



ORKUSTOFNUN
Jarðhitadeild

JARÐHITARANNSÓKNIR VIÐ SVALBARÐSEYRI 1977 - 1979

Axel Björnsson
Hrefna Kristmannsdóttir
Sigmundur Einarsson

OS80007/JHD03

Reykjavík, mars 1980

JARÐHITARANNSÓKNIR VIÐ SVALBARÐSEYRI 1977 - 1979

**Axel Björnsson
Hrefna Kristmannsdóttir
Sigmundur Einarsson**

OS80007/JHD03

Reykjavík, mars 1980

ÁGRIP

Árið 1977 hófust jarðhitaathuganir vegna hitaveitu á Svalbarðseyri. Þrjár laugar eru ofan við þorpið og liggja þær á línu N 45°V. Segulmælingar sýna að berggangur með sömu stefnu liggur þvert yfir svæðið á nær sömu línu og laugarnar. Fimm aðrir gangar með norðlæga stefnu koma fram á segulkorti og gæti jarðhitinn verið tengdur skurðpunkti ganga með mismunandi stefnur.

Veturinn 1978-1979 var boruð 928 m djúp hola á Svalbarðseyri. Óhöppurðu í borun og um 114 m af borstöngum lágu eftir í botni holunnar. Aðalæðarnar í holunni eru á um 213 , 656 og 740 m dýpi. Holan gefur nú um 6,5 l/s af 51°C heitu vatni. Ekki er unnt að dæla úr holunni til frambúðar meiru en u.þ.b. 10 l/s. Efnasamsetning vatnsins gefur ekki fyrirheit um að heitara vatn en 60°C fáist með dýpri borun.

Það vatn sem fæst úr holunni SW-1 er ekki nægjanlegt til upphitunar í Svalbarðsstrandarhreppi. Til frekari vatnsöflunar er lagt til að bora nýja holu allt að 1500-1800 m djúpa og hefur henni verið valinn staður um 10 m suðvestur af sundlauginni.

EFNISYFIRLIT

	Bls.
ÁGRIP	3
EFNISYFIRLIT	5
SKRÁ YFIR TÖFLUR	6
SKRÁ YFIR MYNDIR	6
SKRÁ YFIR VIÐAUKA	6
1 INNGANGUR	7
2 YFIRBORÐSJARÐHITI	7
3 JARÐFRÆÐI SVÆÐISINS	8
4 SEGULMÆLINGAR	9
5 STAÐSETNING HOLU SW - 1	9
6 BORUN OG MÆLINGAR Í BORHOLU	10
6.1 Borsaga	10
6.2 Jarðlög og ummyndun bergs	10
6.3 Viddarmæling í borholu	11
6.4 Hitamælingar	11
6.5 Vatnsæðar og rennslismælingar	12
6.6 Hallamæling	13
7 EFNASAMSETNING JARÐHITAVATNSINS	13
8 NIÐURSTÖÐUR	15
HEIMILDASKRÁ	17
MYNDIR	19
VIÐAUKI A	29
VIÐAUKI B	33

SKRÁ YFIR TÖFLUR

	Bls.
Tafla 1 Hallamæling í borholu SW - 1	13
Tafla 2 Uppleyst efni í jarðhitavatni	14

SKRÁ YFIR MYNDIR

Mynd 1 Svalbarðseyri - segulmælingar. Afstöðumynd	21
Mynd 2 Segulkort	23
Mynd 3 Jarðlagasnið af borholu SW - 1 (blöð 1 og 2)	24-25
Mynd 4 Dreifing ummyndunarsteinda	26
Mynd 5 Hitamælingar úr borholu SW - 1	27

SKRÁ YFIR VIÐAUKA

Viðauki A Segulmælingar	29
Viðauki B Lýsing á jarðlögum í borholu SW - 1	33

1 INNGANGUR

Sumarið 1975 gerði Jarðhitadeild Orkustofnunar all umfangsmiklar jarðhitarannsóknir á Miðnorðurlandi. Tilgangurinn var í fyrsta lagi að leita að jarðhitasvæði er gæti gefið nægjanlegt vatn til upphitunar húsa á Akureyri og í öðru lagi að kanna möguleika annarra þéttbýliskjarna á nýtingu jarðvarma frá nálægum jarðhitasvæðum. Niðurstöður þessara athugana eru birtar í skýrslu Orkustofnunar "Jarðhiti í nágrenni Akureyrar" (Axel Björnsson og Kristján Sæmundsson 1975). Í þessari rannsóknalotu voru gerðar viðnámsmælingar í grennd við Svalbarðseyri. Niðurstöður þeirra bentu ekki til þess að þar væri um víðáttumikið jarðhitasvæði að ræða.

Rannsóknnum í grennd við Svalbarðseyri var síðan fram haldið 1977. Í þessari skýrslu er greint frá niðurstöðum þeirra athugana og staðarvali og borun fyrstu holunnar sem kölluð var SW-1. Þá er skýrt frá mælingum í holunni og fjallað um efnasamsetningu og gæði vatnsins. Að lokum eru dregnar saman helstu niðurstöður og tillögur gerðar um frekari vatnsöflun. Auk höfunda hafa Ásgrímur Guðmundsson, Þorsteinn Thorsteinsson, Bára Björgvinsdóttir og Benedikt Steingrímsson unnið við þetta rannsóknarverkefni.

2 YFIRBORÐSJARÐHITI

Ofan við Svalbarðseyri eru þrjár heitar uppsprettur á línu sem stefnir u.þ.b. N 45°V. Uppspretturnar eru sýndar á mynd 2.

Efsta uppsprettan er í vatnsbóli býlisins Svalbarðs, í steyptri þró, um 10 m á kant. Þar hefur mælst 12°C hiti (Bjarni Hólmgrímsson, munnl. heimild). Um 130 m vestar og norðar var laug í lækjarbakka og kom vatnið upp í samlímdri mól. Samkvæmt skýrslu Rannsóknarráðs ríkisins (1944) mældist þarna 32,5°C hiti og rennsli var 0,25 l/s. Jón Sólmundsson mældi þarna 33°C hita árið 1959. Sumarið 1975 mældist hitastigið 31°C og rennsli nálægt 0,1 l/s. Þessi laug er nú undir borplani við borholu SW-1.

Sundlaug var byggð yfir neðstu uppsprettuna og veldur það erfiðleikum við mælingar. Upplýsingum um hitastig ber illa saman. Í skýrslu Rannsóknar-

ráðs segir að augun hafi verið tvö og hiti í sundlaug mælist 20°C. Afrennsli frá sundlauginni var áætlað 0,5 l/s. Í skýrslunni er ekki getið um það hvort vatn hafi runnið inn í laugina. Jón Sólmundsson (1959) mældi hins vegar 31,5°C hita. Að sögn Guðmundar Benediktssonar frá Breiðabóli var hitinn um 24°C áður en sundlaugin var byggð, og rennsli verulega meira en í heitustu lauginni í lækjarbakkanum. Allar laugarnar munu hafa þornað við borun holu SW-1.

3 JARÐFRÆÐI SVÆÐISINS

Berggrunnurinn við innanverðan Eyjafjörð er úr basalthraunlögum og til-
tölulega þunnum millilögum. Sé tekið mið af aldursákvörðunum á bergi úr
Kötlufjalli handan Eyjafjarðar (Aronson, J.L. og Kristján Sæmundsson 1975)
má gera ráð fyrir að efstu lög berggrunnins á Svalbarðseyri séu um 9
milljón ára gömul.

Bergið er mikið ummyndað og holufyllt og því svo þétt að vart er um
vatnsstreymi að ræða nema eftir glufum og sprungum. Vatnsleiðarar eru
því fyrst og fremst berggangar, misgengi og lagamót. Samkvæmt reynslu
sem fengist hefur við boranir í Eyjafirði á undanförunum árum kemur heitt
vatn þar nær eingöngu upp með berggöngum, en aðeins fáir gangar virðast
leiða heita vatnið til yfirborðs (Axel Björnsson o.fl. 1979). Jarðfræði-
athugun beindist því einkum að kortlagningu bergganga í næsta nágrenni
við jarðhitasvæðið.

Erfitt er að meta strik og halla jarðlaga við Svalbarðseyri. Nyrst á
Svalbarðsströnd er strikið N 85°A og 5° suðlægur halli, en syðst er
strikið um N 45°A og halli 5° til SA.

Engar opnur eru í berggrunninum í nágrenni Svalbarðseyrar, nema í fjör-
unni. Þar sjást allmargir gangar. Flestir þeirra stefna N 5-15°A og
hallar þeim 4-6° til vesturs frá lóðréttu. Fáeinir gangar stefna nálægt
N 45°V. Halli þeirra er ekki þekktur með vissu, en hann virðist frekar
vera norðlægur (1° til N).

