

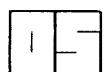
**FISKELDISRANNSÓKNIR
Í VESTUR-SKAFTAFELLSSÝSLU
1987**

Sérverkefni í fiskeldi 1987

Freysteinn Sigurðsson
Ragna Karlsdóttir

OS-88029/VOD-08 B

Júlí 1988



ORKUSTOFNUN
Vatnsorkudeild

Verknr.:810.700

**FISKELDISRANNSÓKNIR
Í VESTUR-SKAFTAFELLSSÝSLU
1987**

Sérverkefni í fiskeldi 1987

Freysteinn Sigurðsson
Ragna Karlsdóttir

OS-88029/VOD-08 B

Júlí 1988

ÁGRIP

Sumarið 1987 fóru fram athuganir á ferskvatni og jarðhita í og við byggð í Skaftártungu, Síðu og Fljótshverfi í Vestur - Skaftafellssýslu á vegum Orkustofnunar. Athuganir þessar voru liður í sérverkefnum Orkustofnunar vegna fiskeldis. Uppkomustaðir jarðhita voru athugaðir, mældur hiti og rennsli og sýni tekin til efnagreiningar. Gerðar voru 34 jarðviðnámsmælingar í Skaftártungu og Út-Síðu og boraðar 6 rannsóknarholur á sama svæði, um 60 m djúpar. Aflað var yfirlits um vatnajarðfræðilega gerð berggrunns og setþekju, vatnafars og helztu lindauppkomur í eldra bergi. Sýni voru tekin af ferskvatni til efnagreininga. Möguleikar á öflun ferskvatns við jarðhitastaði voru athugaðir (Orkustofnun 1987).

Helztu niðurstöður þessarra athugana eru að svo stöddu eftirfarandi:

Staðfest er, að jarðhiti er til staðar í nánd við jarðhitastaði á yfirborði. Hann virðist vera tengdur ríkjandi sprungukerfum, en meginstefnur þeirra eru SV - NA á öllu svæðinu en vestan Geirlandsár fer að bera í vaxandi mæli á norðlægari stefnum, sem eru sennilega ríkjandi í Skaftártungu. Hitastigull utan jarðhitasvæðanna er sennilega nærri $50 - 60^{\circ}\text{C}/\text{km}$, en eitthvað hærri á jarðhitasvæðunum sjálfum, þó sennilega innan við $100^{\circ}\text{C}/\text{km}$. Berggrunnur er sennilega nokkuð þéttur og því eru ekki miklar líkur á miklu vatni né mjög heitu.

Jarðhiti á yfirborði er hvergi mikill: Um 28°C í Heitulækjum á Djúpárdal, um 14°C í Drykkjársteini við Eintúnaháls, um 19°C í Laugargili við Hvamm og um 22°C við Tungufljót við Snæbýli. Auk þess mun vera jarðhiti á yfirborði í Leyningum við Búlandsá. Rennsli er hvergi það mikið, að ekki þurfi að glæða það með borunum, ef nýta skal jarðhitavatnið við fiskeldi. Lindavatn er nægjanlegt við Heitulæki (í Fossabrekki), en á hinum stöðunum yrði að afla ferskvatns með dælingu úr áreyrum. Slík dæling er sennilega ekki trygg nema hjá Snæbýli, hvorki að magni né gæðum. Í heild má segja að horfur á samnýtingu ferskvatns og jarðhita til fiskeldis á árkvartera berggrunninum á þessum slóðum séu ekki ýkja vænlegar. Kostnaður vegna jarðhitaborana og ferskvatnsdælingar yrði talsverður.

EFNISYFIRLIT

ÁGRIP	2
1. INNGANGUR	5
1.1 Fiskeldisrannsóknir Orkustofnunar	5
1.2 Rannsóknir í Vestur - Skaftafellssýslu 1987	5
2. YFIRLIT UM JARÐHITASTAÐI	6
3. MEGINDRÆTTIR Í JARÐGERÐ	8
3.1 Jarðgerð og lekt	8
3.2 Útbreiðsla jarðmyndana og berggerða	8
3.3 Berggrunnur einstakra svæða	9
3.4 Höggun og sprungustefnur	9
3.5 Laus setlög á yfirborði	12
3.6 Hraun frá nútíma	12
4. VATNAFAR OG VATNSGÆF JARÐLÖG	13
4.1 Úrkoma og afrennsli	13
4.2 Grunnvatn og lindir	14
4.3 Hiti og efni í ferskvatni	16
5. JARÐHITI OG JARÐHITARANNSÓKNIR	18
5.1 Jarðhitarannsókn 1987	18
5.2 Lýsing jarðhitastaða	19
5.3 Efnainnihald jarðhitavatns	21
5.4 Jarðviðnám	21
5.5 Hitastigulsholur og rannsóknarboranir	22
5.6 Niðurstöður jarðhitarannsóknar	23
6. ÖFLUN VATNS OG VARMA Á JARÐHITASTÖÐUM	25
7. HELZTU NIÐURSTÖÐUR	26
8. HEIMILDASKRÁ	26
VIÐAUKI: Boranir í Skaftafellssýslu	29

1. INNGANGUR

1.1 Fiskeldisrannsóknir Orkustofnunar

Vatn og varmi eru forsendur fyrir fiskeldi. Á síðustu árum hafa margir ráðist í fiskeldi. Hefur þá æ gleggra komið í ljós, að forsendur þess hafa ekki verið nógum vel þektar. Því hefur Orkustofnun verið veitt nokkurt fé á fjárlögum áranna 1987 og 1988 til að kanna þessar framangreindu forsendur á vænlegum svæðum vítt um land. Miðað var við, að sveitarfélög þau, sem þar ættu hlut að málí, legðu fram nokkurt fé á móti til rannsóknanna. Mikil þekking á ferskvatni, jarðsjó og jarðhita var til á Orkustofnun vegna rannsókna hennar á nytjavatni, virkjunarvötnum og jarðhita. Árið 1987 fóru þessar rannsóknir fram á 6 eða 9 svæðum, eftir því hvernig flokkað er. Var þá einkum hugað að möguleikum á samnýtingu ferskvatns og jarðhita. Árið 1988 er stefnt að því að kanna einkum möguleika á öflun jarðsjávar á vænlegum stöðum eða svæðum. Jafnframt því er haldið áfram í minna mæli könnunum vegna nýtingar ferskvatns. Stefnt er að því að ljúka þessarri yfirferð í könnun á nefndum forsendum árið 1989 og hefur verið sótt um fjárveitingu til þess (Orkustofnun 1987).

Meðal þeirra svæða, sem valin voru til könnunar, voru sveitir þær í Vestur - Skaftafellssýslu, þar sem vitað var um jarðhita í byggð eða skammt ofan byggðar. Þessar sveitir eru Skaftártunga, Síða og Fljóts-hverfi, en nokkrar athuganir höfðu þegar farið fram við Vík í Mýrdal vegna möguleika á fiskeldi. Beindist könnunin að jarðhitastöðunum og möguleikum á öflun ferskvatns í nánd við þá, svo og könnun á jarðhitalíkum á svæðinu. Árið 1988 er á-formað að kanna vatnsmiklar ferskvatns-lindir undan hraunum í byggð á þessum slóðum. Fyrirhugað var að kanna möguleika á öflun jarðsjávar á Meðallandsfjörum og á Alviðruhömrum 1989. Þar eð nokkurt fé losnaði í öðrum fiskeldisrannsóknaverkum, er stefnt að því að hefja þær rannsóknir í ár, enda hafa heimamenn í Kirkjubæjar-, Leiðvallar- og Álfavershreppum sýnt því mikinn

áhuga. Stefnt er að lokum þeirrar könnunar 1989, ef fé fæst. Þessi könnun skiftir miklu máli fyrir allt frameldi (matfiskeldi) á fiskum þeim, sem lifa um skeið í söltu vatni, eins og lax og fleiri skyldir fiskar.

1.2 Rannsóknir í Vestur - Skaftafellssýslu 1987

Hér verður fjallað um rannsóknir árið 1987 og helstu niðurstöður þeirra. Af hálfu Orkustofnunar stóðu eftirtaldir starfsmenn að rannsóknunum: Yfirstjórn rannsóknanna á landinu í heild hafði Ólafur G. Flóvenz, jarðeðlisfræðingur, til hausts 1987, en síðan Hákon Áðalsteinsson, vatnaliðfræðingur. Umsjón með rannsóknarverkefninu í Vestur - Skaftafellssýslu hafði Freysteinn Sigurðsson, jarðfræðingur, en hann sá einnig um ferskvatnskönnun. Jarðhitarannsókninni stýrði Ragna Karlssdóttir, verkfræðingur, en sýnataka ylvatnssýna og allar efnagreiningar voru í höndum Jarðefnastofu Jarðhitadeilda Orkustofnunar. Sprungukortlagningu annaðist Björn Jónasson, jarðfræðingur, en frá niðurstöðum þess verks varð ekki svo gengið, sem ætlað var, vegna fækkunar í starfsliði Orkustofnunar í kjölfar boðaðs samdráttar í fjárveitingum haustið 1987. Umsjón með rannsóknarborunum hafði Björn A. Harðarson, jarðverkfræðingur.

Skyrslugerð er fyrirhuguð á þann veg, að gerð verði nú þegar (1988) heildarskýrla um jarðhitarannsóknirnar, þar eð þeim er lokið að sinni. Hefur Ragna Karlssdóttir þegar tekið saman drög að þeirri skýrslu og er hér stuðzt við þau. Heildarskýrslu um ferskvatnskönnun er ætlunin að gera að loknum rannsóknum sumarsins 1988 og kæmi hún væntanlega út á næsta ári (1989). Skýrla um fyrri áfanga jarðsjávarrannsókna kæmi út 1989 en lokaskýrla um þær væntanlega ári síðar (1990), að þeim rannsóknunum loknum. Ráðgert er, að út komi skýrslur eða greinargerðir um framvindu könnunar á hverju ári. Greinargerðir um könnun 1987 voru teknar saman í febrúar - apríl 1987 og hefur þeim verið dreift til hlutaðeigandi sveitarfélaga (Björn A. Harðarson 1988,

Freysteinn Sigurðsson 1988 a, 1988 b, Ragna Karlsdóttir 1988 a). Í fyrilliggjandi skýrslu er greint nánar frá könnuninni í heild.

Haft var samband við oddvita hlutaðeigandi hreppa, Val Oddsteinsson í Úthlíð í Skaftártunguhreppi, Hönnu Hjartardóttur á Kirkju-bækarklaustri í Kirkjubæjarhreppi og Berg Helgason á Kálfafelli í Hörgslandshreppi. Önnuðust þau ýmislega fyrirgreiðslu vegna rannsóknanna og var það drjúgt framlag. Þau og aðrir heimamenn voru einnig boðnir og búinir að vísa rannsakendum á athugunarverða staði og fylgja þeim þangað, ef þörf krafði. Skal sérstaklega getið fylgdar og til-vísunar Bergs Helgasonar vegna athugana á jarðhita í Heitulækjatorfum og lindum í Fossabrekku við Djúpá.

Rannsóknaraðferðir þær, sem beitt var voru þær heltar, að aflað var almenns yfirlits í grófum dráttum um jarðgerð og vatnafar. Hiti og rennsli voru mæld á jarðhitastöðum og sýni tekin af vatninu. Jarðviðnáms-mælingar voru gerðar þar sem aðgengilegt var í nánd við jarðhitastaði og á svæðum á milli þeirra. Alls voru gerðar 34 mælingar. 6 hitastigulsholur voru boraðar við jarðhitastaði og á öðrum áhugaverðum stöðum, flestar um 60 m að dýpt. Sprungur og mis-gengi voru kortlöggð, en úrvinnsla þeirrar vinnu misfórst að nokkru, sem fyrr segir. Athugaðir voru möguleikar á öflun ferskvatns við jarðhitastaðina og sýni voru tekin á nokkrum stöðum úr lindum og vatnsföllum.

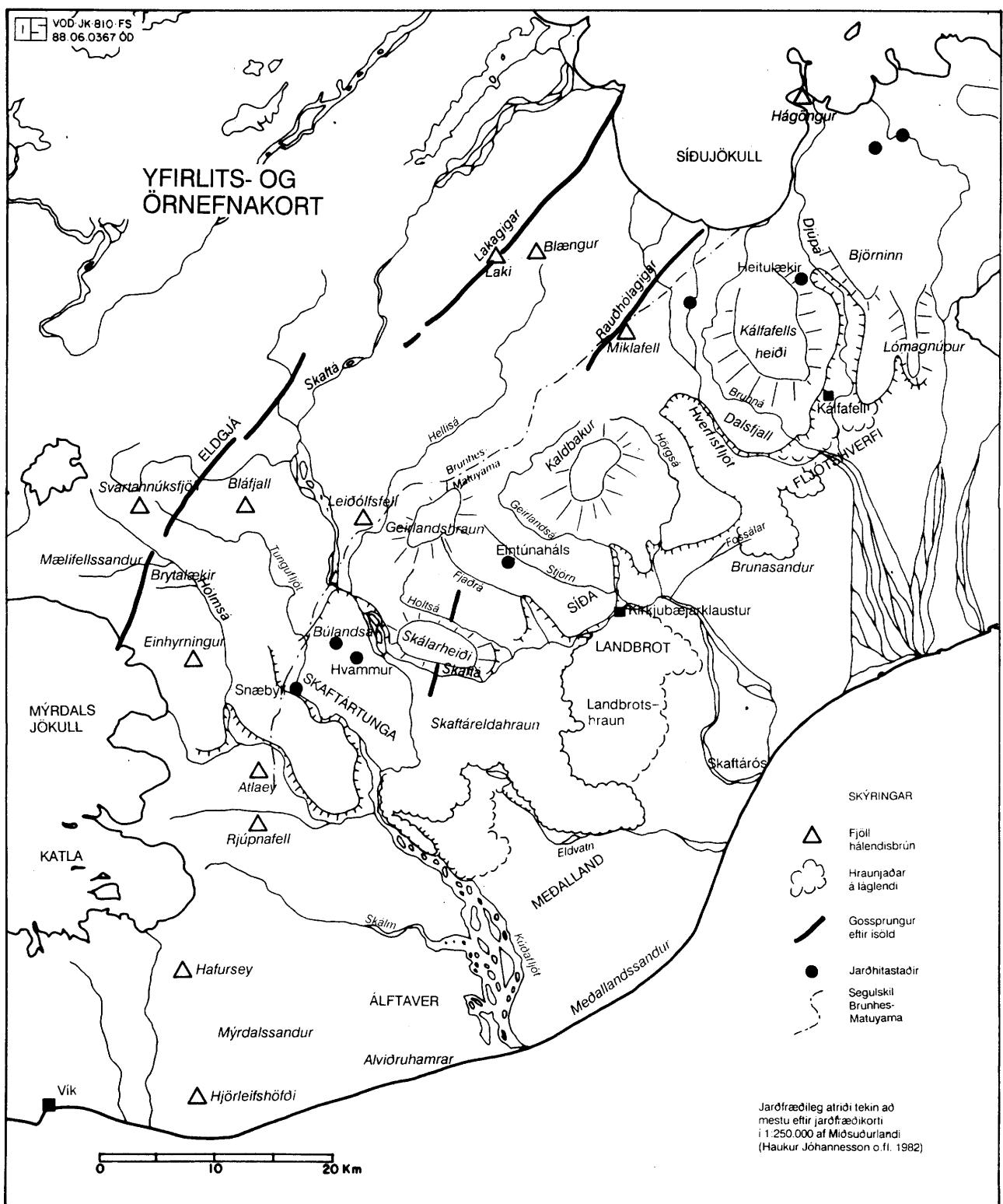
Í meginmáli hér á eftir er fyrst stutt yfirlit um jarðhitastaðina (kafli 2). Þá er lýst megin-dráttum í jarðgerð (kafli 3), einkum hvað varðar vatnajarðfræðilega eiginleika jarð-laga. Næst er sagt frá helztu þáttum vatnafars (kafli 4). Þar næst greinir frá rannsókn-um þeim, sem fóru fram á jarðhitananum (kafli 5). Þá fylgir mat á öflun vatns og varma á einstökum jarðhitastöðum (kafli 6). Loks er stutt yfirlit um helztu niðurstöður (kafli 7).

2. YFIRLIT UM JARÐHITASTAÐI

Hvergi er vitað um mikinn jarðhita á svæð-inu milli Mýrdalssands og Skeiðarársands en vitað var um allmarga staði, þar sem nokkur jarðylur eða jarðhiti er á yfirborði (Jón Jónsson 1981). Eru sumir þeirra langt inni á fjöllum en aðrir eru í byggð eða vel aðgengilegir þaðan. Þeir staðir, sem helzt komu til álita um nánari könnun voru eftir-taldir (mynd 1):

- Við Tungufljót hjá Snæbýli í Skaftár-tungu.
- Laugargil hjá Hvammi í Skaftártungu.
- Í Leyningum við Búlandsá upp frá Bú-landi í Skaftártungu.
- Drykkjarsteinn hjá Eintúnahálsi á Síðu.
- Heitulækir inn frá Kálfafelli í Fljóts-hverfi.

Hvorki er hiti hár né rennsli mikið á ylvatni því, sem kemur til yfirborðs á þessum stöðum. Heitast er í Heitulækjum, um 28 °C, og þar er rennsli einnig hvað mest, eða fáeinir l/s. Hjá Snæbýli er hiti um 22 °C, hjá Hvammi um 19 °C, í Drykkjarsteini um 14 °C en ekki er vitað um hitann í Leyningum. Hann mun vera frekar lágor en heitt var í veðri, þegar að honum var hugað og því volgt í vætlum og uppkomum. Búlandsá var yfir 20 °C þann dag. Staðir þessir allir eru við svipaðar jarðfræðilegar aðstæður. Þeir eru í árkvarteru bergi en þó ekki fjarri mörkum við síðkvartert berg. Aldur bergs-ins er sennilega nærri 1 milljón ára, þó ein-hverju kunni þar að skeika og einhver mun-ur kunni að vera á milli staða. Norðvestan þeirra, í átt að virka gosbeltinu, verða opnar sprungur og misgengi mun meira áberandi. Gæti það raunar greitt mjög rás kalds vatns og valdið þann veg kælingu á því svæði. Suðaustan, byggðamegin, er bergið mun minna sprungið og e.t.v. sjálft þéttara. Gæti það hamlað rennsli heita vatnsins.



MYND 1: Yfirlits- og örmefnakort. Láglendi er að mestu þakið söndum og hraunum frá nútíma. Byggðafjöllin eru að miklu leyti úr árkvarteru móbergi og rísa bratt í níupum og hlíðabrekkum yfir láglendið.

Þótt jarðhitinn á yfirborði þætti ekki merkilegur í varmaauðugri héruðum, þá sýnir hann þó, að einhver ylur er í jörðu. Um hann var nánast ekkert frekar vitað. Því þótti ástæða til að kanna hann nokkuð, einkum að reyna að afla einhværra upplýsinga um ástand hans í djúpum jarðar. Við slíkar kannanir hafa aðferðir þær, sem getið er í kafla 1 (efnagreiningar, jarðviðnámsmælingar o.s.frv.) víða verið notaðar með góðum árangri. Má raunar segja, að þær hafi gert það hér líka, svo sem að var stefnt. Virðist nú vera staðfest, að einhver jarðhiti muni vera í jörðu á þessum stöðum, þó ekki sé hann mikill. Var full þörf á að leysa úr þeirri óvissu, því að á miklu getur oftum um framþróun hlutaðeigandi byggða, hvort nýta má jarðhita í þeim eða ekki.

