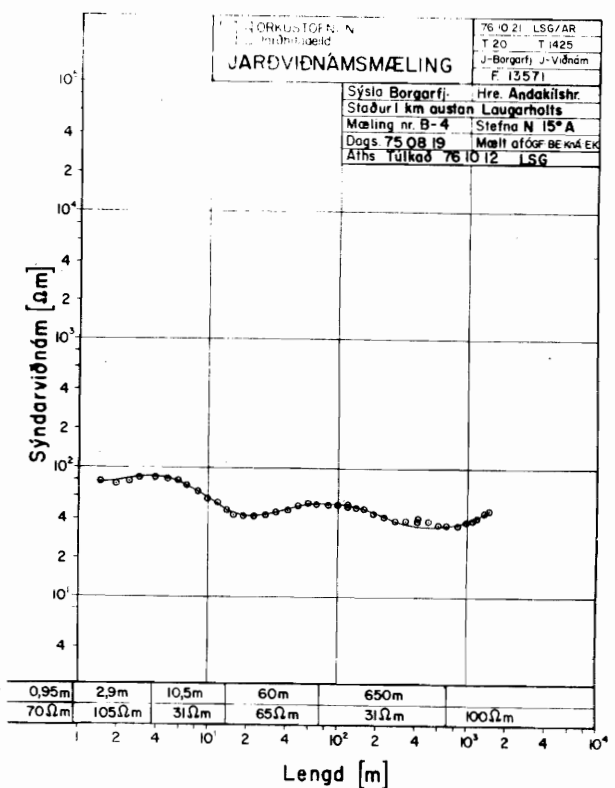
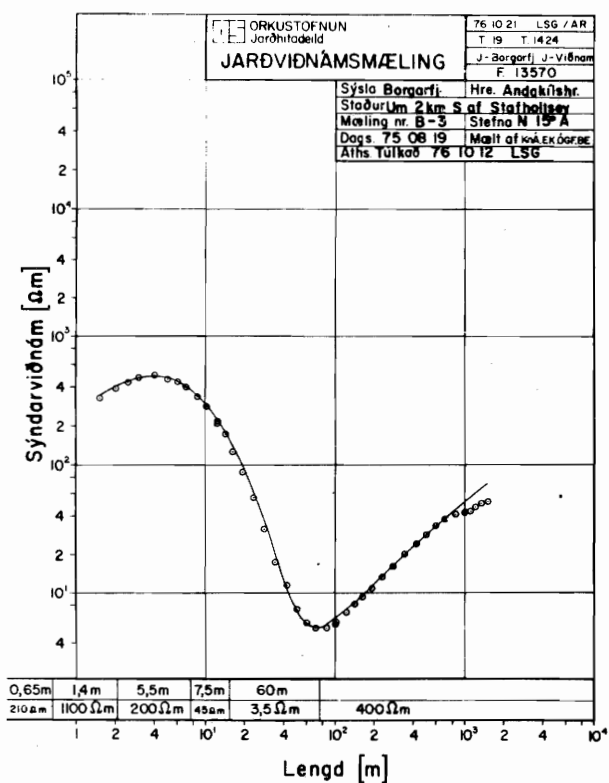
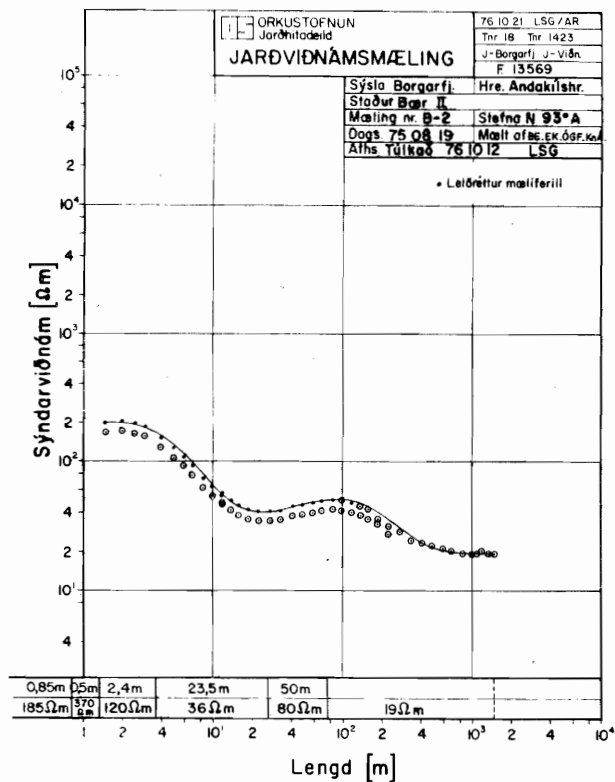
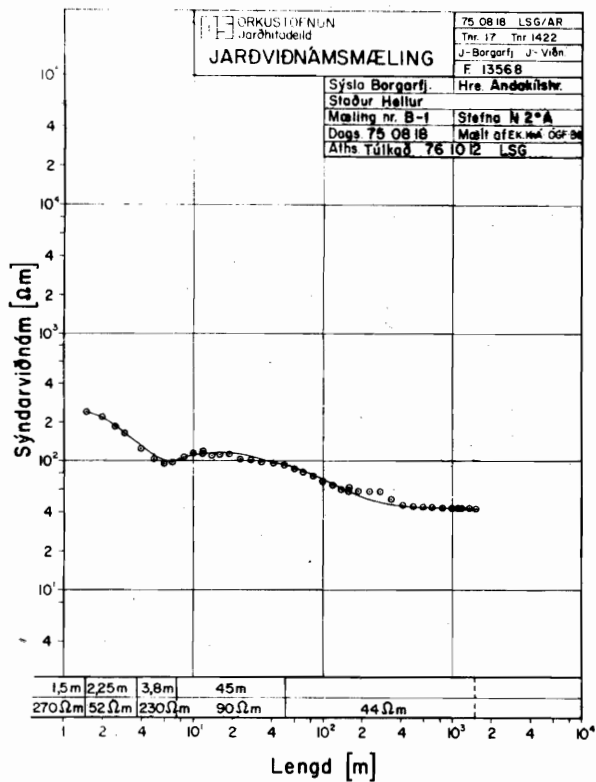
Mæliferlana er einnig hægt að túlka sjálfvirkt í tölvu, og er sú aðferð nákvæmari en mun dýrari. Sjálfvirk tölvutúlkun er því aðallega notuð ef fyrrgreind aðferð reynist ekki nógu vel og skilyrði um lárétta útbreiðslu viðnámslaga er nokkuð vel uppfyllt.

