

Kjartan Thors:

SKÝRSLA UM RANNSÓKNIR HAFSBOTNS Í SUNNANVERÐUM.

FAXAFLÓA SUMARIÐ 1975

Febrúar 1977

I. Inngangur

Sumarið 1975 fóru fram allítarlegar mælingar og gagnasöfnun á svæðinu umhverfis Syðra-Hraun í Faxaflóa (1. mynd).

Framkvæmdin var í höndum Sjósmælinga Íslands, Hafrannsóknastofnunarinnar og Orkustofnunar. Gerðar voru dýptarmælingar á svæðinu auk botnsjármælinga á samsíða línum með 500 metra millibili.

Þá voru gerðar bergmálsælingar á nokkrum sniðum til þess að kanna þykkt lausra setlaga og að lokum voru tekin um 260 botnsýni á svæðinu til nánari könnunar á gerð yfirborðssets.

Þau gögn, sem safnað var á þennan hátt hafa verið til úrvinnslu hjá ýmsum aðilum. Sjósmælingar Íslands hafa sett út niðurstöður sínar á kort í mælikvarða 1:40.000. Rannsóknastofa Sementsverksmiðju ríkisins hefur ákvarðað kalkinnihald botnsýna.

Orkustofnun hefur gengið frá niðurstöðum setþykktarmælinga sinna. Á Hafrannsóknastofnuninni hefur síðan verið unnið að úrvinnslu botnsjármælinga, kornastærðargreiningu botnsýna og samantekt niðurstaðna.

Skýrsla þessi fjallar um þann hluta niðurstaðna rannsókna í Faxaflóa, sem snerta hagsmuni Sementsverksmiðju ríkisins. Það var að mestu vegna S.R. að hið tiltekna svæði var valið til könnunar, enda sækir verksmiðjan hluta af hráefni sínu á svæði við Syðra-Hraun.

II. Landslag á svæðinu

Á 1. mynd má sjá útlínur landslags á svæðinu, en myndin er teiknuð eftir sjókorti nr. 36 frá 1976. Á 2. mynd eru sýndar niðurstöður mælinganna frá 1975, sem eru í grófum dráttum svipaðar fyrri mælingum, þó myndin verði í smáatriðum nokkuð frábrugðin. Landslag svæðisins einkennist af tveimur grynningum, við Syðra-Hraun og Vestra-Hraun, en grynnssti hluti Syðra-Hrauns mældist 10.6 metrar. Sjávardýpi eykst út frá þessum tveimur grynningum, en svæðið afmarkast að suðaustan og norðaustan af Sviðsbrún og álnum, sem liggur landmegin við hana.

Meginhluti svæðisins liggur ofan 40 metra dýptarlínu. Norðvestarlega á svæðinu, milli Syðra- og Vestra-Hrauns, er þó nokkuð stórt svæði þar sem dýpi er 40-50 metrar.

III. Botngerð

Kort af botngerð svæðisins er sýnt á 3. mynd. Þar kemur fram, að í grófum dráttum má skipta svæðinu í fjóra hluta eftir botngerð, þ.e. 1) harðan botn, 2) möl, 3) sand, 4) grófan botn. Þessi skipting er sýnd á 4. mynd.

Botngerð 1) Harður botn einkennir miðhluta svæðisins frá Syðra-Hrauni til vesturs, svo og austasta hluta Vestra-Hrauns, sem er í norðvesturhorni svæðisins. Sumarið 1974 voru tekin nokkur sýni af Syðra- og Vestra-Hrauni með botnskröpu og fór sýnataka fram á r/s Dröfn. Sýnin, sem upp komu, reyndust vera af samlímbu seti, siltsteini, sandsteini og völubergi. Því eru taldar líkur

á, að harður botn á svæðinu sé gerður úr setbergi, þó sýni hafi aðeins verið tekin af hraununum. Líklegt má telja, að hér sé um að ræða jökulframburð frá ísöld, sem borist hafi út í flóann. Jökulrákaðir hnellingar eru nokkuð algengir í því seti, sem Sementsverksmiðja ríkisins lætur dæla upp af svæðinu og styður það þessa skoðun.

Botngerð 2) Möl tekur við af hörðum botni á svæðinu og kemur fyrir annars vegar sem breiður kragi umhverfis harða botninn, og hins vegar í lögðum í honum. Botnsjáin sýnir, að víða er mölin öldótt eða gáruð og er öldulengd gáranna rúmur metri. Gáraður botn er skyggður á 3. mynd.

Botngerð 3) Sandur. Umhverfis mölina tekur við sandbotn og eru skilin milli malar og sands misglögg. Á suðvestanverðu svæðinu eru skilin t.d. mjög óglögg, en austar svo og á norðanverðu svæðinu eru þau víða skörp og taka á sig ýmsar myndir, eins og sýnt er á botngerðarkortinu. Á þeim stöðum þar sem skilin eru skörp má víða sjá að þau fylgja ójöfnum í landslagi, á þann veg að sandurinn virðist liggja ofan á mölinni.

Botngerð 4) Grófur botn. Syðst á svæðinu tekur grófur botn við af sandinum. Á þessum grófa (malar-) botni koma víða fyrir skellur af fínna efni (sandi) sem taka á sig ýmsar myndir.

IV. Greining botnsýna

a. Stærð sýna Eins og að framan getur, voru tekin um 260 botnsýni á svæðinu og voru þau tekin með Shipek botngreip. Sýni þessi voru mjög breytileg að stærð, allt frá fáeinum kornum upp í fulla greip. Á 5. mynd eru sýndar sýnatökustöðvar en auk þess eru dregnar á myndina jafngildislínur fyrir stærð sýna, melda í grömmum.

Ekki er í fljótu bragði unnt að útskýra breytileika þann sem kemur fram í stærð sýnanna, enda orsakast hann vafalaust af ýmsum þáttum. Veigamikill þáttur hlýtur þó að vera þykkt lauss sets á sýnatökustað. Þannig hlýtur stórt sýni að gefa til kynna að nokkurt magn sé af lausu seti á staðnum. Smátt sýni afsannar þó ekki að laust set sé fyrir hendi, þar sem aðrir þættir geta haft áhrif á stærð sýnisins. Má þar til nefna t.d. þökkun setsins og kornastærð. Túlkun 5. myndar verður því aðeins gerð á þann hátt að segja, að hún greini nokkur svæði, þar sem laust set kemur fyrir í einhverjum mæli, frá svæðum þar sem aðeins lítil sýni nást, oft vegna þess að laust set er ekki fyrir hendi svo neinu nemi.

