

# ÁÆTLUN UM RANNSÓKN HÁHITASVÆÐA

eftir

Sveinbjörn Björnsson



# ÁÆTLUN UM RANNSÓKN HÁHITASVÆÐA

eftir

Sveinbjörn Björnsson.

EFNI

	Blis.
1. INNGANGUR OG ÁGRIP NIÐURSTAÐNA .....	4
2. KAFLASKIPTING VIRKJUNARRANNSÓKNA .....	7
2.1 Frumrannsókn .....	7
2.2 Djúprannsókn .....	8
2.3 Vinnsluboranir og vinnsluathuganir .....	9
2.4 Tími og kostnaður við kafla .....	9
3. STAÐA RANNSÓKNAR Á HÁHITASVÆÐUM .....	11
3.1 Staða frumrannsóknar .....	11
3.2 Staða djúprannsóknar virkjunarstaða .....	12
4. VINNA OG KOSTNAÐUR VIÐ LÜKNINGU FRUMRANNSÓKNAR 11 HÁHITASVÆÐA .....	12
5. VINNA OG KOSTNAÐUR VIÐ DJÚPRANNSÓKN VIRKJUNARSTAÐA .....	14
6. HEILDARYFIRLIT YFIR ÁÆTLAÐA FRUMRANNSÓKN OG DJÚPRANNSÓKN .....	16
7. ÁÆTLUN UM RANNSÓKN HÁHITASVÆÐA 1970-1974 ...	17
7.1 Framkvæmdaáætlun .....	17
7.2 Þörf á sérfræðingum .....	18

SKRÁ YFIR TÖFLUR

- Tafla 1. Frumrannsókn háhitasvæða.  
Skipting kostnaðar á svæði og greinar.
- Tafla 2. Frumrannsókn háhitasvæða.  
Flokkun vinnu og kostnaðar eftir greinum.
- Tafla 3. Meðaláætlun um djúprannsókn virkjunarstaðar.
- Tafla 4. Líklegir virkjunarstaðir á háhitasvæðum.
- Tafla 5. Heildaryfirlit yfir áætlaða frumrannsókn og djúprannsókn.
- Tafla 6. Áætlun um rannsókn háhitasvæða 1970-1974.
- Tafla 7. Áætlun um rannsókn háhitasvæða 1970-1974.  
Mannvikur sérfræðinga.

SKRÁ YFIR MYNDIR

- Mynd 1. Lega háhitasvæða landsins.
- Mynd 2. Áætlað varmastreymi og líklegur varmaforði helztu háhitasvæða.
- Mynd 3. Yfirlitsmynd yfir frumrannsókn.
- Mynd 4. Yfirlitsmynd yfir djúprannsókn.
- Mynd 5. Yfirlitsmynd yfir vinnsluboranir.
- Mynd 6. Staða frumrannsóknar á Reykjanesi.
- Mynd 7. Staða frumrannsóknar á Svartsengissvæði.
- Mynd 8. Staða frumrannsóknar Krísuvíkursvæði.
- Mynd 9. Staða frumrannsóknar á Hengilssvæði.
- Mynd 10. Staða frumrannsóknar á Torfajökulssvæði.
- Mynd 11. Staða frumrannsóknar á Kerlingarfjöllum.
- Mynd 12. Staða frumrannsóknar á Geysissvæði.
- Mynd 13. Staða frumrannsóknar á Námafjallssvæði.

- Mynd 14. Staða frumrannsóknar á Kröflu-Leirhnúkssvæði.
- Mynd 15. Rannsóknarsvæði á Reykjanesskaga.
- Mynd 16. Hengilssvæði og umhverfi.
- Mynd 17. Torfajökulssvæði.
- Mynd 18. Kerlingarfjöll og Hveravellir.
- Mynd 19. Rannsóknarsvæði á Norðurlandi.

## 1 INNGANGUR OG ÁGRIP NIÐURSTAÐNA

Háhitasvæði landsins hafa löngum verið talin dýrmætar orkulindir, en lítið hefur þó enn reynt getu þeirra. Álitid er, að minni svæði, eins og Námafjall, geti framleitt hundruð tonna af gufu á klukkustund, og úr stærri svæðum, svo sem Hengli eða Torfajökli, megi vinna þúsundir tonna á klukkustund. Verð gufunnar er enn mjög óvíst, en líklegt er talið, að unnt verði að selja hana á \$0.20 eða um 20 kr/tonn, og ætti fullvirkjað svæði á borð við Hengil þá að geta framleitt gufu, sem næmi um 200 Mkr verðmæti á ári. Ef gufan er nýtt til raforkuvinnslu ætti rafafli svæðisins að vera rúm 100 MW.