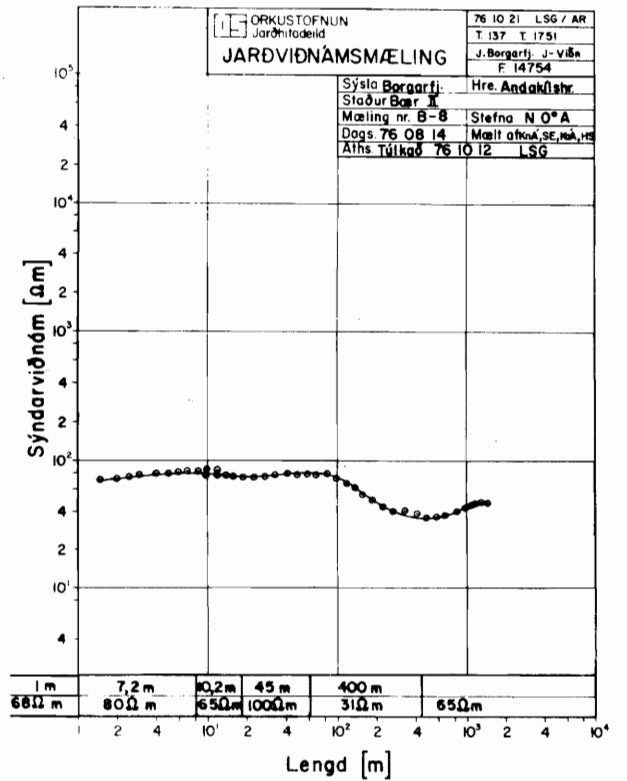
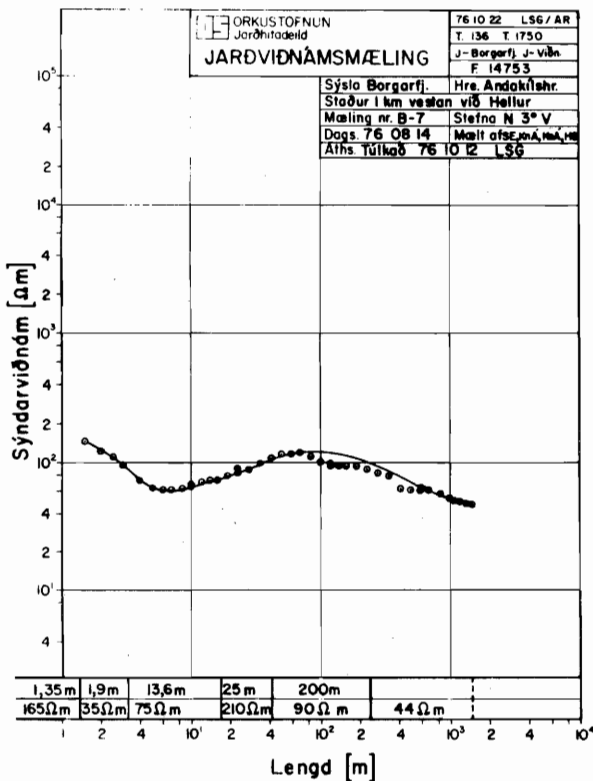
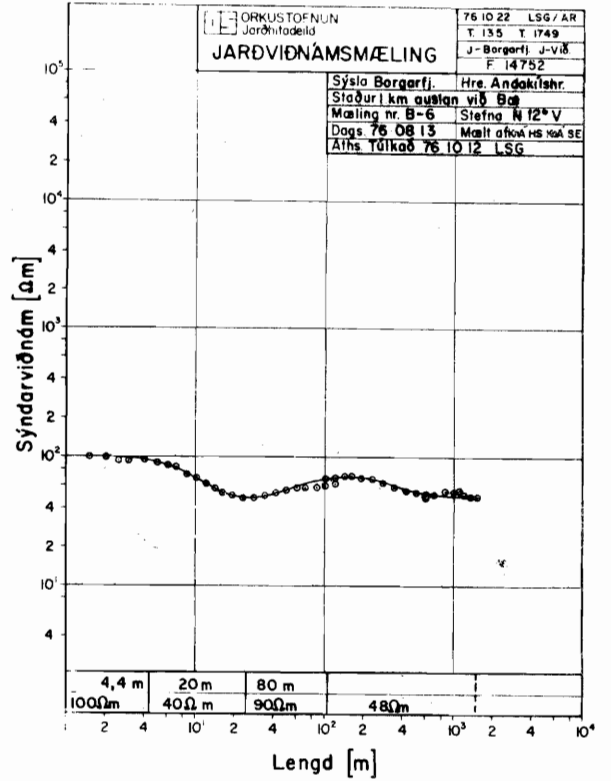
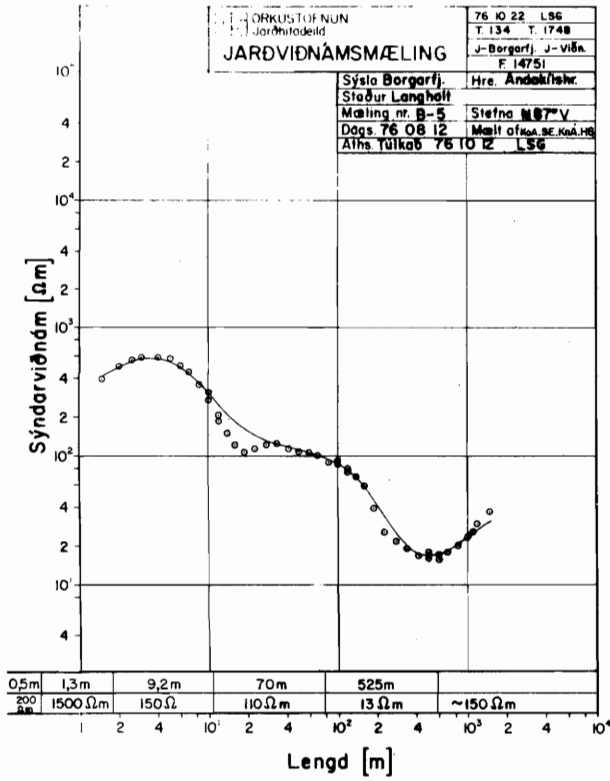


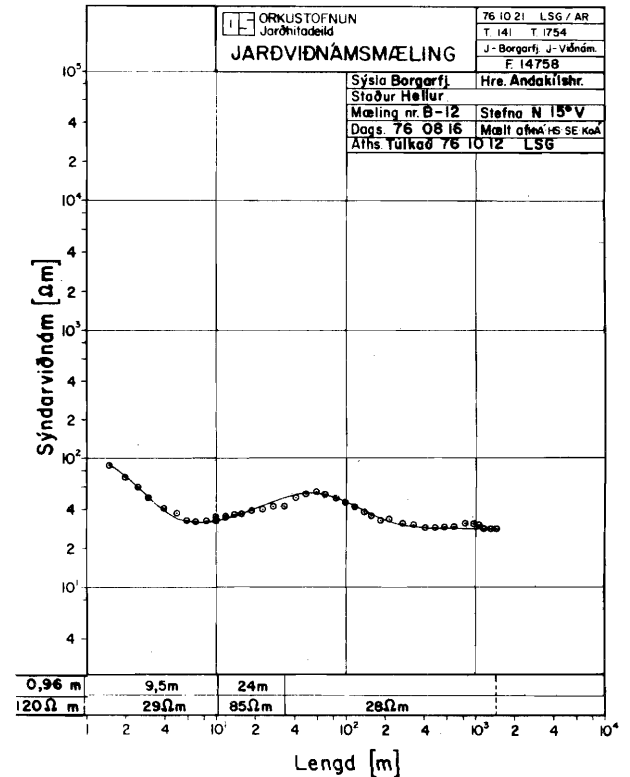
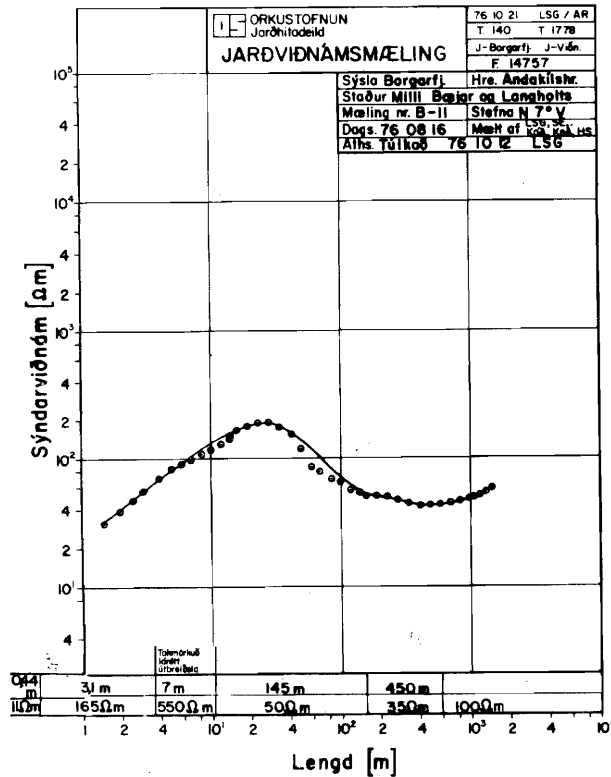
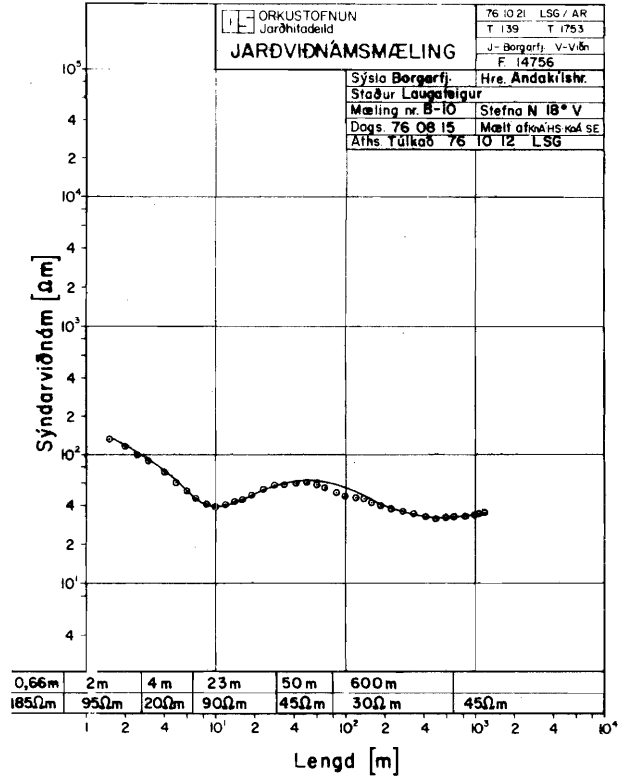
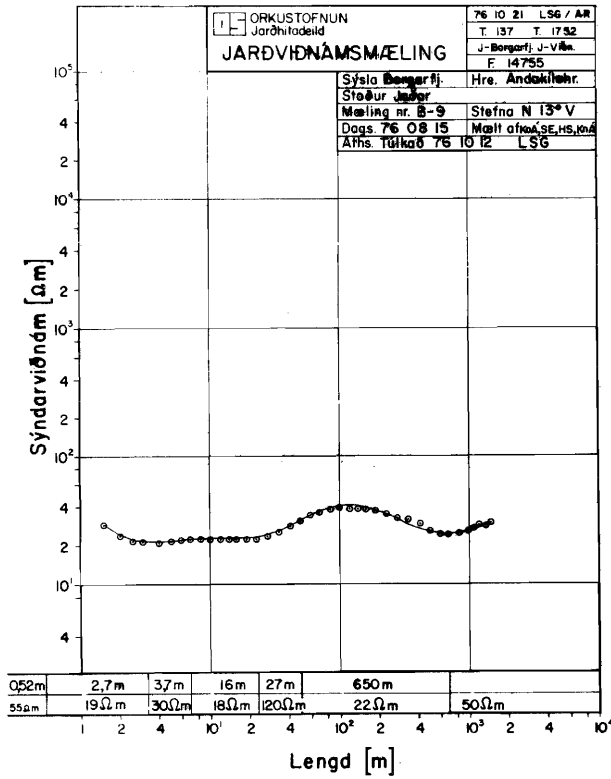
TAFLA