3. MEGINDRÆTTIR Í JARÐGERÐ

3.1 Jarðgerð og lekt

Grunnvatn kallast sá hluti jarðvatns, sem er í samfelldu lagi og streymir undan eigin orku (einkum staðarorku, vatnsborðshæð), fyrst og fremst í nær láréttátt. Grunnvatnið rennur um samtengdar holur í jarðlögunum. Eiginleiki jarðlaga til að veita vatni, eða flytja vatn, kallast lekt (permeabilitet). Hún ræðst fyrst og fremst af vídd holrásanna í jarðlögunum, en einnig af lögun þeirra. Grop (porositet), þ.e. rúmmáls hlutfall holrýmis í jarðlögum, er ekki mælikvarði á lekt. Sá hluti gropsins, sem vatn getur runnið um, kallast virkt grop og er mælikvarði á geymd (storage) eða miðlunarhæfni jarðlaganna. Fast berg er sumt úr þéttu og lítt sprungnu bergi ("bergstáli"), eins og miðhluti flestra hraunlaga, eldri sem yngri. Lekt er í því nær einvörðungu um stuðlasprungur. Annað berg er samsett er brotum og bergmolum. Þar eru holur og gropur milli mola og korna, sem vatn getur runnið um. Í fínkorna bergi eru holrásir þessar yfirleitt þróngar og lektin lítil. Holufyllingar og ummyndun draga úr lekt með því að fylla í eða þrengja holrásirnar. Svipað gildir um laus setlög og fast berg, nema

hvað molar og korn eru ekki samgróin í setinu og lektin því yfirleitt meiri en i sambærilegu, föstu bergi.

3.2 Útbreiðsla jarðmyndana og berggerða

Gott og nákvæmt jarðfræðikort er ekki til af svæðum þeim, sem hér um ræðir. Hins vegar er til ágætt jarðfræðikort af Mið-Suðurlandi í mælikvarða 1:250.000 (Haukur Jóhannesson o.fl. 1982). Ítarlegar lýsingar eru heldur ekki til á jarðgerð svæðisins. Greinargott yfirlit er til eftir Jón Jónsson (1983) í Árbók Ferðafélags Íslands. Hefur hann raunar skrifað fleira athyglisvert um jarðfræði þessa svæðis, þó ekki sé það tíundað hér. Byggðafjöll á Síðu og í Skaftártungu voru könnuð nokkuð vegna kortlagningar í 1:250.000, sem fyrr getur, en ekki hafa niðurstöður þeirrar könnunar enn verið birtar í heild (Kristján Sæmundsson & Haukur Jóhannesson 1980). Sírrannsóknir hafa einnig farið fram á einstökum þáttum jarðgerðar (Bergh 1985). Nokkuð hafa byggðafjöllin einnig verið skoðuð á vegum Vatnsorkudeilda Orkustofnunar vegna hugsanlegra vatnsaflsvirkjana (Björn Jónasson 1974; ó-birt gögn). Niðurstöður þess hafa ekki verið birtar í samhengi, en hér er verulega stuðzt við þær, enda hæg heimatökin.

Að baki byggðafjöllunum liggar austara gosbeltið á Suðurlandi og stefnir frá suðvestri til norðausturs. Hefur gosið nokkrum sinnum austan Skaftár eftir að ísöld lauk fyrir um 10.000 árum. Síðast - og sennilega mest - var Skaftáreldagosið 1783. Runnu þá hraun fram um árdali og ofan á láglendi, þar sem þau þöktu við flæmi. Hefur slikt gerzt áður, bæði eftir ísöld og eins í ísahléum, þegar land var jökullaust. Frá þeim tíma eru grágrýtisskellur í Skaftártungu og á Síðuheidum. Annars verður berg almennt því eldra sem lengra dregur frá gosbeltinu. Talið er, að mestur hluti byggðafjallanna sé myndaður á segulöld þeirri (magnetic epoch), sem kennd er við Japanann Matuyama (frb. u.p.b. matstsjama skv. japónskum heimildum), en það hófst fyrir röskum tveimur milljónum ára og lauk fyrir næra

700.000 árum. Eftir það hafa segulskaut jarðar alla jafna horft svo sem nú er. Ær sú segulöld kennd við franskan landfræðing, Brunhes að nafni (frb. Bru-in eða bryn).

Mest ber á ýmiskonar móbergi í byggðafjöllum. Það er nú víða nokkuð ummyndað og fullt af ljósleitum útfellingum. Fær bergið víða af því ljósgráan blæ. Basaltlög finnast þar einnig og munu þau sum hafa runnið sem hraun en önnur flætt sem innskot um móbergið. Algengasti hamur (facies) eða gerð móbergsins er þursaberg, ýmis konar. Í því liggja bergmolar í fylld (matrix) úr glersalla og finni glerbrotum. Allt er berg þetta úr basalti sem bergtegund og því járnrikt. Eins konar ryðmyndun verður í því, einkum í glerríkum hlutum þess, og veldur hún brúna litnum á móberginu. Við fyrstu sýn virðist móbergið víða vera í samfelldum lögum, sem teygja sig langar leiðir. Svipar því og saman frá einum stað til annars. Þegar nánar er að gáð koma þó víða í ljós ýmsir skilfletir og önnur mörk. Því verður að skoða með nokkurri varúð þær hugmyndir, að móbergið sé að miklu eða verulegu leyti í ekki ykja þykkum lögum, sem breiði sig yfir stór svæði. Þetta vandamál, sem ýmis önnur, bíður nákvæmrar kortlagningar.

3.3 Berggrunnur einstakra svæða

Í Skaftártungu er berggrunnurinn ekki greiður til skoðunar, því að víðast hvar liggar þar þykkur og gróinn jarðvegur ofan á honum. Þó sér víða í hann í giljum og fellabrénum. Segulaldamót eru talin liggja af Snæbýlisheiði og undir fellarótum inn að Skaftá hjá Svartanúpi. Ofan þeirra (norðvestan) er bergið fersklegra að sjá og minna ummyndað. Hér er að lang mestu leyti um móberg að ræða, bæði ofan og neðan móttanna. Eldra bergið er orðið nokkuð þétt, en þó ekki svo, að vatnsföll myndist í miklum mæli á yfirborði. Þar gætir raunar miðlunar í þykkum jarðveginum. Í Laugagili hjá Hvammi ber mikið á ummyndun í bergeninu en hennar gætir einnig í nokkrum mæli viðar.

Austan Skaftár eru nokkur fjöll áberandi í landslagi byggðafallanna á Síðunni: Skálar-

heiði, Geirlandshraun og Kaldbakur. Vera má, að þar hafi verið öflugri upphleðsla en annars staðar, þegar jarðlagastaflinn var að hlaðast upp, en þau eru að óðru leyti skilin eftir af rofi vatna og veðra, sem hefur rist ofan af staflanum. Landslag hefur verið í sí-felldri mótnum meðan jarðlögin hlóðust upp. Í giljum Hörgsár og Geirlandsár má all víða sjá dali og dældir í staflanum, sem yngri jarðlög hafa fyllt upp í. Austan til í Síðufjöllum er þessi jarðlagastafla nokkuð fjölbreytilegur. Þar skiftast á hrúgur og lög af móbergi, basalthraunlög, kubbabergslög og jökulbergslög. Veldur landslagið í staflanum því, að enn meira ber á örum skiftum frá stað til staðar. Á lágu heiðunum vestan Geirlandsár ber minna á basaltlögum í staflanum. Hins vegar liggja þar víða grágrýtsbreiður ofan á og þekja meira eða minna stór svæði. Hafa víða myndast mýrar á grágrýtinu. Ummyndunar gætir mikið í gildrögum að Stjórn hjá Eintúnahálsi. Nokkuð ber á henni í gljúfri Fjaðrár, en lítið í Skálarheiði. Virðist hennar raunar gæta mest á svipuðum slóðum og jarðhiti finnst á í dag og austur þaðan um Kaldbak.

Í Fljótshverfi ber töluvert á basaltlagastafla í Dalsfjalli og hjá Kálfafelli, en meira á móbergi í ofanverðri Kálfafellsheiði, a.m.k. inn til fjalla. Austan Djúpár eru skorin hrikafögur gljúfur í móbergið í undirhlíðum Bjarnarins. Þar virðist það frekar fersklegt að sjá. Allt er land þetta rofið og rist. Meira ber á þekkjánlegum upphleðslumyndum, þegar kemur upp í jarðlög frá Brunhes - segulöld, eða síðkvarter. Má þar nefna fjöll að fjallabaki eins og Blæng, Laka og Leiðólfssfell, eða Bláfjall og Einhyrning vestan Skaftár. Svona form eru ekki greinileg á Snæbýlis-eða Ljótarstaðaheiði, niður undir segulaldamótunum. Þó virðist örla þar fyrir norður - suður stefnum, svipuðum og virðist vera ríkjandi í höggun (tektóník) á þeim slóðum.

3.4 Höggun og sprungustefnur

Innri kraftar jarðar reyna á berggrunninn og brestur hann þá í sundur, ef áraunin verður of mikil. Myndast við það brestir og sprungur. Stundum gýs hraunkviku upp um

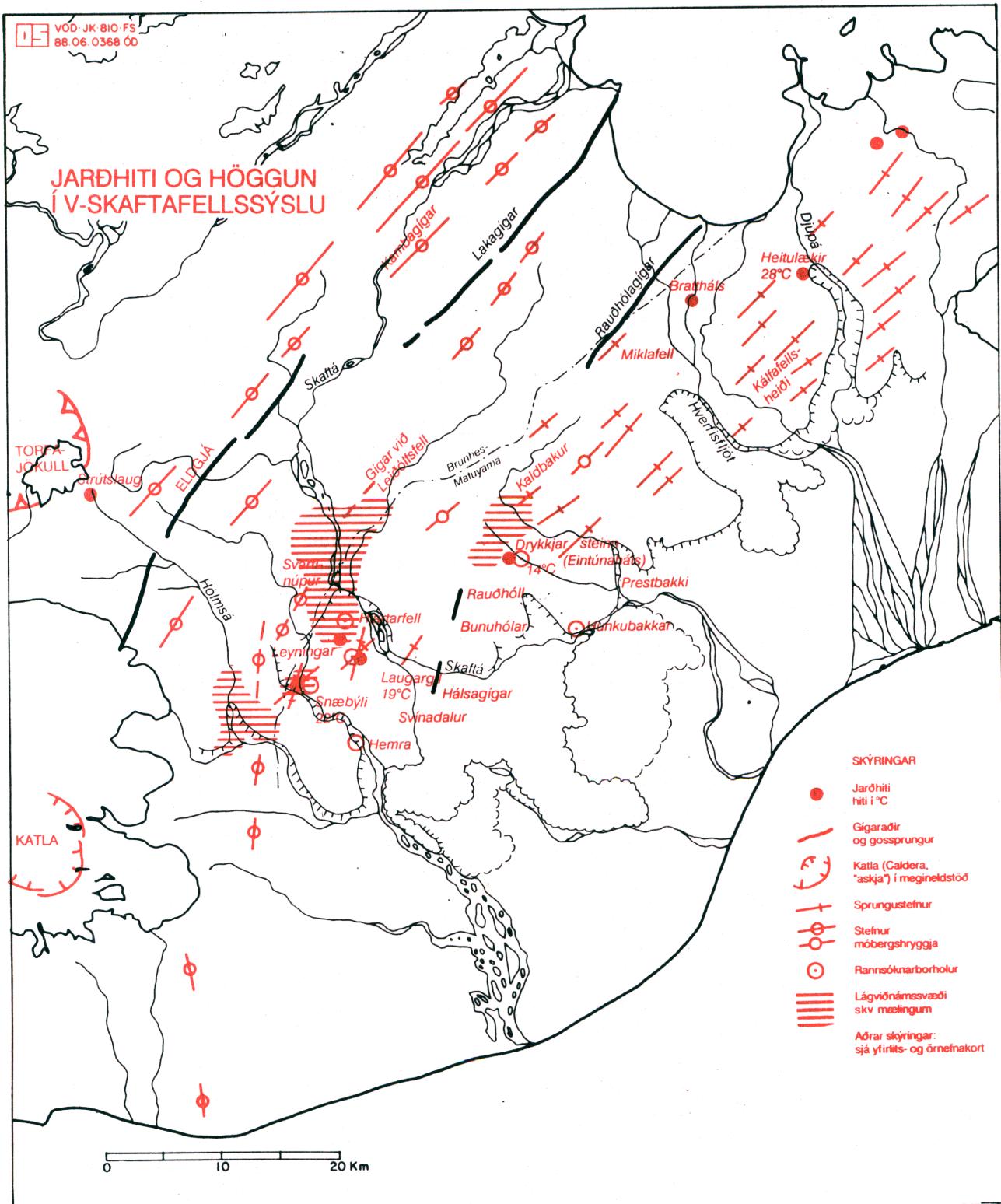
sprungurnar, en stundum missígur jörðin um þær. Þar sem innri kraftar jarðar eru frekar reglulegir í tíma og rúmi, þá verða form þau sem myndast, sprungur, gígaraðir og móbergshryggir, líka regluleg. Eru oft á-kveðnar stefnur ríkjandi á stórum svæðum, en aðrar stefnur, frábrugðnar, gefa þá á-bendingar um fjölbreytni í þessum innri kröftum. Ekki er enn hægt að rekja stefnur móbergshryggja í árkvartera berginu, svo nokkru nemi. Vera má, að nákvæm jarðfræðikortlagning gæti leyst úr þeim vanda. Þessar stefnur má hins vegar víða greina í síðkvartera berginu. Gossprungur, sem virkar hafa verið eftir ísöld, eru einnig greinilegar. Meiri háttar misgengi má sjá í landslagi, eða þar sem vel er opið í berg í giljum og gljúfrum. Sama gildir um margar sprungur, einkum þær sem opnar eru. Eftir opnum sprungum getur vatn runnið í einhverjum mæli. Lega þeirra og stefna skiftir því höfuðmáli fyrir grunnvatnsrennslu, einkum í hinum dýpri jarðlögum, þar sem jarðhita er helzt að vænta (mynd 2).

Ríkjandi sprungustefnur eru frá suðvestri til norðausturs, eða nærrí 40° austan við norður ($N40^{\circ}A$). Lakagígaröðin og Rauðhóla-gígaröðin við Miklafell hafa þessa stefnu. Eins stefnir hinn mikli fjöldi af sprungum og brestum, sem liggja um Kaldbak og Kálfa-fellsheiði. Mun minna ber á sprungum vestan Geirlandsár. Gígaröðin um Rauðhól og Bunuhóla og gígaraðir Hálsagíga utan í Skálarheiði stefna nærrí SSV - NNA. Vestan Hólmsár virðast Atley og Rjúpnafell mynda móbergsfellaröð frá síðkvarter, sem stefnir nærrí S - N. Enn sunnar stefna móbergshryggir í Hafursey og Hjörleifshöfða heldur vestan við norður. Uppi á Mælifells-sandi sveigir gossprunga Eldgjár meira til suðlægrar áttar. Við jarðhitastaðina hjá Snæbýli og Hvammi ber mest á tveimur sprungukerfum. Annað stefnir nærrí SV - NA og er frekar lítil dreifing í því. Hitt stefnir rétt austan við norður og er talsverð dreifing á sprungustefnum í því.

Heildarmynd höggunar virðist vera sú, að SV - NA - sprungur eru ríkjandi austan og norðan til á svæðinu, en gætir einnig sunnar

og vestar. Sveigja verður á ríkjandi stefnum til suðurs, þegar vestar og sunnar dregur. Þessi breyting virðist verða nokkuð jafnt og þétt, en ekki skyndilega um brot á stefnunni. Ugglaust tengist hún einhverjum megin-dráttum höggunar á landinu, þó ekki sé fyllilega ljóst, hvernig því er varið. Sveigja þessi verður sem næst á framlengingu skila (beltis) milli gliðnunarbelts Austara-gosbeltisins og "jaðarbeltis" með frábrugðinni efnasam-setningu bergs (flank zone) sunnan þess (Kristján Sæmundsson 1980, Sveinn P. Jakobsson 1979). Hvernig svo sem því er varið, þá er ekki ólíklegt, að einhver gliðnun verði innan í sveigjunni. Slík gliðnun gæti opnað lóðréttar rásir á jarðhitasvæðunum í Skaftártungu, sem gæti verið ástæða fyrir tiltölulegum fjölda jarðysstaða á þeim slóðum.

Gil og gljúfur fylgja gjarnan sprungum. Þetta er t.d. greinilegt á Kaldbak, en þar stefna gljúfur gjarnan SV - NA. Pau snar-beygja víða á milli kafla með þessa stefnu og þá þvert á hana. Hér gæti verið um þverbrot að ræða í fleygunum milli sprungnanna, en einnig ber að gæta, að stytta leiðin milli svona þéttaðra sprungna er einmitt þvert á þær. Aðeins örlar á óreglulegum þver-sprungum við jarðhitastaðina í Skaftártungu. Þær virðast ekki gegna neinu meginhlutverki í höggunarmynd svæðisins.



MYND 2: Jarðhiti og höggun í V-Skaftafellssýslu. Jarðhitinn virðist vera í nánum tengslum við höggun. Í nárd við hann er jarðviðnám oft mun lægra en annars staðar.

3.5 Laus setlög á yfirborði

Hrein möl leiðir vatn vel. Samanhærð blanda af ýmsum kornastærðum, eins og jökulruðningur og sum flóðaset, eru hins vegar lítið lek. Jarðvegur er yfirleitt frekar þéttur, en gróf aska í honum eykur þó lekt hans. Þykk og öskurík jarðvegslögin á Út-Síðu og í Skaftártungu geta tekið við verulegri úrkomu og veitt henni brott. Miðlun er einnig talsverð í þeim. Hins vegar eru vatnsból í jarðvegi ekki sérlega vatnsgæf. Helztu vatnsgæfu setlögini á þessu svæði eru áreyrar. Þær hafa einkum myndast, þar sem dregur úr halla árfarvegar og án getur breitt úr sér. Jökulvötnin eru enn að svarfa á hraunum þeim, sem hafa lagzt í farvegi þeirra og er því fremur fátt um eyrar að þeim, fyrr en kemur niður á víðáttu láglendisins. Eyrar eru allvíða að dragánum milli gljúfrakafla í byggðafjöllum, þó þær séu mismiklar að vöxtum og misjafnar að lekt.

Yfirleitt minnkastærð korna niður eftir farvegi á Anna, en við það dregur að öðru jöfnu úr lekt setsins. Svipað gildir, þar sem árnar spýtast í flóðum fram úr gljúfrum. Þar er kornastærð yfirleitt mest en minnkast svo nokkuð ört niður eftir eyrunum. Um leið eykst einnig aðskilnaður kornastærða (sortering), en lekt er að öðru jöfnu betri í einkorna seti en blönduðu. Samspil þessarar þáttar getur verið með ýmsu móti, en eftir því fer hvar vatnsgæfustu staðirnir eru á eyrunum. Landslag ræður mestu um, hversu þykkar og útbreiddar eyrarnar eru. Uppi á Síðuheidiðum eru þykkar og miklar eyrar við Stjórn hjá Eintúnahálsi. Breiðar eyrar eru einnig í efri drögum Fjaðrár og Holtsá á heiðunum. Í Skaftártungu eru eyrar að Tungufjóti upp frá Snæbýli. Þær eru þó frekar þunnar og útbreiðsla þeirra ekki mikil. Sendnar eyrar eru að Búlandsá í byggð og ekki sérlega vatnsvænlegar. Meiri möl er í þeim uppi í Leyningum, en þar eru þær heldur efnislitlar.