Yfirleitt standa gangar nær hornrétt á þau jarðlög sem þeir myndast í.
Má því reikna út, með sæmilegri nákvæmni, meðalhalla ganga á ákveðnu
svæði ef gangastefna, jarðlagahalli og strikstefna eru þekkt. Sé gengið

út frá 5° halla jarðlaga og strikstefnu um N 65°A ætti norðlægu göngunum að halla um 2-5° til vesturs frá lóðlínu en N 45°V gangar ættu að hafa um 1° halla til norðurs frá lóðlínu.

4 SEGULMÆLINGAR

Í júlí 1978 voru gerðar segulmælingar við jarðhitastaðina. Um eðli segulmælinga og gildi þeirra í jarðhitaleit er fjallað í viðauka A. Mældar voru 26 mællínur, 200-480 m langar, samtals 9,5 km. Línurnar voru lagðar þannig að endapunktur í línunum 1-9 eru í túngirðingu neðan við þjóðveginn, sunnan við samkomuhúsið. Stefna mællínanna var N 88°A. Niðurstöður mælinganna eru teiknaðar upp á segulkort á mynd 2. Mynd 1 sýnir legu mælisvæðisins.

Í mælingum koma fram sex línuleg segulfrávik, sem öll virðast stafa af berggöngum. Fimm gangar hafa norðlæga stefnu eða frá N 2°V og upp í N 15°A, en auk þeirra kemur fram einn gangur með stefnu N 45°V, og virðist hann ráða miklu um uppstreymi heita vatnsins, þar sem upphaflegu laugarnar voru á nær beinni línu yfir ganginum.

5 STAÐSETNING BORHOLU SW-1

Fyrstu borholunni við Svalbarðseyri var valinn staður í ágúst 1979 með það í huga að skera bergganga, sem fundist höfðu við forrannsóknirnar. Staðsetning er sýnd á mynd 2. Gert er ráð fyrir því að skera gangana á um 500 m dýpi. Halli gangsins með stefnu N 45°V var óþekktur og ekki hafði þá tekist að mæla halla neinna ganga samsíða honum. Eftir lauslegar athuganir var þó gengið út frá því að hallinn væri um 2° til suðvesturs frá lóðlínu. Fyrir norðlægu gangana var stuðst við hallamælingar á göngum í fjörunni sunnan Svalbarðseyrar. Holan var staðsett 18 m sunnan við N 45°V ganginn og 36 m vestan við austasta norðlæga ganginn rétt við brot eða hliðrun, sem kemur fram í honum á segulkortinu.

6 BORUN OG MÆLINGAR Í BORHOLU

6.1 Borsaga.

12. október 1978 hófst borun holu SW-1 á Svalbarðseyri og gekk vel framan af. Borað var með 7 7/8" krónu. Á 228-233 m dýpi varð vart við festu þegar bætt var í stöng og var talið að um hrún væri að ræða. Álagsstöng brotnaði á 267 m dýpi, en fljótlega gekk að ná upp úr holunni. Við krónuskipti 2. nóvember, er holan var orðin 512 m djúp, kom í ljós að álagsstöng var brotin, en það olli þó óverulegum töfum. Á 790 m dýpi var orðið talsvert hrún í holunni og varð að hreinsa upp úr henni með borleðju (geli). Þann 15. nóvember, er holan var 928,5 m djúp, bilaði spil á bornum og féll stangalengjan niður á botn holunnar. Tókst að krækja í lengjuna með fiskitækjum en ekki reyndist unnt að hífa hana upp. Síðan var reynt að losa úr festunni og unnið var að því og viðgerðum á bornum fram til 30. nóvember. Þá var fiskunartilraunum hætt, borlengjan slegin í sundur og tekið upp. Upp náðust 84 stangir, en allar álagsstangirnar sátu eftir í holunni. Síðan var reynt að ná upp álagsstöngunum með því að bora með róri utan með þeim. Margar tilraunir voru gerðar, en þær mistókust allar. Var hætt við holuna 3. febrúar 1979.

6.2. Jarðlög og ummyndun bergs.

Jarðlagasnið af holunni er sýnt á mynd 3. Jarðlagasniðið er unnið upp úr greiningu á svarfsýnum, teknum á 2 m bili í borun. Hvert sýni var skoðað undir vatni í smásjá. Jarðlagamót voru síðan ákvörðuð með hliðsjón af borhraða. Sniðið er því unnið eins nákvæmlega og gæði sýnanna leyfa. Neðan 200 m dýpis varð nokkur blöndun mismunandi jarðlaga í sýnum, en veruleg blöndun varð fyrst neðan 790 m dýpis vegna hruns. Í efstu 200 m ætti sniðið því að vera mjög nákvæmt, heldur ónákvæmara á 200-790 m og neðan við 790 m dýpi er það ónákvæmt.

Jarðlög sem holan sker eru hraunlög með þunnum rauðum millilögum og karga á lagamótum. Fáein allþykk setlög (2-6 m) eru í jarðlagastaflanum. Ofan 500 m dýpis er þóleiít ráðandi basaltgerð í hraunlögum, en neðan þess dýpis er meira um ólivínþóleiít. Einn þykkur berggangur var skorinn á 195-265 m dýpi í holunni og annar á 20-60 m dýpi. Einnig fundust merki um bergganga á um 100 m, 145-165 m, 305-320-m, 475-575 m, 690-710 m, 730-750 m og 795-815 m dýpi. Örugg tenging við ganga á segulkorti er ekki möguleg.

Jarðlög á svæðinu eru þéttuð af útfellingum. Zeólítar, leirsteindir, kalsít og kvars fylla að mestu holur og sprungur. Samkvæmt greiningum á holufyllingum tilsvavar ummyndun helst mesolít - skólesít zeólítabelti, (mynd 4).

6.3. Víddarmæling í borholu.

Í apríl 1979 var holan SW-1 víddarmæld. Stungið hafði verið upp á að skáboru út úr holunni rétt ofan 800 m og dýpka hana síðan. Þótti því rétt að kanna hvar skápar væru í holunni og hvar veggirnir væru jafnir og haldgóðir. Víddarmælingin er sýnd á mynd 3. Efstu 300 metrana er holan talsvert víðari en þar fyrir neðan, enda var borað utan með stanga-lengjunni og stafar þetta líklega mest af því. Stærstu skáparnir eru við lagamót, einkum í seti. Einnig er athyglisvert að við ganginn í 195-265 m dýpi er skápur í holunni, sem bendir til þess að hann sé sprunginn eða að holan sé boruð meðfram ójöfnum jöðrum hans á löngum kafla. Blöndun bergs í svarfsýnum neðan 200 m styður fremur síðari skýringuna. Víðust er holan á 775 m dýpi og mælist hún þar yfir 60 cm við.

Neðan 600 m mætti finna staði þar sem óhætt væri að festa skáborunar-fleyg. Ef til dýpkunar kæmi þyrfti hins vegar að steypa í allmarga skápa og hrunkafla ofar í holunni. Dýpkun holunnar er því áhættusöm og gæti með viðgerðum orðið alldýr, jafnvel eins dýr og borun nýrrar holu.

6.4. Hitamælingar.

Á mynd 5 eru sýndar fjórar hitamælingar úr holunni. Tvær eru gerðar eftir borhlé áður en holan var fullboruð, en hinar tvær eru frá 25. janúar 1979 og 21. apríl 1979. Á mælingunum sést að stærstu vatnsæðarnar eru nálægt 213 m, 656 m og 740 m dýpi. Smærri vatnsæðar koma fram á 320 m og 775 m dýpi.

Þann 20. febrúar 1979 var hiti rennslis úr holunni um 51°C eða aðeins 3°C lægri en hámarkshiti í holunni. Hitamælingin frá 21. apríl 1979 sýnir feril sem er hliðraður um u.þ.b. 2°C miðað við fyrri mælingu. Þessi munur stafar líklega af rangri kvörðun tækjanna, en fyrri mælingin er talin sýna réttara hitastig. Hitamælingarnar benda til að sama vatnskerfið fæði allar æðarnar í holunni.

6.5 Vatnsæðar og rennslismælingar

Á um 213 m dýpi kom fyrst vatn í holuna og runnu þá úr henni um 2 l/s. Á 656 m dýpi jókst rennslið og varð þá 5,5 l/s. Á 740 m dýpi varð enn vart við vatnsaukningu og mældist rennslið 8 l/s. Einnig varð vart við lítils háttar rennslisaukningu á 772-778 m dýpi. Auk þeirra vatnsæða, sem vart varð við í borun sést smáæð á 320 m dýpi í hitamælingum.