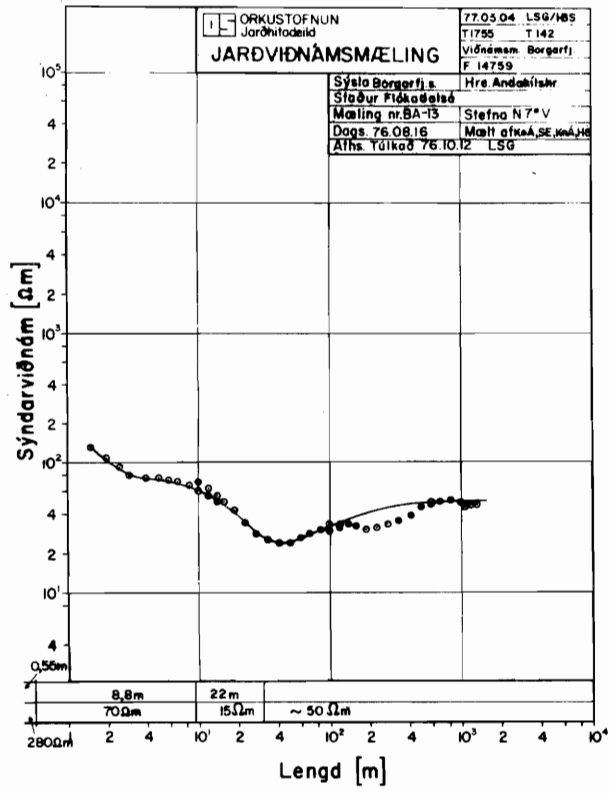
Staðsetning Schlumberger-viðnámsmælinga í Bæjarsveit sumrin 1975 og 1976.

Mæling BA nr:	Breidd	Lengd	Stefna straumarns	Staðarlýsing
	71	4		
1	65.65	73.60	N 2°A	Hellur, í túni sunnan bæjarhúsa
2	66.45	73.40	N 93°A	Bær II, rétt norðan bæjarhúsa
3	66.95	71.15	N 15°A	Við veg, um 2 km sunnan Stafholts- eyjar
4	67.45	74.20	N 18°A	Austan Bæjar við eyðibýlið Keldu
5	67.90	72.90	N 87°A	Langholt, skammt vestan rústa
6	66.50	74.40	N168°A	Í túni um 1 km austan Bæjar
7	66.00	72.70	N177°A	Við Hvítárbakkaveg um 800 m vestan Hellna
8	66.45	73.35	N 0°A	Bær II, rétt norðan bæjarhúsa
9	67.45	73.15	N167°A	Jaðar, rétt norðan bæjarhúsa
10	66.25	73.60	N162°A	Laugateigur, skammt sunnan gróðurhúsa
11	67.00	73.50	N173°A	Við veg milli Laugarholts og Bæjar
12	65.90	73.70	N165°A	Hellur, rétt norðan gróðurhúsa
13	68.05	74.10	N173°A	Í túni um 1 km norðaustur af Laugar- holti









VIÐAUKI C

Svarflýsing og borholusnið

Dýptartölurnar eru dýpi á krónu, þegar sýnin eru tekin, skráð af bormönnum. Ekkert tillit er tekið til tímans sem tekur svarfið að berast upp holuna.

BÆR - Hola 3

- 0-4 m Basalt með töluverðu af gulleitum leir og kalsíti.
- 4-22 m Meðalfínkornótt dökkt basalt, líklegast ólivín þóleiðt basalt. Holufyllingar eru í efstu metrunum.
- 22-32 m Gráleitt basalt nema efst og neðst, þar er það oxað.
- 32-48 m Talsverð blöndun. Mest ber á ummyndaðu talsvert oxuðu basalti. Neðst er dreif af rauðu seti.
- 48-56 m Mikið ummyndað hröngulslegt basalt og brúnt set.
- 56-74 m Ummyndað talsvert oxað basalt. Einnig er dreif af seti.
- 74-118 m Talsvert ummyndað fínkornótt þóleiðt basalt. Á 90-96 m dýpi er rauðleitur kargi og rautt setlag. Á 104-118 m dýpi er fersklegt basalt.
Þunnsneið nr. 7698, 102 m dýpi. Mismunandi fínkristallað þóleiðt basalt víða með flóðtextúr og leir í grunnmassa. Einnig eru nokkur samlímd basaltkorn og svo til ógegnsæ brotkorn.
- 118-142 m Efst eru 4 m af gráleitu fínkornóttu bergi, líklega seti. Þá er fínkornótt basalt, talsvert ummyndað en á 133 m dýpi er rautt set. Á 142 m dýpi finnst mordenít.
- 142-154 m Í efstu 2 m lagsins er fersklegt basalt, næstu 10 m eru einnig úr talsvert fersku basalti.
Þunnsneið nr. 7699, 144 m dýpi. Meðalfínkornótt, fersklegt og talsvert glerjað basalt, með óreglulega málmkristalla.
- 152-180 m Efst eru 2 m af gjallhröngli og seti. Síðan er ummyndað fínkornótt basalt. Sérstaklega ferskt og dökkt basalt er á 162-166 m dýpi.

- 180-190 m Í efri hlutanum er fínkornótt gráleitt ummyndað basalt og grágrænt leirkennt set. Í neðri hlutanum er heldur grófkrist-allaðra og minna ummyndað basalt. Á 190 m dýpi fundust kvars, mordenít og ef til vill heulandít.
- 190-194 m Rautt set og mjög ferskt fínkornótt dökkt basalt, hugsanlega þunnur gangur.
Þunnsneið nr. 7700, 192 m dýpi. Að mestu leyti rautt set, einnig er basalt af nokkrum gerðum, og örlítið af andesíti.
- 194-202 m Meðalgrófkornótt basalt, líklega ólivín þóleiít.
- 202-208 m Gráleitt kargalegt basalt með miklu af holufyllingum, einkum skólesíti og stilbíti.
Þunnsneið nr. 7701, 206 m dýpi. Frekar ferskt fínkornótt basalt og meðalgrófkornótt basalt með pyroxendíla og smáa plagióklasdíla.
- 208-226 m Nokkuð fersklegt og grófkornótt basalt, líklega ólivín þóleiít. Á 214 m dýpi er gulrautt leirkennt setlag. Neðan við setlagið er basaltið heldur kargalegra.
- 226-230 m Vantar svarf.
- 230-236 m Gróft dökkt nokkuð fersklegt basalt, líklega ólivín þóleiít. Neðst er rautt setlag.
- 236-244 m Ólivín þóleiít basalt og holufyllingar. Á 239 m dýpi greindust Xstilbít, analsím, mesólít skólesít og ef til vill kvars.
- 244-260 m Fremur grófkornótt dökkt og fersklegt basalt, plagióklasinn er þó nokkuð gulur.
Þunnsneið nr. 7702, 250 m dýpi. Meðalgrófkornótt basalt með örfáum mjög stórum plagióklasdílum. Ummyndun er meiri en sýnist í svarfi. Örfínar sprungur í basaltinu eru nokkuð algengar.
- 260-274 m Ljósleitt ummyndað og kargalegt talsvert grófkornótt basalt með töluverðu af kalsíti og öðrum útfellingum, líklega ólivín þóleiít. Á 266-274 m dýpi er með basaltinu rautt set.

- 274-288 m Blanda af fersklegu og nokkuð ummyndaðu grófkornóttu basalti, líklega ólivín þóleiíti.
- 288-290 m Rautt set með talsverðu af holufyllingum svo sem tomsoníti og stilbíti.
- 290-304 m Fremur gróft svarf, ummyndað basalt.
- 304-318 m Lítið ummyndað nokkuð grófkornótt plagióklasdílótt basalt. Plagióklasinn er sérstaklega gulleitur.
- 318-330 m Ummyndað meðalfínkristallað basalt og set.
- 330-344 m Í efri helmingi bilsins er fínkristallað og ummyndað basalt, en í þeim neðri er frekar fersklegt basalt með gulleitum plagióklasdílum.
Þunnsneið nr. 7703, 336 m dýpi. Fínkristallað talsvert ummyndað basalt. Mikið er af zeólítum og allmikill leir er í basaltinu. Nokkrir stórir plagióklaskristallar eru í sneiðinni.
Þunnsneið nr. 7704, 342 m dýpi. Plagióklasdílótt basalt með talsverðu af fersku ólivíni. Nokkuð er um örfínar sprungur í basaltinu.
- 344-346 m Rautt leirkennt setlag.
- 346-350 m Ljóst berg sem gæti verið mjög ummyndað basalt eða set.
- 350-358 m Rautt leirkennt set og ummyndað blágrátt fínkornótt basalt. Þunnsneið nr. 7705, 356 m. Mjög fínkornótt basalt víða með flóðtextúr og set.
- 358-362 m Grásvalt fremur dökkt basalt og gulgrænleitt ummyndað basalt.
- 362-366 m. Að mestu leyti rautt set.
- 366-386 m. Gulgrænleitt ummyndað basalt. Í þessu lagi er talsvert af holufyllingum svo sem analsími, skólesíti/mesólíti og ef til vill kalsíti. Á um 380 m dýpi er rautt set.