Önnur vatnsvænleg setlög eru af skornum skammti. Aurar jökulvatnanna eru yfirleitt sendnir, sem rýrir vatnsgæfni vatnsbóla í þeim. Hins vegar eru þeir miklir að vöxtum og gætu því haft umtalsverða miðlun.

3.6 Hraun frá nútíma

Nútíma hraun þekja stór svæði í lágsveitum og að fjallabaki. Yngst eru hraunin frá Skaftárelendum frá 1783, en þau þekja mikið af eldri hraunum. Um Skaftárelda hefur margt og mikið verið skrifad, m.a. var gefin út heil bók að tilefni 200 ára "afmælis" eldanna (Skaftáreldar 1984) og er þar margt til um þá, þó ekki sé það allt jarðfræði og þaðan af síður vatnafræði. Hraun þessi breiða úr sér niðri á láglendi beggja vegna við Síðuna. Undan þeim koma fram stórar breiður af eldri hraunum í Landbroti og Meðallandi. Kallast þau Landbrotshraun í Landbroti og eru þar að mestu gróin. Í þeim úir og grúir af gerfigígum, sem bendir til vatnsfyllts lands á þessum slóðum, þegar hraunin runnu yfir. Væri þar helzt um sanda eða eldri hraun að ræða. Að margra hyggju eru hraun þessi runnin stuttu eftir landnám, en um það er ágreiningur milli jarðfræðinga. Verður hann ekki rakinn hér.

Vitað er, að Skaftá rann í kvíslum um hraun þetta fyrir Skaftárelدا. Fór einnig fljótt í það far eftir eld, en nú er rennsli kvísla þeirra, sem fara út í hraun, stjórnað með viðeigandi mannvirkjum. Kvíslarnar bera með sér ógrynni af "leir" og sandi. Þéttist hraunið þar, sem þær ná að flæma. Svo mun einnig hafa verið fyrrum. Veldur það mismun á innrennsli í hraunið, bæði frá kvíslunum og úrkomu þeirri, sem á þau fellur. Þar sem mikill sandur fer ofan í hraunin getur hann valdið þéttingu. Í annan stað eru gjallkenndir hlutar þeirra, t.d. umhverfis gerfigígana, oft lekari en aðrir hlutar. Stærri eða smærri flákar í hraununum geta þannig verið misvel lekir. Hefur það áhrif á rennsli grunnvatns og lindauppkomur. Þykkt hraunanna ræður miklu um, hversu mikið vatn þau flytja. Yfirleitt hafa þau verið talin mjög þykk, sem von er um svo mikil hraunflóð. Jarðviðnásmælingar á Eldhrauninu gætu þó bent til þess, að þau væru mun þynnri en talið var.

Hraun eru í Meðallandi, sem eldri eru en Landbrotshraun. Hverfa þau undir sand, þegar nær dregur sjó. Lögun strandarinnar á Meðallandsfjörum er að margra mati ó-

eðlileg, ef hún er öll byggð úr sandi og mótuð af hafstraumum einum. Hún ætti að vera sléttar dregin frá Alviðruhömrum og austur um Skeiðarársand, en ekki bunga svo út sem hún gerir. Líkleg skýring á þessarri bungu er talin vera, að hraun eða grágrýtisbreiða nái þar út í sjó og þá helzt á svæðinu við Skaftárós og vestur þaðan.

Austari taumur Skaftáreldahrauna fél fram á Hverfisfljótsaura, þar sem nú heitir Brunasandur. Er hraunið trúlega miklum mun lekara en sandarnir undir því. Það er hallalítið frá því ofan við Pverá og fylgir þar landslaginu undir því. Ofar eru eldri hraun undir því. Beggja vegna við Miklafell eru gígar í röð. Heita Rauðhólar þeir stærstu, bæði vestan Miklafells og austan Hverfisfljóts. Má vera, að gígaröð þessi teygi sig allt austur að Hágöngum norður af Birninum. Væri hún þá af svipaðri lengd og Lakagígaröðin. Hraun frá þessarri gígaröð hafa fallið um árdali Djúpár og Brunnár og ofan á jafnsléttu. Vera má, að þau hafi einnig fallið á móta langt ofan árdal Hverfisfljóts, þótt ekki sjái í þau á yfirborði lengur. Grunnvatnsrennsli hlýtur að vera nokkuð í hraunum þessum öllum.

4. VATNAFAR OG VATNSGÆF JARÐLÖG

4.1 Úrkoma og afrennsli

Mikil úrkoma fellur á fjöll og brúnir byggðafjalla á Síðu og í Skaftártungu. Mælistöðvar eru þó engar þar eftir, svo að nákvæm og örugg úrkomugildi eru ekki þekkt. Þess hefur verið getið til, að úrkoman á fjöllunum væri 2.000 - 3.000 mm/ári (Trausti Jónsson 1986). Verulegur hluti úrkomunnar kemur í hellidembum og stórrigningum. Er þá fljótt að safnast saman í heildarmagnið. Ekki er neitt óvenju votviðrasamt á þessum slóðum og góðviðri raunar tíð. Regnvatnið sígur í jörð niður, þegar hún er þíð og meðan hún tekur við. Því eru þó takmörk sett af lekt jarðvegsins og gropi. Rennur þá vatnið fram á yfirborði og hleypur í ár og læki. Stórrigningarnar valda því iðulega vexti í ám. Enn

meiri flóð verða, þegar hellirignir í vetrarblotum á frosna jörð. Ár þær, sem eiga upptök sín í byggðafjöllum og utan hrauna, eru því dragár og foraðsvötn í flóðum.

Þyk og gleyp jarðvegslögin draga þó nokkuð úr þessum áhrifum. Þau geta tekið við miklu vatni. Jarðvegur, sem er 5 m þykkur og með 25 % virkt grop, getur þannig tekið við og miðlað meira en 1.000 mm úrkomu. Í venjulegu árferði eru líka sytrur vætlandi úr hverju jarðvegsdragi að sumarlagi og safnast skjótt saman í smálæki, sem síðan renna í stærri læki og ár. Sumarið 1987 var óvanalegt þurrt. Þá voru þessir lækir margir orðnir seytl eitt og aðrir þurrir. Árnar þurru að sama skapi. Í ágúst var Stjórn við Eintúnaháls komin niður í 20 l/s yfirborðsrennsli. Þetta litla rennsli mun hafa horfið löngum stundum ofan í þykkar áreyrarnar, því að Stjórn var um þessar mundir iðulega þorrin að kalla, eða alveg, þar sem hún fellur fram af brúninni hjá Mörk. Aðrar dragár voru einnig mjög vatnsrýrar á þessum tíma.

Hluti ársúrkomunnar fellur sem snjór, einkum hátt til fjalla. Mestur hluti hans bráðnar á stuttum tíma á vorin með viðeigandi flóðum í ám og lækjum. Skaflar liggja þó eftir, sem eru að bráðna fram eftir öllu sumri. Miðla þeir vatni til fallvatnanna. Áraskifti eru að þeirri miðlun eftir árferði. Í meðalári er jafnan vatn í ám þeim, sem falla af Birninum. Eins er Tungufljóti drjúgur fengur að snjóleysingavatni úr Svartahnúksfjöllum langt fram eftir sumri. Snjóleysing er mikil á jöklunum og leggur hún til mikinn hluta af sumarvatni jökulánna. Jökulvatnið ber með sér mikið af óhreinindum úr jöklinum og úr farvegum undir honum. Þau eru að miklu leyti fínkorna og geta því borizt langar leiðir með vötnunum. Þetta fína grugg er ekki talið æskilegt í fiskeldisvatni. Sama máli gegnir um grugg í öðru flóða- og leysingavatni. Þó mun skaðsemi þess vera nokkuð háð öðrum eldisþáttum, svo sem fisktegundum, aldri og þroska fisks, þéttsetningu í eldi o.fl. Æskilegast er þó, að vatnið sé hreint og gruggfrítt.

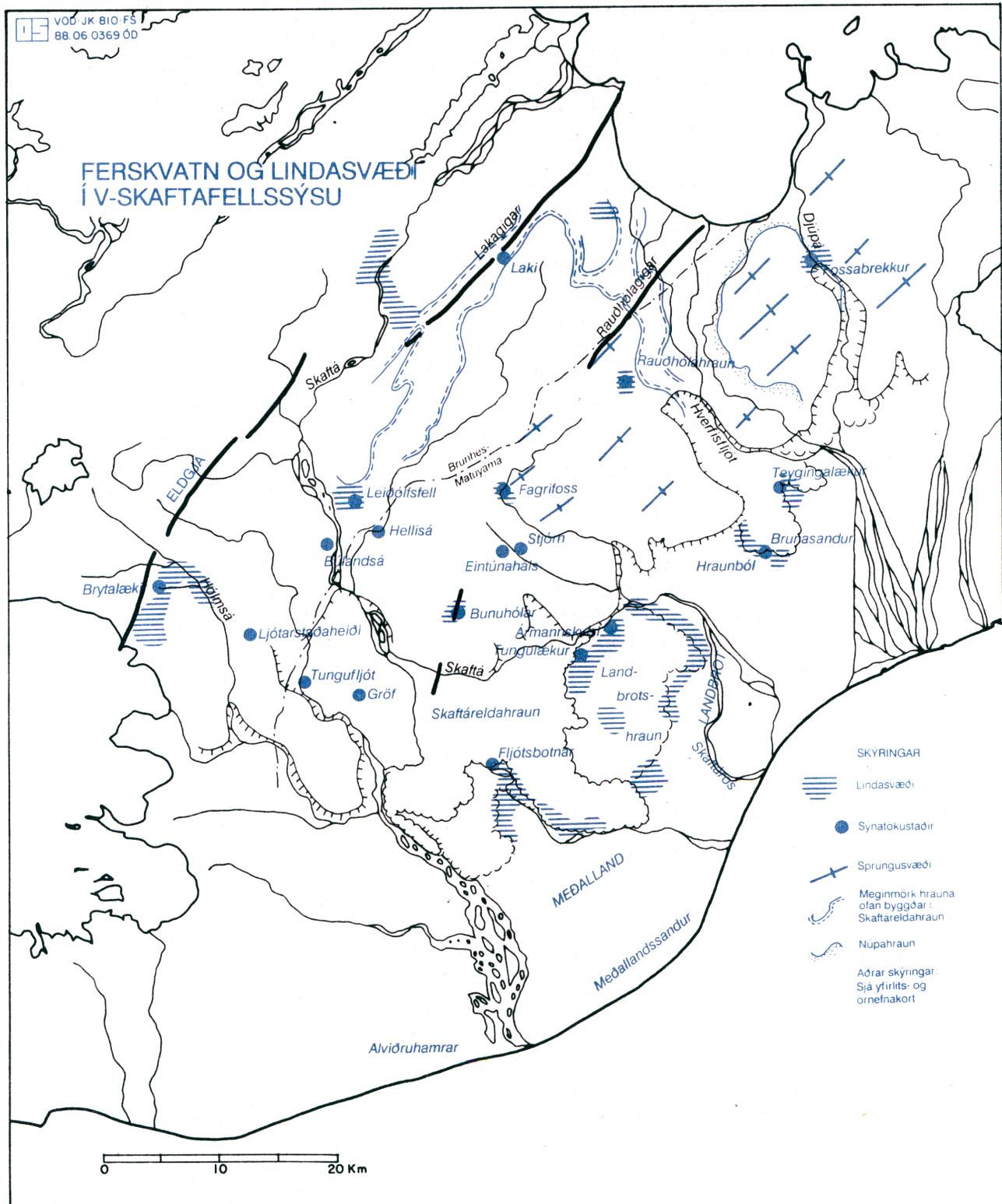
4.2 Grunnvatn og lindir

Grunnvatnið er hreint og gruggfrítt. Það er því ákjósanlegt fiskeldisvatn. Það er stöðugt í rennsli, þar sem það sprettur upp í lindum eftir að hafa runnið um langan veg í jörðu niðri. Hiti þess er þá einnig jafn og stöðugur. Hann er þó sjaldan hárr, eða 3 - 6 °C. Þessi hiti er full lágor fyrir hraðan vöxt sumra eldisfiska, t.d. lax. Vatnsmiklar lindir spretta fram þar, sem landslag sker lek og útbreidd jarðlög eða sprunguskara. Stærstu lindirnar á þessum slóðum eru í hraunum eða í sprungukerfum (mynd 3). Rennsli hefur verið mælt í ýmsum þverárm Skaftár ofan byggðar og í örfáum vötnum undan Eldhrauninu (Guttormur Sigbjarnarson & Björn Erlendsson 1972) en annars er lítið vitað um rennsli úr lindunum, eða árstíða- og árasveiflur á því. Talið er, að Skaftá og kvíslar hennar leggi talsvert til linda undan Eldhrauni. Hún er mismikil eftir árstímum, auk þess sem íveiting kvíslanna er stýrt af manna völdum. Þessa gæti gætt í sveiflum í rennsli, hita og jafnvel efnasamsetningu.

Bergið í byggðafjöllunum er þétt og lítið lekt. Meiri háttar lindir munu þar flestar tengdar við sprungur. Í Fossabrekki við Djúpá spretta lindir undan hraunum, en vera má, að sprunguskaraar eigi sinn þátt í að veita því þangað. Alls kemur þar upp vatn svo nemur meira en $1 \text{ m}^3/\text{s}$, en rennslið mun vera nokkuð stöðugt, að sögn Bergs Helgasonar á Kálfafelli. Vatnsmiklar lindir spretta upp í Rauðhólahrauni. Þær munu þó vera tengdar sprungum. Rennsli nemur einhverjum hundruðum l/s. Neðan undir Fagrafossi í Geirlandsá spretta fram lindir úr bólstrabergi, en þó tengdar sprungum. Rennsli er yfir 100 l/s. Í Bunuhóllum við Holtsá sprettur vatn undan gíghólum, upp úr klöpp og úr sprungum, allt í tengslum við gosprunguna. Rennsli þessarra linda er yfir $1 \text{ m}^3/\text{s}$. Smálindir finnast víðar. Lind sprettur upp um sprungur í lækjarbakka rétt vestan við Eintúnaháls, í átt að Drykkjársteini, en sprungurnar skera þar berggang. Efnainnihald bendir til skyldleika við jarðylinn. Svipað er með aðra smálind, sem sprettur upp í gilbakka austan undir fjár-

húsatættum austan við Gröf.

Að lindunum frágengnum er hreins ferskvatns helzt að afla með dælingu úr vatnsbólum í lekum áreyrum. Vatn endurnýjast í þeim úr innrennsli úr ánum, þegar vatnsborð er lækkað með dælingu. Yfirleitt er halli það líttill á áreyrum, að "drain"- lagnir verða langar, ef þær eiga að ná vatni sjálfrennandi svo nokkru rennsli nemi. Úrdælda vatnið er þá fyrst og fremst síða árvatn. Þar sem eyrar eru miklar og þykkar geta þær miðlað nokkru vatni, auk þess sem aðdráttarleið og aðdráttartími vatnsins geta verið lengri. Það tryggir í senn betri síun og eitthvað meiri jöfnun á hita. Vatn úr þunnunum og litlum eyrum fylgir árvatninu mikið til að hita og getur því farið niður undir frostmark á veturnar en jafnvel upp í 20 °C á sumrin.



MYND 3: Ferskvatn og lindasvæði í V-Skaftafellssýsu. Stærstu lindimrar koma fram úr hraunum eða opnum sprungum. Í nánd við jarðhitastaði er ferskvatn helzt að finna í áreyrum.

4.3 Hiti og efni í ferskvatni

Á þessu méli voru hinar vatnsmiklu lindir ekki meginviðfangsefni ferskvatnsrannsóknanna, heldur möguleikar á öflun ferskvatns í nánd við jarðhitastaðina. Efna-sýnataka miðaðist annars vegar við yfirlit um ástand grunnvatns á þessu svæði og hins vegar ástand vinnanlegs ferskvatns í nánd við jarðhitastaðina. Tekin voru 13 sýni til efnagreiningar, en auk þess voru tekin á þessum slóðum 5 sýni vegna grunnvatnsrannsókna, tengdum virkjanarannsóknum. Til voru tvær eldri greiningar frá nágrenni Kirkjubækjarklausturs, auk þess sem nokkrar greiningar voru til af fjalllendinu frá Mæli-fellssandi og inn undir Breiðbak. Þessar greiningar koma að notum við túlkun á efnainnihaldi ferskvatnsins. Mistök urðu við greiningu sýrustigs og koldíoxíðs við sýna-söfnun og eru því einhverjar skekkjur á tölugildum þeirra. Samanburður á útkomum bendir til þess, að skekkjur þessar gætu samsvarað allt að $\pm 0,5$ í pH (sýrustigi) en ± 5 ppm (milljónustuhlutum) í koldíoxíði, en hugsanlega gætu þær verið stærri í einstökum tilfellum. Efnainnihald valinna sýna er tilgreint í töflu 1.

TAFLA 1: Efnainnihald í ferskvatni (í ppm):

TAFLA 1.1: Sprungulindir.

Nr.	Rauðhóla-hraun	Fagri-foss	Bunu-hólar
Dags.	870821	870822	870819
Hiti °C	3,6	3,6	4,0
pH/C	9,07/14	9,48/12	9,23/14
Ohmm/°C	65,6/20	71,9/20	75,5/20
SiO ₂	13,12	14,28	16,76
Na	9,69	11,37	11,46
K	0,25	0,15	0,19
Ca	2,95	2,61	3,49
Mg	0,56	0,10	0,24
CO ₂	8,8	7,3	11,2
SO ₄	4,76	3,96	3,60
Cl	4,00	4,06	4,55
F	0,13	0,17	0,09
Fe	-	-	0,00
NO ₃	0,17	0,15	0,17
Uppl.	46,7	45,2	43,4
dO-18	9,47	9,53	9,33

TAFLA 1.2: Hraunalindir á fjöllum.

Nr.	Laki	Leiðólfss-fell	Fossa-brekkur	Bryta-lækir
Dags.	870811	870811	870820	860906
Hiti °C	2,7	4,2	2,6	1,3
pH/C	8,09/12	7,45/12	7,82/12	8,03/13
Ohmm/°C	81,0/20	61,0/20	36,3/20	238/22
SiO ₂	14,42	13,41	10,44	8,52
Na	9,12	5,88	3,37	5,13
K	0,61	0,40	0,26	0,48
Ca	4,50	3,96	2,08	1,79
Mg	1,76	1,26	0,94	0,83
CO ₂	22,4	16,7	8,6	9,8
SO ₄	5,86	3,53	1,80	2,45
Cl	3,95	3,73	2,85	4,13
F	0,26	0,21	0,04	0,12
Fe	-	-	-	-
NO ₃	0,18	0,11	0,21	-
Uppl.	36,6	39,5	21,2	28,4
dO-18	10,75	10,45	10,09	-

TAFLA 1.3.1: Hraunalindir á láglendi, Eldhraun, vestara.