Athugun á tengslum vatnsæða við jarðlög sýnir að æðarnar á um 213 m, 320 m og 740 m koma fram við eða í berggöngum, en æðarnar á um 656 m og 775 m eru nálægt lagamótum sets og basalhraunlaga.

Talið er að gangar stjórni aðalupprennisli heita vatnsins á Eyjafjarðarsvæðinu, en að stærstu vatnsæðarnar komi fram þar sem gangar skera þykk setlög. Þótt bein tengsl sjáist ekki við bergganga í stóru æðinni á 656 m og æðinni á 775 m dýpi er líklegt að sama gangakerfi og fæðir hinar æðarnar veiti vatni út í setlögin á þessu dýpi.

Samkvæmt upplýsingum bormanna um aukningu á vatnsrennsli í borun og samanburði við hitamælingar virðast a.m.k. 1/3 hluti rennslis koma úr æðinni á um 213 m dýpi. Mjög lítið rennsli virðist vera úr æðunum á 320 m og 775 m dýpi og óljóst er hversu mikið rennur úr æðinni á 740 m. Áætlað var að mæla rennsli úr hverri æð um leið og vatnssýni voru tekin, en af því varð ekki vegna bilunar í mælitækjum. Að lokinni borun var dælt með lofti úr holunni gegnum stangir sem settar voru niður á 85 m dýpi. Rennsli var fyrst um 25 l/s, en minnkaði smám saman og var orðið um 17 l/s eftir 7 klst. dælingu. Í lok dælingarinnar, nokkrum klukkustundum síðar, var rennslið orðið um 14 l/s. Hitastig vatnsins mældist 49°C eða um 3°C lægra en áður. Þessi lækun stafar af kælingu vegna loftsins og er því vart marktæk. Aftur var loftdælt úr holunni 9.-10. apríl 1979. Rennsli komst í 27-28 l/s í upphafi dælingar, en minnkaði eftir fáeinum klukkustundum niður í um 12 l/s.

Að lokinni dælingu var holan um hálfu klukkustund að fyllast. Í apríl var frjálst rennsli úr holunni 8 l/s, en var 4. september 1979 komið niður í 6,5 l/s. Dæluprófun sem þessi gefur ekki endanlegar upplýsingar um afkastagetu holunnar. Líkur benda þó til að dæla megi úr holunni allt að 10 l/s til frambúðar og yrði niðurdráttur vatnsborðs þá nálægt 100 m.

6.6. Hallamæling

Hinn 22. október 1979 var holan hallamæld. Niðurstöður mælinganna eru í töflu 1. Í ljós kom að hallinn er lítill, mestur er hann um 1,8° á 200-300 m dýpi. Á 565 m dýpi var fyrirstaða í holunni og komst hallamælirinn ekki dýpra. Hallastefna var ekki mæld.

TAFLA 1 Hallamæling borholunnar SW-1

Dýpi m	Halli °
50	0,5
100	1,0
150	0,8
200	1,8
300	1,8
400	1,0
500	
560	1,0

7 EFNASAMSETNING JARÐHITAVATNSINS

Magn uppleystra efna í grunnvatni og hlutföll þeirra innbyrðis eru m.a. háð hita vatnsins. Þótt vatnið kólni ber það enn merki jafnvægis við fyrra hitastig. Á þessu byggist notkun svonefndra "efnahitamæla" sem gefa til kynna upprunahita vatnsins. Vatnssýni til efnagreininga eru því yfirleitt tekin úr laugum í tengslum við fyrstu yfirborðsathuganir og ávallt eftir borun holu á hverju svæði. Tilgangur efnagreininga á vatninu er einnig að meta neysluhæfni þess og hættu á tæringu eða útfellingum við vinnslu.

TAFLA 2

Úppleyst efni í jarðhitavatni frá Svalbarðseyri

Sýni nr.	Dýpi	Hita- stig °C	Eðlis- viðnám $\Omega \text{ m}$ 22°C	pH/°C	SiO ₂	Na	K	Ca	Mg	ppm				Cl	F	Uppl. efni	Kísil- hiti ¹⁾ °C	Alkali- feldsp. hiti ²⁾ °C
										CO ₂	SO ₄	H ₂ S	H ₂ O					
66012073006909110116	3)	0	30,0	10.21/20	77.0	43.0'	0.92	3.65	0.07	12.5	20.4	0.1	18.5	0.16	210	70.1	(85)	
66012071017904210054	0	51,8	47,6	9.97/27	75.7	49.1	0.4	3.88	0.01	22.0	21.0	0.1	21.5	0.64	(168.1)	68.1	49	
66012071017904210055	620	-	47,6	10.03/24	74.0	48.0	0.3	3.70	0.19	22.0	20.7	0.1	21.1	0.64	184.7	68.2	40	
66012071017904210053	700	-	47,6	10.05/24	74.0	48.4	0.5	3.54	0.21	21.6	20.5	0.1	21.1	0.64	185.0	66.7	57.5	

1) miðað við kalsedónmettun

2) alkalfeldspatahiti miðaður við fræðilegan jafnvægisferil alkalfeldspata (Helgeson, 1969)

3) laug við sundlaug

Til er efnagreining af vatnssýni, sem tekið var úr lauginni við sundlauginna árið 1969. Eftir borun holu SW-1 voru tekin úr henni vatnssýni, bæði úr holutoppi og á 620 m og 700 m dýpi. Þótt hitaferlar af holunni bentu til að hún væri öll í sama vatnskerfinu þótti rétt að athuga hvort efnahlutföll vatnsins í neðstu æðunum gæfu til kynna að heitara vatn fengist með dýpri borunum. Í töflu 2 eru sýndar niðurstöður efnagreininga á vatnssýnum úr SW-1 og úr lauginni við sundlauginna. Einnig er sýndur reiknaður djúphiti út frá tveim "efnahitamælum", þ.e. kísilhiti og alkalifeldspatahiti. Djúphiti miðað við þrjá aðra "efnahitamæla" var einnig reiknaður út, en er sleppt í töflunni þar sem þeir voru augljóslega fjarri því að vera nothæfir fyrir þetta vatn. Alkalifeldspatahitinn fyrir sýnið úr lauginni er mun hærri en fyrir öll hin sýnin. Þessi efnagreining er gömul, frá 1969, og er kalíinnihald óeðlilega hátt.

Varðandi kísilhitann ber þess að gæta að við útreikning hans var notað það gildi fyrir kleyfnistuðul kísilsýru, sem reynst hefur gefa bestar niðurstöður fyrir djúphita í Eyjafirði (Axel Björnsson o.fl., 1979). Varla getur þó talist að enn hafi fengist nógu mikil gögn til að ganga eindregið út frá því að þessi stuðull sé réttur. Kísilhiti er 66-70°C miðað við þennan stuðul. Sé notaður eldri stuðull fæst kísilhitinn 52-57°C. Miðað við djúphita frá alkalifeldspata-efnahitamælinum (40-58°C) og það að mældur hiti í æðum holunnar er alls staðar 50-52°C þykir ekki rétt að gefa fyrirheit um að heitara vatn en 60°C fáiist með dýpri borun.

Vatnið virðist vel neysluhæft. Ekkert þeirra uppleystu efna, sem greind voru í því, fer yfir leyfileg mörk miðað við alþjóðareglur um neysluvatn. Þess ber þó að gæta að ekki eru greind öll efni sem talin eru óæskileg í drykkjarvatni. Vatnið er ekki tærandi. Ekki er ástæða til að óttast kalkútfellingar við vinnslu þessa vatns.

8 NIÐURSTÖÐUR

Sjálfrennsli úr borholunni á Svalbarðseyri er nú um 6,5 l/s og vatnið 51°C heitt. Enn má búast við að rennslið minnki eitthvað. Virðist ekki unnt að dæla úr holunni nema 10 l/s til frambúðar. Árangur af borun holu SW-1 er þó engan veginn neikvæður og er vatnið nú þegar nýtt bæði

til upphitunar húsa og í sundlaug. Efnagreining vatnsins og borholu-
mælingar benda til þess að ekki fáist vatn verulega heitara en 60°C á
þessu svæði. Úr þessu verður þó ekki skorið endanlega nema með borun
dýpri holu.

Til frekari öflunar jarðhitavatns fyrir hitaveitu á Svalbarðseyri eða
fyrir allan Svalbarðsstrandarhrepp er eina leiðin, auk dælingar úr SW-1
að bora aðra og dýpri holu á sama svæði. Jákvæður árangur af frekari
borun gæti orðið á tvennan hátt. Annað hvort gæti fengist heitara vatn
úr æðum neðan við 1000 m dýpi, eða þá aukið vatnsmagn og betri dæluhola
með sama hitastigi, þ.e. um 51°C. Auk þess er talsvert öryggi í því að
hitaveita hafi fleiri en eina holu einkum ef dæla þarf vatninu með djúp-
dælu. Ekki er talið rétt að freista þess að dýpka eða bora út úr holu
SW-1.