- 386-390 m Rauðleitt set og fínkornótt dökkt basalt.
- 390-396 m Fínkornótt ummyndað basalt.
Þunnsneið nr. 7706, 394 m dýpi. Talsvert fínkornótt þóleiðt basalt, ekki mjög mikið ummyndað, víða með flóðtextúr.
- 396-408 m Fínkornótt dökkt basalt, set og oxað basalt. Nokkur dreif er af blágráleitu bergi.
- 408-450 m Mestmegnis súrt og ísúrt berg, sérstaklega blágrátt. Dreif er af rauðu seti og oxuðu bergi neðan 436 m dýpis.
Þunnsneið nr. 7707, 424 m dýpi. Súrt berg og brotkorn sem virðist mjög líkjast einhvers konar súru seti, talsvert er af leir.
- 450-464 m Meðalgrófkornótt basalt og rautt set.
- 464-492 m Efst er rautt set, en þar fyrir neðan er meðalgrófkornótt dökkt fersklegt basalt. Á um 470 m dýpi er mjög fersklegt basalt.
Þunnsneið nr. 7708, 480 m dýpi. Meðalgrófkornótt basalt.
Talsvert hefur verið af gleri í grunnmassanum, en leir er nú kominn í þess stað, í grunnmassanum má einnig sjá ólivín kristalla.
- 492-502 m Blanda af rauðu seti og fremur fersklegu fínkornóttu basalti.
- 502-526 m Blanda af mikið ummynduðu og fremur fersklegu basalti. Einnig er rautt set, einkum á um 510 m dýpi. Fyrir neðan setlagið er grænleitt fínkornótt, mikið ummyndað og leirfyllt basalt nær allsráðandi.
- 526-540 m Ummyndað basalt. Talsvert er af holufyllingum svo sem mordeníti, kalsíti og kvarsi.
- 540-546 m Algengast er gráleitt fínkornótt ummyndað basalt.
Þunnsneið nr. 7709, 544 m. Fínkornótt ummyndað leirfyllt þóleiðt basalt. Einnig gróft mjög ummyndað basalt og ógegnsæ brotkorn með plagióklaskristöllum, sem líkjast einna helst molum úr móbergsbreksíu.

- 546-590 m Blanda af mismikið ummynduðu basalti, líklega póleiít basalti og rauðu seti. Algengast er brúnleitt fremur fínkornótt basalt, víða breksíulegt. Á 570 m dýpi greindust kalsít, kvarz, mordenít og pýrít.
- 590-604 m. Blöndun er mikil. Algengast er grátt fínkornótt og talsvert ummyndað basalt.
- 604-608 m Líklega mjög ummyndað basalt frekar en einhverskonar set.
- 608-614 m Blöndun er mikil. Grágrænt fínkornótt ummyndað basalt. Neðst er rautt set.
- 614-632 m Fínkornótt gráleitt basalt og rautt set. Í neðstu 4 m er oxað basalt.
- 632-692 m Mismunandi dökkt frekar fínkornótt basalt. Á 650-660 m dýpi er basaltið mun dekkra. Á um 655 m dýpi er basaltið oxað og á 666 m dýpi er rautt set. Á 650 m dýpi greindust heulandít, skólesít og laumontít. Þunnsneið nr. 7710, 652 m dýpi. Fínkornótt ummyndað póleiít basalt.
- 692-696 m. Meðalgrófkornótt basalt. Sérkennilega gulgræn áferð er á basaltinu. Þunnsneið nr. 7711, 696 m dýpi. Fínkristallað talsvert ummyndað póleiít basalt og nokkur ummynduð glerbrotkorn.
- 696-738 m Ummyndað póleiít basalt fremur fínkornótt og þétt. Á 725 m dýpi er rautt set. Á 706 m dýpi fundust kvar , mordenít, laumontít og ef til vill heulandít. Svo sem ofar er blöndun mikil.
- 738-760 m Gráleitt þétt fínkornótt póleiít basalt. Á 740-750 m dýpi er rautt set. Þunnsneið nr. 7712, 750 m dýpi. Fínkristallað, talsvert ummyndað póleiít basalt og einstaka langir plagióklaskristallar. Hluti af basaltinu er sérstaklega fínkristallaður og með mjög reglulega málmkristalla. Fallegar zeólíta- og leirfyllingar eru í basaltinu.

760-780 m Vantar svarf.

780-834 m Blöndun er mikil. Fremur fínkornótt mismunandi mikið ummyndað basalt og rautt set. Á rúmlega 830 m dýpi er fersklegt dökkt basalt.

834-840 m Fínkornótt basalt með mikið af holufyllingum svo sem mesólít/skólesít, heulandít og laumontít. Þunnsneið nr. 7713, 840 m dýpi. Að langmestu leyti fínkornótt ummyndað basalt. Einnig eru örfá mjög grófkornótt basalt- eða dólerítbrot. Mikið er af zeólítum, leir og ógegnsæjum brotkornum.

840-846 m Grágrænt ummyndað og fínkornótt basalt.

846-860 m Nokkuð dökkt fínkornótt basalt og set, einkum efst.

860-892 m Plagióklasdílótt basalt. Auk þess er töluvert af ljósum holufyllingum svo sem skólesíti, laumontíti og stilbíti. Oxun er nokkur. Þunnsneið nr. 7714, 874 m dýpi. Meðalfínkornótt ummyndað plagióklasdílótt basalt. Zeólítar og plagióklas eru algengir í eigin kornum. Þunnsneið nr. 7715, 878 m dýpi. Mikil blöndun. Meðalfínkornótt plagióklasdílótt basalt. Plagióklaskristallarnir eru stórir.

892-944 m Ummyndað grængrátt basalt. Einnig er dökkt mjög fínkornótt basalt og rautt set. Á 954 m dýpi finnast heulandít, laumontít og mordenít.

954-966 m Ummyndað fínkornótt basalt. Efst er rautt set.

966-970 m Gulgrænt meðalgrófkornótt basalt. Þunnsneið nr. 7716, 970 m dýpi. Að mestu leyti fínkornótt og ummyndað póleiít basalt. Einnig er heldur grófkornóttara basalt með talsverðu af ummynduðu gleri í grunnmassanum. Ógegnsæ brotkorn með fínum plagióklasnálum og ummyndunarsteindir.

- 970- 986 m Í efri helmingi bilsins er grátt fínkornótt basalt en í þeim neðri er ljósgrátt, ummyndað basalt.
Þunnarneið nr. 7717, 972 m dýpi. Mjög mikil blöndun. Nokkuð fínkornótt talsvert ferskt þóleiít basalt og mjög fínkornótt ummyndað þóleiít basalt. Einnig er ógegnsatt berg með plagióklaslistum og ummyndunarsteindir, einkum leir.
- 986- 994 m Oxað basalt, rautt set og ummyndað basalt.
- 994-1042 m Ógjörningur er að greina svarfið nákvæmlega vanga blöndunar. Grænleitt ummyndað leirfyllt fínkornótt basalt er nær allsráðandi en einnig er fersklegra basalt. Nokkur dreif er af rauðu seti og holufyllingum svo sem laumontíti og heulandíti.
Þunnarneið nr. 7718, 1010 m dýpi. Fínkornótt ummyndað þóleiít basalt. Einnig eru örfá korn úr ólivín þóleiít með ófitískan textúr.
Þunnarneið nr. 7719, 1018 m dýpi. Nær eingöngu mikið ummyndað fínkornótt basalt, og örfá brof af ólivín þóleiíti eða dóleríti. Einnig einstaka stórt plagióklasbrot.
- 1042-1046 m Vantar svarf.
- 1046-1086 m Ummyndað grænleitt og fínkornótt basalt. Það er heldur dekkra neðan 1972 m dýpis. Talsvert er af holufyllingum.
- 1086-1108 m Algengast er nokkuð dökkt og grófkornótt basalt, en einnig fínkristallað basalt. Á 1092-1102 m dýpi er fínkornótt grænleitt og ummyndað basalt.
Þunnarneið nr. 7720, 1090 m dýpi. Tiltölulega grófkornótt basalt með ófitískan textúr, fínkornótt ummyndað basalt og set.
- 1108-1146 m Blandað svarf. Mjög mikið er af oxuðu basalti og seti. Einnig er fínkristallað og talsvert ummyndað basalt.
Þunnarneið nr. 7721, 1128 m dýpi. Að mestu leyti fínkristallað ummyndað þóleiít basalt.