Nr.	Fjóts-botnar	Tungu-lækur	Ármanns-kvísl
Dags.	870811	870721	870821
Hiti °C	5,3	4,4	5,2
pH/C	7,74/12	7,33/15	7,80/12
Ohmm/°C	96,8/20	96,0/22	116/20
SiO ₂	17,87	17,00	19,60
Na	8,11	8,02	9,89
K	0,61	0,55	0,70
Ca	7,18	6,86	7,84
Mg	2,75	2,62	3,44
CO ₂	23,3	20,7	27,3
SO ₄	14,76	10,89	12,59
Cl	3,75	5,92	6,81
F	0,17	0,16	0,17
Fe	-	0,00	-
NO ₃	0,12	0,22	0,29
Uppl.	70,3	77,1	76,7
dO-18	10,58	-	-

TAFLA 1.3.2: Hraunalindir á láglendi, Brunasandur.

Nr.	Hraun-ból	Teyginga-lækur
Dags.	870822	870823
Hiti °C	4,2	3,8
pH/C	7,72/12	7,68/22
Ohmm/°C	67,3/20	65,1/22
SiO ₂	14,95	13,40
Na	6,06	7,22
K	0,35	0,32
Ca	4,43	4,17
Mg	1,52	1,33
CO ₂	15,0	17,5
SO ₄	3,17	3,72
Cl	4,91	5,12
F	0,09	0,11
Fe	-	-
NO ₃	0,18	0,24
Uppl.	31,9	52,7
dO-18	-	9,87

TAFLA 1.4: Jarðvegslindir, stórnandi.

Nr.	Hellisárbakki	Ljótarstaðheiði
Dags.	870819	870818
Hiti °C	3,7	3,1
pH/°C	7,99/14	7,84/15
Ohmm/°C	73,4/20	62,5/20
SiO ₂	18,69	17,78
Na	4,59	3,79
K	0,65	0,49
Ca	5,64	5,26
Mg	2,81	1,78
CO ₂	18,0	16,3
SO ₄	1,55	1,69
Cl	5,51	3,83
F	0,17	0,05
Fe	-	-
NO ₃	0,19	0,09
Uppl.	49,3	29,8
dO-18	10,13	9,34

TAFLA 1.5: Árvatn.

Nr.	Stjórn	Tungufjöt	Búlandsá
Dags.	870722	870721	870721
Hiti °C	10,5	13,3	20,6
pH/°C	7,16/15	7,30/15	7,88/15
Ohmm/°C	54,7/22	73,0/22	110/22
SiO ₂	16,20	20,70	30,80
Na	5,06	6,84	7,95
K	0,33	0,55	0,90
Ca	3,89	5,16	8,88
Mg	1,31	2,01	3,99
CO ₂	16,5	22,7	36,5
SO ₄	1,56	2,15	1,77
Cl	4,10	4,63	6,03
F	0,07	0,09	0,16
Fe	0,00	0,00	0,07
NO ₃	0,00	0,08	0,00
Uppl.	51,3	63,1	90,8
dO-18	-	-	-

TAFLA 1.6: Lindir með jarðhitaáhrif.

Nr.	Gröf	Eintúnaháls
Dags.	870721	870819
Hiti °C	4,1	4,2
pH/°C	6,90/15	7,05/14
Ohmm/°C	94,2/22	92,9/20
SiO ₂	26,3	28,24
Na	6,65	6,31
K	0,87	0,60
Ca	7,02	7,61
Mg	3,49	3,04
CO ₂	27,5	29,7
SO ₄	2,07	2,19
Cl	7,50	6,04
F	0,25	0,13
Fe	0,00	-
NO ₃	0,49	0,24
Uppl.	75,4	76,4
dO-18	8,94	8,89

Efnainnihald grunnvatnsins er upphaflega ættad úr úrkumunni, en eykst og breytist við efnaskifti og íbætur í jörðu. Efni í úrkumunni eru að mestu leyi uppleyst salt úr særoki yfir hafinu undan ströndum landsins, enda skortir þar ekki veðurhæð til að þyrla sjóvatninu upp í loftið. Hlutfall efnanna er ekki alveg sama og í sjó. Það fer eftir ýmsum aðstæðum eins og hita sjávar og lofts, veðurhæð, fjarlægð frá sjó og ugglaustr ýmsu öðru (Freysteinn Sigurðsson 1985, Freysteinn Sigurðsson & Guttormur Sigbjarnarson 1985, Sigurður R. Gíslason & Hans G. Eugster 1987). Eitthvað bætist í loftrakann við upplausn úr iðnaðarreyk frá löndunum beggja vegna Norður - Atlantshafs, einkum súlfat og sennilega eitthvað klóríð og jafnvel steinefni. Dreifing klóríð- gilda í grunnvatni á Íslandi eru næsta regluleg (Freysteinn Sigurðsson & Kristinn Einarsson 1988). Er ástæða til að ætla að þau séu að langmestu leyti ættuð úr úrkumunni, nema þar sem áhrifa jarðhita gætir. Uppleyst klóríð úr bergi í köldu grunnvatni er sennilega hverfandi lítið, eða vel innan við 1 ppm. Það má því líta á klóríðinnihald grunnvatnsins sem einkennistölu fyrir hafrænan þátt í úrkumunni.

Að öðru jöfnu minnkar klóríð í úrkumu inn til landsins. Einkum þvær það, þar sem brött og há fjöll verða í vegi úrkumuáttar af hafi. Snjór er efnaríkari en regnvatn, en ekki skilar það sér allt til grunnvatns, því að mikill hluti snjóleysinga rennur af í vorleysingum, en snjórinn, sem eftir situr, er talinn vera efnasnauðari. Uppgufun veldur því, að efnainnihald eykst í vatninu við jarðaryfirborð, en þess gætir sennilega lítið, þar sem úrkoma er jafn mikil og á rannsóknarsvæðinu. Við suðvesturjaðar Vatnajökuls er klóríð sennilega innan við 3 ppm í grunnvatni. Efnainnihald í lindum í Fossabrekkum gæti bent til aðrennslis í hraunum eða síunar úr Djúpá. Lindir úr sprunguskörum (sjá töflu 1.1.) hafa skýr sérkenni: Sýrustig er um eða yfir 9 í pH, natrium er mikið en magnesíum og kalíum lítið. Efnaástand þetta er talið einkenna vatn, sem runnið hefur í meira eða minna lokaðum rásum eða veitum (aquifer). Almennt aukast steinefni í grunnvatninu við efnaskifti við berg og jarðveg. Koldíoxíð eykst við írennsli á gróðurlendi, einkum úr myrum. Meira koldíoxíði fylgir yfirleitt

meira af uppleystum steinefnum. Þau aukast einnig með hærri hita á vatninu. Þetta er mjög áberandi í sýnum þeim af árvatni, sem tekin voru (tafla 1.5.).

Í sprungulindunum er klóríð 4 - 5 ppm og svipuð gildi greinast í öðru vatni af byggðafjöllunum. Klóríðgildin eru eilítið hærri í hraunalindum á láglendi (tafla 1.3.). Ekki er vitað, hvort efnainnihald er breytilegt í þeim lindum eftir árstínum og því ekki alveg öruggt að túlka greiningar þessarri sýna nákvæmt. Ef breytingar eru litlar og sýnin þannig marktæk fyrir viðvarandi ástand, þá er athygli vert, hve mikil er af súlfati og kalsíum í lindum úr Eldhrauni. Efnainnihald er miklu meira í Skaftá í hlaupum en í venjulegu grunnvatni á þessum slóðum (Helgi Björnsson & Hrefna Kristmannsdóttir 1984) og gæti þess gætt í þessu lindavatni. Efnainnihald er mun minna undan hraununum á Brunasandi og bendir það til staðbundinna aðstæðna í Eldhrauninu vestara.

Í vatni úr lindum við Eintúnaháls og austan við Gröf er kíssill áberandi meiri en vænta mætti í jafn köldu vatni, um 4 °C. Efnasamsetning þessa vatns gæti verið undir áhrifum frá nálægum jarðyl. Allt það vatn, sem sýni voru tekin af, reyndist efnafraðilega not-hæft til fiskeldis, nema hvað járnvottur greindist í vatni úr Búlandsá, enda var hún blá af myrábrák og hiti vatnsins yfir 20 °C, þegar sýnið var tekið. Talið er, að íslenzkt linda- og árvatn sé e.t.v. í efnasnauðara lagi fyrir fiskeldi, einkum hvað varðar kalsíum. Vatn með sýrustig yfir 9 í pH þykir of basískt, en undir 7 í pH heldur í súrara lagi. Talið er hins vegar, að áhrif loftunar á vatni geti breytt sýrustigini talsvert, en það er enn ókannað mál í mörgum atriðum.

Vatn er almennt því kaldara, sem það er hærra til fjalla og beinnar snjó- eða jökul-bráðar gætir meira. Lindavötn á Mælifells-sandi og Emstrum eru t.d. aðeins 1,3 - 1,8 °C heit, a.m.k. að sumarlagi. Flestar lindir í byggðafjöllunum eru 3,5 - 4 °C en heldur heitari úr Skaftáreldahraununum á láglendinu, eða um og yfir 5 °C. Ekki er enn vitað hversu stöðugur sá hiti er, árið um kring.

Eins virðist vatnshitinn þar vera nokkuð mismunandi eftir uppsprettum. Hitinn í ánum fer eftir lofhita og leysingum. Í hlýjum og sólríkum sumrum, eins og 1987, fer hann upp fyrir 10 °C í ám eins og Stjórn og Tungufljóti, þrátt fyrir framlag snjóbráðarinnar. Á veturna má búast við, að hann geti farið niður undir frostmark.

5. JARÐHITI OG JARÐHITARANNSÓKNIR

5.1 Jarðhitarannsókn 1987

Helztu þættir jarðhitarannsóknarinnar voru eftirtaldir: Lausleg skoðun jarðhitastaða, sýnataka úr jarðhitavatni og efnagreiningar, jarðviðnámsmælingar, borun á hitastiguls-holum og hitamælingar í þeim. Þungi rannsóknanna var í Skaftártungu og á Síðuheiðum. Jarðhitastaðir eru flestir í Skaftártungu og þar er greiðast að koma jarðviðnáms-mælingum við, þvert á jarðlagastaflann og sprungustefnur. Mælt var einnig þvert upp Síðuheiðar, en þar leyfa landshaettir ekki eins umfangsmiklar mælingar. Þessi tvö belti voru tengd saman með mælingum í nánd við línuveginn á heiðum Út-Síðunnar og með stökum mælingum niðri á Eldhrauni. Með þessu móti má fá hugmynd af breytilegu jarðviðnámi á svæðinu. Aðstæður til mælinga voru sérlega hagstæðar, vegna þess hve jörð var þurr og greið yfirferðar. Tókust þessar mælingar eftir vonum.

Boraðar voru 6 holur til könnunar á jarðhitastöðunum og á svæðisbundnum hitastigli. Holurnar voru á eftirtöldum stöðum: Við Drykkjarstein hjá Eintúnahálsi, rétt vestan við Hunkubakka, rétt sunnan við félagsheimilið að Hamralandi, við volgruna hjá Snæbýli, í Laugargili hjá Hvammi og sunnan við Hjartarfell hjá Búlandi. Frásögn af borunum, lýsing borholusniða og hitamælingar í borholum eru í Viðauka I (sama og Björn A. Harðarson 1988). Boranirnar gengu vel, bergið var mjúkt og lítið sprungið. Reyndist unnt að bora allar holurnar niður á um eða yfir 60 m dýpi, eins og til stóð. Eldri borholur voru til á Prestbakka og í

Svínadal og voru þær hitamældar (sjá mynd 2).

5.2 Lýsing jarðhitastaða

Heitast og mest vatn er í Heitulækjum inni á Djúpárdal. Þar er þverbrekka yfir dalinn og vella fram kaldar lindir á brún hennar og eins austur við Djúpá. Heitir þar Fossabrekkur. Nokkuð ofan brúnarinnar, skammt undan vesturhlíð dalsins, eru jarðhitauppsprettur á flótum og breiðum grashóli. Eru volgrurnar sunnan til á háhólnum, á línu sem stefnir nærri V - A (mynd 4). Í flestum uppkomunum er hitinn um 20°C en um 28°C þar sem heitast er. Rennsli er lítið úr volgrunum, mest þó úr einni, um $1,5 \text{ l/s}$, en samanlagt nemur það sennilega a.m.k. $2 - 3 \text{ l/s}$. Hið næsta volgrunum er land gróið eða melþakið, en austar taka við hraun, svo ekki blasir við, hvað stýrir uppkomu þeirra. Sprungur stefna þarna nærri SV - NA, en basaltgangur sést í gili suðvestan volgranna og stefnir inn undir þær (Jón Jónsson 1981).

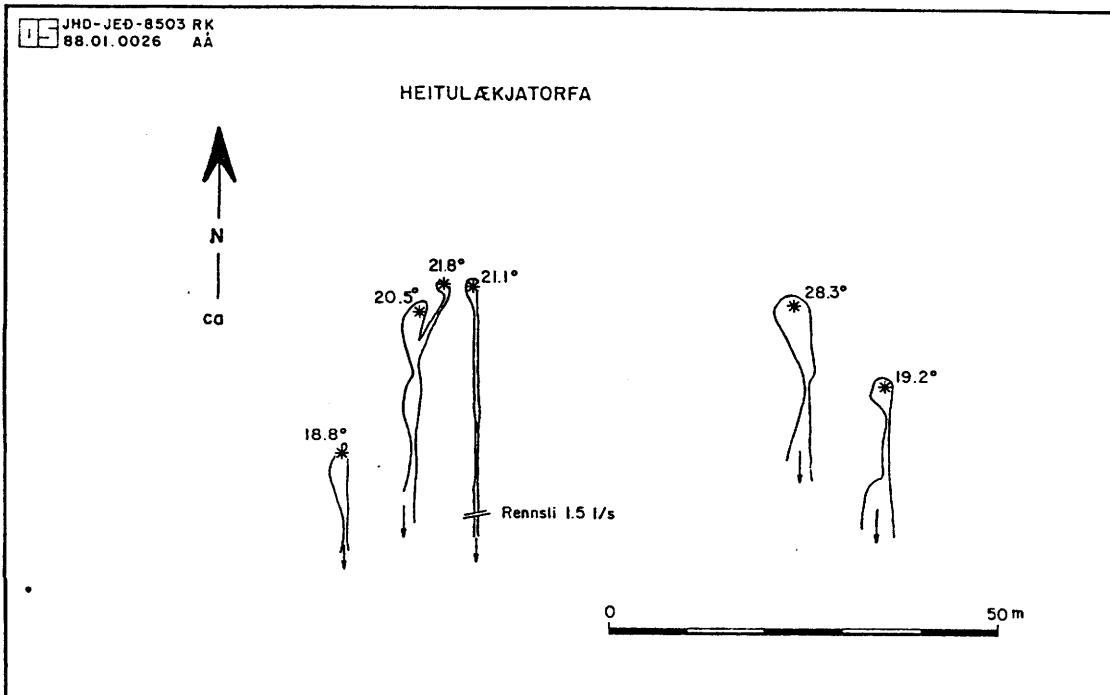
Lægstur er hitinn í Drykkjarsteini, um 14°C . Drykkjarsteinn skagar út úr gilbrekku (annað gil norðan vegar og vestan lækjarins hjá Eintúnahálsi), er meðalmanni vel í mitti á hæð og sprunginn að endilöngu í SV - NA stefnu. Vellur vatnið upp úr sprungunni á hábrún steinsins. Rennsli er lítið, sennilega $0,5 - 1 \text{ l/s}$, en steinninn og rætur hans eru hjúpaðir útfellingum (hveraklöpp). Sauðfé sækir mjög í vatnið, eins og gjarnan er með volgrur. Drykkjarsteinn er talinn vera hluti af basaltgangi (Jón Jónsson 1981), en töluvert sést af þeim í giljum og skorningum í nágrenninu. Vatn lekur með sumum þeirra, en sjaldan mikið og mest allt kalt. Mest ber á kasummynduðu túffi í bergen, en það er skorið af göngum og basaltlögum, sem eru sennilega sum hver innskot. Pessi lög eru ekki líkt því eins ummynduð og túffið.

Jarðhitinn í Laugargili hjá Hvammi hefur verið nýttur í sundlaug, þó hún sé nú ekki lengur í notkun. Volgrurnar eru á litlum bletti í gilinu, hiti vatnsins er um 19°C og rennsli lítið, sennilega um eða innan við $0,5 \text{ l/s}$ (mynd 5). Vatnið sprettur fram undan samanbakaðri skriðu (hveraklöpp), tæplega

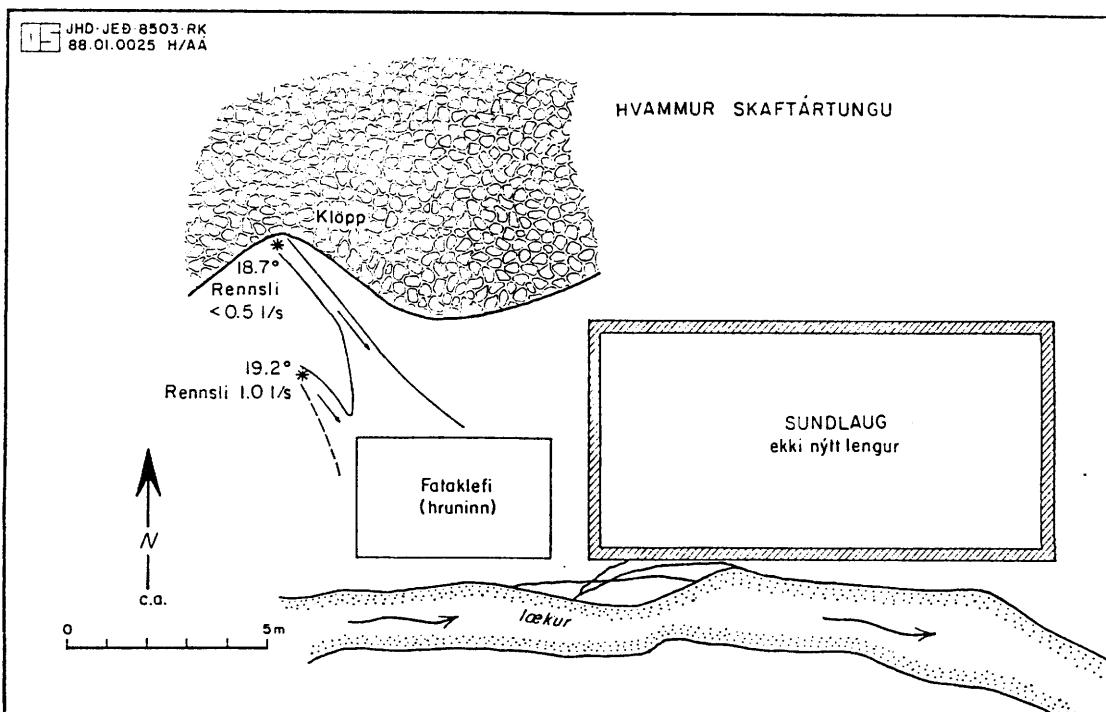
mannhæðarþykki þar sem til sést. Vætlur eru uppi í skriðunni og vex óvenju kröftugt gras við þær, en það er algengt við jarðhita eða jarðhitablandað vatn. Væri athugandi að mæla hita í því vatni á köldum vetrardegi. Eins eru áberandi grænkurákir í gróðri neðar við gilið, sem einnig gætu bent til yls, þó fleira geti valdið. Það berg, sem í sést, er ýmis konar móberg. Mikið ber á ummynduðu túffi, en smáir kubbabergshnjótar koma einnnig fyrir. Sprungur sjást í farvegi lækjarins í gilinu, en jafnan skammán spöl. Mest ber annars vegar á sprungum á bilinu $5 - 15^{\circ}\text{C}$ austan við norður (um N 10°A) og hins vegar á sprungum með stefnu nærri N 45°A .