Í ljósi þeirra rannsókna sem raktar hafa verið í þessari skýrslu hefur
nýrri borholu verið valinn staður við Svalbarðseyri, suðvestur af sund-
lauginni. Er staðsetning hennar sýnd á segulkortinu á mynd 2. Stefnt
er að því að holan verði 1500-1800 m djúp og skeri norðlægu gangana sem
liggja á milli sundlaugarinnar og samkomuhússins (sbr. mynd 2) á mun
meira dýpi en SW-1 gerði, eða 1000-1200 m. Til þess þarf holan að vera
vestar en SW-1. Það hefur einnig þann kost að sá staður er um 10 m
lægri og ætti því að auðvelda sjálfrennsli og/eða dælingu úr nýju holunni.
Nýja holan yrði sunnan og vestan við N 45°V ganginn eins og SW-1 og mundi
því væntanlega ekki skera hann. Ekki þykir rétt að bora norðan við þennan
gang því halli hans er lítill og því hætta á að holan skæri hann ekki.
Hugsanlegt er að hann virki sem veggur á rennsli heita vatnsins, sem
kemur úr suðri eða suðvestri og því talið vænlegra að vera sömu megin og
SW-1, sem þrátt fyrir allt er tiltölulega vatnsgæf miðað við flestar
holur á blágrýtissvæðum landsins.

Við ákvörðun um frekari boranir þarf að taka tillit til þeirrar áhættu
og kostnaðar sem ávallt felst í borunum og væntanlegum árangri þeirra
annars vegar og til kostnaðar við upphitunarleiðir eins og olíu og raf-
magn hins vegar. Einkum þarf að bera saman kostnað við borun nýrrar holu
og upphitun með fjarvarmaveitu, sem nýtir núverandi vatn auk kyndinga
með rafmagni, olíu eða varmadælu. Verði slíkur samanburður hagstæður
boruninni leggur Jarðhitadeild Orkustofnunar til að ofanefnd hola suð-
vestur af sundlauginni verði boruð niður á 1500-1800 m dýpi.

HEIMILDASKRÁ

Aronson, J.L. & Kristján Sæmundsson 1975: Relatively old basalts from structurally high areas in central Iceland. Earth Planet. Sci. Lett., 28, s. 83-97.

Axel Björnsson og Kristján Sæmundsson 1975: Jarðhiti í nágrenni Akureyrar. Orkustofnun, OS-JHD-7557, 53 s.

Axel Björnsson, Kristján Sæmundsson, Sigmundur Einarsson, Freyr Þórarinnsson, Stefán Arnórsson, Hrefna Kristmannsdóttir, Ásgrímur Guðmundsson, Benedikt Steingrímsson & Þorsteinn Thorsteinsson 1979: Hitaveita Akureyrar, rannsókn jarðhita í Eyjafirði, áfangaskýrsla 1978. Orkustofnun, OS-JHD-7851, 91 s.

Helgeson, H.C.: 1969 Thermodynamics of hydrothermal systems at elevated temperatures and pressures. Amer. J. Sci., 276, 729-804

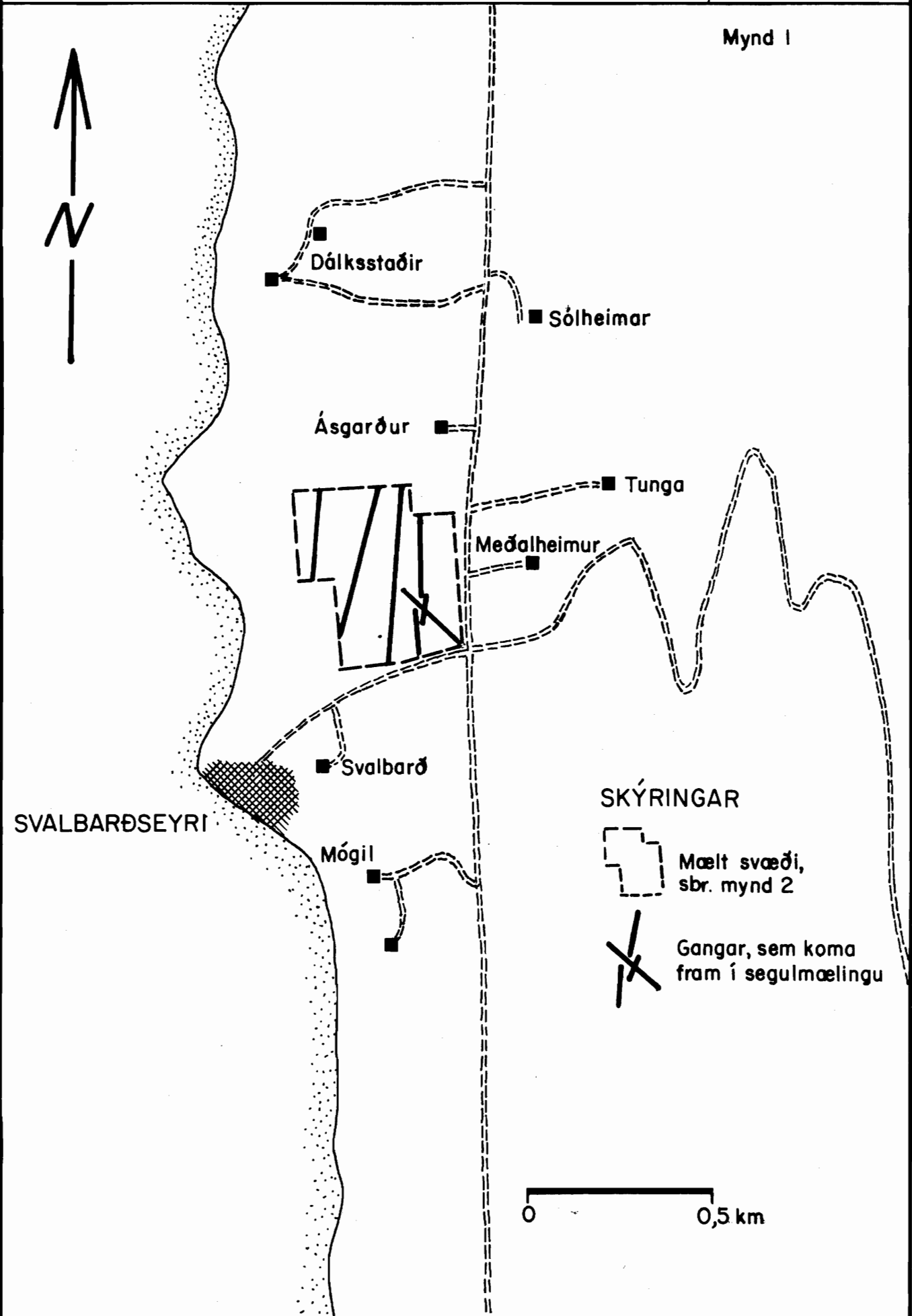
Jón Sólmundsson 1959: Laugabók, dagbók frá athugunum á jarðhitastöðum á Norðurlandi. Handrit í vörslu Jarðhitadeildar Orkustofnunar.