Samanburður á 5. mynd og botngerðarkortinu (3. mynd) sýnir í fyrsta lagi, að nokkurt samband er á milli botngerðar og stærðar sýna. Þannig hafa aðeins fengist mjög smá sýni um allt miðbik svæðisins, þ.e.a.s. á botngerð 1), hörðum botni. Undantekningu frá þessu er helst að finna suðvestast á svæðinu þar sem eitthvað af lausu seti mun liggja á þessum botni. Stærstu sýnin virðast þó

að jafnaði hafa fengist af malarbotninum (botngerð 2), en ekki er auðvelt að benda á skýringar fyrir þessu. Að öðru leyti er ekki augljóst samband milli botngerðar og stærðar sýna.

b. Greining kornastærðar Kornastærð sýna var ákvörðuð með sigtun á hefðbundinn hátt. Niðurstöður þessarar greiningar verða ekki tíundaðar í þessari skýrslu að öðru leyti en því að þær styðja niðurstöður botnsjármælinganna og renna því frekari stöðum undir botngerðarkortið á 3. mynd. Þetta má sýna á þann hátt sem gert er á 6. mynd, en þar sést að malarinnihald sýna (grófara en 2 mm) er minnst á botngerð 3, þ.e. sandbotni, en er aftur á móti breytilegt á botngerð 1, 2 og 4. Svipaða sögu segir 7. mynd, en hún sýnir dreifingu meðalkornastærðar sýnanna eftir botngerðum.

c. Kalkinnihald sýna Kalkinnihald 109 sýna var ákvarðað hjá Sementsverksmiðju ríkisins. Niðurstöður voru færðar inn á kort og á það dregnar jafngildislínur fyrir kalkprósentu. Kort þetta er sýnt á 8. mynd.

Kalkdreifing á svæðinu hefur mjög ákveðna mynd. Eins og sjá má á kortinu hafa sýni frá miðbiki svæðisins mest kalkinnihald, eða yfir 90%. Kalkinnihald minnkar svo jafnt og þétt út til jaðra svæðisins þar sem það fer á nokkrum stöðum niður undir 40%.

V. Setþykktir

Setþykktir voru mældar á svæðinu á línunum, sem sýndar eru á 9. mynd. Mælingar þessar voru framkvæmdar með tækjabúnaði Orkustofnunar, sem lýst hefur verið í skýrslu OS JHD 7513 eftir Axel Björnsson, og fóru fram í tvennu lagi. Var annars vegar mælt á

nokkrum línum í tilraunaskyni sumarið 1974 en síðan framkvæmdar nánari mælingar 1975.

Niðurstöður setþykktarmælinganna er í stuttu máli þær, að fasta bergið í hrauninum myndar bergmálsgrunn (acoustic basement), sem ekki verður nánar sundurgreindur með þessum tækjabúnaði. Ofan og utan á hrauninum liggur svo yngra set, sem tækin virðast ná í gegnum og aðgreina frá berggrunninum. Dæmi um útskrift setþykktarmælisins eru sýnd á 10. og 11. mynd. Á hinni fyrri má sjá allþykkan fleyg af seti, sem liggur utan á hrauninu á austanverðu svæðinu (punktar 1-6) og ála fulla af seti á milli "hrauneyjanna" á norðaustanverðu svæðinu (12-16 og 18-19). Síðari myndin sýnir hraun (72-80) og síðan þunnt set ofan á hrauni (80-94). Lóðréttur mælikvarði á þessum sniðum er gefinn í millisekúndum og er þá miðað við tíma, sem hljóðmerki tekur að ferðast frá skipi og til baka. Þessi kvarði er líklega nærri því að jafngilda metrakvarða að því er varðar setþykktir. Á 8. mynd eru færðar niðurstöður setþykktarmælinganna frá 1974 og 1975 og sést þar glögglega að setfleygur sá, sem sýndur er á 10. mynd, er aflöng myndun, sem fylgir útlínum svæðisins að austan og norðaustan. Að öðru leyti eru setlög ofan á berggrunninum þunn, eða þynnri en 10 metrar, ef dæma má eftir þeim fáu línum sem mældar voru. Þetta á við um öll þau svæði, sem hafa kalkríkt set á yfirborði. Viða er setið svo þunnt, að það verður ekki greint með þeirri tækni sem notuð var.

VI. Jarðfræðileg skilyrði og jarðsaga

Rökin fyrir túlkun á jarðfræði svæðisins verða ekki rakin hér, en í stórum dráttum er talið að jarðsaga sú, sem rekja má á svæðinu, nái aftur til síðustu hlýskeiða ísaldar er jökulframburður barst út í Faxaflóa með leysingavatni jökla í jökulám. Í þessum jökulframburði myndaðist síðar landslag, vegna áhrifa rofkrafta, vatns og jökuls. Þessi framburður er nú orðinn samlímdur og harður og myndar fasta bergið á svæðinu (botngerð 1). Er sjávarmál tók að rísa í lok ísaldar myndaðist kragi af grófkornuðu seti í lögðum umhverfis hraunin (botngerð 4) og lifði þar um skeið grunnsævisfána skeldýra. Við meiri hækkun sjávarborðs fór þetta set úr jafnvægi við hreyfingar sjávar og hefur setmyndun ekki átt sér þarna stað svo neinu nemi sl. 10.000 ár. Er sjávarborð komst í núverandi stöðu, námu ýmis skeldýr land á grynri hlutum svæðisins og hlóðu upp kalki á hrauninu svo og í kraga af mól og sandi umhverfis hraunið. Þessi kragi (botngerð 2 og 3) er því af nútímaseti í jafnvægi við hreyfingar sjávarins, öldur og strauma. Þessum kraga er viðhaldið af skeljabrotum sem berast ofan af hrauninu og skeljum, sem í setinu lifa. En öll þessi myndun, þ.e. mölin og sandurinn, er á hreyfingu til austurs undir áhrifum sjávarfallastrauma og úthafsöldu. Þessi hreyfing er trúlega mjög hæg og á sér stað í skömmum lotum, þ.e. í verstu veðrum.

VII. Um magn skeljasands á svæðinu

Hér á eftir verða raktar hugleiðingar um magn skeljasands á svæðinu og bent á það hvers vegna ekki er unnt að ákvarða magnið með neinni vissu.

Eins og fram hefur komið hér að framan, og sýnt er t.d. á 8. mynd, finnst kalkríkt set mjög víða á svæðinu. Einfalt mál er að ákvarða flatarmál þess svæðis, sem hulið er hæfilega kalkríku seti og reikna síðan rúmmál setsins með því að gefa sér einhverjar ákveðnar þykktir. Þessi leið verður farin hér, en með nokkrum breytingum þó. Í fyrsta lagi er sá hluti svæðisins, sem er neðan 40 metra dýptarlínu ekki reiknaður með. Í öðru lagi er þess að geta, að enda þótt stór setsýni hafi í nokkrum tilvikum fengist af botngerð 1, þ.e. börðum botni, þá er ekki reiknað með því svæði hér á eftir. Með þetta tvennt í huga má þá mæla flatarmál setbotns á svæðinu ofan 40 m dýptarlínu. Tafla I sýnir niðurstöður slíkrar mælingar.

Tafla I Flatarmál setbotns í km² eftir kalkinnihaldi

% CaCO ₃	90	85-90	80-85	Alls
Flatarmál	32.0835	56.7470	24.5837	113.4142

Af töflunni má sjá hve geysistört það svæði er, sem kalkríkt set finnst á.