Jarðhiti er sagður vera í svokölluðum Leyningum upp með Búlandsá. Þar eru vætlur á eyrum við ána og undan bökkum með slýgróðri, eins og gjarnan er við ylvatn. Loft- og vatnshiti í ánni voru nærri 20°C , þegar þessir staðir voru skoðaðir. Þarna væri ástæða til að mæla vatnshita á köldum degi, helzt að vetri til, til könnunar á frásögnum af jarðhitum.

Hjá Snæbýli sprettur upp volgra í brekku vestan Tungufljóts, þar sem áin fellur af eyrum og ofan í gilið neðan Snæbýlis. Volgran er $4 - 5 \text{ m}$ yfir vatnsborði árinnar og sprettur fram á skilfleti undan jökulbergslagi. Ofan á því er móberg (þursaberg), en við ána og í árbotninum basaltklöpp, sprungin, með jökulrákum í stefnu N 150°A inn undir móbergið. Sprungukerfi eru tvö í basaltinu: N $15 - 20^{\circ}\text{A}$ og N $40 - 45^{\circ}\text{A}$. NNA-lægu sprungurnar eru summar opnar og virðist jafnvel smáhreyfing hafa orðið um eina þeirra.



MYND 4: Jarðhiti í Heitulækjartorfum á Djúpárdal. Jarðhitinn kemur upp í nokkrum grunnum græfum á grasivaxinni hólbungu, skammt ofan og vestan við Fossabrekkar við Djúpá.



MYND 5: Jarðhiti hjá Hvammi í Skaftártungu. Jarðhitinn kemur undan sambreyskjuklöpp á botni Laugargils innan við Hvamm. Þar var um tíma sundlaug, sú eina í V-Skaftafellssýslu, sem hituð var með jarðhita.

Óreglulegar sprungur sjást einnig, sem stefna nærri N 110 °A, eða nærri því þvert á NNA-sprungurnar. Hiti er um 22 °C, en rennsli sumarið 1987 var lítið, um 0,2 l/s. Jón Jónsson(1981) telur það hafa verið mun meira, eða vel yfir 1 l/s. Haustið 1987 var rennslið metið um 1 l/s (Björn A. Harðarson 1988). Handan árinnar þrifst gróskumikill gróður á rák í NNA stefnu frá volgrunni.

5.3 Efnainnihald jarðhitavatns

Sýni voru tekin til efnagreininga úr Heitulækjum, Drykkjarsteini, Laugargili og við Tungufljót. Niðurstöður efnagreininganna eru sýndar í töflu 2.

TAFLA 2:
Jarðhiti í Vestur - Skaftrfellssýslu.

Efnasamsetning vatns (mg/kg).

Staður	Snæþýli	Hvammur	Eintúnaháls	Heitalækjartorfa
Dagsetning Númer	870715 870067	870715 870068	870716 870069	870716 870070
Hiti (°C)	22.9	19.6	14.8	26.6
Sýrustig (pH/°C)	10.53/24.2	10.53/24.4	10.67/25.0	10.55/25.0
Kíssill (SiO_2)	74.0	62.53	43.98	58.82
Natrium (Na)	48.71	46.65	41.14	40.19
Kalíum (K)	0.61	0.55	0.55	0.32
Kalsíum (Ca)	2.56	2.76	3.07	3.27
Magnesium (Mg)	0.004	0.006	0.001	0.02
Karbónat (CO_3)	14.3	16.2	17.2	11.8
Súlfat (SO_4)	9.32	8.39	4.12	12.04
Brennist.vetni (H_2S)	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03
Klóríð (Cl)	8.26	7.78	6.34	5.50
Flúor (F)	1.02	0.68	0.44	0.45
Uppleyst efni	196.7	183.4	148.6	165.3
Járn (Fe)	<0.025	<0.025	<0.025	<0.025
Mangan (Mn)	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
$\delta^{18}\text{O}$ %	-9.56	-9.24	-9.23	-10.95

Umfjöllun um efnainnihald jarðhitavatnsins byggist á bráðabirgðaumsögn frá Hrefnu Kristmannsdóttur og Guðrúnu Sverrisdóttur á Jarðefnastofu Jarðhitadeildar, frá júní 1987. Einkennandi fyrir vatnið í öllum sýnum er talið hátt sýrustig, yfir pH 10,5, en það er með því hæsta, sem mælst hefur í volgu vatni hérlandis. Af þessu háa sýrustigi leiðir, að mat á svokölluðu "djúphitastigi" út frá kísilstyrk er ekki marktækt, en oft er það góð aðferð til að meta hita í djúpum jarðar.

Lágur hiti veldur því, að mat á djúphita út frá styrk alkalíjóna er heldur ekki fyllilega marktækt. Samt bendir alkalíjónahlutfall til þess, að vatnið hafi verið við tölувert hærri hita. Til þess sama bendir kísilstyrkur miðað við núverandi hita vatnsins. Ekki verður þó í það ráðið með vissu, hversu mikli hærri sá hiti hafi verið. Annars er vatnið yfirleitt mjög snautt að magnesíum en mettað af kalki (kalsíum), eða jafnvel yfirmettað. Fiskiskaðleg efni, eins og járn, mangan eða brennisteinsvetni, greindust ekki. Vatni þessu mætti því að skaðlausu blanda við ferskvatn til fiskeldis, ef ekki er um beina snertingu þess við fiskinn að ræða.

5.4 Jarðviðnám

Jarðviðnámsmælingar eru gerðar á þann hátt, að rafstraumi er hleypt á jörðina og mælt spennusvið það, sem við það myndast. Jarðlögin leiða rafstraum misvel, en áhrifa einstakra jarðлага gætir mismikið eftir því hvernig straum- og spennuskaut eru staðsett. Útkoma mælinganna er borin saman við útkomur fræðilegra reikninga á huglíkönnum af jarðlagastöflum með mismunandi þykkt og eðlisviðnám. Það líkan, sem mátar bezt við mælda útkomu er látið gilda sem samsvörun líklegrar jarðlagaskipanar. Fræðilegu lausnirnar á hverri mælingu geta verið mjög margar og nokkur tilviljun ráðið, hver sé valin. Eins geta truflanir bjagað mælda útkomu. Skekkjur og villur geta því verið verulegar í einstökum mælingum. Þar sem skekkjuvaldarnir eru tilviljunum háðir, minnka líkurnar á því að þeir endurtaki sig óðfluga með fjölda mælinga. Samanburður nálægra mælinga styrkir því niðurstöður þeirra mjög.

Sú fræðilega skipan jarðviðnámsлага, sem kemur út úr lausnum á viðnámsmælingunum, þarf ekki að hafa beina samsvörun í skipan jarðлага, þó veruleg fylgni sé í grófum dráttum milli stærri eininga. Viðnám þurrs bergs er yfirleitt mjög hátt en viðnám í jarðvatninu miklum mun lægra. Það er því rúmhlutfall vatnsfyllts holrýmis (grop, porositet) í berginu, samtenging hola, efnainnihald vökvans og hiti vatnsins, sem

hafa fyrst og fremst áhrif á jarðviðnámið. Gerð bergsins í þessu tilliti er mismunandi, en viss munur er þó alltaf á megingerðum þess, t.d. á litt sprungu basalthrauni, eða fersku og grófkorna túffi. Þétt berg, eins og viða er á þessum slóðum, er ekki líklegt til að hafa mjög lágt viðnám. Viðnám jarðvatnsins lækkar með hækkandi hita og auknu efnainnihaldi, en þetta hvort tveggja fylgist yfirleitt að í jarðhitavatni. Óvenju lágt viðnám, í samanburði við algengt viðnám á svæðinu, getur því verið ábending um jarðhita. Lausnir jarðviðnámsmælinganna veita all nákvæma hugmynd um á hvaða dýpi þessi lágu viðnám gilda.

Ýmis frávik geta verið í rennsli og hegðun jarðhitans við yfirborð. Á meira dýpi er hiti yfirleitt meiri og rennsli í fastari rásum og stöðugra. Við virkjun jarðhita er algengt að vinna hann úr borholum á 500 - 1000 m dýpi og því er oft litið fyrst á viðnámsgildi á því dýpi undir yfirborði, þegar niðurstöður mælinga eru túlkaðar. Mælingarnar frá 1987 (Ragna Karlsdóttir 1988 a, 1988 b) þekja nokkuð stórt svæði miðað við fjöldu þeirra og beinast fyrst og fremst að þeim svæðum, þar sem líkur voru taldar á jarðhita. Einhverju getur því skeikað um svæðisbundið viðnám á "köldum" hlutum svæðisins, en það virðist vera yfir 100 ohm-m (ohm-metrar, hefðbundin eining fyrir jarðviðnám). Sennilega er það þó nokkru hærra austan til á mælisvæðinu og nokkru lægra vestan til. Í nánd við jarðhitastaðina kemur fram greinilega lægra viðnám á umræddu 500 - 1000 m dýpi. Hjá Drykkjarsteini, eða norðanhallt við Eintúnaháls, er viðnám 60 - 80 ohm-m, eða nærrí helmingi viðnáms umhverfis. Hjá Snæbýli og vestan og norðan við Búland er viðnám 40 - 50 ohm-m og því einnig nærrí helmimgi þeirra gilda, sem mælast umhverfis. Vestan við Hólmsá er viðnámið komið niður fyrir 50 ohm-m en þar er komið í yngra berg og mun nær Kötlu.

Svo langt sem þær ná, benda viðnámsmælingarnar til jarðhitasvæða í djúpum jarðar í nánd við þekktu jarðhitastaði á yfirborði. Viðnámsgildin benda ekki til mikils

hita, en þó merkjanlegrar hækunar umfram venjulegan og svæðisbundinn hitastigul (í °C/km) á svæðinu. Draga má jafnviðnámslinur fyrir viðnám á umræddu dýpi (mynd 6). Þær geta ekki verið mjög nákvæmar að svo stöddu, vegna lítils fjölda mælinga og staðar svæðisins. Auk þess getur mynd þeirra verið bjöguð fyrir beina túlkun vegna stöðugrar lækkunar svæðisviðnáms til vesturs. Samt kemur lega lágvíðnámssvæðanna nokkuð skýrt fram og eins, að þau hafa svipaðar stefnur og sprungukerfi á svæðinu. Meira að segja virðist sveigjan á ríkjandi sprungustefnum í Skaftártungu koma fram, ásamt aukinni óreglu í jarðsmíð (strúktúr), sem henni fylgir.

Á grundvelli þeirra mælinga, sem fyrir liggja, má telja nokkuð visst, að á nokkur hundruð metra dýpi sé hiti áberandi hærri í nánd við jarðhitastaðina og þessi hitasvæði standi í sambandi við ríkjandi sprungukerfi á svæðinu. Jarðhitinn virðist heldur rýrari við Eintúnaháls en í Skaftártungu, sem raunar er í samræmi við fjöldu jarðhitastaða, hita og efnainnihald vatnsins. Þó þarf þar að huga betur að "köldu" svæðisviðnámi og breytingum þess.

5.5 Hitastigulsholur og rannsóknarboranir

Borun, jarðsniðum og hitamælingum er lýst í viðauka I (Björn A. Harðarson 1988). Holurnar voru boraðar niður á 55 - 67 m dýpi. Við Drykkjarstein var botnhitinn um 16 °C strax eftir borun. Síðan mun vatn ofar úr holunni hafa seytlað niður hana og kælt hana. Í Laugargili var botnhiti tæpar 22 °C, eða 2 - 3 °C hærri en hiti var á yfirborði. Hjá Snæbýli var botnhitinn svipaður og hitinn var á yfirborði. Í Laugargili fór hiti ekki að hækka að ráði fyrr en kom niður undir botn á holunni. Við Drykkjarstein og hjá Snæbýli var nokkuð jöfn aukning á hita niður holurnar. Hitaaukningin var mjög jöfn í holunni á Hunkubökkum, jöfn í neðri hluta holunnar við Hjartarfell ofan Búlands, en mest óregla var í holunni við Hemru. Bergið er þar mun ferskara en í hinum holunum og gætu því vatnslekar verið víðar inn í hana,

þó lítið vatn hafi runnið inn í holuna meðan á borun stóð. Hitastigullinn, eða hitauknning með dýpi, þykir yfirleitt því áreiðanlegri sem hann er stöðugri, nær til lengra bils og minna er um innrennsli í holuna, að ekki sé talað um rennsli eftir henni.

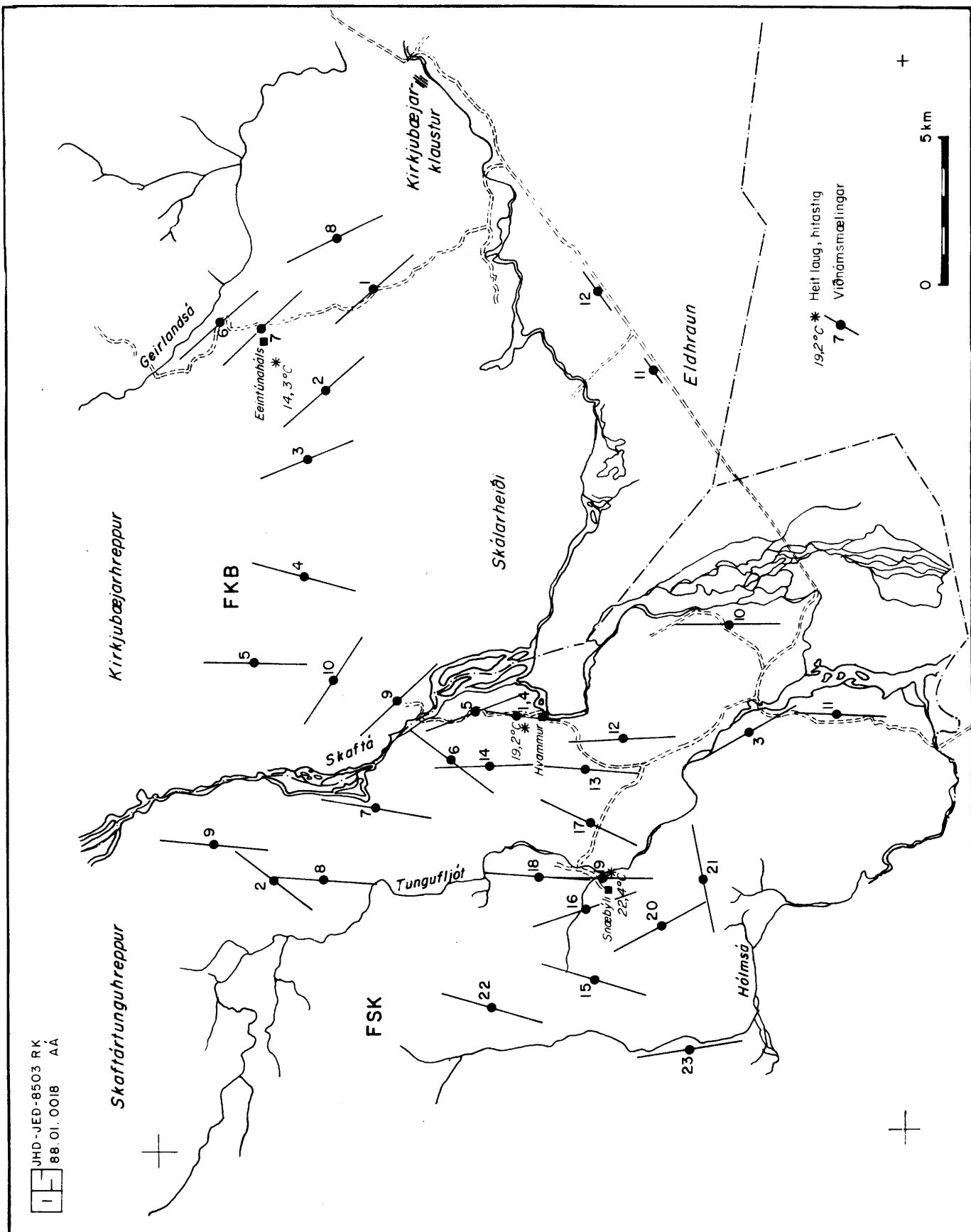
Ljóst er af framanskráðu, að upplýsingarnar um hitastigulinn eru misgóðar eftir holum og þær eru allar helzt til grunnar til að gefa áreiðanleg gildi, auk þess sem mælingar ná til mjög skamms tíma. Með þessum fyrivörum má þó draga upp mynd af hitastigli á svæðinu. Hjá Hunkubökkum er hitastigullinn 53 °C/km og virðist það mat nokkuð öruggt. Við Hjartarfell er hann sennilega 50 - 60 °C/km, en það er ekki sérlega traust mat. Hjá Hemru er hitastigullinn um 70 °C/km, en þar gæti gætt truflana. Eftir borun var hitastigull í holunni við Drykkjarstein tæplega 100 °C/km og hugsanlega 90 - 100 °C/km í holunni við Snæbýli. Skoða verður gildin á jarðhitastöðunum með nokkurri varúð vegna nálægðarinnar við uppkomurnar. Hitastigull í holunni á Prestbakka er mjög lágor, en nokkru haerri í holunni við Svínadal, þó ekki komist hann til jafns við sennilegan hitastigul á jarðhitastöðunum. Sennilegt er þá, að svæðisbundinn hitastigull sé um 50 - 60 °C/km en á jarðhitasvæðunum sé hann ívið hærri, en þó líklega undir 100 °C/km.

5.6 Niðurstöður jarðhitarannsóknar

Segja má með gildum rökum, að jarðhitarannsóknin 1987 hafi undirstrikað þá hugmynd, sem áður var talin líkleg, þ.e. að jarðhiti væri til á svæðinu, en hann væri vart mikill. Þar að auki skýrði hún til muna mat á þessum jarðhita og staðsetningu hans. Nú má telja líklegt, að jarðhiti finnist í jörðu á svæðum í nánd við jarðhitastaði á yfirborði. Þessi svæði virðast vera tengd ríkjandi sprungukerfum á svæðunum. Hiti er sennilega ekki hár á þessum jarðhitasvæðum. Almennur hitastigull svæðisins er sennilega um eða yfir 50 °C/km og berg almennt þétt og lítið vatnsgæft. Á 500 - 1.000 m dýpi er líklegt, að hitinn á jarðhitasvæðunum sé

a.m.k. 50 - 60 °C, en ólíklegt að hann nái 100 °C. Bergið er þar líklega eitthvað sprungið og því vatnsgæfni þess meiri, en ella. Samt er varla við flóandi rennsli að búast úr borholum, þó að þær tækjust að öðru leyti vel. Í og við byggð virðist svæðið frá Snæbýli og upp fyrir Búland vera einna vænlegast.