Þessi verðmæti verða þó aðeins að veruleika, ef einhver aðili vill kaupa orkuna. Á undanförunum árum hefur áhugi á virkun háhitasvæðanna farið ört vaxandi, og jafnframt er tekið að bera á þeim ótta, að verði varmaorkan ekki virkjuð á næstu áratugum, kunni svo að fara, að hún reynist ekki samkeppnisfær við nýrri orkugjafa og þar með verðlaus.

Ráðagerðir hafa verið uppi um hitaveitur frá háhitasvæðum til höfuðborgarsvæðisins, en óvíst er, hvert verður hagkvæmast að leita. Rætt hefur verið um gufuraftöðvar, sjóefnaverksmiðju og framleiðslu á þungu vatni, en það hefur háð öllum áætlanagerðum um þessi mál, hve lítið er vitað um vinnslugetu og rekstraröryggi háhitasvæðanna og gufuverð frá þeim.

Þessum spurningum um vinnslugetu og orkuverð verður ekki svarað, nema með tímafrekum virkjunarrannsóknum, sem geta tekið 3-5 ár á hverju svæði. Því miður eru þessar rannsóknir svo skammt á veg komnar, að mikil óvissa ríkir um það afl, sem talizt getur tæknilega virkjanlegt á háhitasvæðum, og enn síður er vitað, hve mikið af því afli verður hagkvæmt að virkja.

Í þessari áætlun er gerð tillaga um verulegt átak í rannsókn háhitasvæða og metin vinna og kostnaður, sem þetta átak krefst. Lagt er til, að virkjunarrannsókn hvers svæðis verði skipt í þrjá kafla, frumrannsókn, djúprannsókn og vinnsluboranir ásamt vinnsluathugunum.

Í frumrannsókn er beitt öllum tiltækum aðferðum jarðfræði, jarðeðlisfræði og jarðefnafræði til að velja álitlega virkjunarstaði innan háhitasvæðisins. Eftir að virkjunarstaður er valinn, hefst djúprannsókn hans með rannsóknarborunum. Markmið hennar er að sannreyna ályktanir, sem dregnar voru af óbeinum athugunum í frumrannsókn, og skera úr um virkjunarhæfni staðarins. Reynist staðurinn hæfur til virkjunar, er lagt í vinnsluboranir og vinnsluathuganir í áföngum til að sannreyna áætlað afl og vinnslugetu svæðisins. Að þessu loknu telst staðurinn tilbúinn til virkjunar.

Kostnaðarhlutföll þessara rannsóknarkafala eru athyglisverð. Ef kostnaði við frumrannsókn háhitasvæðis er jafnað niður á virkjunarstaði á svæðinu, koma um 3 Mkr á virkjunarstað. Djúprannsókn hvers staðar kostar hins vegar um 15 Mkr og vinnsluboranir geta numið 100-200 Mkr. Rannsóknartími er 1-3 ár fyrir frumrannsókn, 1-2 ár í djúprannsókn og 1-2 ár í vinnsluboranir.

Eigi að hraða rannsókn háhitasvæðanna eftir megni, virðist samkvæmt þessum tölum um kostnað og rannsóknartíma hagkvæmast að leggja áherzlu á frumrannsókn álitlegra háhitasvæða og vinna jafnframt að djúprannsókn líklegustu virkjunarstaða á þessum svæðum. Með því móti yrðu þessir virkjunarstaðir tilbúnir til virkjunar með 1-2 ára fyrirvara. Vegna kostnaðar virðist hins vegar ekki ráðlegt að leggja í vinnsluboranir á virkjunarstað, fyrr en tryggt þykir, að úr virkjun verði.

Með hliðsjón af þessu er hér lagt til, að lokið verði frumrannsókn 11 álitlegra háhitasvæða, hafin djúprannsókn á 14 virkjunarstöðum og henni lokið á 10 líklegustu virkj-

unarstöðunum, svo að þeir verði tilbúnir til vinnslu-  
borana að rannsóknarverkinu loknu.