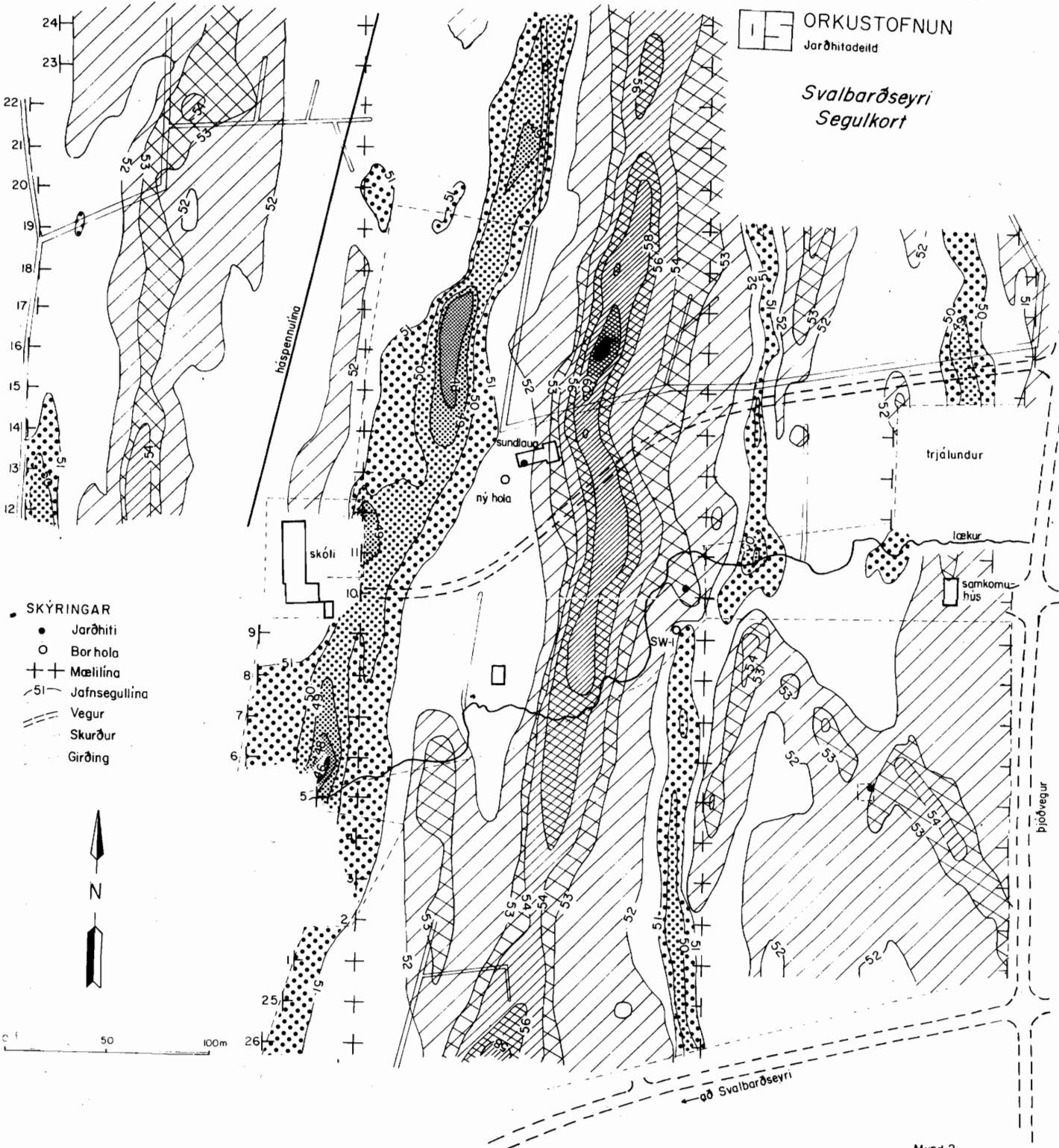
Rannsóknarráð ríkisins 1944: Jarðhiti á Íslandi I, alkalísk jarðhitasvæði. Reykjavík. Rannsóknarráð ríkisins, (177) s.