Ýmislegt má gera til að bæta og þetta myndina af því jarðhitasvæði með yfirborðsathugunum einum. Gera má nokkuð nákvæmt jarðfræðikort af berggrunni Skaftártungu, a.m.k. miðhluta hennar, og þá með þunga áherzlu á sprungum og öðrum þáttum höggunar. Mæla má á köldum árstíma hita í lindum og uppkomum. Verði þar einhvers munar vart, þá má kanna hann betur með viðeigandi efnagreiningum. Gera má fleiri jarðviðnámsmælingar á svæðinu til að þetta myndina, auk svokallaðra "Kína-" eða "snið"- mælinga, ef og þar sem þær eiga við, en þær eru víða vænlegar til að finna uppkomurásir jarðhita. Þessar og aðrar yfirborðsathuganir myndu væntanlega leiða líkur að einum eða fleiri stöðum sem væru öðrum fremur vænlegri fyrir borun. Upplýsingar um hita og efnainnihald jarðhitavökvans og um vatnsgæfni berggrunnsins fást ekki nema með borun, ef byggja skal á meiru en líkum einum. Sennilega þyrfti viðeigandi borhola að vera 500 - 1.000 m djúp. Með viðeigandi og vandlegum undirbúningsrannsóknum er líklegt, að upplýsingar úr svona holu gæfu marktækt svar um eðli og ástand jarðhitans í umræddum sveitum og um leið möguleika á hagkvæmri öflun hans á svæðinu.



MYND 6: Viðnámsmælistaðir. Mælingarnar eru umhverfis aðgengilega jarðhitastaði, á beltum sem tengir saman jarðhitasvæðin við Eintúnaháls og í Skaftártungu og á beltum þvert á jarðlagastaflann yfir jarðhitasvæðin.

6. ÖFLUN VATNS OG VARMA Á JARÐHITASTÖÐUM

Jarðhiti er hvergi nógu mikill á yfirborði til þess að nota megi hann beint til fiskeldis svo nokkru nemi. Rennsli yrði hvarvetna að glæða með borunum, en þess væri að vænta, að hiti vatnsins hækkaði jafnframt. Miðað við þær tölur, sem eru á kreiki um vatnspörf til fiskeldis, þá má segja, að tugi 1/s af ferskvatni þurfi til seiðaeldis, ef það er rekið sem aðalatvinna. Sambærilegt magn af 60 °C heitu vatni væri a.m.k. 5 - 10 l/s. Til matfiskeldis þarf enn meira vatn, en þar væri - enn sem komið er a.m.k. - fyrst og fremst um bleikjueldi að ræða hvað nýtingu ferskvatnsins varðar. Hiti má þá að vísu vera minni, svo að þörf á heitu vatni fer eftir ýmsu, þ.á.m. fyrirhuguðu rekstrarfyrirkomulagi. Rannsókn sú, sem fór fram 1987 miðaði að samnýtingu jarðhita og ferskvatns. Möguleikar á öflun nægjanlegs vatns og varma eru bæði háðir náttúrulegum aðstæðum og því, hvers krafist er. Hér er valin sem viðmiðun öflun 5 l/s af 60 °C vatni og 30 l/s af ferskvatni. Þetta magn samsvarar þörfum seiðaeldsstöðvar með um 100.000 seiðum, þó sá fjöldi sé ekki nákvæmur og háður eldiskáttum.

Mestur jarðhiti á yfirborði á umræddum stöðum er í Heitulækjum á Djúpárdal. Þar er líka ferskt lindavatn til staðar, sem ekki er á hinum stöðunum. Það er meira að segja svo mikið, að möguleikar væru jafnvél á einhvers konar virkjun þess ofan Fossabrekkur. Ykist hiti við borun í tilskilinn hita en rennsli ykist upp í tvöfalt til þrefalt, sem ekki er óalgengt, þá væri gefinni hitaþörf sem næst fullnaegt. Sennilega væri hagkvæmast að leiða bæði heitt vatn og lindavatn niður fyrir brekkurnar, m.a. vegna aðgengdar. Staður þessi liggur 15 km veg fyrir innan Kálfafell, vegur er þangað ekki né raflögn. Þær aðstæður setja hömlur á nýtingu vatns og varma auk óvissu og kostnaðar við öflun nægjanlegs jarðhita.

Rennsli yrði að auka fimm- til tífalt á jarðhitavatni við Drykkjarstein, að því tilskildu að hitinn hækkaði nægjanlega við borun.

Öflun ferskvatns yrði nokkrum vanda bundin. Nægjanlegt vatnsmagn fengist sennilega ekki nema með dælingu úr eyrunum við Stjórn. Þar er töluverður grunnvatnsforði í þykkum eyrunum, en rennsli árinnar virðist líka geta farið niður fyrir 30 l/s um lengri tíma. Heitt og ferskt vatn yrði að leiða saman drjúgan spöl, þó nóg fengist af hvoru tveggja. Vegur er ekki fær árið um kring upp að Eintúnahálsi og raflögn er engin þangað. Eins og stendur verður að telja hæpið um öflun nægjanlegs heits vatns og ferskvatns, auk þess sem hvort tveggja yrði nokkuð kostnaðarsamt.

Í Laugargili er óvist, að jarðhitinn spretti upp úr djúpum jarðar á staðnum. Rennsli vatnsins yrði að tífalda, en ferskvatnsöflun nærlendis úr grunnvatni yrði mjög torveld. Helzt væri að taka vatn úr eyrum Búlandsár, en þær eru úr frekar fínkorna seti (sand) og ekki líklegar til vatnsgæfni. Rennsli árinnar virðist geta orðið lítið, auk þess sem vatn í henni kann að verða viðsjárvært í sumarhitum vegna jármengunar. Öflun bæði heits og fersks vatns yrði erfið og sennilega ófullnægjandi á þessum stað. Allt er enn þá óvist um aðra staði í grenndinni, eða um jarðhita í Leyningum, en þar yrði ferskvatnsöflun líka vandamál.

Hjá Snæbýli er hæstur hiti í byggð og þar er nokkuð örugglega hægt að afla nægs ferskvatns úr eyrum Tungufljóts. Einhverjar sveiflur virðast á rennsli úr volgrunni, enda ekki ólíklegt að jarðhitavatnið hafi einhverjar aðrar undankomuleiðir í sprunginni klöpp í brekkunni, þegar kaldavatnsgangur er lítill í þurrum. Sennilega yrði þó að auka rennsli jarðhitavatnsins allt að fimmföldu. Þá sem endranær er gert ráð fyrir því, að hiti þess hækki nógu mikið við borun. Ferskvatni yrði að dæla upp úr áreyrunum, en veituleiðir heits eða kalds vatns væru þarna skammar.

Af framanskráðu er ljóst, að tveir staðir skera sig nokkuð úr að svo stöddu, þegar lit- ið er á þekkta jarðhitastaði einvörðungu. Það eru Heitulækir og Snæbýli. Landslega er óhagstæð við Heitulæki, þar sem er fjarlægð frá byggð. Þar virðast þó náttúrulegar

aðstæður vera sýnu beztar. Hvergi eru þær þó það góðar, að ekki þurfi að leggja í umtalsverðan kostnað við borun eftir jarðhita og víðast við dælingu á ferskvatni. Aðstæður til samnýtingar heits og fersks vatns á þessum slóðum eru því ekki sérlega vænlegar og raunar háðar nokkurri óvissu, meðan jarðhitalíkur hafa ekki verið kannaðar nánar með ítarlegri rannsóknum og borun á vænlegasta stað.

7. HELZTU NIÐURSTÖÐUR

Tilvist jarðhita í Skaftártungu og á Síðuheiðum hefur verið staðfest, en um leið hafa líkur verið leiddar að því, að hiti muna varla vera hár á nokkur hundruð metra dýpi, sennilega lítið yfir 60 °C, ef eitthvað. Einnig hafa verið leiddar að því líkur, að berggrunnurinn muni ekki vera sérlega vatnsgæfur og því ekki miklar líkur á öflun heits vatns í stórum stíl með borunum. Hins vegar væri borun á 500 - 1.000 m djúpri holu, sennilega í Skaftártungu, nauðsyn til að skera að sinni úr um afl og ástand jarðhitans á svæðinu. Jarðhitinn virðist standa í tengslum við ríkjandi sprungukerfi á svæðinu. Hiti og rennsli jarðhitavatns á yfirborði er hvergi nægjanlegt fyrir rekstur fiskeldisstöðvar og yrði alls staðar að glæða jarðhitann með viðeigandi borunum, ef þess er kostur.

Ferskvatnsöflun yrði á flestum þekktum jarðhitastöðum að vera með dælingu grunnvatns úr áreyrum. Nægs vatns má afla við Snæbýli, en nægjanlegt lindavatn er til staðar við Heitulæki á Djúpárdal. Annars staðar er ekki sýnt að afla megi nógu mikils eða nógu góðs ferskvatns. Gnótt ferskvatns er hins vegar undan hraunum á láglendi, en þar er ekki vitað um jarðhita. Samnýtingu ferskvatns og jarðhita til fiskeldis á þessum slóðum virðast því vera verulegar skorður settar. Vænlegastar aðstæður eru við Heitulæki, en lega þeirra langt frá byggð legst þar á móti. Í byggð virðast aðstæður beztar við Tungufljót hjá Snæbýli. Annars staðar er ferskvatnsskortur líklegur til að verða torviðráðanlegur. Vegna kostnaðar við jarð-

hitaöflun (borun) og ferskvatnsöflun í byggð (dæling) virðist hæpið, að samnýting jarðhita og ferskvatns geti verið arðvænleg á þessum slóðum, eins og sakir standa.

8. HEIMILDASKRÁ

Bergh, Steffan G., 1985: *Structure, depositional environment and mode of emplacement of basaltic hyaloclastites and related lavas and sedimentary rocks: Plio-Pleistocene of the Eastern Volcanic Rift Zone, southern Iceland*. Nordic Volcanological Institute, Research Paper 8502. 91 s.

Björn A. Harðarson 1988: *Boranir í V. - Skátafellssýslu. Sérverkefni í fiskeldi 1987*. Orkustofnun, greinargerð BAH-88/01. 2 s + 7 myndir.

Björn Jónasson 1974: *Skaftárvæði. Jarðfræðiskýrsla*. Ritgerð til BS-prófs við Háskóla Íslands vorið 1974.

Freysteinn Sigurðsson 1985: *Jarðvatn og vatnajarðfræði á utanverðum Reykjanes-skaga. I: Yfirlitsskýrsla*, 102 s; II-IV: Viðaukar, 188 s. Orkustofnun (unnið fyrir Hitaveitu Suðurnesja), OS-85075/VOD-06.

Freysteinn Sigurðsson 1988 a: *Ferskvatnskönnun í V.-Skátafellssýslu 1987*. Orkustofnun, greinargerð FS-88/01 a. 3 s.

Freysteinn Sigurðsson 1988 b: *Fiskeldisverkefni Orkustofnunar í V. - Skátafellssýslu 1987*. 2 s.

Freysteinn Sigurðsson & Guttormur Sigbjarnarson 1985: *Groundwater in Iceland. Paper presented at the Nordic Hydrological Conference, Nyborg 6. - 8. August, 1984*. OS-85038/VOD-02. 13 s.

Freysteinn Sigurðsson & Kristinn Einarsson 1988: *Groundwater Resources of Iceland. - Aspects of quantity and quality* - . Jökull 38 (in press).

Guttormur Sigbjarnarson & Björn Erlends-son 1972: *Mælingar á aðrennsli Tungaáar*

- og *Skaftár*. Orkustofnun Raforkudeild, 10 s.
- Haukur Jóhannesson, Sveinn P. Jakobsson & Kristján Sæmundsson 1982: *Jarðfræði-kort af Íslandi, blað 6, Miðsuðurland*. 2. útg. Náttúrufræðistofnun Íslands og Landmælingar Íslands, Reykjavík.
- Helgi Björnsson & Hrefna Kristmannsdóttir 1984: The Grímsvötn Geothermal Area, Vatnajökull, Iceland. *Jökull*, 34, 25 - 50.
- Jón Jónsson 1981: *Jarðhiti og ölkeldur í Skaftafellsþingi. Yfirlit*. Orkustofnun, OS-81011/JHD-07. 27 s.
- Jón Jónson 1983: Í: *Árbók 1983, Ferðafélag Íslands*. Vestur - Skaftafellssýsla austan Kúðafljóts og Skaftár, 95 - 153.
- Kristján Sæmundsson 1980: Outline of the Geology of Iceland. *Jökull*, 29, 7 - 28.
- Kristján Sæmundsson & Haukur Jóhannesson 1980: *Jarðfræðirannsóknir á Fljóts-hverfis- og Siðumannafréttum*. Jarðfræðafélag Íslands, Ráðstefna um jarðhita 7. nóv. 1980, dagskrá og ágrip, 5 - 6.
- Orkustofnun 1987: *Fiskeldisverkefni Orkustofnunar 1987*. Bráðabirgðaskýrsla um stöðu og helstu niðurstöður 1.12.1987. Orkustofnun, OS-87053. 20 s, 4 kortasíður.
- Ragna Karlsdóttir 1988 a: *Jarðhitarannsókn í V.-Skaftafellssýslu 1987, drög*. 9 s.
- Ragna Karlsdóttir 1988 b: *Jarðhitarannsókn í V.-Skaftafellssýslu 1987. Orkustofnun* (í undirbúningi).
- Skaftáeldar 1984: *Skaftáeldar 1783 - 1784*. Ritgerðir og heimildir. Mál og Menning, Reykjavík, 442 s.
- Sigurður R. Gíslason & Hans P. Eugster 1987: Meteoric water - basalt interactin. II. A field study in NE Iceland. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 51, No. 10, 2841 - 2855.
- Sveinn P. Jakobsson 1979: Petrology of Recent Basalts in the Eastern Volcanic Zone, Iceland. *Acta Naturalia Islandica*, 26. 103 s, 5 kort.
- Trausti Jónsson 1986: Í: Árni Hjartarson 1986. *Vatnafarskort Búrfell - Langalda 3540 V*. Orkustofnun og Landsvirkjun.

VIÐAUKI: Boranir í Skaftafellssýslu

Björn A. Harðarson

Boranir í V-Skaftafellssýslu
Sérverkefni í fiskeldi 1987

Verknúmer: 2-810.700

1. INNGANGUR

Boranir fóru fram 10.-18. nóvember 1987. Alls var borað á sex stöðum, tveimur í Kirkjubæjahreppi og fjórum í Skaftártunguhreppi. Borverktaki var Ræktunarsamband Flóa og Skeiða.

2. HUNKUBAKKAR (SKL-01)

Borað var í vegkanti skammt suðvestan við bæinn. Holan var boruð í 60 m dýpi og er borholusnið og hitaferlar sýnt á mynd 1. Lítið vatn kom í holuna. Í borlok var holan loftdæld frá botni og gaf hún aðeins um 0,1 l/s af 6-7° heitu vatni. Vatnið virtist aðallega koma inn á 15-25 m dýpi.

3. EINTÚNAHÁLS (SKL-02 og SKL-03)

Á Eintúnahálsi voru boraðar tvær holur. Sú fyrri er við afréttargirðingu skammt vestan við veg. Hún var boruð í 24 m dýpi í malarfyllingu. Borholusnið er á mynd 2. Í holuna kom mikið af 4-5° heitu vatni. Hætt var við þessa holu þar sem einsýnt þótti að þykkt lausra jarðlaga væri meiri en borinn réði við. Hitamæling á mynd 2 er gerð í lokaðri fóðringu.

Flutt var vestur á böginn inn í gil og upp að svokölluðum "drykkjarsteini". Þar kemur fram lítil volgra um sprungu u.p.b. 0,2-0,3 l/s og 14° heit. Holan (SKL-03) var boruð í 60 m í ummyndaða bólstrabreksíu (borholusnið og hitaferlar á mynd 3). Lítið vatn kom í holuna þó eitthvað á 17-18 m og 32 m dýpi en lítið þar fyrir neðan. Strax eftir borun var jarðvatn á tæplega 39 m dýpi en tveimur dögum seinna var farið að renna smávegis upp úr holunni. Botnhiti í borlok var tæpar 17°C en tveimur dögum seinna var hann 13,5°C. Hitamælingar eftir borun benda til þess að vatn úr efri hluta holunnar renni niður (og upp). Borun holunnar virtist engin áhrif hafa á lind sem er í u.p.b. 1 m fjarlægð.

4. SNÆBYLI (SKL-04)

Við Snæþýli var borað á áreyrum Tungufljóts í um 20 m fjarlægð og 4-5 m neðan við lind sem fram kemur í árbakkanum. Lindin mældist 22,3°C heit og rennsli áætlað 1,0 l/s. Holan var boruð í 64 m og er borholusnið og hitaferlar sýndir á mynd 4. Lítið sem ekkert vatn kom í holuna fyrr en á jarðlagaskilum á 35 m dýpi. Vatn jókst lítið þar fyrir neðan. Í borlok var loftdælt frá botni og gaf holan um 0,2-0,3 l/s af 14,5° heitu vatni. Botnhiti mældist um 20°C. Daginn eftir var örlítið sjálfrennsli úr holu. Engar marktækar breytingar urðu á lind við borun. Við hísingu í borlok varð það óhapp að ein borstöng varð eftir og skorðaðist föst í miðri holu. Önnur jafndjúp hola var því snarlega boruð við hliðina.

5. HJARTARFELL (SKL-05)

Borað í vegkanti sunnan við Hjartarfell. Holan var boruð í móbergsbreksíu og varð 67 m djúp. Borholusnið og hitaferlar eru á mynd 5. Afar lítið vatn kom í holuna fyrr en á 42 m dýpi en þar er vatnsæð. Loftdæling frá botni í borlok gaf um 0,3 l/s af 6,5-7,0° heitu vatni. Botnhiti var 7°C.