BÆR - Hóla 4

- 6-10 m Meðalgrófkornótt dökkt þóleiít basalt og setbrot.
- 10-24 m Dökkt meðalfínkornótt þóleiít basalt, efst og neðst er það oxað.
- 24-25 m Rautt setlag.
- 25-32 m Fínkornótt þóleiít basalt, að hluta oxað, og rautt set.
- 32-48 m Efst er ljóst berg með dökkum yrjum, líklega einhvers konar set. Þá er fínkornótt mismikið ummyndað þóleiít basalt og rautt set. Á 44 m dýpi greindust mordenít, heulandít og kalsít.
- 48-64 m Mjög gróft svarf. Dökkt þétt og fínkornótt þóleiít basalt, að hluta oxað.
- 64-66 m Rautt set og oxað basalt.
- 66-104 m Gráleitt fínkornótt basalt. Á 76 m og 93 m dýpi eru líklega lagmót. Þýrít, stilbít, kalsít og kvarz greindust á 66 m dýpi.
- 104-132 m Mjög fín malað svarf. Mest er af dökku basalti, líklega ólivín þóleiíti. Þýrít, mordenít, stilbít og líklega heulandít og kvarz greindust á 106 m dýpi.
- 182-158 m Mismunandi mikið ummyndað þóleiít basalt, yfirleitt fínkornótt. Efst og neðst er það oxað. Á 140 m dýpi fundust kalsít, stilbít og heulandít.
- 158-164 m Talsvert ummyndað fínkornótt þóleiít basalt. Nokkuð er af stökum litlum þýrít kristöllum.
- 164-166 m Vantar svarf.
- 166-184 m Ummyndað fínkornótt basalt. Stakir þýrít kristallar eru algengir.

- 208-244 m Fremur fínkornótt berg með sérstaklega miklu af ólivínkrist-
öllum, einkum er mikið af þeim á 230-244 m dýpi. Á 236 m dýpi
greindust stilbít, skólesít og kalsít.
Þunnsneið nr. 6776, 236 m dýpi. Talsvert ummyndað og nokkuð
fínkornótt basalt. Mikið er af stökum ferskum ólivín kristöllum.
- 244-252 m Meðalfínkornótt ólivín póleiít basalt. Einnig er rautt og grænt
set og ljósar útfellingar. Á 250 m dýpi greindust mesólít/
skólesít, heulandít og stilbít.
- 252-268 m Nokkuð fersklegt ólivín póleiít basalt. Á 266 m dýpi eru
stilbít, mesólít/skólesít og heulandít.
- 268-312 m Talsvert grófkornótt og fersklegt ólivín póleiít, hugsanlega
dílótt. Lagmót eru líklega á 278 m og 286 m dýpi. Á 286 m
dýpi er gjall og mikið af holufyllingum, svo sem mesólít/skólesít,
mordenít, stilbít, heulandít og kalsít.
- 312-450 m Vantar svarf.
- Þegar búið var að bora holu 4 í Bæ niður á 313 m dýpi var hola 4 að Hellum
dýpkuð. Því næst var hola 4 að Bæ líka dýpkuð í 450 m, en það svarf hefur
tapast.

HELLUR - Hóla 1

- 0-6 m Rauðleitt zeólítafyllt gjall.
- 6-16 m Meðalgrófkornótt basalt lítið ummyndað en með mjög gula plagióklaskristalla, líklega ólivín þóleiít basalt.
- 16-36 m Gráleitt frauðkennt basalt.
- 36-120 m Meðalfínkornótt þóleiít basalt og rautt set. Á 36-40 m dýpi er hugsanlega ólivín þóleiít basalt.
Þunnsneið nr. 7743, 80 m dýpi. Fínkristallað mismikið ummyndað basalt. Talsvert er einnig af svo til ógegnasæju bergi.
- 120-146 m Fínkornótt ummyndað basalt.
- 146-187 m Að mestu leyti fínkornótt ummyndað þóleiít basalt. Í efstu 8 m er rautt set og nokkuð dökkt basalt. Í næstu 4 m eru gulgrænar myndlausar fyllingar og basalt. Fersklegt fínkornótt þóleiít basalt er á rúmlega 180 m dýpi. Á 120 m dýpi greindust skólesít/mesólít, analsím, heulandít og sennilega stilbít.
- 187-204 m Efst er rautt setlag og annað er á 195 m dýpi. Það síðar-nefnda er frauðkennt og með holufyllingum. Mest ber á gráu fínkornóttu þóleiít basalti.
Þunnsneið nr. 7744, 162 m dýpi. Ummyndað fínkornótt basalt með reglulega málmkristalla og fínkristallaðra basalt með stefnubeinda plagióklaskristalla. Einnig er talsvert af dökku svo til ógegnasæju bergi og holufyllingum.
- 204-298 m Fínkornótt ekki mikið ummyndað þóleiít basalt. Á 240-248 m dýpi er rautt set og gjall. Á um 250 m og 285 m dýpi er basaltið fersklegt.
- 298-308 m Ólivín þóleiít basalt, talsvert grófkornótt.

- 308-326 m Ummyndað holufyllt basalt, líklega ólivín þóleiít. Dreif er af rauðu seti, einkum efst og neðst. Skólesít/mesólít, heulandít og stilbít fundust á 324 m dýpi.
- 326-364 m Grófkornótt og nokkuð ferskt ólivín þóleiít basalt, talsvert er þó af zeólítum í efri hlutanum. Þunnsneið nr. 7745, 350 m dýpi. Grófkornótt ólivín þóleiít basalt, talsvert ummyndað. Textúr bergsins er erfitt að sjá vegna þess hve fín malað svarfið er.
- 364-388 m Meðalgrófkornótt og nokkuð ummyndað basalt, líklega ólivín þóleiít. Mikið er af holufyllingum svo sem skólesíti/mesólíti, stilbíti og heulandíti.
- 388-406 m Þétt og mjög fersklegt nokkuð grófkornótt basalt. Þó fundust í því skólesít/mesólít og heulandít. Þunnsneið nr. 7746, 402 m dýpi. Ólivín þóleiít basalt nokkuð grófkornótt, með lítið ummynduðum ólivín kristöllum. Einnig er fínkristallað mjög ummyndað basalt.
- 406-412 m Ummyndað frekar fínkornótt basalt með miklu af holufyllingum svo sem skólesíti/mesólíti, stilbíti og heulandíti.
- 412-450 m Nokkuð gróft og fersklegt basalt nema á 430-434 m dýpi, þar er rautt set og gráleitt ummyndað basalt. Fyrir neðan setið er plagióklasdílótt basalt. Á 420 m dýpi greindust skólesít/mesólít, heulandít og stilbít. Þunnsneið nr. 7747, 440 m dýpi. Plagióklasdílótt basalt, í því er nokkuð af leir og brúnni ummyndun. Einnig er talsvert af ummynduðum stökum plagióklas dílum.
- 450-500 m Á þessu bili skiptast á rautt set, blágrátt basalt og frekar ljóst basalt. Þessi runa kemur þrisvar sinnum fyrir. Á 478 m dýpi eru skólesít/mesólít, heulandít og sennilega analím. Þunnsneið nr. 7748, 468 m dýpi. Fínkristallað lítið ummyndað basalt með reglulega málmkristalla. Einnig eru ferskleg frumsteindabrot.

- 500-542 m Áberandi blágráleitt ísúrt-súrt berg, á 520-525 m dýpi er það oxað. Neðarlega er rautt setlag. Þunnsneið nr. 7749, 508 m dýpi. Súrt eða ísúrt berg. Mikið er af kvarzi og dökku ógegnasæju bergi. Talsvert er einnig af fínkristölluðu þóleiít basalti.
- 542-552 m Mestmegnis fínkornótt ummyndað basalt. Einnig eru basaltbrot í ljósum massa. Þunnsneið nr. 7750, 550 m dýpi. Talsverð blöndun. Mikið ummyndað fínkornótt basalt með pyroxen og plagióklasdílum. Einnig er grófkornótt basalt í ummynduðum glermassa.
- 552-580 m Ummyndað grágrænt þétt og fínkornótt basalt. Talsverð dreif er af rauðu seti. Neðst er rautt setlag.
- 580-622 m Meðalgróft basalt. Á 592-596 m dýpi er rautt setlag og annað á 600-606 m dýpi. Fyrir neðan neðra rauða lagið er grængult leirkennt set auk basaltsins. Þunnsneið nr. 7751, 590 m dýpi. Meðalgróft talsvert ummyndað basalt með einstaka mjög stóra plagióklasdíla og ólivín sést í stöku brotkorni. Einnig eru dimmrauð brotkorn þar sem aðeins sést glitta í plagióklas.
- 622-644 m Mestmegnis fínkristallað ummyndað basalt, efst og neðst er ummyndun heldur minni. Blöndun er talsverð.
- 644-656 m Grænleitt ummyndað fínkornótt basalt, líklega þóleiít basalt. Svólítið er af rauðu seti og holufyllingum.
- 656-666 m Dökkt fínkornótt basalt. Þunnsneið nr. 7752, 660 m dýpi. Dökkt ógegnasætt berg með plagióklaslistum og aðeins sést glitta í pyroxen. Talsvert er af ummyndunarsteindum. Einnig er fínkristallað basalt.
- 666-670 m Rautt set og holufyllingar.