En ekki er unnt að nota allt þetta svæði til útreikninga á magni lauss skeljasetts. Talsverður hluti þess er nærri þeim mörkum sem sett voru í upphafi, þ.e. 40 m dýptarlínu annars vegar, og hörðum botni hins vegar. En mikilvægast er þó, að ef gera á rökrétta ágiskun um magn nýtanlegs sets, verður að styðjast við þær ófullkomnu upplýsingar, sem fyrir liggja um þykkt þess. Ápreifanlegustu upplýsingarnar af þessu tagi felast í stærð þeirra sýna, sem fengust í botngreip. Varlegasta túlkun á 5. mynd segir, að aðeins á þeim svæðum, sem sýni fylltu botngreipina, sé að vanta einhverrar þykktar af lausu seti. Annars staðar sé þykkt lauss efnis minni en 10 cm. Sé dæmið reiknað að nýju, og aðeins talin þau svæði sem a) liggja ofan 40 m dýptarlínu, b) liggja utan hraunanna og c) hafa gefið botngreiparsýni þyngri en 2 kg, þá mælist flatarmál þeirra öllu minna en áður er sýnt. Sjá töflu II.

Tafla II Flatarmál svæða, sem gefa stór setsýni

Kalkinnihald	Yfir 80%	Þar af yfir 85%
Flatarmál	23.8483	19.6238

Frá þessum tölum má draga talsvert flatarmál sem er ekki nýtanlegt vegna a) nálægðar við hraun, b) nálægðar við 40 m dýptarlínu og c) smæðar einstakra svæða.

Ef áætlað er, að eftir verði 20 km² og 16 km², þá lítur dæmið út eins og sýnt er í töflu III.

Tafla III Rúmmetrar nýtanlegs skeljasands á svæðinu

Þykkt sets	10 sm	25 sm	50 sm	100 sm
Yfir 80% kalk	2.000.000	5.000.000	10.000.000	20.000.000
Yfir 85% kalk	1.600.000	4.000.000	8.000.000	16.000.000

Tekið skal fram, að nú eru aðeins fyrir hendi upplýsingar um kalkinnihald efstu 10 sm setsins.

VIII. Niðurlag - tillögur um frekari rannsóknir

Eins og sjá má af því, sem hér hefur verið tilgreint, söfnuðust við mælingar sumarið 1975 viðtækar upplýsingar um gerð og uppruna hafsbotns í sunnanverðum Faxaflóa. Ýmislegt af þeim upplýsingum snertir þá aðila, sem nýta skeljasand af svæðinu. Gögnin eru þó ekki nógu ítarleg til þess að svara megi grundvallarspurningum sandnáms af botninum um nýtanlegt magn á svæðinu. Þær tölur sem unnt er að setja fram á þessu stigi byggjast aðeins á ágiskunum.

Ef svara á spurningum um nýtanlegt magn skeljasands á svæðinu og gera áætlanir um nýtingu svæðisins í framtíðinni, vantar viðbótarrannsóknir, sem beinast að því að:

- 1) Ákvarða þykkt lauss sets á svæðinu og samsetningu þess. Þetta er best að framkvæma með borun á svæðinu og greiningu borkjarna.
- 2) Ákvarða framleiðni kalklífvera á svæðinu og þar með endurnýjunarhraða skeljasetsins. Þetta verkefni er líffræðilegs eðlis og treystir höfundur þessarar skýrslu sér ekki til að leggja á ráðin um framkvæmd þess.

IX. Næstu verkefni

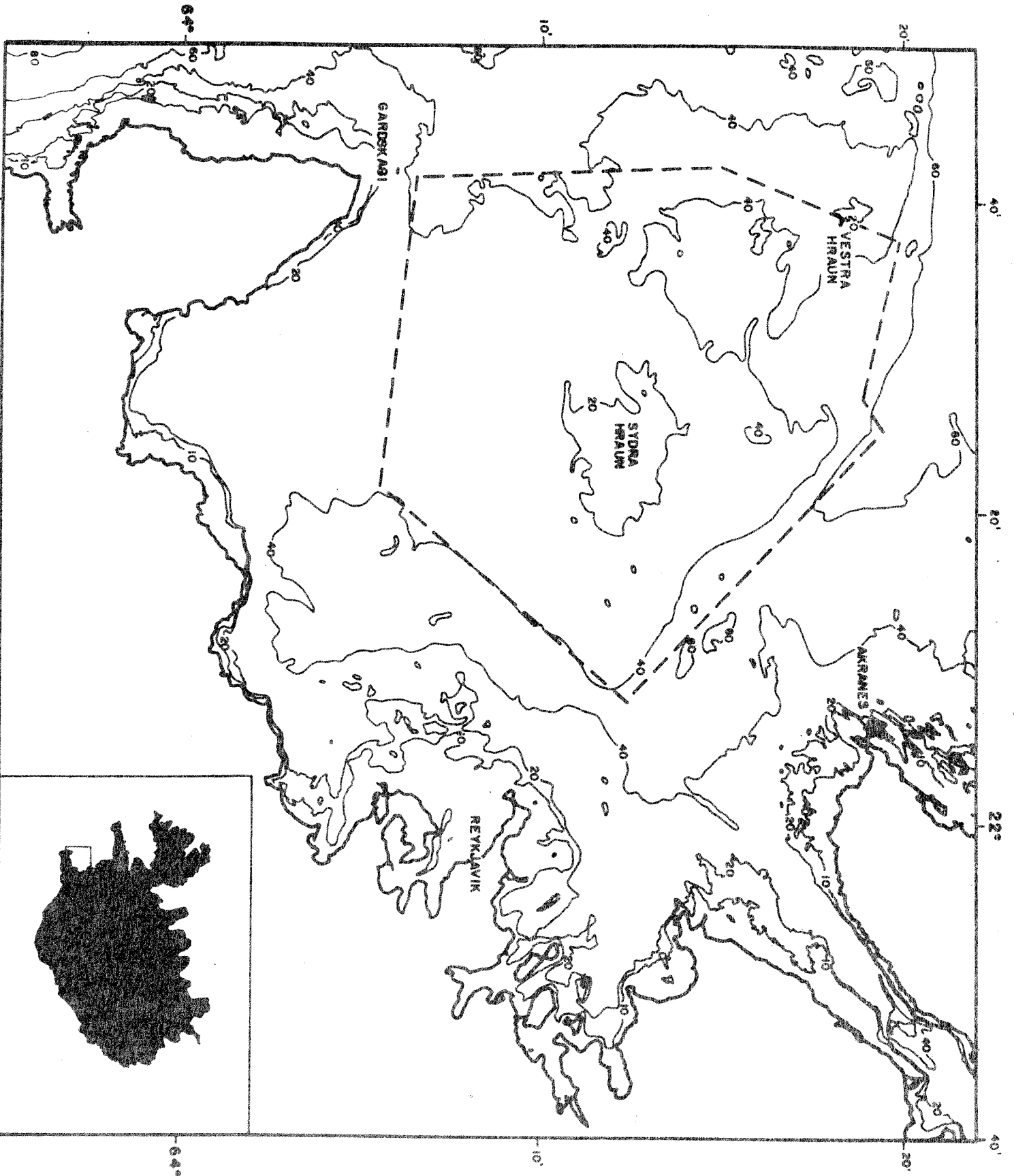
Ákveða þarf hvort og hvenær staðið skal að framhaldsrannsóknunum á nýtanlegum skeljasandi á svæðinu. Hafa verður í huga við þá ákvarðanatöku eftirfarandi:

- 1) Borun Bora þarf með svonefndum vibracorer, sem ekki er til í landinu. Eðlilegast væri að slíkur bor yrði keyptur. Samkvæmt athugun, sem höfundur þessarar skýrslu hefur gert, er heppilegasta tækið framleitt af Aimers McLean & Co. Ltd. í Skotlandi. Verðtilboð frá 17. maí 1976 hljóðar upp á £ 13.763 f.o.b. Nýtt verðtilboð er í undirbúningi. Auk kaupa á bor, þarf að gera út heppilega fleytu til borana, sem taka myndu 3-4 vikur. Þá bætist við kostnaðarliður vegna launa

og úrvinnslu. Erfitt er að áætla heildarkostnað við þetta verkefni, aðallega vegna óvissu um útgerðarkostnað, en trúlega yrði heildarkostnaður af starðargráðunni 10-15 milljónir króna.