Alls eru nú þekkt um 17 háhitasvæði, og er lega þeirra  
sýnd á mynd 1. Yfirlit yfir áætlað varmastreymi og varma-  
forða helztu svæðanna er sýnt á mynd 2. Enda þótt mörg  
þessara svæða búi yfir álitlegu afli, er lega sumra þeirra  
svo óhagkvæm, að ólíklegt er, að þau verði virkjuð á  
næstu áratugum. Hér er því aðeins gert ráð fyrir virkjunar-  
rannsóknnum á 11 álitlegustu svæðunum, en þau eru Reykja-  
nes, Svartsengi, Krísuvík (ásamt Trölladyngju), Hengill,  
Torfajökull, Kerlingarfjöll, Geysir, Hveravellir, Náma-  
fjall, Krafla-Leirhnúkur og Þeistareykir.

Það rannsóknarverk, sem hér er áætlað, er talið kosta  
227 Mkr. Þar af nemur frumrannsókn háhitasvæðanna 62 Mkr  
en djúprannsókn virkjunarstaða 165 Mkr. Verkið er talið  
þarfnast 28,6 mannaára sérfræðinga í jarðfræði, jarðefna-  
fræði og jarðeðlisfræði.

Gerð er tillaga um niðurröðun þessa rannsóknarverks á  
næstu 5 ár. Er þar lagt til, að rannsóknnum á Reykjanesi,  
Svartsengi, Krísuvík, Hengli og Námafjalli verði lokið á  
árunum 1970-1971, en rannsóknnum á Torfajökli, Kröflu-  
Leirhnúk og Þeistareykjum árin 1972-1974. Þá er einnig  
gert ráð fyrir frumrannsókn Geysis, Hveravalla og Kerlingar-  
fjalla, en ekki yrði lagt í verulega djúprannsókn á þessum  
svæðum fyrir árslok 1974.

Til þess að anna þessum rannsóknnum á 5 árum þyrfti að  
bæta 2 jarðfræðingum, 1 jarðefnafræðingi og 4 jarðeðlis-  
fræðingum við núverandi starfslið jarðhitadeildar. Er  
sá kostnaður að sjálfsögðu innifalinn í áætluðum rann-  
sóknarkostnaði hér að framan.



## 2 KAFLASKIPTING VIRKJUNARRANNSÓKNA

Rannsóknir vegna virkjunar háhitasvæða eru margþætt verk-  
efni og virðist eðlilegt, að þeim sé skipt í hæfilega  
rannsóknarkafla. Slík kaflaskipting hefur hingað til verið  
óljós, en hér er lagt til að þessi skipting verði notuð:

1. Frumrannsókn
2. Djúprannsókn
3. Vinnsluboranir og vinnsluathuganir.

### 2.1 Frumrannsókn

Frumrannsókn er ætlað að kanna vænleg háhitasvæði með  
athugunum á yfirborði, áður en lagt er í rannsóknar-  
boranir. Er þá beitt öllum aðferðum jarðfræði, jarð-  
efnafræði og jarðeðlisfræði, sem talið er að gagn-  
legar séu til að velja álitlega virkjunarstaði innan  
háhitasvæðisins. Yfirlit yfir helztu aðferðir, sem  
nú er beitt í frumrannsókn er sýnt á mynd 3.

Könnuð er jarðfræði og bergfræði svæðisins með sér-  
stakri áherzlu á ummyndun bergs, sprungur, misgengi  
og dreifingu jarðhita. Jafnhliða er gerð berggrunns  
könnuð með jarðsveiflumælingum og mælingum á þyngdar-  
afli. Hreyfing á brotlínum er kortlögð með mælingu  
á smáskjálftum og leitað er að ummynduðu bergi með  
segulmælingum úr lofti.

Hitaástand berggrunnsins er kortlagt með rafleiðni-  
mælingum og yfirborðsmerki um jarðhita með flugmæling-  
um á innrauðri varmageislun og hitamælingum í jarð-  
vegi. Þessar athuganir ásamt mælingum á rennsli hvera  
og gufuúttstreymi leggja grundvöll að mati á varmatapi  
háhitasvæðisins og varmaforða þess. Þá er safnað  
sýnum af vatni og gufu á svæðinu til efnagreininga  
og mælinga á tvívetni og þrívetni, en af þeim má draga  
ýmsar ályktanir um hita djúpvatns og rennsli þess.