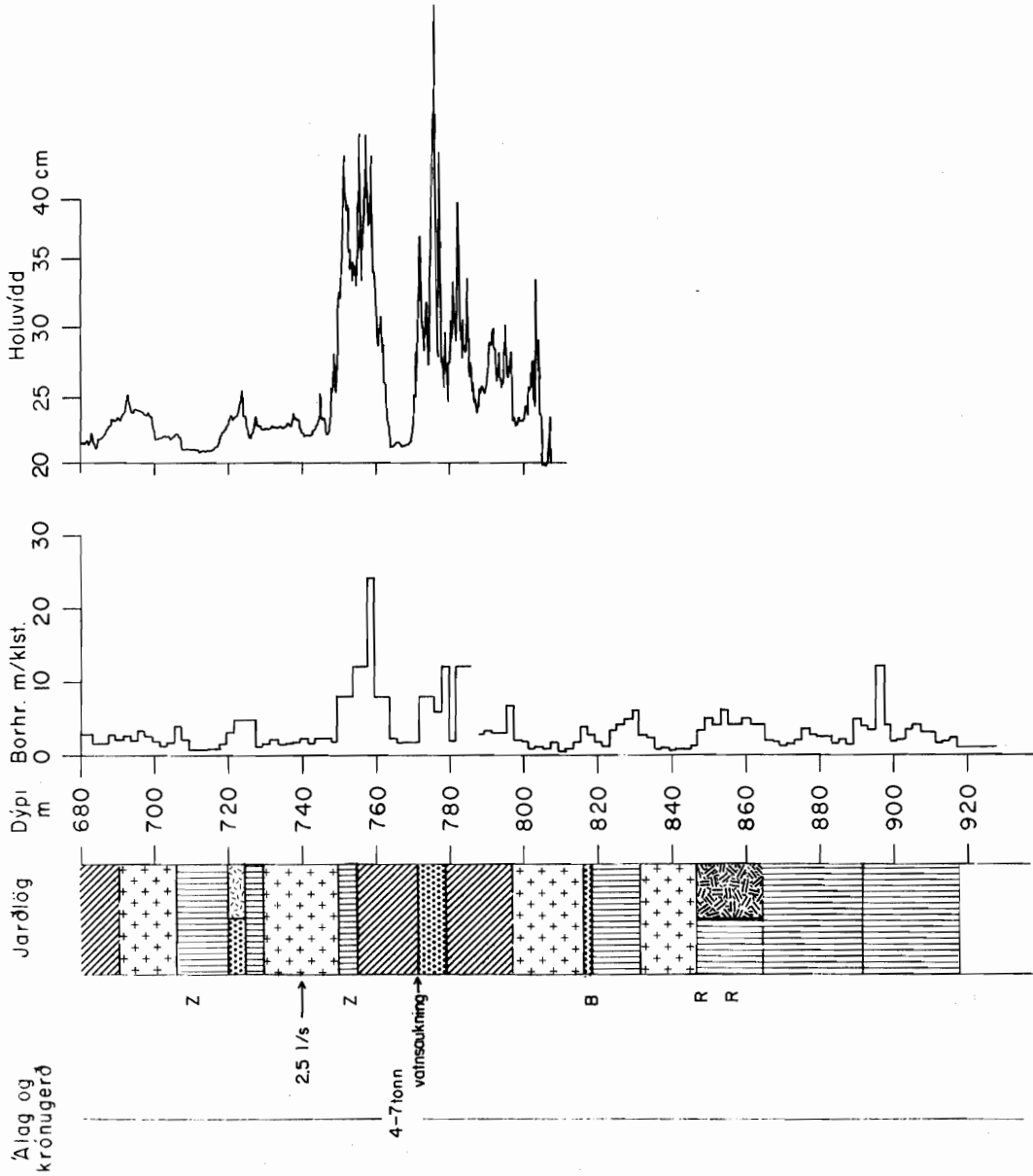
MYNDIR









Mynd 1







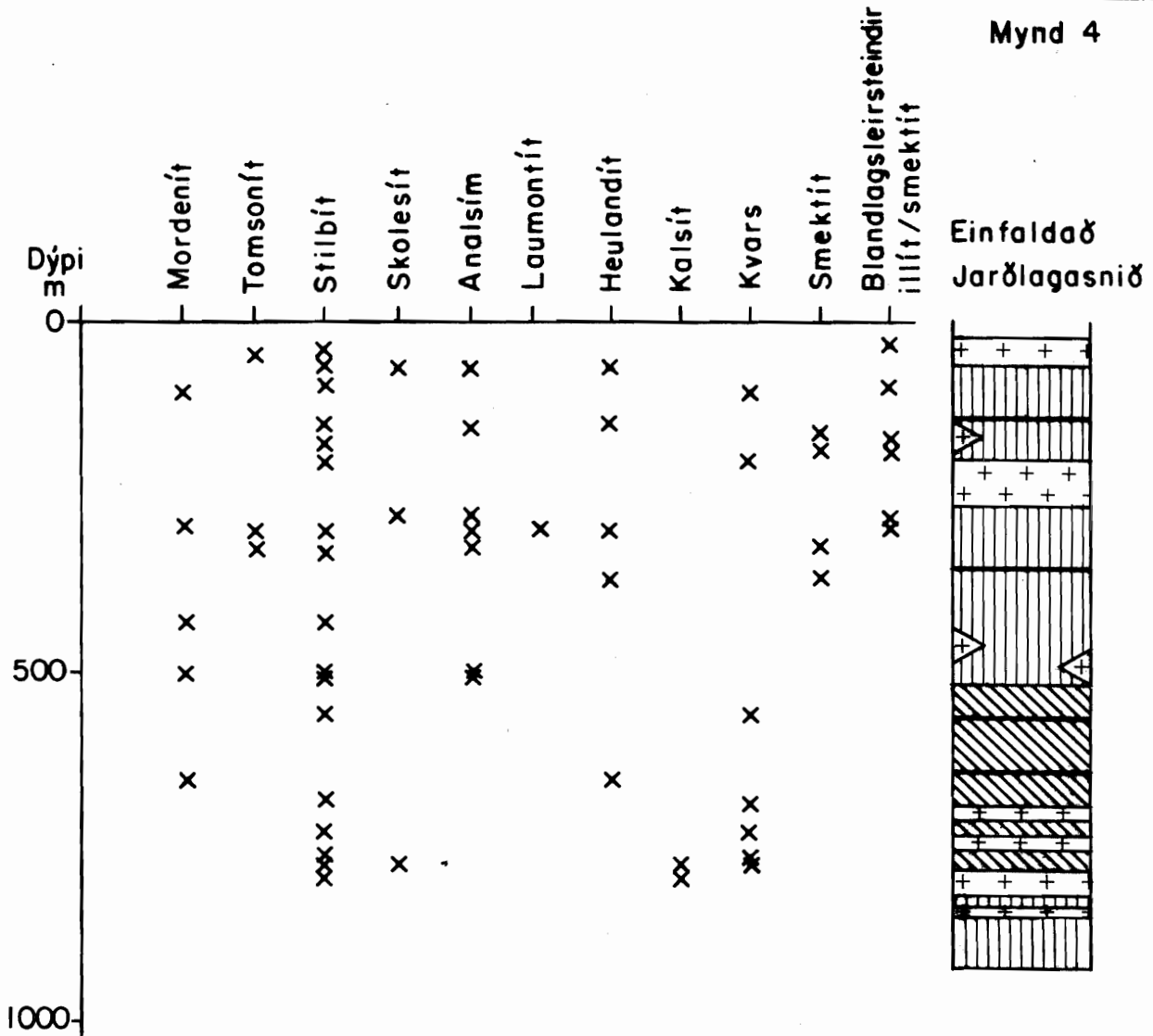
SKÝRINGAR



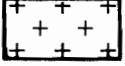

-  Ummyndað basalt (póleitt ráðandi)
-  Ummyndað basalt (ólívín-póleitt ráðandi)
-  Basalttrik breksía
-  Ótilgreint set
-  Innskot, dólérít
-  Vantar svarf
- B Brúnleitt
- R Rauðleitt
- Z Zeólítar

Mynd 3

ORKUSTOFNUN	
JARÐLAGASNIÐ	
Svalbarðseyri SW-1	
179.03.26	HK / AA
Bláa 2. af 2	Þing
F 18260	

Mynd 4



-  Póleiit basalt ráðandi
-  Olivín póleiit basalt ráðandi
-  Dólerit
-  Þykk millilag



Hitamælingar í borholum

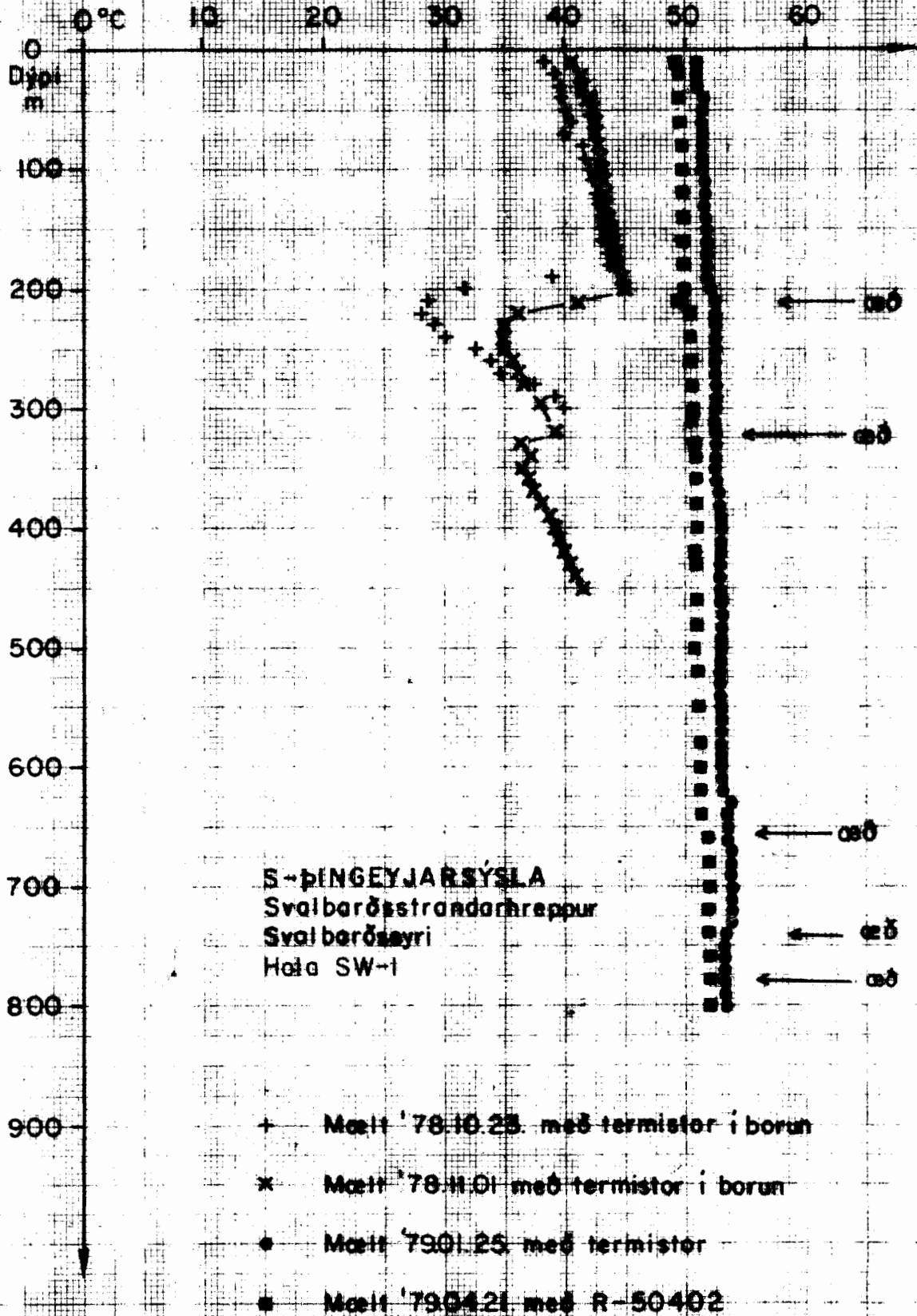
'79.04.30

HK/EK

Hitamæl. Þings

F. 17833

Mynd 5



VIÐAUKI A

Segulmælingar



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 jaróvegi. Slíkar misfellur eru t.d. gangar, misgengi, sprungur og hraunjaðrar. Mælingarnar eru mjög fljótgerðar og fremur ódýrar.

Eðli segulmælinga

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

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

Notagildi

Segulmælingar hafa mest verið notaðar hér á landi við að leita uppi og kortleggja bergganga, misgengi og sprungur. Þær hafa gefist einkar vel við kortlagningu bergganga og innskotslaga í 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 örúvísi segulmögnuð. 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-

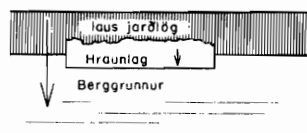
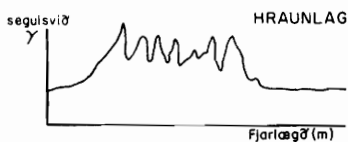
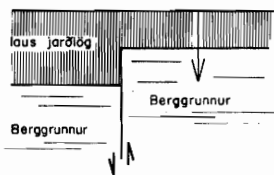
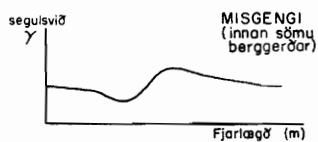
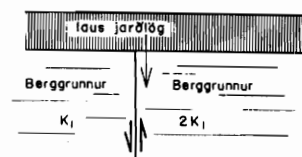
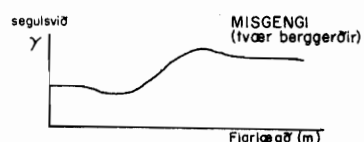
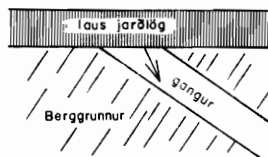
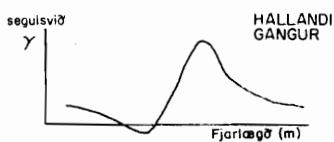
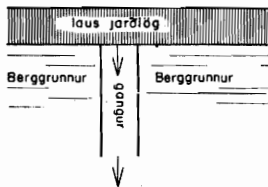
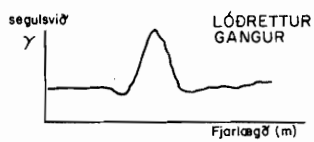
sviði. Frávikid er jákvætt yfir rétt segulmögnumgangi, þ.e. þar mælist sterkara segulsvið en neikvætt yfir öfugt segulmögnumgangi, þ.e. veikara segulsvið.