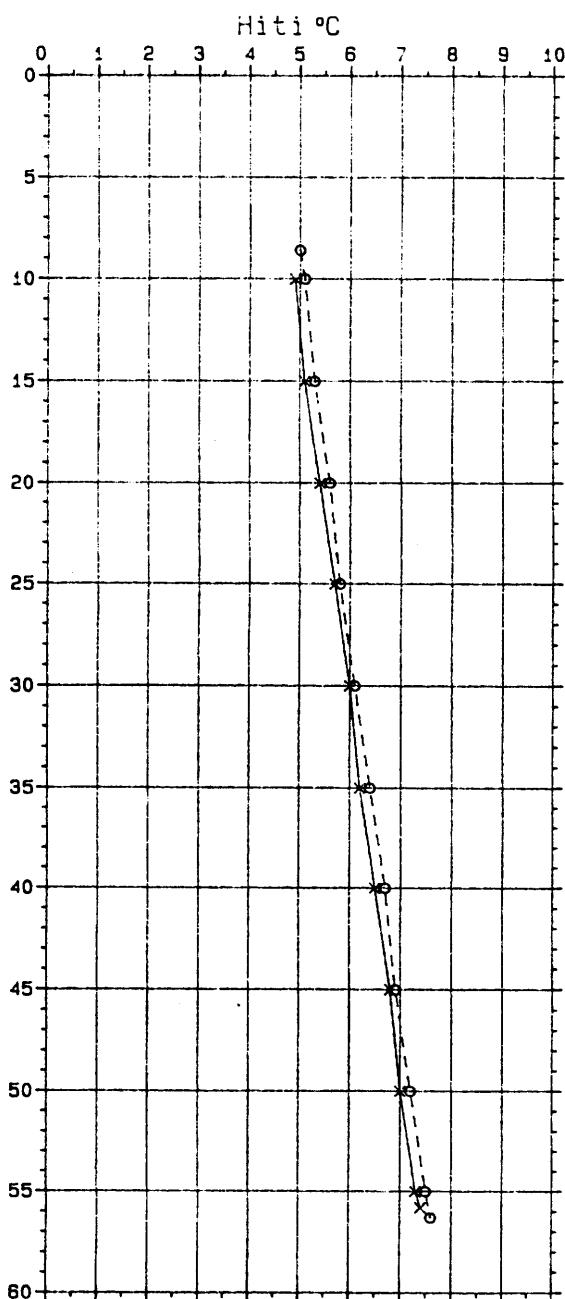
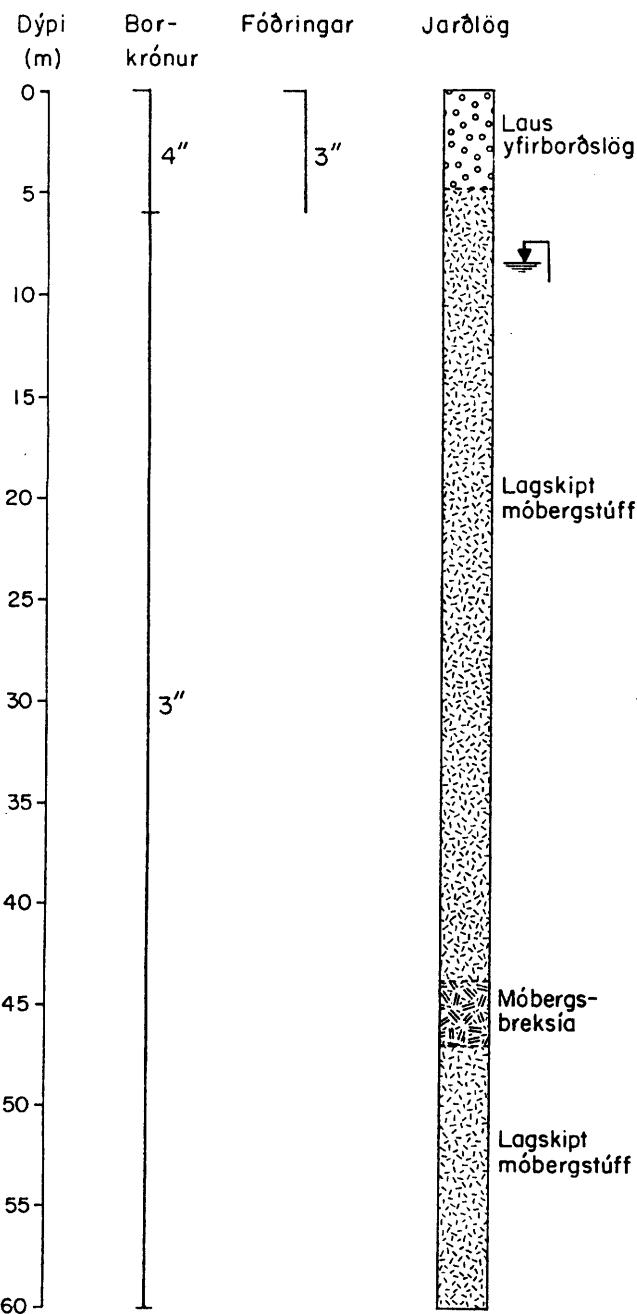
6. HVAMMUR (SKL-06)

Borað var við tvö lindaraugu rétt við sundlaugina í Laugargili. Vatnshiti í lindum fyrir borun var mældur 19,0 gráður og rennsli áætlað 0,5 l/s. Holan var boruð í 67 m og kom ekkert vatn að ráði inn í hana fyrr en á 36 m dýpi og jókst aftur á um 50 m dýpi. Borholusnið og hitaferlar eru á mynd 6. Í lok borunar var loftdælt frá botni og gaf holan þá um 1,0-1,5 l/s af 19° heitu vatni. Botnhiti var þá 27,7°C. Eftir borun rann 0,25 l/s uppúr holunni og minnkað hafði í lindum. Daginn eftir voru lindir orðnar svipaðar og fyrr og botnhiti holu var 20,3°C og 18,8°C á yfirborði.

7. HEMRA (SKL-07)

Borað var við læk inn í gili skammt sunnan við félagheimilið að Hemru. Holan varð 56 m á dýpt og er borholusnið og hitaferill á mynd 7. Lítið vatn kom í holuna í borun og var botnhiti aðeins 7,3°C í borlok. Kalt yfirborðsvatn komst inn í holuna eftir borun.

BORHOLUSNIÐ SKL-OI Hunkubakkar



Borað 871110

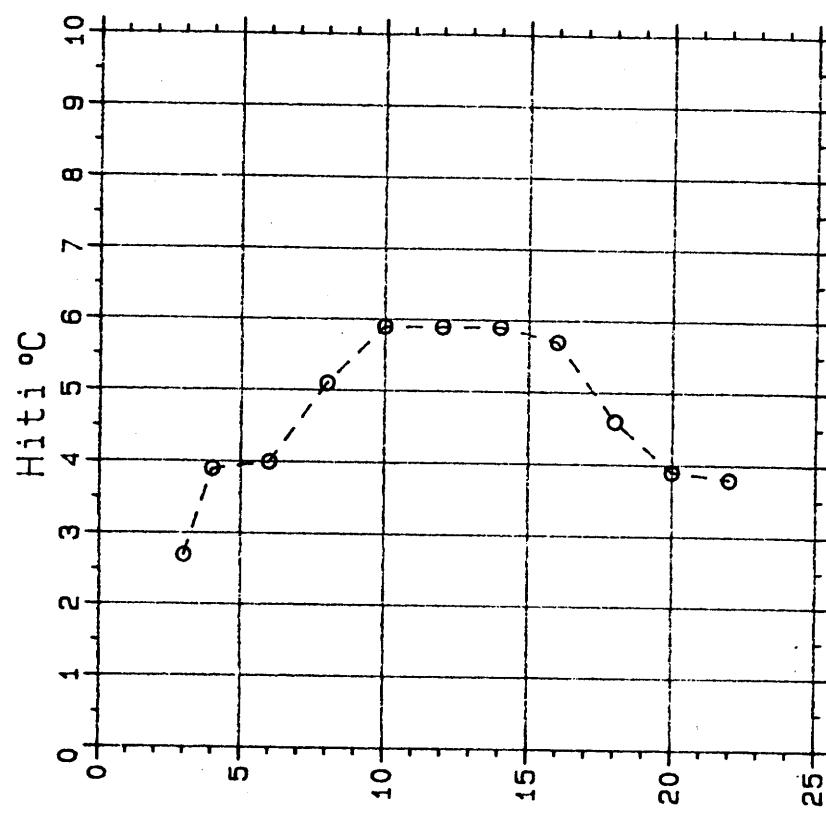
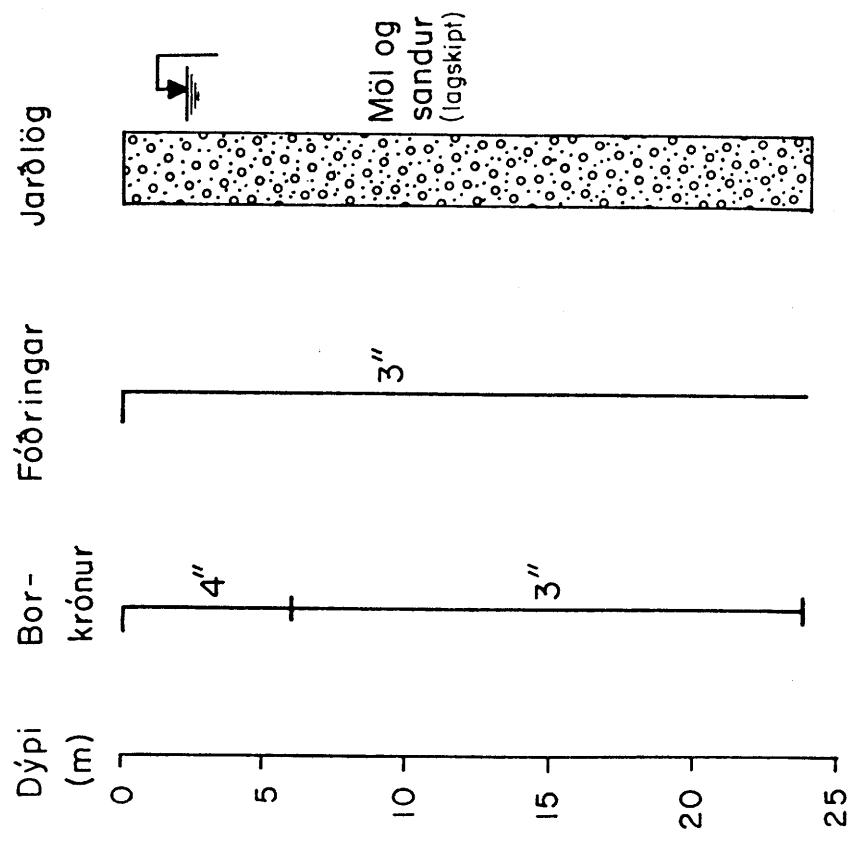
-- Θ -- 871111

— X — 871118

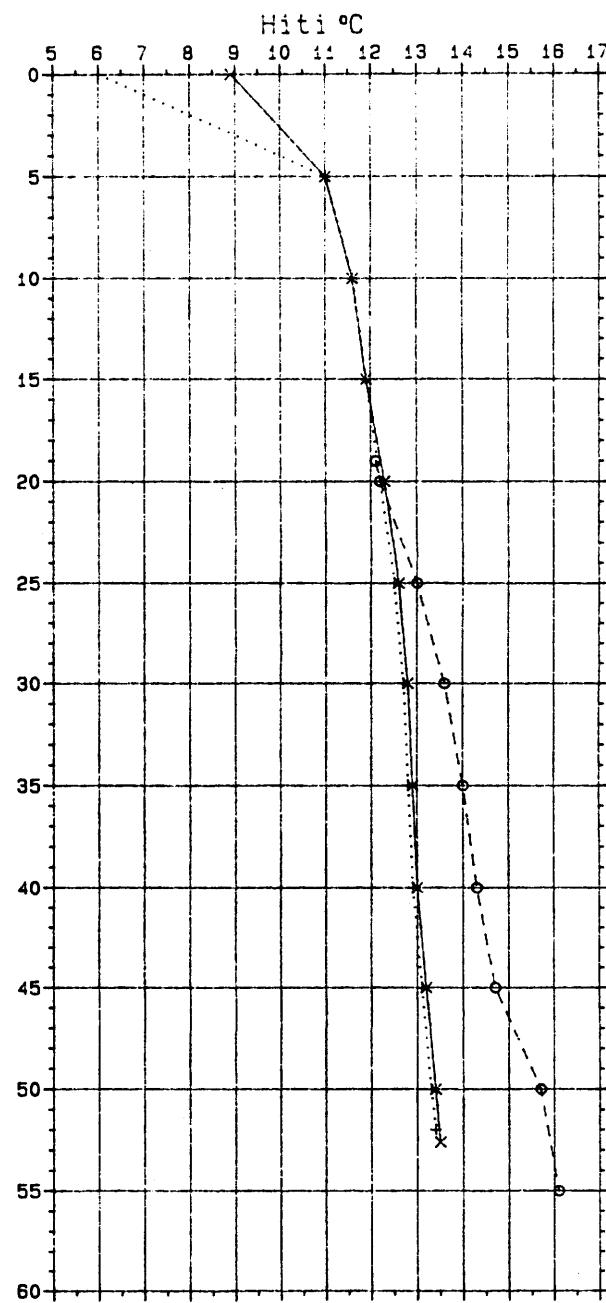
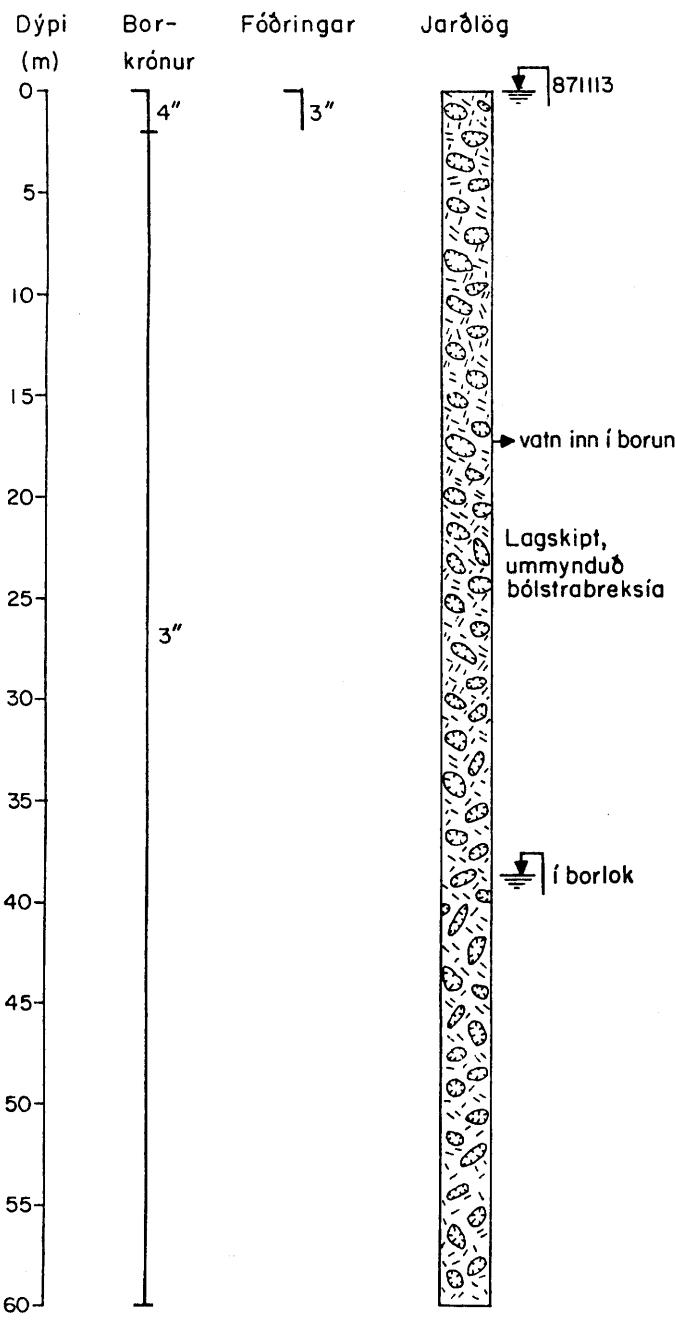
VOD-MJ-8107-BAH
88.02.0081-T/OD

MYND 2

BORHOLUSNID SKL-02 Eintúnaháls

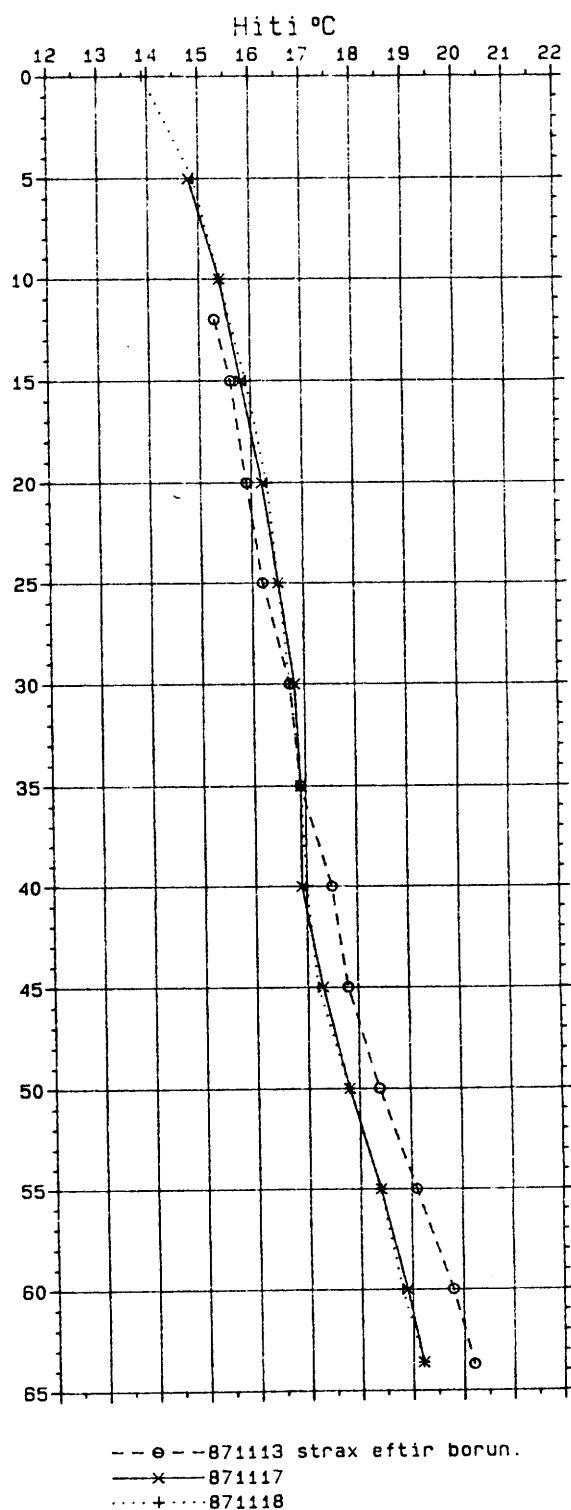
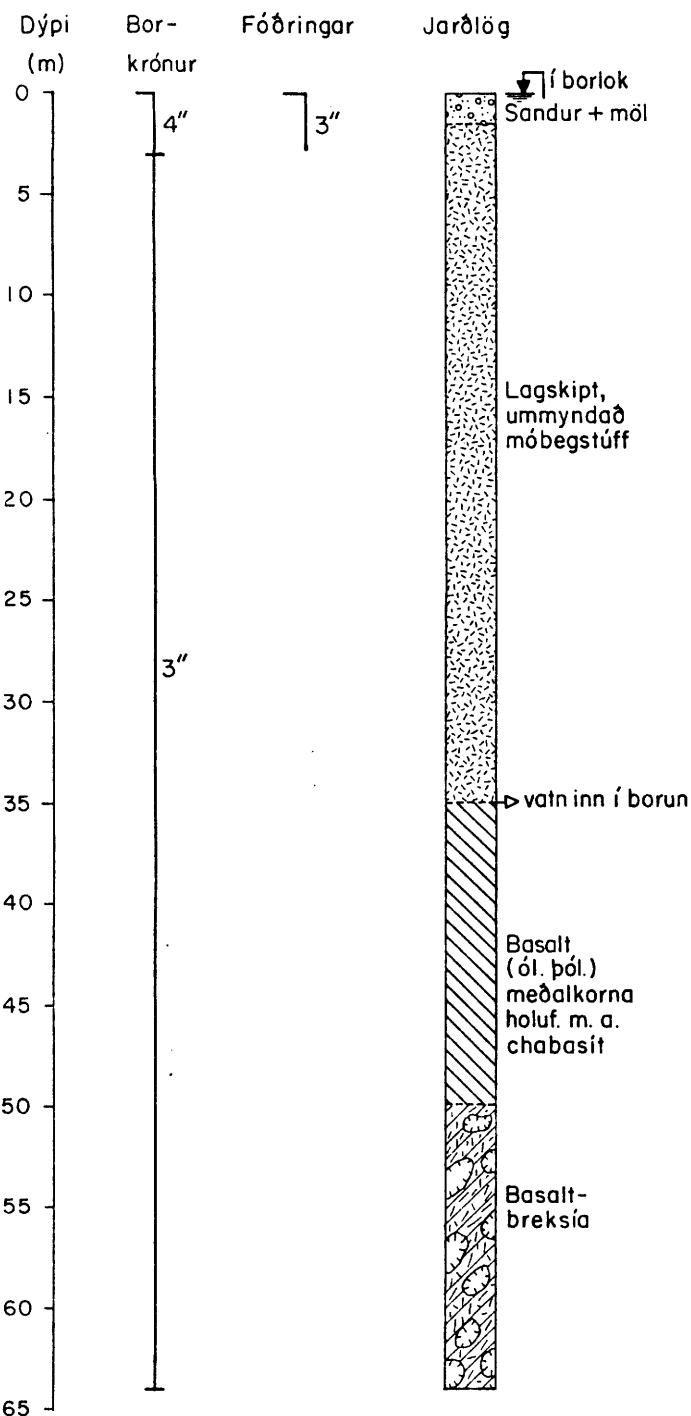