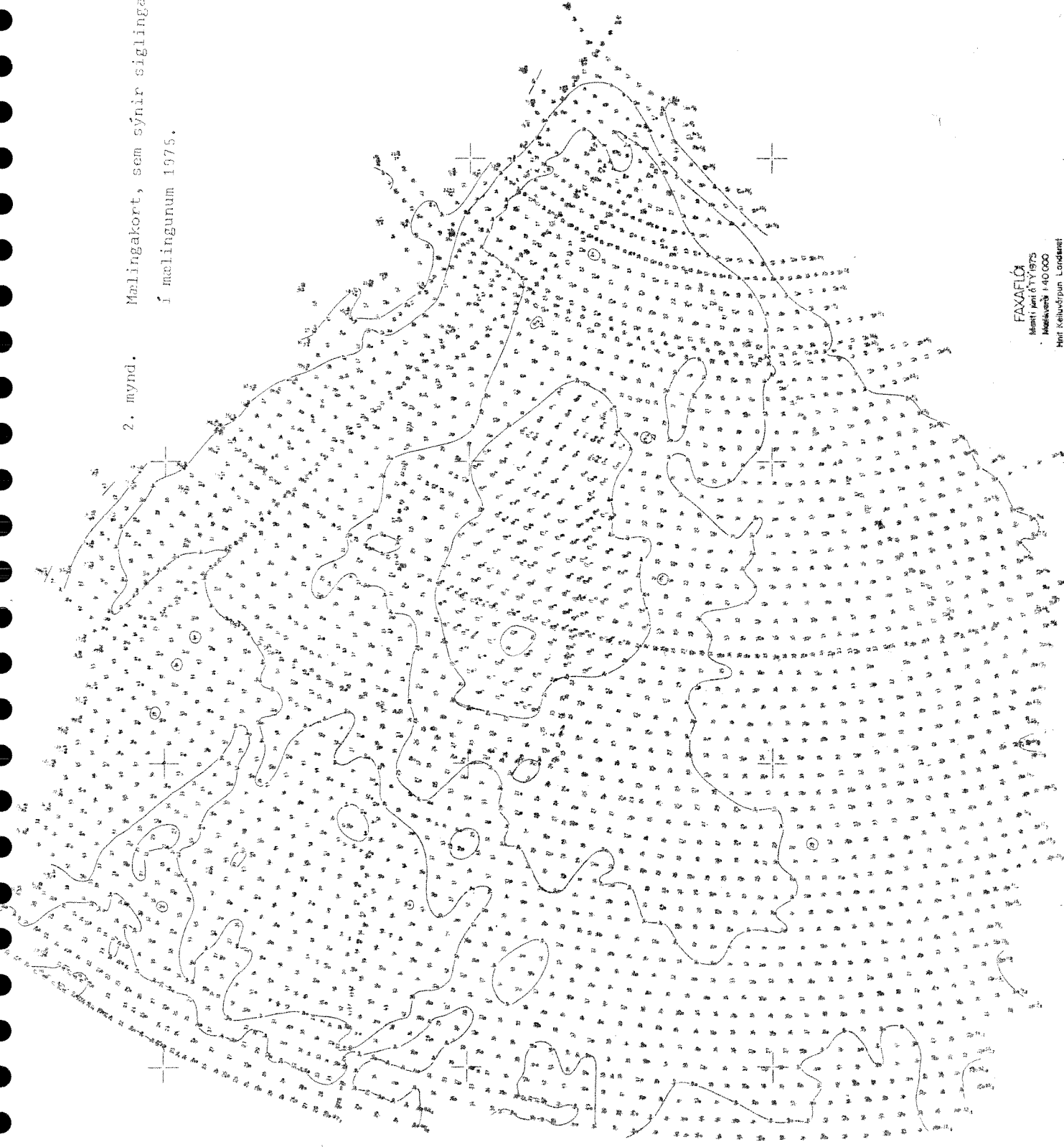
- 2) Framleiðnirannsóknir Ákvörðun á framleiðni kalkklívera byggist á greiningu skelja á svæðinu og útreikningum á framleiðni hverrar um sig. Unnið er að athugun á því, hvernig leysa megi þetta verkefni á sem ódýrasta hátt, en ljóst er, að hér er um umfangsmikið verkefni að ræða.
- 3) Tímasetning rannsókna Ljóst er, að eftirspurn eftir skeljasandi mun vaxa hröðum skrefum á næstu árum. Ekki aðeins mun Sementsverksmiðja ríkisins þurfa síaukið magn af þessu hráefni, heldur munu aðrir aðilar sækjast eftir því einnig. Má þar nefna Áburðarverksmiðjuna til dæmis, en að auki mun fyrirhuguð magnesíumvinnsla krefjast mikils magns af kalki árlega. Því er ljóst að nauðsynlegt er að hraða ofangreindum grundvallarrannsóknum áður en lokaákvæðanir eru teknar um framtíðarskipan magnesíumvinnslu við Faxaflóa, svo og annars iðnaðar sem byggist á notkun kalks.

1. mynd. Mælingasvæðið í Faxaflóa.



2. mynd.

Malingakort, sem sýnir siglingalínu Tys
í mælingunum 1975.



FAXAFLÓI
Mælt júní 6YY/975
Mælivæð 1:40 000
Höf. Keilu-Strupur, Landaref
Sjómálingar Íslands