Mynd 1. sýnir áhrif ýmissa bergmyndana á segulsviðið. Að gefnum ákveðnum forsendum er unnt að reikna út lögun 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 myndanna, 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 sjálfsgöðu ekki þar, við að greina í sundur jarðmyndanir sem eru huldar lausum yfirborðslögum.

Mæliaðferð 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 örur 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 lögun segulfrávika hve þétt jafnsviðslínur eru dregnar en oft er nægilegt að hafa eitt mikrotlesla (1000 gamma) á milli lína. Við minniháttar verkefni er oft látið nægja að birta einstaka mæliferla og kort sem sýnir staðsetningu þeirra. Þetta á sérstaklega við ef langt er á milli mællína.

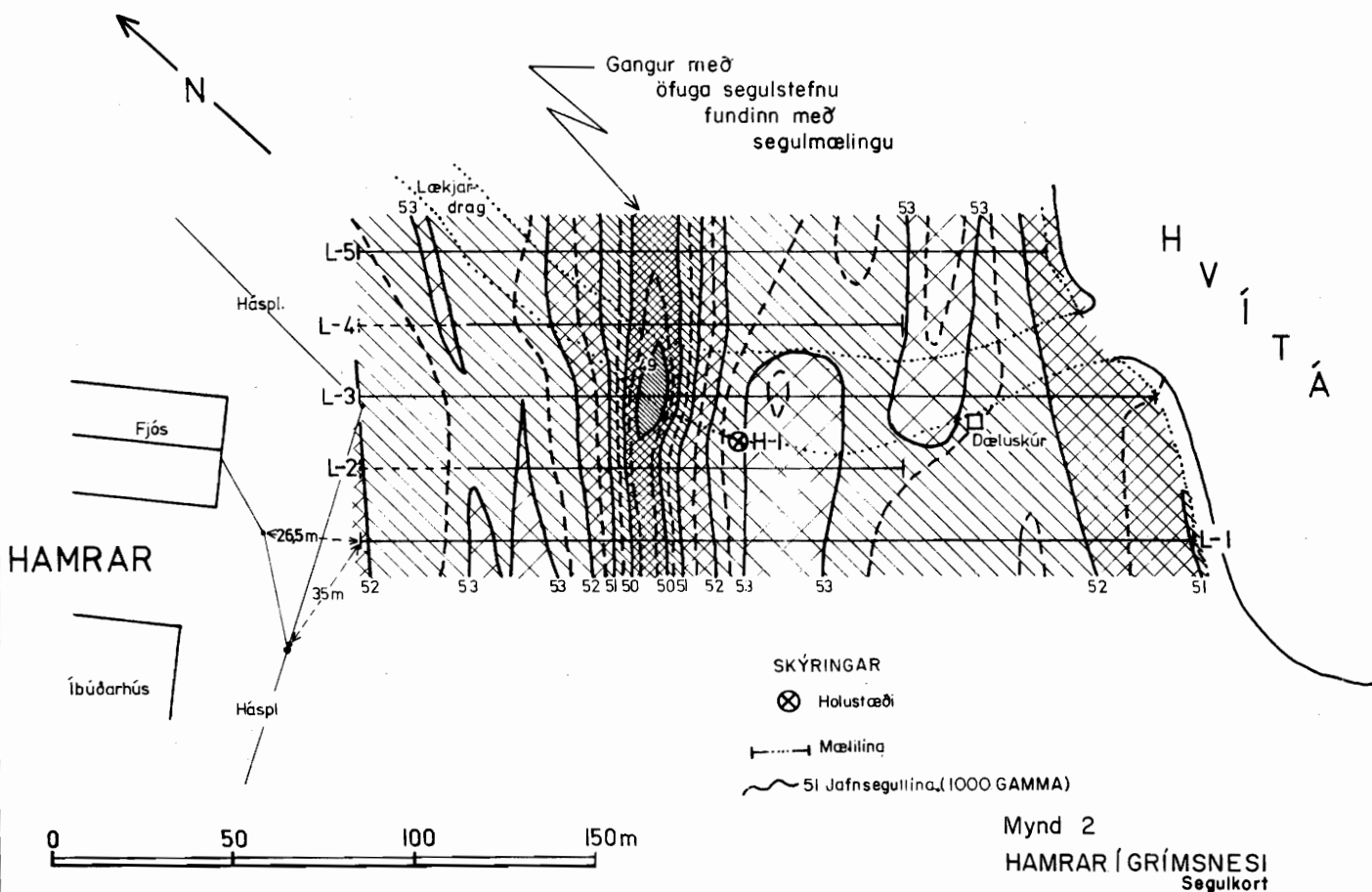


Allar myndanir eru óendanlega langar, hornrétt í plan þessarar myndar.

Myndirnar eru mjög einfaldaðar

↓ Stefna þessarar segulmagnunar sem veldur segulfrávikinu

Mynd 1
Einkennandi segulfrávik ýmissa bergmyndana



Mynd 2
HAMRAR Í GRÍMSNESI
Segulkort

VIÐAUKI B

Lýsing á jarðlögum
í borholu SW-1

LÝSING Á JARÐLÖGUM Í BORHOLU SW-1

- 22-34 m. Allgróft, dökkt basalt eða dólerít ráðandi, ekki mjög mikið ummyndað. Þýrítæðar sjást í basaltinu og einnig er dreif af linum ljósum sambreyskjum. Basaltið virðist vera plagioklasdílótt og í því eru dökkir dílar úr leirsteindum. Við mörkin við næsta basaltlag verður basaltið heldur fínkornóttara.
- 34-42 m. Meðalgróft, fremur dökkt basalt. Í efstu tveim til fjórum metrunum er mikil oxun í basaltinu og algengar eru ljósrauðar sambreyskjur.
- 42-60 m. Ljósgráleitt, meðalgrófkornótt basalt. Mikið er um útfellingar við lagamótin. Basaltið verður mun dekkra á lit er neðar dregur í lagið.
- 60-80 m. Við lagamótin á 60-62 m dýpi finnast brotkorn af tígulsteinsrauðu millilagi og oxuðu basalti og dreif er af útfellingum. Síðan tekur við fínkornótt og dökkt basalt með nokkrum oxunarflekkjum í, ofarlega í laginu.
- 80-90 m. Oxun við lagamótin, en síðan tekur við basalt sem er dekkra og ívið grófkornóttara en í laginu ofan við. Nokkuð ber á leirfyllingum í basaltinu.
- 90-98 m. Oxun er í basaltinu við lagamótin og dreif er af sambreyskjum og útfellingum, meðal annars sést seladónít. Basaltið neðan við er brúngrátt og fremur fínkornótt.
- 98-134 m. Dökkt, fremur grófkornótt plagioklasdílótt, leirfyllt basalt eða dólerít. Saman við grófkornótt basaltið finnst í sumum sýnum grátt, meðalgrófkornótt basalt, og einnig dökkt mjög fínkornótt. Á 110 m dýpi ber talsvert á oxun. Þetta lag er líklega gangjaðar, þar sem svarf af þessu bili er blandað grófum dólerítmolum og fínkornóttara basalti ásamt molum úr millilagi.

- 134-144 m. Nokkur dreif er af tígulsteinsrauðu millilagi á 134-136 m dýpi. Síðan tekur við oxað basalt og sambreyskjur. Neðst í laginu verður basaltið dekkra og þéttara, og nokkuð ummyndað.
- 144-170 m. Brúnrauðleitt basalt meðalgrófkornótt, með svörtum leirfyllingum. Talsvert er um ljósar yrjóttar sambreyskjur. Dreif er af útfellingum, m.a. seladóníti og ljósum myndlausum holufyllingum. Basaltið er svipað og í laginu ofan við, en heldur minna ber á oxun.
- 170-178 m. Dökkt, fínkornótt, þétt basalt. Fáeinir molar sjást úr brúnleitu millilagi eða túffi efst í laginu. Dreif er af útfellingum.
- 178-180 m. Fínkornótt, dökkt basalt er ráðandi í þessu eina sýni.
- 180-184 m. Blanda af ljósgráleitu basalti og dökkgráu, fínkornóttu, þéttu basalti. Dreif er með af grænum leirfyllingum og ljósum útfellingum. Líklega er verið að bora í ljósgráa basaltið en dökka basaltið er að ofan.
- 174-190 m. Dökkgrátt, fersklegt, fremur fínkornótt til meðalgrófkornótt basalt. Allalgeng eru brotkorn af grænsvörtum leirfyllingum.
- 190-266 m. Dólerít, sem er talsvert ummyndað. Dreif er af pýrítí og leirfyllingum. Nokkur blöndun er í þessu lagi.
- 266-272. Ljósgráleitt basalt, mikið ummyndað. Basaltið er mun fínkornóttara en í gangberginu ofan við.
- 272-286 m. Í efstu 4 m er lagamótberg, gjallkenndar sambreyskjur og útfellingar, m.a. kalsít og mesolít. Oxaðir basaltmolar finnast með. Basaltið verður smám saman grátt á lit, en fremur ljóst. Í því eru skærgrænar leirfyllingar. Basaltið er allummyndað og leirfyllt.