- 670-726 m Að mestu leyti grænleitt leirfyllt ummyndað basalt. Á 700 m dýpi eru laumontít og haulandít. Þunnsneið nr. 7753, 676 m dýpi. Dökkt ógegnsætt berg, líkt því sem var í þunnsneið nr. 7752 og fínkristallað basalt með litla reglulega málmkristalla. Einnig er meðalgróft fersklegt basalt.
- 726-820 m Nokkuð blandað svarf. Lagmót eru mjög ógreinileg. Mest er af grænleitu leirfylltu póleiít basalti. Á 750 m dýpi eru laumontít og heulandít. Grátt basalt er á 760 og 810 m dýpi. Þunnsneið nr. 7754, 750 m dýpi. Að langmestu leyti mjög fínkristallað, talsvert ummyndað basalt. Einnig er lítið ummyndað meðalgrófkornótt basalt, holufyllingar og frumsteinabrot.
- 820-840 m Efst og neðst er nokkuð fersklegt ívið gulleitt basalt, en á milli er grásvart leirfyllt póleiít basalt.
- 840-846 m Vantar svarf.
- 846-892 m Fínkornótt grátt póleiít basalt. Einnig er talsvert af dökkrauðu seti og oxuðu basalti.
- 892-910 m Blanda af fínkristölluðu póleiít basalti, rauðu seti og oxuðu basalti.
- 910-952 m Fínkristallað ummyndað basalt með dreif af dökku basalti. Þunnsneið nr. 7755, 932 m dýpi. Mikil blöndun. Fínkornótt mikið ummyndað póleiít basalt, og örfá brot úr ummynduðu meðalgrófkornóttu basalti, líklega ólivín póleiíti. Einnig er mikið af svörtu ógegnsæju bergi og holufyllingum.
- 952-964 m Fínkornótt ummyndað plagióklasdílótt basalt. Mikið er af holufyllingum svo sem mesólíti/skólesíti, heulandíti og laumontíti. Þunnsneið nr. 7756, 956 m dýpi. Nær eingöngu fínkornótt ummyndað plagióklasdílótt basalt og ummyndunarsteindir. Þunnsneið nr. 7757, 958 m dýpi. Plagióklasdílótt basalt og ummyndunarsteindir. Alveg samskonar berg og í þunnsneið nr. 7756.

964-972 m Talsvert fersklegt ólivín þóleiít basalt.

Þunnsneið nr. 7758, 968 m dýpi. Meðalgrófkornótt ólivín þóleiít basalt og fínkornótt ummyndað basalt.

972-1106 m Í öllu bilinu er mjög svipað basalt, þ.e. ummyndað fínkornótt og grágrænleitt basalt. Oxað basalt er á 978-984 m dýpi. Á 1000-1018 m dýpi er gulgræn áferð á basaltinu og sjá má ljósgræna kristalla í svarfinu. Á 1104 m dýpi fundust heulandít, laumontít og kvarz.

Þunnsneið nr. 7759, 1010 m dýpi. Blöndun er mikil. Fínkornótt ummyndað basalt og grófkornóttara basalt, líklega ólivín þóleiít. Mikið er af ummyndunarsteindum.

Þunnsneið nr. 7760, 1104 m dýpi. Fínkornótt ummyndað basalt og dökkt svo til ógegnsett berg.

HELLUR - hola 2

- 6-20 m Grófkornótt basalt með talsverðu af holufyllingum.
- 20-42 m Fínkornótt basalt og rautt set, einkum er það efst og neðst.
- 42-52 m Mjög dökkt fínkalað basalt. Efst og neðst er rautt set.
- 52-68 m Basaltrík breksía.
- 68-86 m Grátt fínkornótt basalt. Lagmót eru á 78 m dýpi.
- 86-92 m Fínkornótt nokkuð dökkt basalt.
- 92-104 m Gráleitt fínkornótt póleiít basalt og holufyllingar.
- 104-116 m Grængult meðalfínkornótt basalt.
- 110-116 m Fínkornótt dökkt fersklegt basalt.
- 116-132 m Grátt basalt, í neðstu 6 m eru holufyllingar algengar.
Á 122-124 m dýpi er basaltið gulgrænleitt.
- 136-148 m Vantar svarf.
- 148-154 m Fínkornótt dökkt póleiít basalt.
- 154-160 m Ljósgrátt fínkornótt basalt.
- 160-178 m Fremur dökkt fínkornótt basalt blandað oxuðu basalti og rauðu seti. Í neðstu 4 m er mikið af pýríti.
- 178-194 m Ljósgrátt ummyndað fínkornótt basalt. Á 84-90 m dýpi er rautt set með basaltinu.
- 194-200 m Blandað svarf. Rautt set með holufyllingum og fínkornótt póleiít basalt.

- 200-206 m Fínkornótt gráleitt basalt. Svolítið er af rauðu seti og holufyllingum.
- 206-214 m Ljósgrátt ummyndað leirfyllt þóleiít basalt.
- 214-226 m Í efri hlutanum er gráleitt fínkornótt þóleiít basalt með holufyllingum, en í þeim neðri er heldur grófara gulgrænleitt basalt.
- 226-232 m Ljósgrátt leirfyllt þóleiít basalt og rautt set.
- 232-250 m Meðalgróft mismunandi mikið ummyndað basalt. Talsvert er einnig af fersklegu basalti.
- 250-256 m Fínkornótt gráleitt og ummyndað þóleiít basalt.
- 256-310 m Meðalgrófkornótt basalt, víða fersklegt. Á 260 m dýpi er þunnt grátt setlag. Lagmót eru á 274 m dýpi.
- 310-316 m Fínkornótt basalt, rautt set og holufyllingar.
- 316-328 m Meðalgrófkornótt lítið ummyndað basalt. Á 320 m dýpi er rautt set og holufyllingar með basaltinu.

LAUGARHOLT - HOLA 1

- 16-26 m Fersklegt mjög fínkornótt þóleiít basalt.
- 26-38 m Efst er set þá er grófkornótt leirfyllt basalt en neðst er rautt, ^{og} grænt leirkennt set.
- 38-108 m Í efstu 10 m er grófkornótt basalt. Í því greindust analsím og heulandít. Í næstu 2 m er rauðleitt zeólítafyllt gjall. Þá er talsvert grófkornótt plagióklasdílótt basalt en neðar er dílalaust og fínkornótt basalt. Á 70-90 m dýpi er mikið af holufyllingum, svo sem skólesíti/mesólíti, stilbíti, heulandíti og analsími. Þunnsneið nr. 7722, 56 m dýpi. Frekar fersklegt plagióklasdílótt ólivín þóleiít. Plagióklasdílarnir eru fáir en stórir. Talsvert er af leir í grunnmassanum.
- 108-160 m Talsvert grófkornótt basalt er niður á 130 m dýpi, í því greindust thomsonít, heulandít og stilbít. Á 130 m dýpi er rautt set. Neðan við rauða lagið eru 2 m af blágráu bergi en síðan dökkt meðalgrófkornótt basalt með fáeinum plagióklasdílum. Þunnsneið nr. 7723, 140 m. Meðalgrófkornótt plagióklasdílótt ólivín þóleiít basalt. Talsvert er af ummynduðu gleri í grunnmassanum og fallega fjöðruðum leir með marglitni.
- 160-174 m Setlag. Efri hlutinn er rauðleitur en neðar eru lítil bergbrot í grænleitum massa. Einnig er talsvert af hvítum holufyllingum.
- 174-186 m Meðalgrófkornótt basalt, líklega ólivín þóleiít, í því greindist thomsonít.
- 186-202 m Brúngult set. Efst er það gróft en verður finna og leirkenndara neðar.
- 206-240 m Í þessu bili skiptast á mjög ummynduð fínkornótt basaltlög og bláleit setlög, hugsanlega eitthvað súr, neðsta setlagið er fínkornótt og rautt.

- 240-282 m Blágrátt andesít, víða oxað. Nokkuð er um sprungufyllingar svo sem heulandít og sennilega mordenít.
Þunnsneið nr. 7724, 264 m. Súrt berg með smáar plagióklasnálar.
- 282-295 m Grófkornótt talsvert ummyndað berg.
Þunnsneið nr. 7725, 290 m. Fersklegt nokkuð grófkornótt basalt. Töluvert er af leir í grunnmassanum. Mjög lítið er af málm og dýlar eru engir. Textúr er bæði ófitískur og granular, sá síðar-nefndi er algengari.
- 295-304 m Dökkt fínkornótt basalt. Mikið er af holufyllingum, svo sem heulandíti og mordeníti.
- 304-326 m Efst er fersklegt, dökkt og fínkornótt basalt. Neðar er blandað svarf greint sem basaltrík breksía. Á milli fyrrnefndra laga er rautt set.
- 326-344 m Grófkornótt talsvert ummyndað basalt. Frá 334 m dýpi er basaltið heldur fínkornóttara og oxað. Á 338 m dýpi fannst stilbít.
- 344-356 m Fersklegt talsvert grófkornótt basalt.
Þunnsneið nr. 7726, 350 m dýpi. Nokkuð gróf- og jafnkornótt basalt með leir í grunnmassanum. Einnig er fínkristallað dílótt póleiít basalt og set.
- 352-410 m Nokkur lög af ummynduðu fínkornóttu basalti. Rétt ofan við 400 m er bergið blágráleitt. Talsvert blandað svarf.
- 410-416 m Fitukennt grænleitt setlag með litlum basaltbrotum.
- 416-486 m Mjög ummynduð basaltlög og eru nokkur þeirra sprungufyllt. Blágráleitt fínkornótt berg er á um 450 m dýpi. Á 464-486 m dýpi er bergið setlegt og greint sem basaltbreksía. Hugsanlega mjög ummyndað basalt. Kalsít og heulandít greindust á 428 m dýpi. Þunnsneið nr. 7727, 450 m dýpi. Bergið er að mestu ógegnsætt með plagióklaslistum.