SV-104

3000

1000

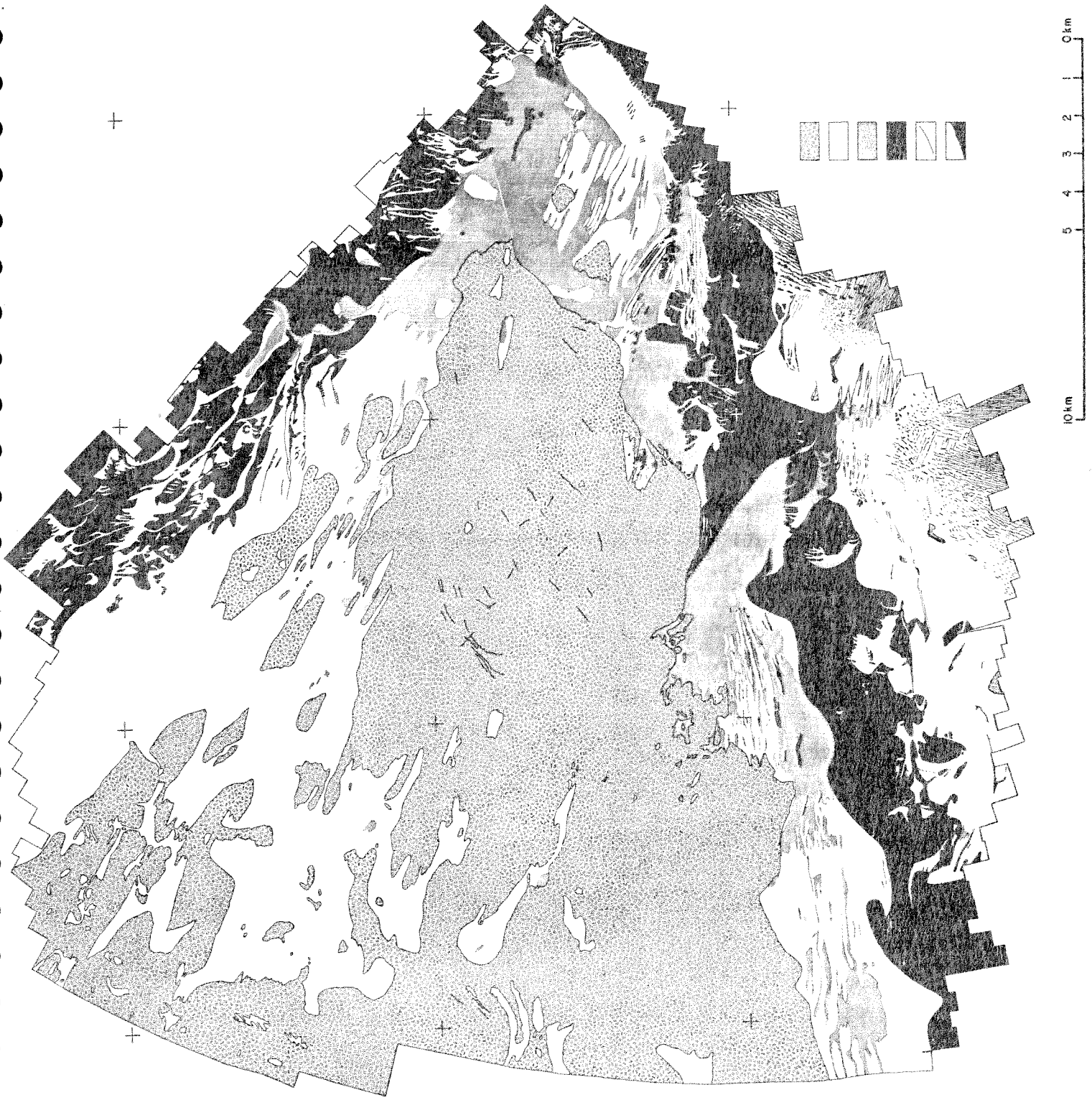
3000

1000

719 000

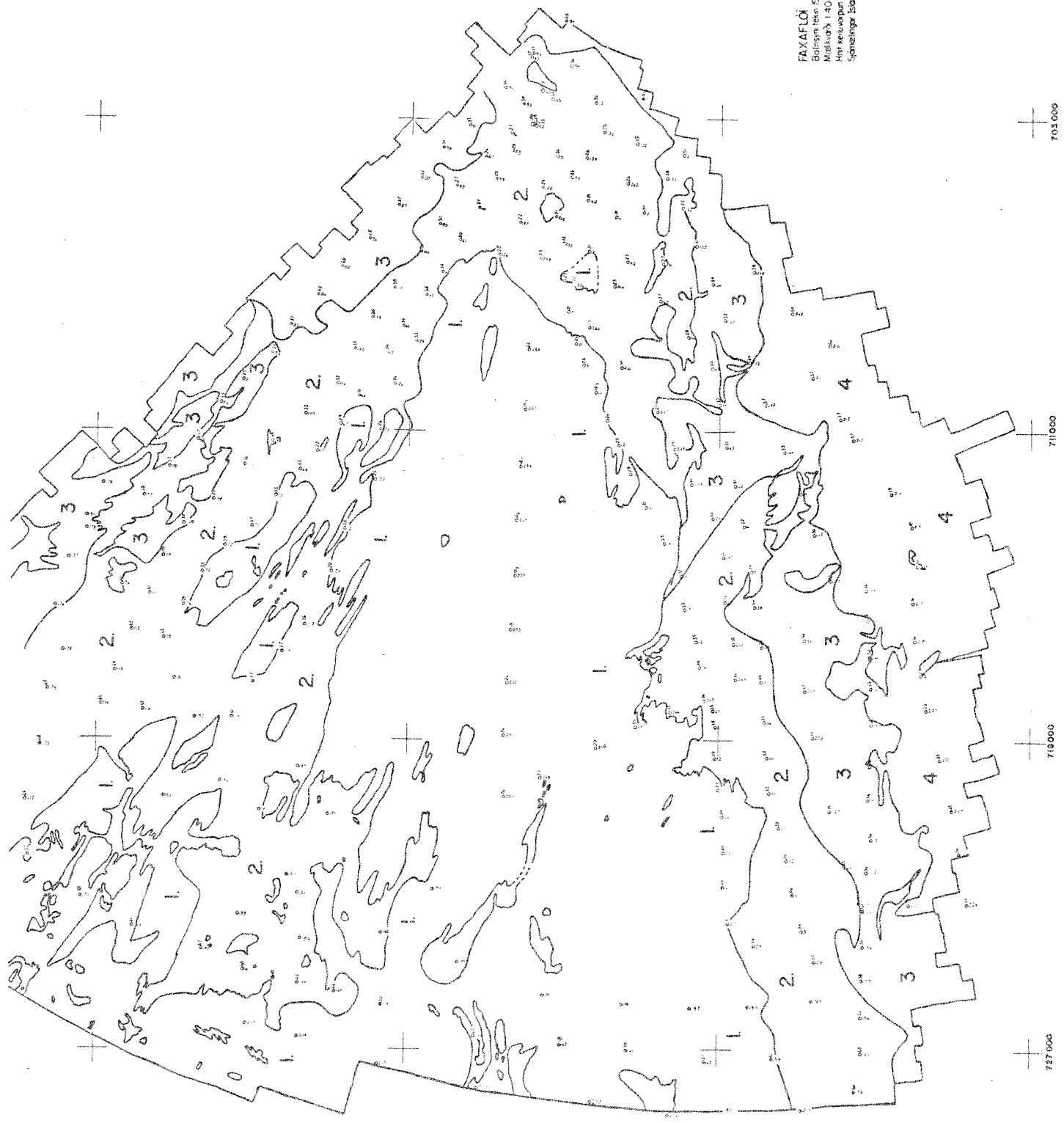
711 000

703 000



3. mynd Botngerð svæðisins. 1) Harður botn. 2) Möl, grófur botn. 3) Gáruð möl. 4) Sandur.

FAXAFLOI
Bolsim laka 975,6 Tt
Málavátt 1:40.000
Hva keuvaran landsel
Spámalgar Isóðs



4. mynd. Skipting svæðisins eftir botngæð.