Frumrannsókn leiðir til frumniðurstaðna, og eru þar helztar jarðfræðikort af svæðinu, líkleg gerð berggrunns, líklegt rúmmál óeðlilega heits bergs og varmatap svæðisins, efni í vatni og líklegur hiti og uppruni djúpvatns. Þessar niðurstöður eru dregnar saman í frumlíkan af jarðhitasvæðinu og rennsli djúpvatns undir því, og á grundvelli líkansins eru gerðar tillögur um álitlega virkjunarstaði og djúprannsókn þeirra. Þannig er frumrannsókn undanfari borana á svæðinu og í mörgum tilvikum nauðsynleg forsenda þess, að fullur árangur náist með rannsóknarborunum.

## 2.2 Djúprannsókn

Þegar virkjunarstaður hefur verið valinn á grundvelli frumlíkans, þarf að sannreyna með rannsóknarborunum ýmsar forsendur, sem fengnar voru með óbeinum athugunum á yfirborði. Þessi áfangi er hér nefndur djúprannsókn, og er yfirlit yfir hann sýnt á mynd 4.

Við borun er fylgzt með borhraða og skoltapi, gerð bergfræðileg athugun á bergmylsnu og kjörnum og teiknuð jarðlagasnið. Þá er myndbreyting bergsins athuguð og með efnagreiningum rannsökuð efnaskipti, sem orðið hafa milli bergs og vatns. Efnaskiptin gefa vitneskju um hita bergsins og rennsli djúpvatns um svæðið. Hiti og þrýstingur eru mældir í holum, vatnsæðar kannaðar og gerðar aflmælingar á virkum holum.

Djúprannsókn er ætlað að skera úr um virkjunarhæfni svæðis. Enda þótt frumrannsókn hafi sýnt, að svæðið sé heitt, getur vatnsleiðni bergsins reynzt svo lítil, að ekki svari kostnaði að virkja svæðið. Þá getur svæðið reynzt ótryggt vegna hættu á köldu innstreymi í vinnslu.

Af djúprannsókn eru dregnar ályktanir um gerð og vinnslueiginleika bergs á virkjunarstað, nauðsynlega dýpt fóðringa í vinnsluholum, vatnsleiðni bergs og legu

vatnsæða, rúmmál óeðlilega heits bergs og varmaforða þess, hita og efni í djúpvatni, líklegt afl og rennsli borhola, ummyndun og þéttleika bergs á jöðrum virkjunarsvæðisins og líkur á rekstrartruflunum af völdum kalds innstreymis á heita svæðið. Þessar niðurstöður eru nauðsynlegar til þess að dæma um líkur á vinnslugetu og rekstraröryggi svæðisins og á grundvelli endurbætts líkans af jarðhitasvæðinu er gerð áætlun um vinnsluboranir vegna virkjunar.

### 2.3 Vinnsluboranir og vinnsluathuganir

Þegar djúprannsókn hefur skorið úr um virkjunarhæfni svæðis og leitt líkur að vinnslugetu þess og rekstraröryggi, er unnt að hefja vinnsluboranir og vinnsluathuganir á svæðinu. Í hönnun vinnsluhola er þá byggt á niðurstöðum djúprannsóknar um gerð bergs og nauðsynlega dýpt fóðringar, og fjöldi og dýpt vinnsluhola eru áætluð samkvæmt reynslu við rannsóknarboranir á svæðinu. Ef áætluð vinnsla er talin ganga nærri getu svæðisins, er ráðlegt að skipta vinnsluborunum á áfanga og reyna svæðið með vinnsluathugunum nokkurn tíma, áður en lagt er í fulla vinnslu (Mynd 5). Á þessum tíma gefst einnig tækifæri til að reyna ýmsan útbúnað og gera athugun á tæringu og útfellingum í tækjum. Þegar sýnt þykir, að svæðið standi undir áætlaðri vinnslu, er fyrst talið, að virkjunarstaður sé tilbúinn til virkjunar og ráðlegt að hefja mannvirkjagerð í því skyni.

### 2.4 Tími og kostnaður við kafla

Frumrannsókn háhitasvæðis tekur 1-3 ár eftir stærð svæðisins og djúprannsókn hvers virkjunarstaðar á svæðinu 1-2 ár. Til vinnsluborana og vinnsluathugana á virkjunarstað þarf síðan 1-2 ár, og fer sá tími eftir áætlaðri vinnslu og áföngum í borun.