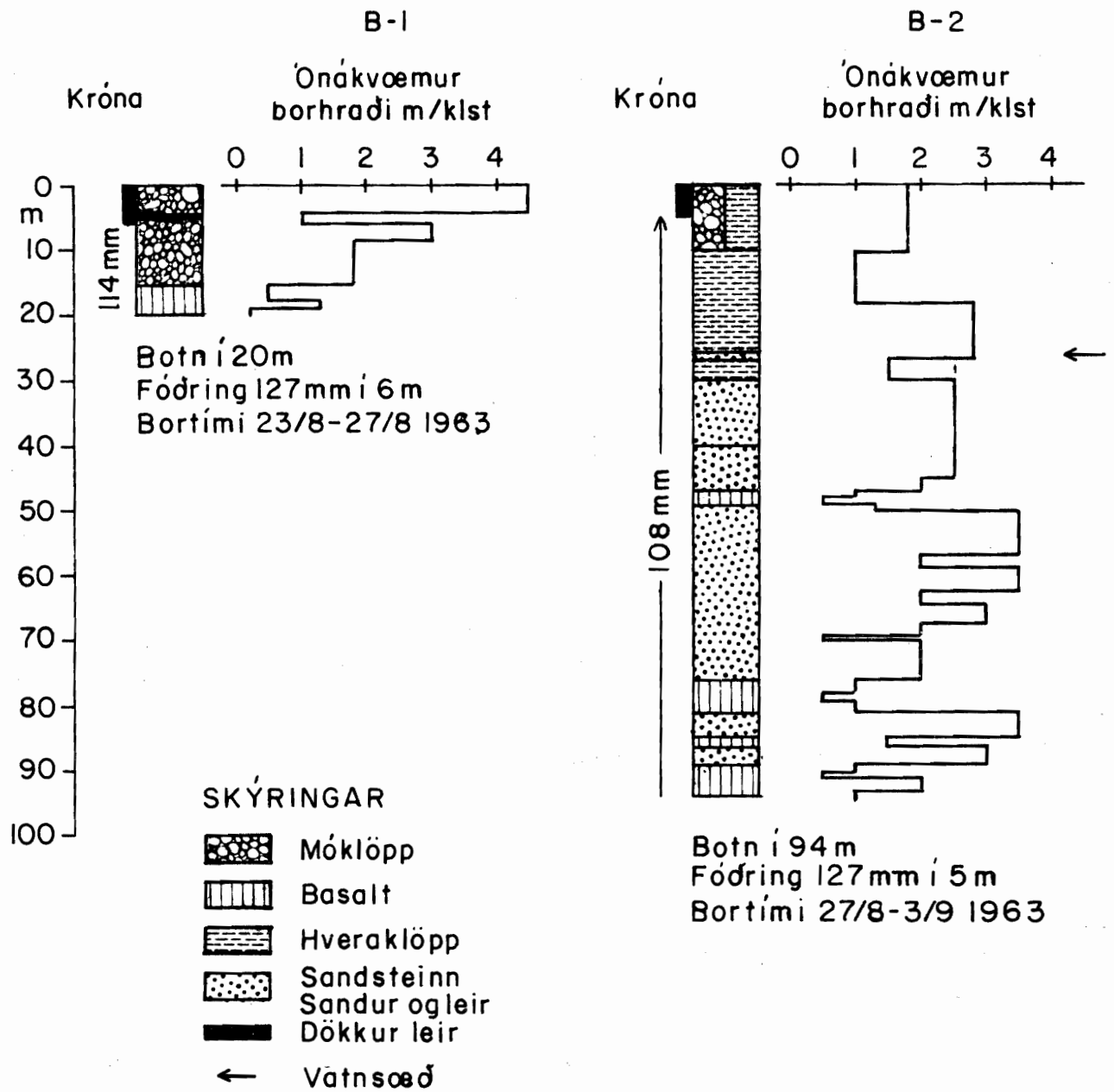
- 486-500 m Grófkornótt basalt. Neðst er rautt set.
- 500-514 m Vantar svarf nema á 506-510 m dýpi, þar er fínkornótt rautt set.
- 514-574 m Mjög fín malað svarf. Yfirleitt fínkornótt gráleitt basalt. Á nokkrum stöðum er basaltið mun dekkra en þó líklega ekki fersklegra. Heulandi, kalsít og kvarz greindust á 546 m dýpi.
- 574-586 m Plagíóklasdílótt basalt. Þunnsneið nr. 7728, 578 m dýpi. Fínkristallað ummyndað basalt. Mikið er af ummynduðum plagíóklasdílum sem eru yfirleitt í stökum brotkornum. Einnig er dökkt ógegnsett basalt og set.
- 586-602 m Mjög fersklegt dökkt meðalgrófkornótt basalt. Á 592-598 m dýpi er gráleitt ummyndað basalt. Þunnsneið nr. 7729, 600 m dýpi. Nær eingöngu fremur grófkornótt og fersklegt basalt en þó með nokkrum leir. Pyroxen kristallarnir eru nokkuð stórir og textúr basaltsins er ófítískur. Ólivín eða leifar þess er ekki að sjá. Einnig er fínkristallað lítið ummyndað þóleitt basalt.
- 602-664 m Ummyndað fínkornótt basalt og þunn blágráleit basaltlög. Á 664 m dýpi eru mordenít og kvarz. Þunnsneið nr. 7730, 606 m dýpi. Fínkristallað lítið ummyndað basalt. Talsvert er af fallega fjöðruðum leir með marglitni. Einnig eru örfá brotkorn úr grófkristölluðu basalti.
- 664-674 m Blanda af ummynduðu og fersklegu basalti. Þunnsneið nr. 7731, 668 m dýpi. Blanda af tveimur gerðum af basalti. Annars vegar er grófkornótt basalt með nokkuð breiða plagíóklaskristalla, litla pyroxen kristalla og óreglulega málmkristalla. Hins vegar er fínkornótt ummyndað basalt.
- 674-688 m Efst eru nokkrir metrar af fremur ljósu bergi en neðar er fínkornótt ummyndað basalt.
- 688-692 m Fínkornótt rauðbrúnt setlag.

- 692-716 m Áberandi blágráleitt basalt. Efst er dreif af rauðbrúnu seti. Á 700-708 m dýpi er talsvert af fersklegu basalti og holufyllingum.
Þunnsneið nr. 7732, 708 m dýpi. Nokkuð fínkristallað basalt með litlum pyroxen- og plagióklasdílum. Einnig eru ólivíndílar í fersklegu gleri, hugsanlega úr gangjaðri.
- 716-766 m Mjög fín malað svarf. Fínkornótt þóleiit basalt.
- 766-786 m Fínkornótt basalt og nokkrir stakir pyroxen kristallar.
Þunnsneið nr. 7733, 770 m dýpi. Mjög fínkristallað talsvert ummyndað basalt. Talsvert er af pyroxen kristöllum sem eru ekki úr fínkristallaða basaltinu.
- 786-836 m Fínkornótt talsvert ummyndað þóleiit basalt með holufyllingum svo sem laumontíti, heulandíti og thomsoníti. Á 820-826 m dýpi er plagióklasdílótt basalt, í því greindust heulandít, kalsít og kvarz.
- 836-854 m Algjörlega ferskt dökkt og nokkuð fínkornótt berg, hugsanlega gangur.
Þunnsneið nr. 7735, 840 m dýpi. Meðalfínkristallað ferskt ólivín þóleiit basalt.
- 854-870 m Ummyndað sérstaklega blágrátt basalt. Á um 865 m dýpi er oxað basalt.
- 870-876 m Ummyndað basalt en einnig er svolítið af fínkornóttu fersklegu basalti.
- 876-892 m Í efstu 2 m er fínkornótt blágrátt berg en í næstu 2 m er töluvert af oxuðu basalti og rauðu seti, síðan er lítið ummyndað fínkornótt basalt. Talsvert er af pýríti.
Þunnsneið nr. 7736, 878 m dýpi. Lítið ummyndað andesít.
Þunnsneið nr. 7737, 890 m dýpi. Fínkristallað talsvert ummyndað basalt með subofítískan textúr. Einnig er basalt með stefnu-beinda plagióklaskristalla og ógegnsætt berg.