429 000

421 000

413 000

405 000

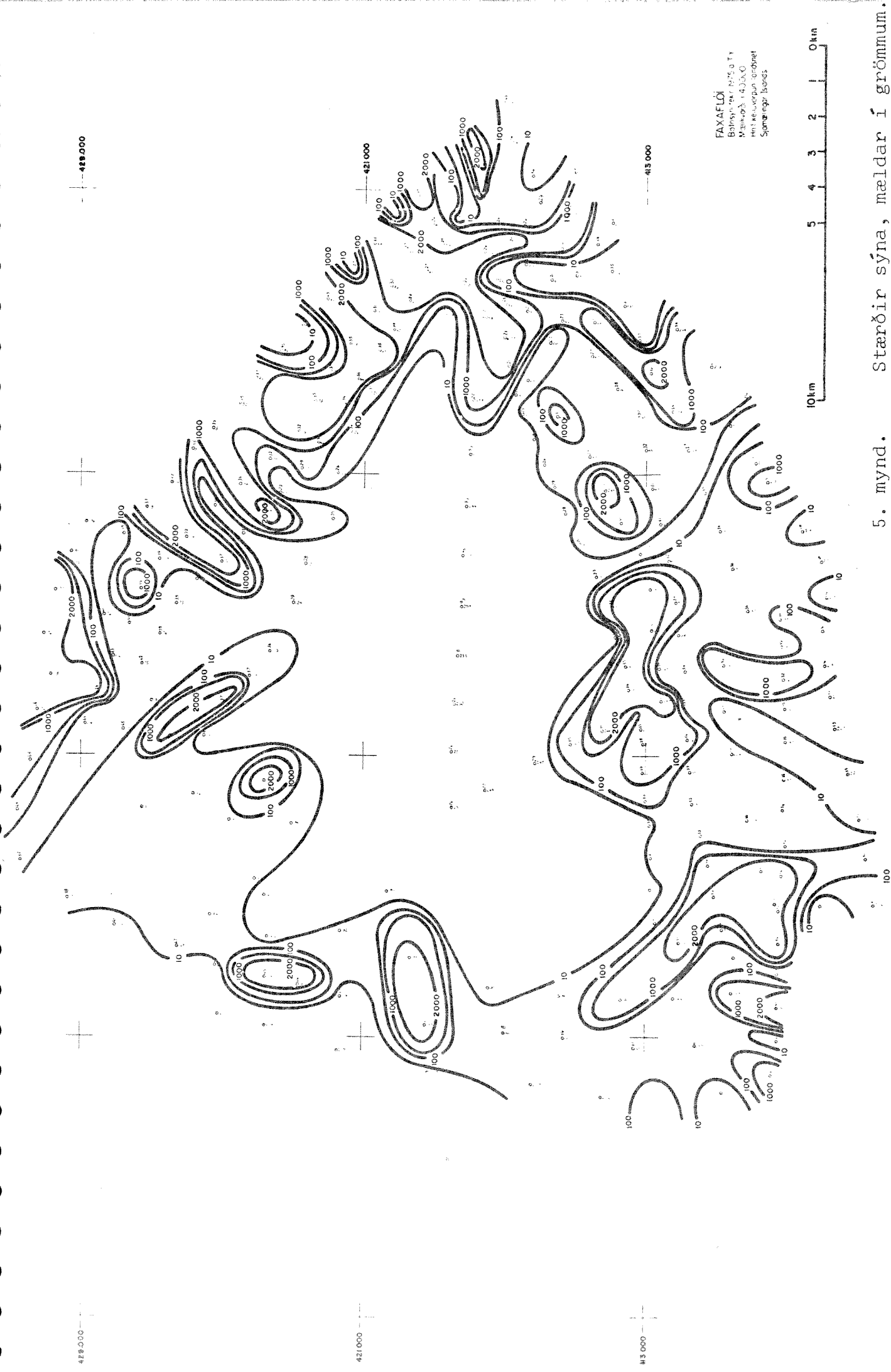
703 000

711 000

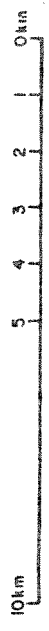
719 000

727 000

735 000

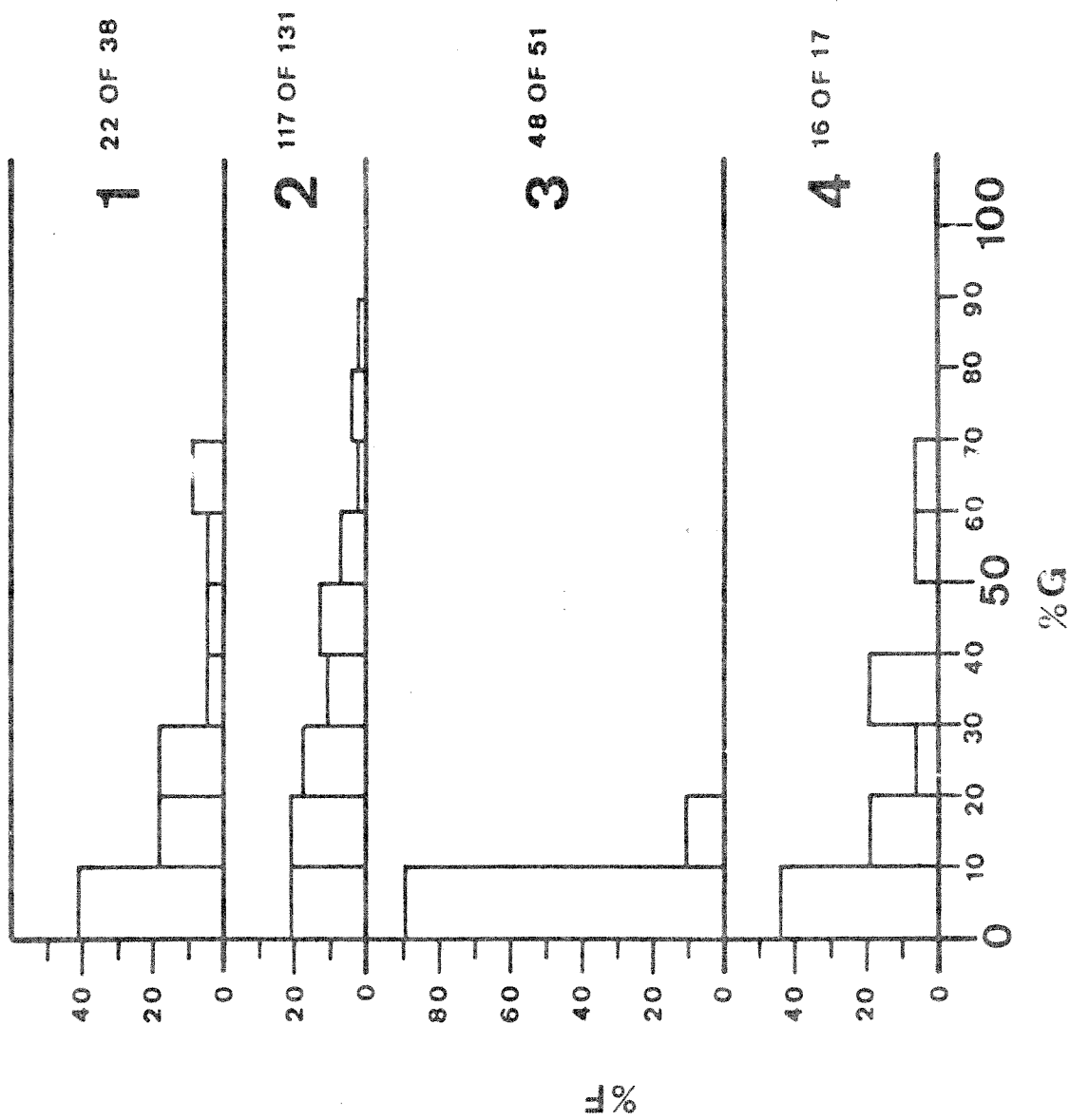


FAXAFLÓI
 Búnaðarvitun 1975 a. t. y.
 Málsh. 1403A.C
 Hitt heilbrigði lörbúnet
 Sameingrið Íslands



5. mynd. Starðir sýna, mældar í grömmum.