Enda þótt frumrannsókn sé margþætt og tímafrek, er kostnaður við hana lítil miðaður við djúprannsókn virkjunarstaða og hverfandi, ef miðað er við vinnsluboranir vegna virkjunar. Sem dæmi mætti nefna, að frumrannsókn Kröflu-Leirhnúks er áætluð um 5 Mkr og frumrannsókn Þeistareykja um 3,5 Mkr. Innan þessara svæða má reikna með þremur virkjunarstöðum alls, og er djúprannsókn hvers staðar áætluð 15 Mkr, en kostnaður við vinnsluboranir gæti numið 100-200 Mkr á hverjum stað. Í grófri viðmiðun má áætla, að kostnaður við frumrannsókn virkjunarstaðar nemi um 20% af kostnaði við djúprannsókn, en djúprannsókn kosti um 20% af kostnaði við vinnsluboranir.

Ef sanna þarf vinnslugetu háhitasvæðis, sem er algjörlega órannsakað, getur nauðsynlegur rannsóknartími, áður en unnt er að gefa áreiðanleg svör, orðið 3-5 ár. Sé frumrannsókn lokið, styttest þessi tími í 2-3 ár og verður ekki nema 1-2 ár, ef djúprannsókn virkjunarstaðarins er einnig lokið.

Eigi að hraða virkjun háhitasvæðanna, virðist auðsætt, að ljúka beri sem fyrst frumrannsókn þeirra háhitasvæða, sem geyma líklega virkjunarstaði, og jafnframt ætti að framkvæma sem fyrst djúprannsókn á þeim virkjunarstöðum, sem líkur eru á, að fyrst yrðu virkjaðir til stóriðju eða raforkuvinnslu.

Í þessari greinargerð verða gerðar tillögur um lúkningu frumrannsóknar ll háhitasvæða og framkvæmd djúprannsóknar á líklegustu virkjunarstöðum innan þessara svæða.

### 3 STAÐA RANNSÓKNAR Á HÁHITASVÆÐUM

#### 3.1 Staða frumrannsóknar

Fyrsta frumrannsókn á háhitasvæði var gerð árin 1947-1949 á Hengilssvæði. Á grundvelli hennar var valinn virkjunarstaður í Reykjadal norður af Hveragerði og gerðar rannsóknar- og vinnsluboranir árin 1958-1960 og vinnsluathuganir 1961-1963. Má telja þann stað tilbúinn til virkjunar.

Á síðustu áratugum hefur þekking á jarðhita aukizt og tækni í jarðhitaleit tekið miklum framförum. Hafa þannig bætt við ýmsar rannsóknaraðferðir í frumrannsókn, sem ekki voru þekktar áður. Töluvert hefur verið unnið að frumrannsókn ýmissa háhitasvæða, en þar hefur fremur verið um beitingu einstakra rannsóknaraðferða en sameiginlega skipulagða rannsókn með öllum tiltækum aðferðum að ræða. Starfslið og fé jarðhitadeildar hefur að mestu verið bundið við rannsókn lág-hitasvæða í byggð og þá einkum jarðhitaleit fyrir kaupstaði, sveitarfélög og einstaka bændur. Rannsókn háhitasvæðanna hefur verið sinnt í ígripum og hjáverkum og mun svo verða áfram, nema fjölgað verði sérfræðingum og öðru starfsliði eða dregið úr þeirri þjónustu, sem fyrir er.

Staða frumrannsóknar á níu háhitasvæðum er sýnd á myndum 6-14. Er hver reitur skyggður í hlutfalli við þá vinnu, sem lokið er. Vinna við þessa reiti er mjög mismunandi. Jarðeðlisfræðirannsókn í hægra dálki er langtum dýrari og mannfrekari en jarðfræðirannsókn í vinstra dálki. Staðan miðast við ársbyrjun 1970, og eru þeir þættir, sem áætlað er að ljúka á þessu ári, skyggðir með öðrum hætti en þeir, sem þegar er lokið. Á öðrum háhitasvæðum en þessum níu er frumrannsókn ekki hafin svo nokkru nemi.

Frumrannsókn Reykjanessvæðis er svo til lokið, og langt er komið rannsókn á Krísuvíkursvæði, Hengilssvæði og Námafjallssvæði. Í heild er jarðfræðirannsókn svæðanna vel á veg komin, en jarðeðlisfræðileg könnun að mestu óunnin, enda er hún mun tímafrekari og dýrari í framkvæmd. Við hana er ennfremur beitt tækjum og aðferðum, sem ekki voru tiltæk, fyrr en á síðustu árum.