- 892-900 m Dökkt ferskt fínkornótt basalt, hugsanlega gangur.
- 900-944 m Blágráleit þunn basaltlög, nokkur eru oxuð. Á 906 m dýpi eru kalsít og kvarz og sennilega heulandít. Þunnsneið nr. 7738, 916 m dýpi. Fínkristallað hálfgegnsett basalt. Nokkuð ber á flóðtextúr og oxun í basaltinu.
- 944-970 m Andesít, einnig er talsvert af fersklegu, fínkornóttu basalti. Þunnsneið nr. 7739, 946 m dýpi. Andesít, blöndun er mjög lítil.
- 970-974 m Ljóst berg. Þunnsneið nr. 7740, 972 m dýpi. Líklega brot úr flikrubergi.
- 974-984 m Talsvert blandað svarf. Blanda af rauðu seti og ummyndaðu basalti.
- 984-1000 m Plagíóklasdílótt basalt. Nokkuð er af holufyllingum. Á 996-1000 m eru hvorki útfellingar né plagíóklaskristallar. Þunnsneið nr. 7741, 992 m dýpi. Mjög ummyndað og nær alveg dökkt basalt með ummyndaðum plagíóklasdílum. Einnig eru holufyllingar og stór leirkorn.
- 1000-1013 m Efst er 2 m af dökku basalti, þá eru 2 m af ljósu bergi. Frá 1004 m dýpi er dólerít. Þunnsneið nr. 7742, 1008 m dýpi. Talsvert ummyndað dólerít. Ógjörningur er að sjá textúr bergsins vegna þess hve svarfið er smátt mulið. Plagíóklaskristallarnir eru yfirleitt ummyndaðri en pyroxenkristallarnir. Einnig er örlítið af fínkristölluðu ummyndaðu basalti.

BÆR Í BÆJARSVEIT

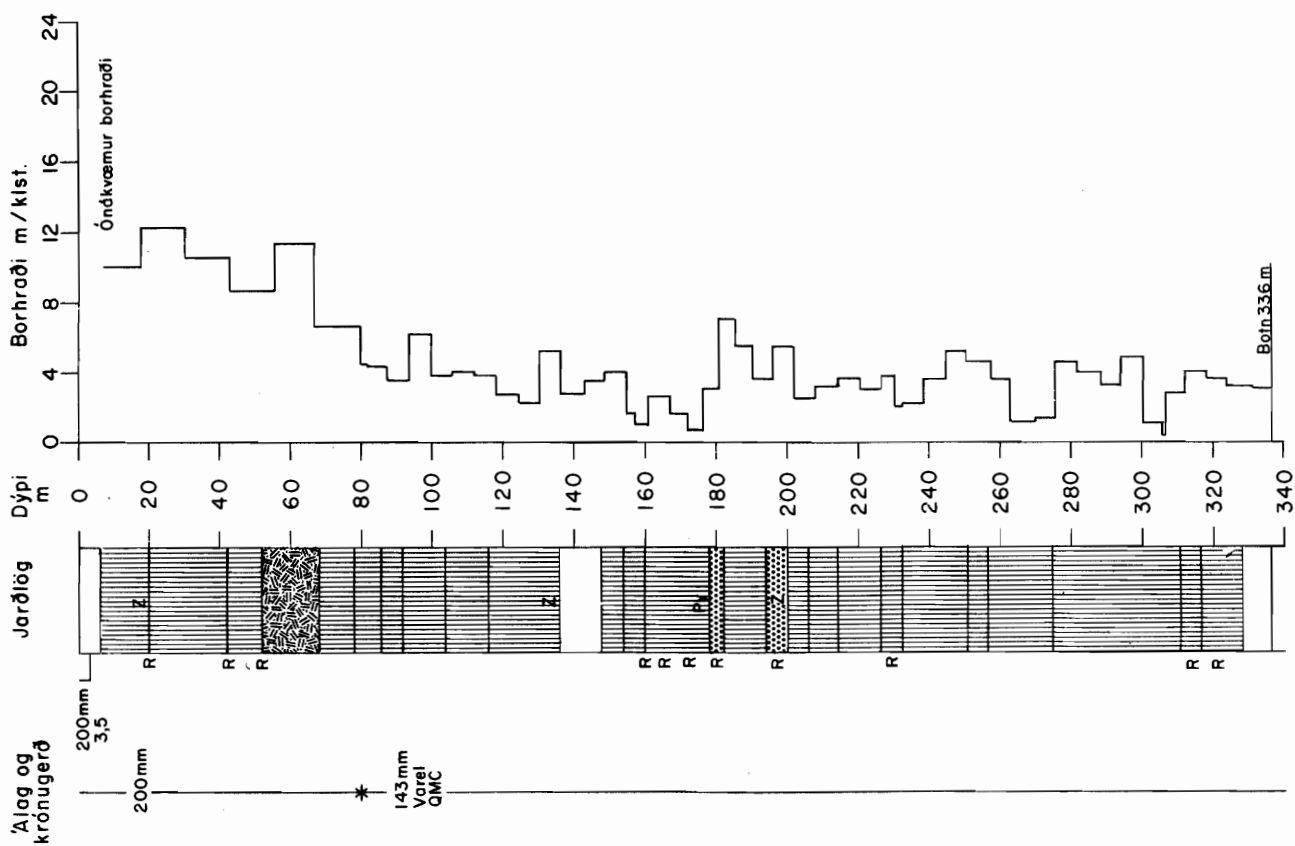
Jarðlagasnið, holur B-1 og B-2



Jarðlagagreiningin er unnin
upp úr skýrslu bormanna

Bor: Franks. 1963

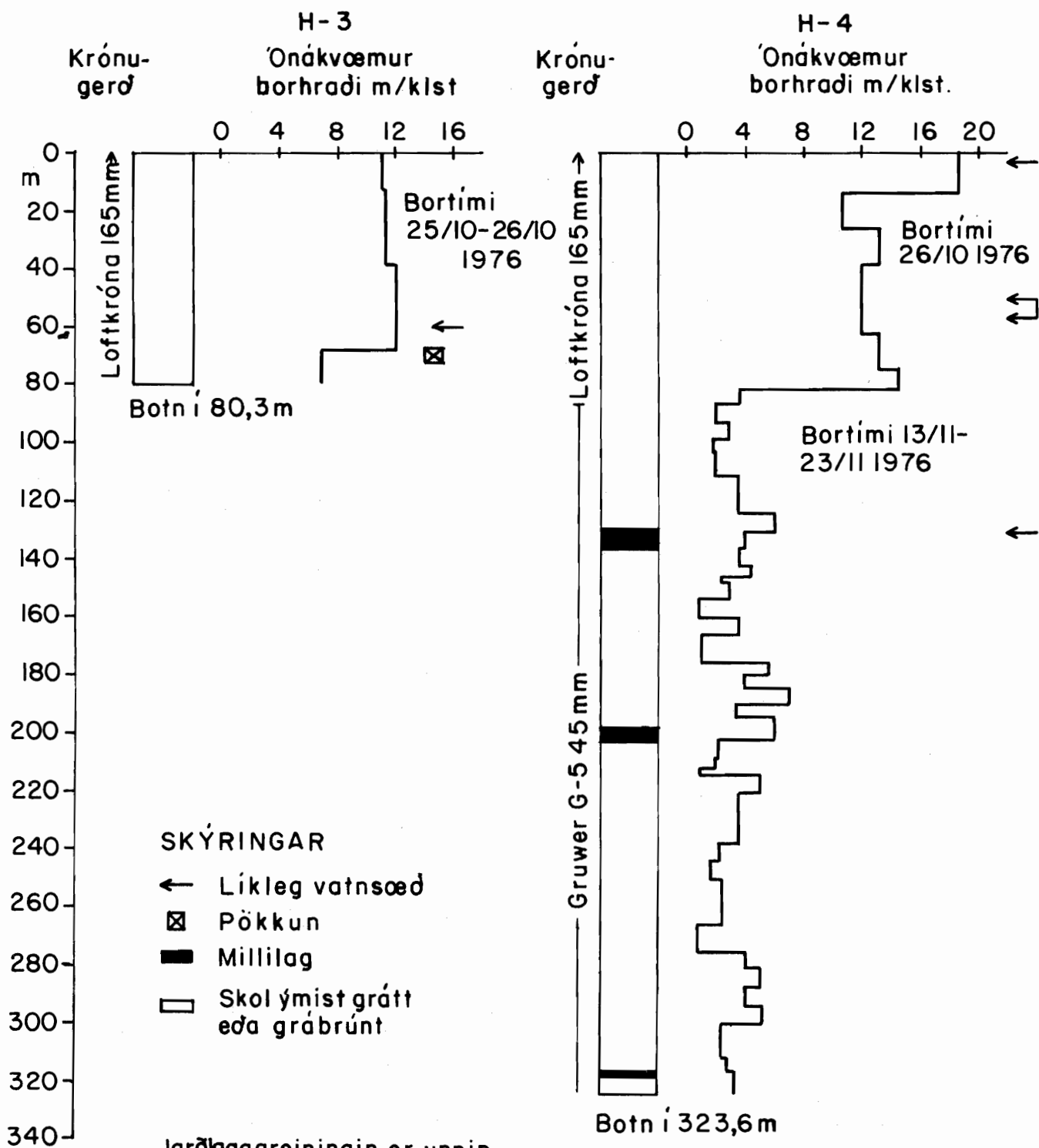
FI7940



ORKUSTOFNUN
 JARÐLAGASNIÐ
 Hellur H-2
 MK/IS 781218
 J-Borg. F-17905

HELLUR Í BÆJARSVEIT

Jarðlagasnið, holur H-3 og H-4



Jarðlagagreiningin er unnin upp úr skýrslu bormanna Bor: Ýmir (Mayhew). 1976