BORHOLUSNIÐ SKL-03 Eintúnaháls

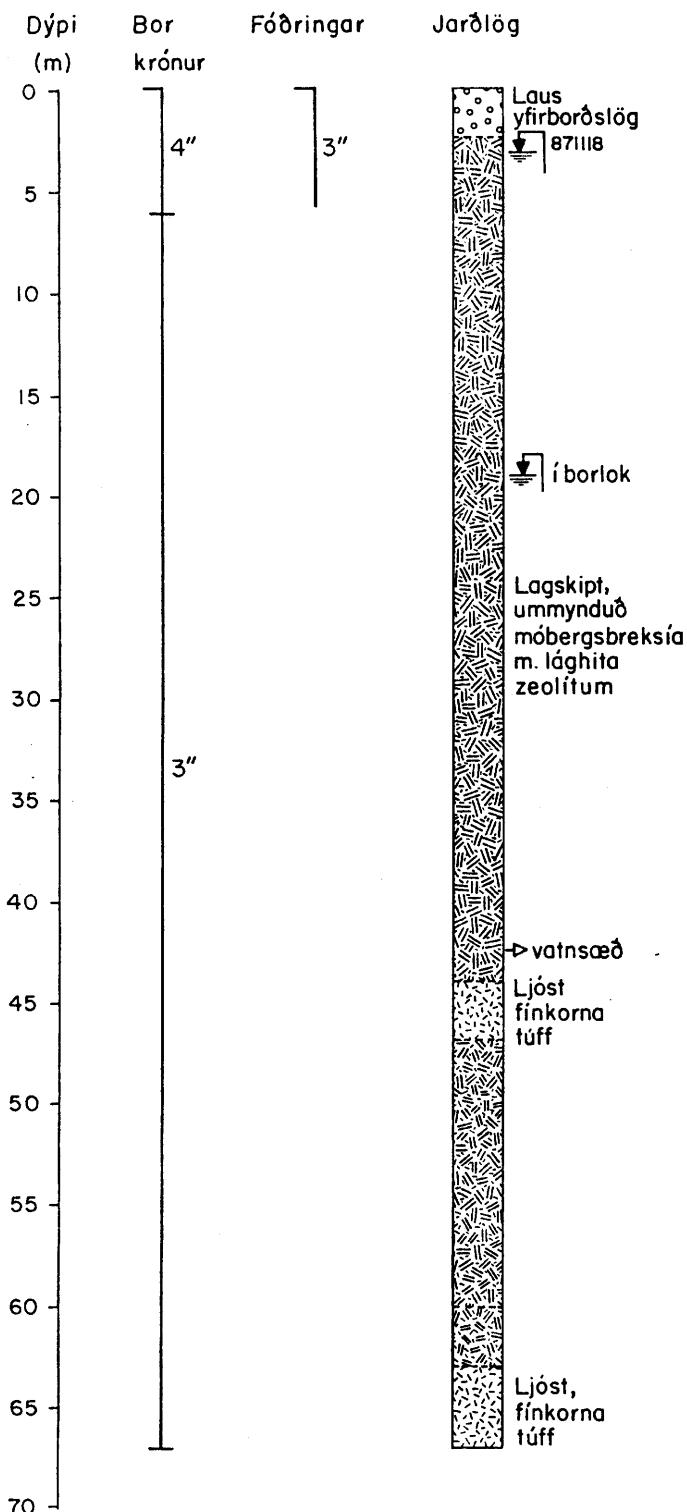


-- o -- 871111 strax eftir borun.
— x — 871113
....+.... 871118

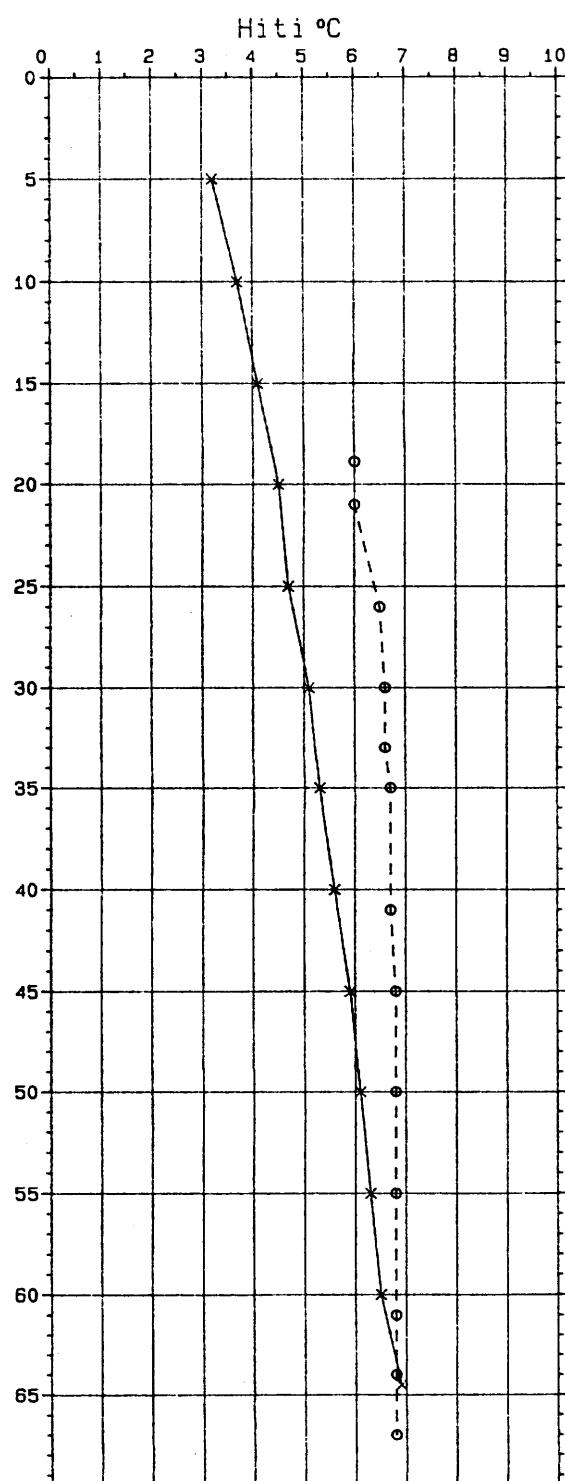
BORHOLUSNIÐ SKL-04 Snæbýli



BORHOLUSNIÐ SKL-05 Hjartarfell

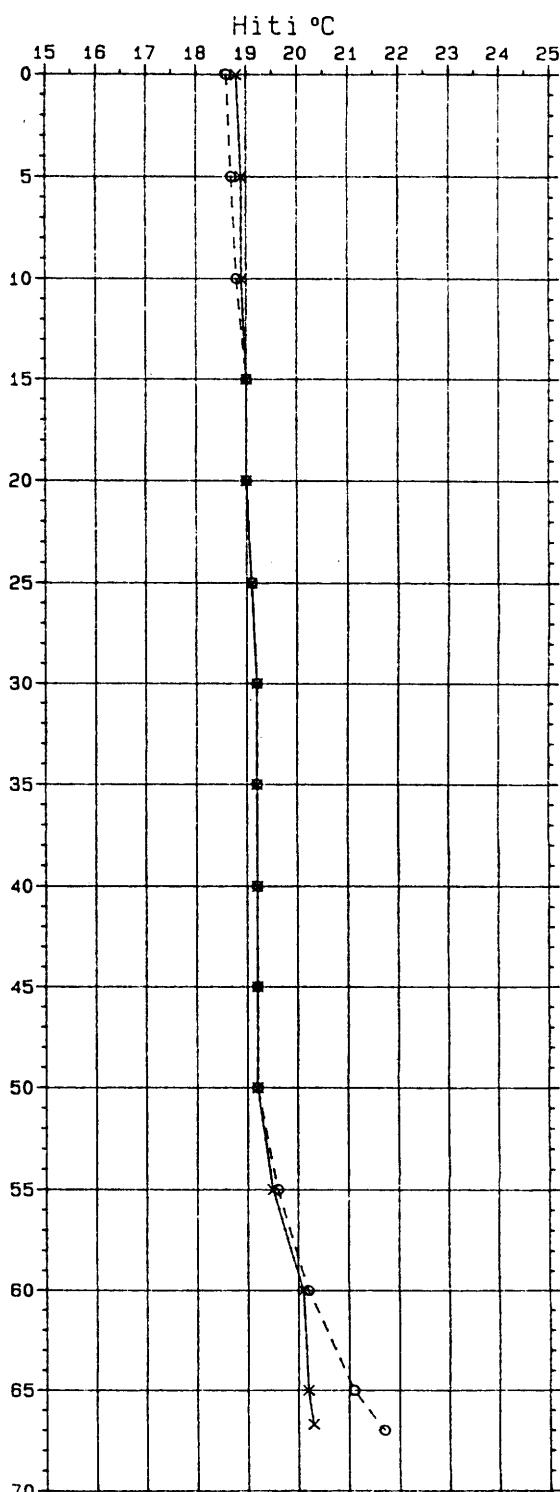
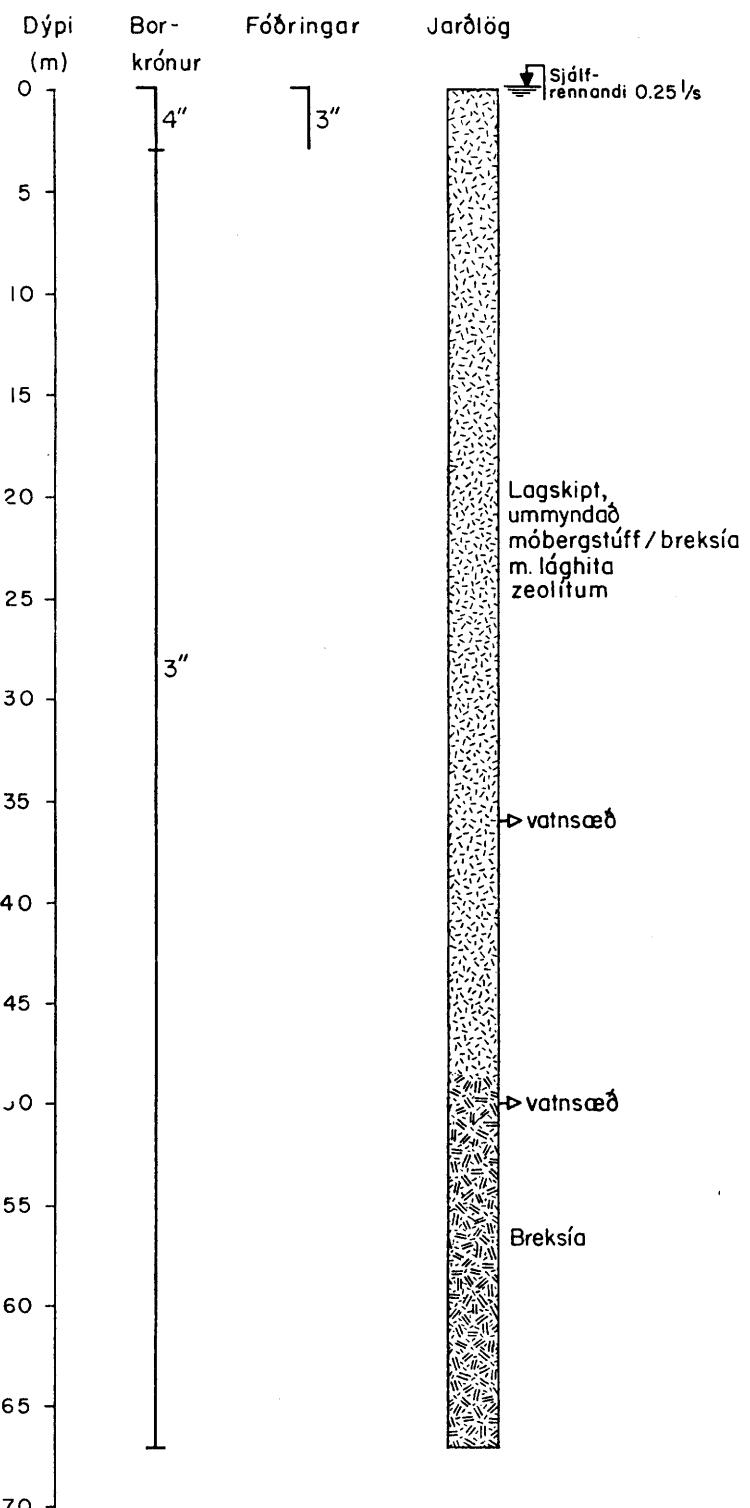


Borð 871116



-- o -- 871116 strax eftir borun.
--- x --- 871118

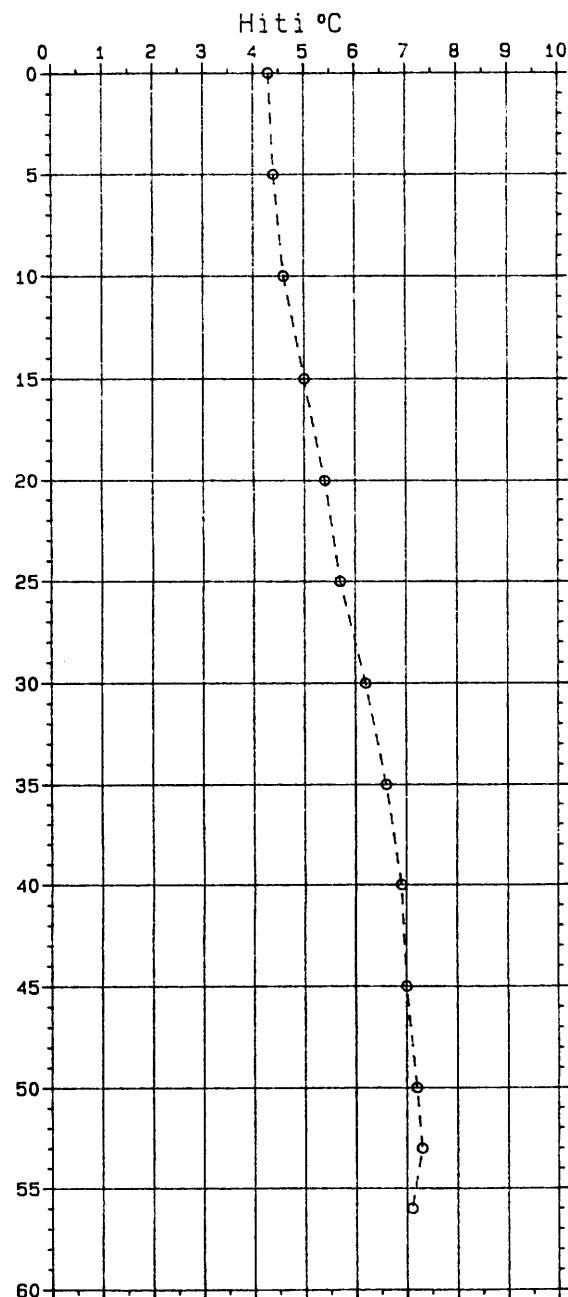
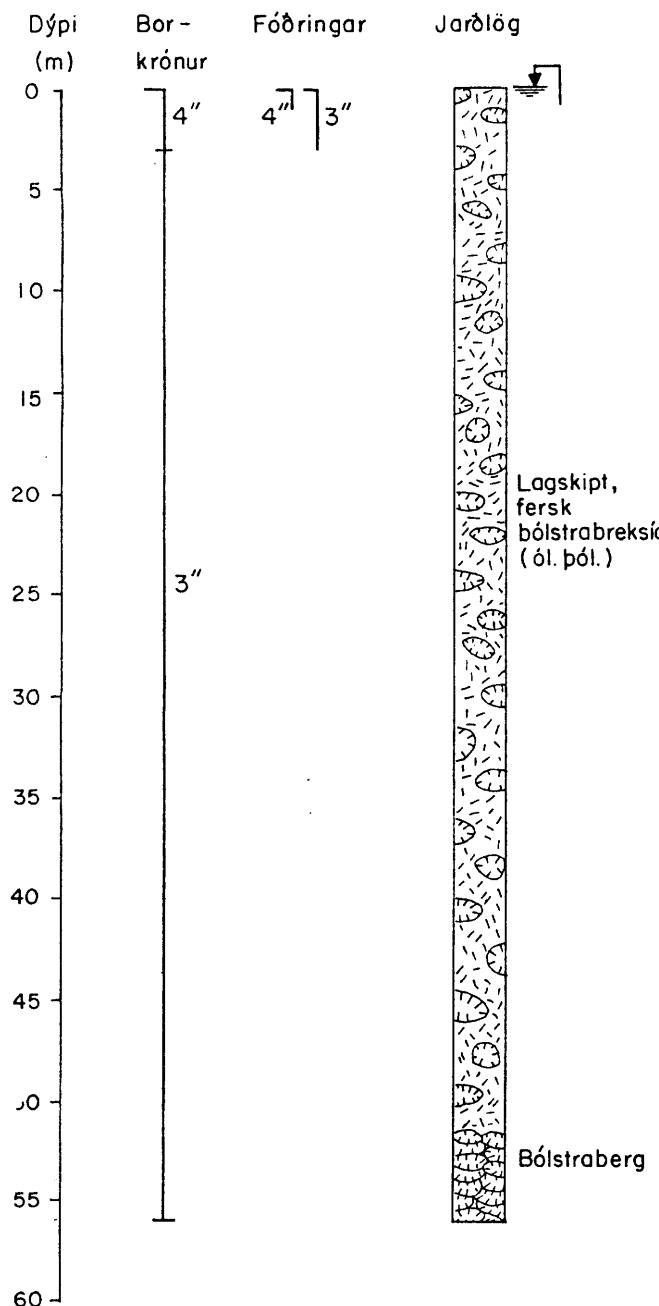
BORHOLUSNIÐ SKL-06 Hvammur



Borað 871116 og 871117

---o--- 871117 strax eftir borun.
-----x----- 871118

BORHOLUSNIÐ SKL-07 Hemra



Borað 871117 og 871118

-- e -- 871118 strax eftir borun.