Í ár er helzt unnið að frumrannsókn á Reykjanesi og Krísuvíkursvæði og nokkuð í Kerlingarfjöllum og við Kröflu.

### 3.2 Staða djúprannsóknar virkjunarstaða

Auk Hveragerðis hefur verið ráðizt í rannsóknarboranir á Nesjavöllum, í Krísuvík, á Reykjanesi og í Bjarnarflagi við Námafjall. Nokkur frumrannsókn var gerð fyrir þessar boranir, en hún var ekki svo ífarleg, sem gert er ráð fyrir í þessari áætlun. Á sama hátt má segja, að undirbúningur þessara borana og úrvinnsla þeirra hafi ekki verið jafn skipuleg og hér er ætlazt til í djúprannsókn.

Á þessu ári er unnið að djúprannsókn á Reykjanesi. Vinnsluboranir standa nú yfir í Bjarnarflagi, en það er eini virkjunarstaðurinn, sem komizt hefur á stig virkjunar.

## 4 VINNA OG KOSTNAÐUR VIÐ LÜKNINGU FRUMRANNSÓKNAR 11 HÁHITASVÆÐA

Hér verður gerð grein fyrir kostnaði og vinnu, sem áætlað er, að verja þurfi til að ljúka frumrannsókn á 11 háhitasvæðum, sem líkleg eru til virkjunar. Þessi svæði eru Reykjanes, Svartsengi, Krísuvíkursvæði, Hengilssvæði, Torfajökulssvæði, Kerlingarfjöll, Geysissvæði, Hveravellir, Námafjall, Krafla-Leirhnúkur og Þeistareykir. Lega svæðanna er sýnd á afstöðumyndum 15-19. Um svæðin hafa verið

mörkuð rannsóknarsvæði, og er stærri háhitasvæðum skipt í áfanga, sem merktir eru með rómverskum tölum, I, II, III o.s.frv.

Gert er ráð fyrir, að í frumrannsókn yrði beitt þessum aðferðum:

- a) Jarðfræði og jarðefnafræði.  
Efnagreining vatns og gass, mælingar á tvívetni og þrívetni.  
Innrauð varmageislun og hitamælingar í jarðvegi.  
Rafleiðnimælingar.  
Segulmælingar í lofti og á jörðu.  
Smáskjálftar.
- b) Jarðsveiflumælingar.  
Þyngdarmælingar.  
Suða og órói í bergi.

Flestar þessar aðferðir yrðu notaðar í fyrsta áfanga yfir allt svæðið. Eru þær annað hvort þannig í eðli sínu, að ekki borgar sig að taka þær í mörgum áföngum, eða túlkun á niðurstöðum er ekki gerleg, fyrr en fengin er yfirsýn yfir svæðið í heild. Rafleiðnimælingar, segulmælingar á jörðu og hitamælingar í jarðvegi verða þó gerðar í áföngum I, II o.s.frv., enda beinast þær einkum að heitum svæðum og líklegum virkjunarstöðum. Gert er ráð fyrir, að fyrst verði beitt aðferðum í flokki a, en ekki verði gripið til aðferða í flokki b, fyrr en sýnt þykir, að svæðið sé álitlegt til virkjunar.

Á hverju svæði er metin vinna í mannvikum sérfræðinga og aðstoðarmanna, sem talin er nauðsynleg í mælingum og úrvinnslu fyrir hverja rannsóknaraðferð. Í kostnaðartölum eru innifalin laun fyrir dagvinnu og eftirvinnu, dagpeningar vegna ferðalaga, bílakostnaður, efni og aðkeypt þjónusta, leiga á tækjum til mælinga og úrvinnslu, skrifstofukostnaður vegna stjórnunar og aðstöðu. Litið er á rannsóknarverkið sem selda þjónustu, og eru öll vinna og kostnaður reiknuð sem viðbót við núverandi rekstur jarð-

hitadeildar. Í viðauka, sem varðveittur er á jarðhita-  
deild en ekki fjölritaður hér, er gerð nánari grein  
fyrir þessum reikningum og forsendum þeirra, en niður-  
stöður eru dregnar saman í töflur 1 og 2.