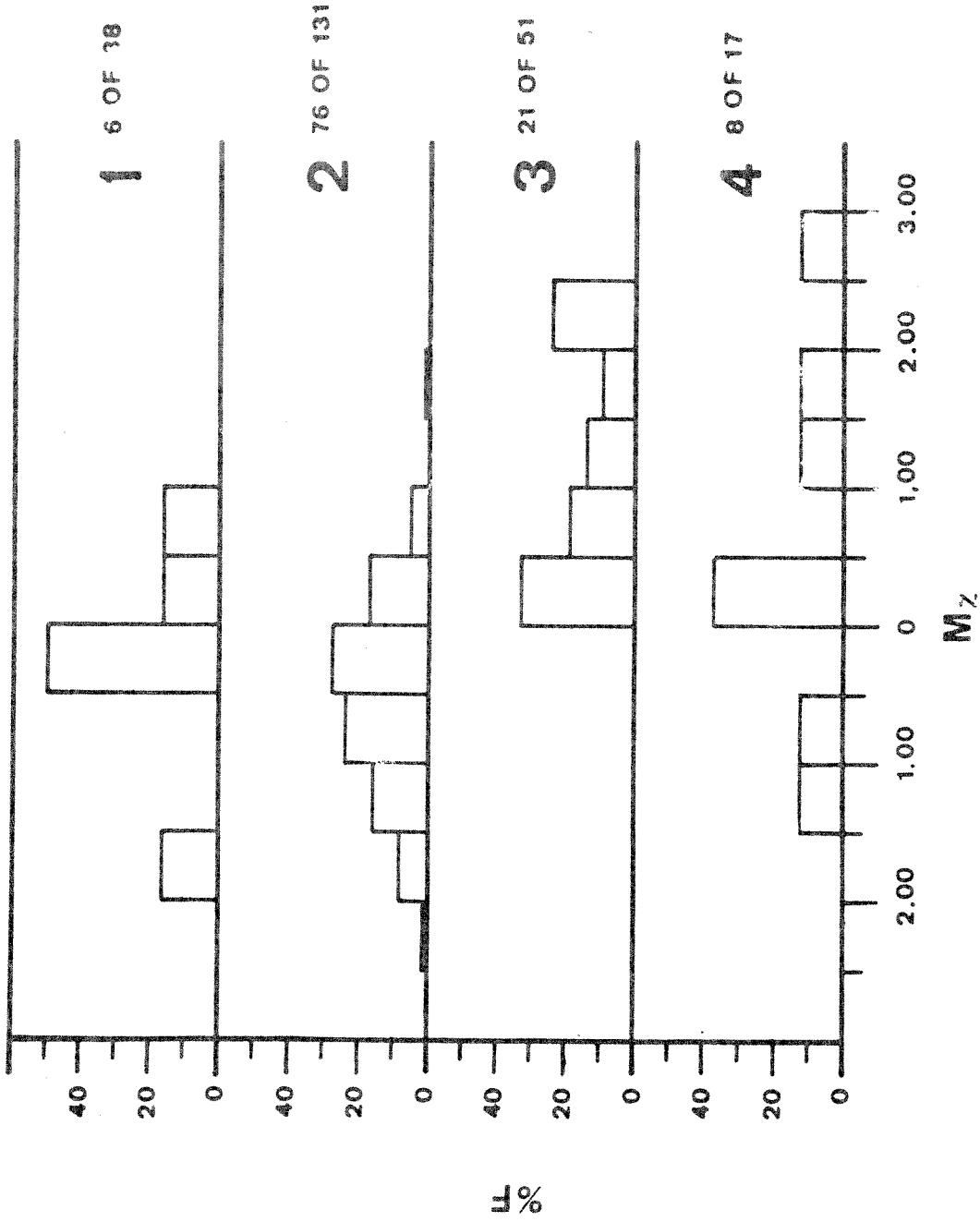
421 000 413 000
 718 000 711 000 703 000
 717 000 716 000



6. mynd.

Dreifing á malarinnihaldi sýna eftir botngerð.

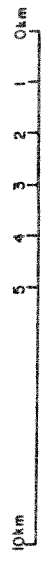
%G = malarprósenta. 1, 2, 3, 4 = botngerðir.



7. mynd. Dreifing meðalstarðar (Mz) eftir botngerð. Starðarkvarði í phi-gildum, p.e. Mz = 0 = 1 mm; 1 = 0.5 mm; 2 = 0.25 mm; 3 = 0.125 mm. Neikvæð phi-gildi tákna malarstarð, þ.e. -1 = 2 mm; -2 = 4 mm. M.ö.o. phi = 1 og d þar sem d = þvermál korns í mm.



FAXAFLÓI
 Bólhryni í henn 89/73 a T Y
 Mál- og áæð 140000
 Hitt Kalkdreifingun íslands
 Spangengar, Ísland