- 286-302 m. Samskonar basalt og í laginu ofan við, en oxun er við lagamótin. Við lagamótin eru áberandi útfellingar af seladóníti og grænum grófkristölluðum leirsteindum. Við neðri lagamótin eykst magn útfellinga mjög mikið.
- 302-316 m. Við lagamótin er þunnt tígulsteinsrautt millilag, síðan tekur við ljósgrængrátt basalt, fremur fínkornótt. Talsvert er um útfellingar efst í laginu. Basaltið verður heldur grófkornóttara er neðar dregur í lagið. Dreif er af allgrófu dóleríti.
- 316-334 m. Oxun er við efri lagamótin, en í laginu er ráðandi fínkornótt, grágrænt basalt. Ljósar útfellingar og pýrít finnast í nokkru magni.
- 334-358 m. Grátt, fremur fínkornótt þétt basalt. Oxun er við lagamótin og hugsanlega örþunnt tígulsteinsrautt millilag. Basaltið verður grófkornóttara neðar í laginu. Það er allummyndað og grænleitt.
- 358-382 m. Efst er þunnt, marglitt millilag. Síðan tekur við fínkornótt, grængrátt basalt, sem verður grófara er neðar dregur í lagið.
- 382-412 m. Við lagamótin eru tígulsteinsrauðar, túffkenndar sambreyskjur, aukið magn útfellinga og meira er um oxað basalt. Síðan tekur við svargrátt, meðalgróft til fínkornótt basalt.
- 412-422 m. Oxun er við lagamótin og dreif er af brotkornum úr millilagi. Síðan tekur við grængrátt basalt. Seladónít er algengt í þessu lagi.
- 422-426 m. Svargrátt, fínt til meðalgróft basalt, þétt og leirfyllt. Oxun er talsverð við lagamótin. Seladónít og ljósar útfellingar eru algengar. Einkum ber á kalsíti, mesolíti og stilbíti.
- 426-430 m. Svargrátt, þétt, fremur fínkornótt leirfyllt basalt. Oxun er talsvert mikil í basaltinu og rauðoxaðar sambreyskjur eru algengar.

- 430-440 m. Oxun við lagamótin og talsvert um útfellingar og áberandi tígulsteinsrauðar túffsambreyskjur. Síðan tekur við brúnleitt, oxað basalt, sem verður grátt, fínkornótt og þétt neðst í laginu.
- 440-448 m. Ljósgráleitt, fínt til meðalgrófkornótt basalt.
- 448-478 m. Við lagamótin finnast brotkorn úr millilagi, oxuðum sambreyskjum og oxuðu basalti, síðan tekur við grængrátt, fremur fínkornótt basalt. Talsverð dreif er af útfellingum í öllu laginu.
- 378-504 m. Við lagamótin er oxað fínkornótt basalt, og dreif af sambreyskjum og útfellingum. Basaltið í laginu er grænleitt, fremur grófkornótt og leirfyllt.
- 504-516 m. Dökkt, leirfyllt basalt, svipað og í laginu ofan við. Við lagamótin er basaltið brúnleitt af oxun og algengar eru oxaðar sambreyskjur og útfellingar.
- 516-528 m. Grátt til grágrænt, fínkornótt til meðalgróft ólivínþóleiít-basalt. Oxun er talsverð í basaltinu við efri lagamótin. Dreif er af útfellingum, m.a. skólesít og laumontít.
- 528-542 m. Dökkgrátt, meðalgrófkornótt ólivínþóleiít basalt. Í blöðrum og sprungufyllingum eru grænsvartar leirfyllingar áberandi. Við efri lagamótin virðist vera þunnt, rauðbrúnt millilag.
- 542-552 m. Grátt, fínkornótt þóleiít basalt.
- 552-566 m. Gráleitt, fremur grófkornótt basalt. Talsvert ber á zeólítum.
- 566-570 m. Fagurrætt millilag, ásamt ljósgrágrænum sambreyskjum.
- 570-576 m. Fínkornótt, grásvart basalt, með dökkum leir í blöðrum. Dreif er af zeólítum, skólesít og heulandít.

- 576-590 m. Grátt, fínkornótt basalt, dreif er af laumontíti og heulandíti. Smávægileg oxun er við efri lagamótin.
- 590-602 m. Grásvart, fínkornótt ólivínþóleiít, með svörtum leirfyllingum. Nokkur oxun er við efri lagamótin.
- 602-612 m. Grátt til grásvart fínkornótt basalt, með dökkum leirfyllingum.
- 612-632 m. Mikil oxun við lagamótin, en síðan tekur við grásvart fínkornótt ólivínþóleiít basalt. Dreif er af zeólítum og kalsíti.
- 632-646 m. Mikil oxun við lagamótin, en síðan tekur við ljósgrátt fínkornótt basalt, með smáum dökkum leirfyllingum.
- 646-682 m. Efst er þunnt, ljósrautt millilag og basaltið er rautt af oxun. Talsverð dreif er af zeólítum, m.a. heulandíti og laumontíti. Síðan tekur við fínkornótt, grátt, leirfyllt basalt. Mikil dreif er úr millilagini ofan við í gegnum allt lagið.
- 682-694 m. Oxun við lagamótin, en síðan tekur við gráleitt basalt. Allmikið er um útfellingar og mest er af kalsíti og kvarsí en einnig sést heulandít.
- 694-706 m. Grásvart dólerít. Nokkur blöndun er úr laginu að ofan.
- 706-730 m. Grátt, fínkornótt þóleiít. Allmikið er um zeólíta, og einnig kvars. Nokkur dreif er af dóleríti í þessu lagi. Á 722 m dýpi er talsvert um millilagsmola úr grænleitu millilagi sem trúlega er móberg. Dreif er af pýríti í basaltinu.
- 730-744 m. Sennilega þunnt millilag við lagamótin. Blöndun er mikil í þessu lagi, en sennilega er borað í þóleiít basalt.
- 744-748 m. Grátt, fínkornótt þóleiít-basalt.

- 748-758 m. Dólerít, en mikil blöndun er í laginu m.a. úr móbergslaginu hér að ofan.
- 758-770 m. Fínkornótt, grátt dólerít.
- 770-794 m. Við lagamótin er mikið af útfellingum einkum zeólítum og kalsíti. Síðan tekur við mjög dökkt basalt, líklega ólivín póleiít.
- 794-818 m. Mikil blöndun er í þessum kafla. Aðalberggerð er gróft, gransvart dólerít. Mikið er um útfellingar, bæði kalsít og zeólíta. Einnig er dreif úr rauðbrúnu millilagi og fínkornótt póleiít-basalt.
- 818-830 m. Efst er þunnt, brúnleitt millilag. Síðan tekur við dökkt meðalgrófkornótt til fínkornótt basalt, sem virðist allsprungið. Talsvert er um útfellingar m.a. laumontít. Í þessu lagi er einnig dreif af dólerítmolum.
- 830-852 m. Í þessu lagi er ráðandi grágrænt dólerít, en talsverð dreif er með af gráu til grábrúnu, fínkornóttu til meðalgrófkornóttu basalti. Talsverð dreif er af útfellingum, bæði kvarsi og zeólítum. Einnig ber talsvert á pýríti.
- 852-864 m. Veruleg oxun er við lagamótin, og einnig er dreif af rauðbrúnum millilagsmolum. Talsvert ber á oxun í basaltinu í öllu þessu lagi, en í neðsta sýninu er basaltið orðið minna oxað, meðalgrófkornótt til grófkornótt.
- 864-894 m. Í efstu 2 m er rauðbrúnt og kargalegt millilag. Síðan tekur við meðalgrófkornótt til grófkornótt, fremur ljóst basalt. Talsvert er um útfellingar í öllu þessu lagi, bæði kalsít, zeólíta og sægrænar leirsteindir. Talsverð dreif er af gransvörtum dólerítmolum.
- 894-918 m. Veruleg oxun er í berginu á 894-896 m dýpi, þar ber talsvert á pýríti, laumontít og öðrum útfellingum, m.a. myndlausu kvarsi. Síðan tekur við meðalgróft, grátt til grágrænt basalt. Í neðstu 4 m lagsins er ráðandi gransvart dólerít allmikið pýrítfyllt.