Í töflu 1 er kostnaði við frumrannsókn skipt á svæði og  
greinar. Greinum er skipt í flokka a og b og stærri há-  
hitasvæðum í áfanga I, II, III o.s.frv. Stærstu kostn-  
aðarliðir eru fyrstu áfangar á Torfajökulssvæði og Hengils-  
svæði og því næst rannsókn Kerlingarfjalla, fyrsti áfangi  
á Krísvíkursvæði og rannsókn Kröflu-Leirhnúks. Aðrir  
liðir eru á bilinu 1-4 Mkr, en til samanburðar má geta  
þess, að ein vinnsluhola á háhitasvæði mun nú kosta um  
4 Mkr.

Í töflu 2 eru vinna og kostnaður við frumrannsókn flokkuð  
eftir greinum. Rafleiðnimælingar eru langstærsti liðurinn.  
Veldur því seinleg mælivinna og stór hópur mælingamanna.  
Næst koma jarðsveiflumælingar og liggja til þess svipaðar  
ástæður, þar næst þyngdarmælingar en meginhluti kostnaðar  
við þær er hæðarmæling mælipunkta. Kostnaður við hitamæl-  
ingar í jarðvegi og mælingar á innrauðri varmageislun er  
langlægstur, þar eð flugmælingar á innrauðri varmageislun  
eru kostaðar af Bandaríkjamönnum og gerðar af þeim.

Flokkur a kostar alls 35,7 Mkr, flokkur b 26,3 Mkr og  
frumrannsókn í heild 62 Mkr. Í mælingar þarf alls 390  
mannvikur sérfræðinga og 604 í úrvinnslu. Í heild eru  
þetta 19,1 mannafræðinga.

#### 5 VINNA OG KOSTNAÐUR VIÐ DJÚPRANNSÓKN VIRKJUNARSTAÐA

Djúprannsókn virkjunarstaðar fer mjög eftir staðháttum og  
þeim kröfum um vinnslu, sem gerðar eru. Á virkjunarstað  
innan stórs háhitasvæðis þarf litlar áhyggjur að hafa  
af vinnslugetu eða rekstrartruflunum vegna kalds inn-  
streymis. Djúprannsókn beinist þar einkum að gerð og  
vinnslueiginleikum bergs, nauðsynlegri dýpt fóðringa,



hita og legu vatnsæða, líklegu aflí og rennsli borhola. Á litlum svæðum getur hins vegar verið vafamál, hvort svæðið stendur undir áætlaðri vinnslu og enn fremur verið töluverð hættu á rekstrartruflunum vegna kalds innstreymis á jöðrum svæðisins. Verður þá að kanna rúmmál heits bergs og jaðar þess með rannsóknarborunum.

Erfitt er að áætla vinnu og kostnað við djúprannsókn hvers virkjunarstaðar, meðan frumrannsókn svæðisins er skammt á veg komin og aðstæður lítt þekktar. Til þess að gefa nokkra hugmynd verður hér reiknað með meðalkostnaði 15 Mkr við fulla djúprannsókn hvers virkjunarstaðar. (Tafla 3)

Er þá gert ráð fyrir að bora 3 grannar holur ( $3\frac{3}{4}$ " ) 800 m djúpar og 2 víðar holur ( $8\frac{3}{4}$ " ) allt að 2000 m djúpar. Grennri holurnar yrðu boraðar með litlum bor, og er tilgangur þeirra að kanna efstu 800 m berggrunn-  
ins, jarðlagagerð, nauðsynlega dýpt fóðringa, ummyndun bergs, hita og legu vatnsæða. Víðari holurnar yrðu síðan staðsettar og hannaðar eftir reynslu af borun grennri holanna og boraðar með gufubor. Er þeim ætlað að reyna vinnslugetu vatnsæða og kanna svæðið neðan 800 m. Hver af grennri holunum er áætluð kosta 1,35 Mkr og hver víð hola 4 Mkr. Rannsóknir á öllum borholunum eru áætlaðar 3 Mkr.

Á flestum svæðum ætti slík djúprannsókn að vera fullnægjandi til úrskurðar um virkjunarhæfni staðar. Gangi kröfur um vinnslu hins vegar nærri því hámarki, sem talið er að svæðið leyfi, getur þurft sérstaka könnun á jöðrum svæðisins og vinnsluathuganir í áföngum, áður en endanleg svör nást.