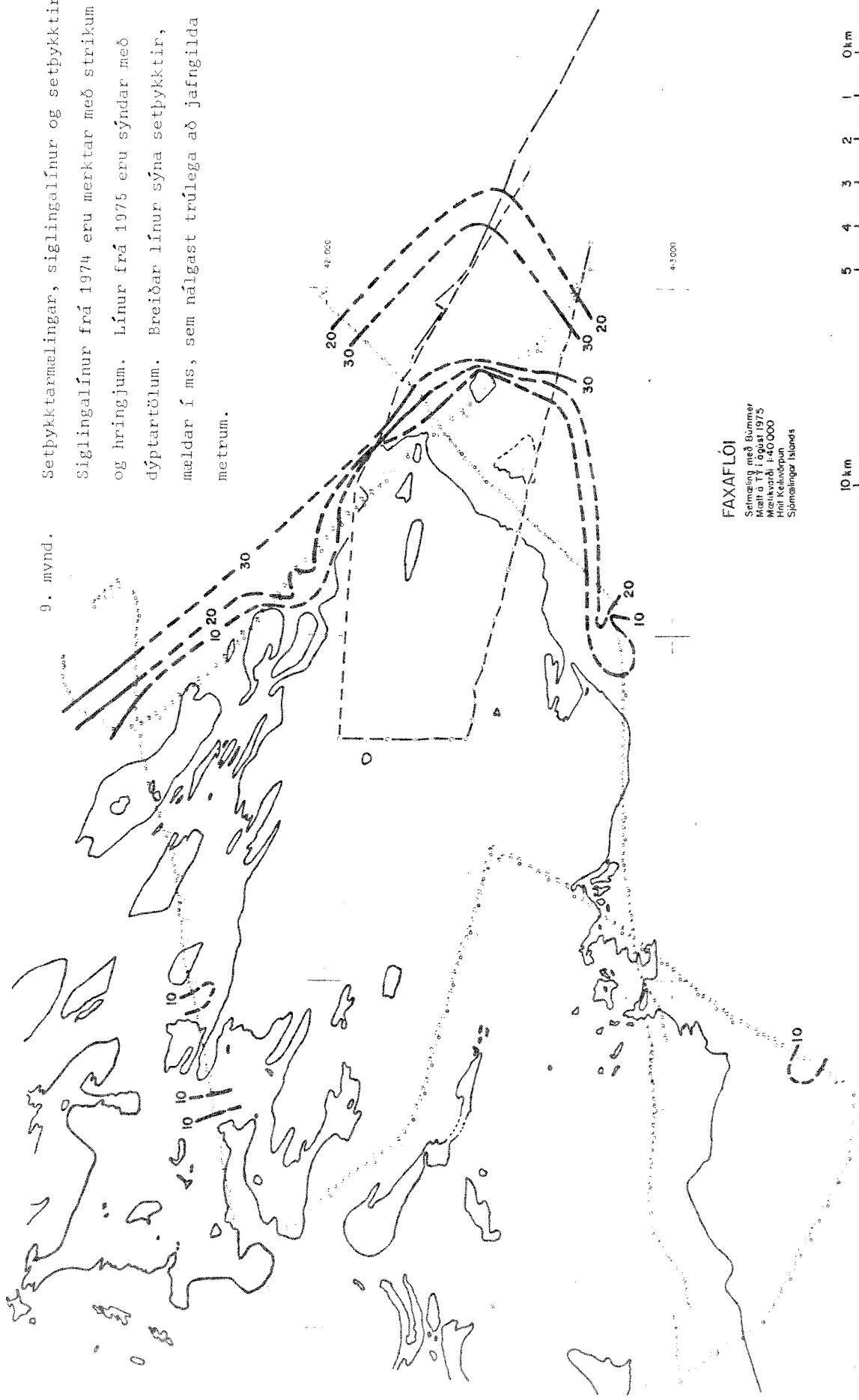


428 000 421 000 413 000 405 000
 713 000 711 000 703 000

8. mynd. Kalkdreifing á svæðinu.

9. mynd.

Setþykktarmælingar, siglingalínur og setþykktir.
 Siglingalínur frá 1974 eru merktar með strikum
 og hringjum. Línur frá 1975 eru sýndar með
 dýptartölum. Breiðar línur sýna setþykktir,
 mældar í ms, sem nálgast trúlega að jafngilda
 metrum.

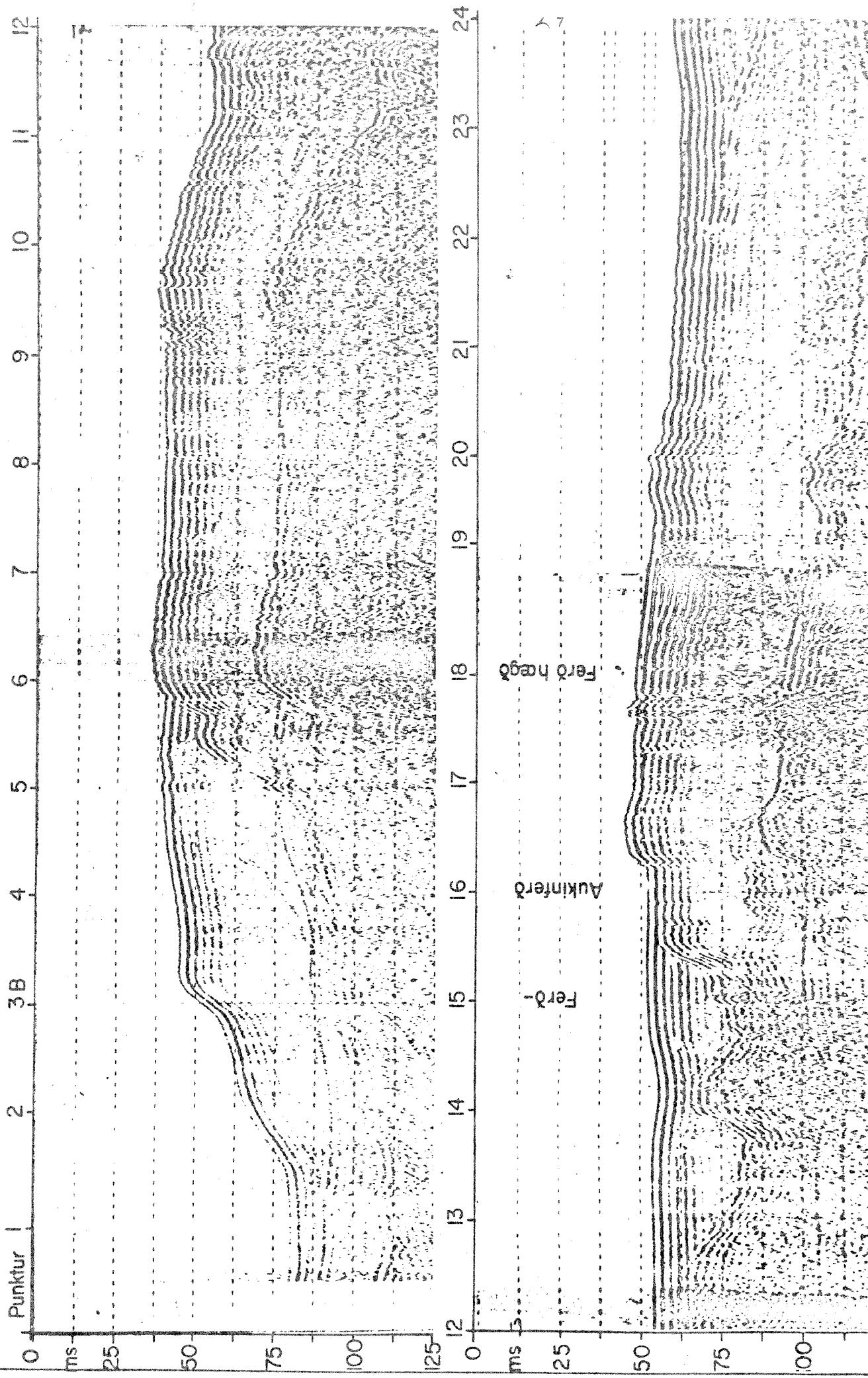


FAXAFLÓI

Sefnmynd með bláum
 línum frá 1974 og 1975
 Hafið 1:10 000
 Hafið 1:10 000
 Sjásmælingar Íslands



10. mynd. Prófill úr setþykktarmæli tekinn á austanverðu svæðinu frá SA til NV.



11. mynd. Setþykkarmæling á summanverðu svæðinu (Fláskarðs-
krika), sýnir hraun og þunnt set.

ORKUSTOFNUN SETLAGASNIÐ
Jarðhitadæll

Faxofíó: Gróftta: Syðra-Hraun
Mælt 19-20 ágúst 1975 Lína A I-160 Blöð 4 of 8

76-04-29 A B/O
Tr. 578
J-Ým.
Fnr 14176