Í töflu 4 eru taldir upp helztu virkjunarstaðir á þeim 11 háhitasvæðum, sem rædd voru í áætlun um frumrannsókn. Jafnframt er þar sýnt, hve miklu fé er hér áætlað að verja til djúprannsóknar þessara staða. Er ráðgert að vinna að djúprannsókn á 14 líklegum virkjunarstöðum og ljúka henni á 10 álitlegustu stöðunum.

Í heild er áætlað að verja 165 Mkr til þessa verks. Þar af er kostnaður við rannsóknarboranir 132 Mkr og kostnaður við rannsóknir á borholum 33 Mkr.

Meðan frumrannsókn háhitasvæða er ekki lokið, er mikil óvissa um fjölda virkjunarstaða innan hvers háhitasvæðis, og því hlýtur áætlun um heildarkostnað við djúprannsókn þeirra að vera mjög í lausu lofti. Sú djúprannsókn, sem hér er áætluð, er því aðeins áfangi í heildarrannsókn svæðanna, en hún felur í sér líklegustu virkjunarstaði á þeim háhitasvæðum, sem tekin voru í áætlun um frumrannsókn.

## 6 HEILDARYFIRLIT YFIR ÁÆTLAÐA FRUMRANNSÓKN OG DJÚPRANNSÓKN

Í töflu 5 eru vinna og kostnaður við áætlaða frumrannsókn og djúprannsókn flokkuð eftir svæðum. Heildarkostnaður við frumrannsókn er 62 Mkr, en 165 Mkr við djúprannsókn.

Enda þótt fjármagn fengist til þessarar áætlunar, er framkvæmd hennar ekki tryggð, nema til verksins fáist nægilegur fjöldi sérfræðinga.

Mannvikur sérfræðinga eru alls áætlaðar 1489 eða 28,6 mannr. Þar af falla 7,8 mannr á jarðfræði (túlkun innrauðra mynda og hitamælingar í jarðvegi eru taldar til jarðfræði), 4,3 mannr á jarðefnafræði og 16,5 mannr á jarðeðlisfræði. Rétt er að ítreka, að hér er átt við, að sérfræðingur vinni eingöngu að þessu verki, og er þessi mannaflapörf umfram núverandi starfslið jarðhitadeildar.

Í reynd sýna þessar tölur lágmarkspörf, því að í kjölfar rannsókna munu væntanlega sigla vinnsluboranir og vinnsluathuganir, sem krefjast skyldrar sérfræðipjónustu.

Alls er áætlað að bora 36 grannar holur með litlum bor og 21 víða holu með gufubor. Þetta verk mætti vinna með tækjum, sem nú eru í notkun, en aukizt vinnsluboranir að mun, getur þurft að afla nýrra tækja, ef ljúka á verkinu á skömmum tíma.

## 7. ÆTLUN UM RANNSÓKN HÁHITASVÆÐA 1970-1974

Eins og að framan greinir, er framkvæmd þess rannsóknarverks, sem hér er áætlað, einkum undir fjármagni og fjölda sérfræðinga komin. Tímaröð verkþátta hlýtur að miðast við líkur á virkjun öðru fremur, en hraði á framkvæmd rannsóknanna er fyrst og fremst háður ákvörðunum um stjórnun.

Í töflum 6 og 7 er sýnd tillaga að dreifingu rannsóknarverksins á árin 1970-1974.

Við röðun verkþátta var höfð hliðsjón af virkjunarhorfum, sem þó eru mjög óljósar, og jafnframt reynt að dreifa fjárþörf og sérfræðingapörf svo, að hálfur hraði yrði á framkvæmd árið 1970, en fullur síðan.

### 7.1 Framkvæmdaáætlun

Samkvæmt töflu 6 er á næsta ári áætlað að gera frumrannsókn (b) á Reykjanesi, ef rannsókn þessa árs ber jákvæðan árangur. Þá er lagt til að lokið verði frumrannsókn (a) á Námafjallssvæði. Er það svæði komið á virkjunarstig í Bjarnarflagi, en aðrir virkjunarstaðir eru í óvissu, nema frumrannsókn sé gerð.

Í þriðja lagi er ráðgert að ljúka frumrannsókn (a) og hefja djúprannsókn á svæðunum Krísuvík I og II, þ.e. á svæðinu sunnan Kleifarvatns og austan Sveifluháls og á Trölladyngjusvæði. Rannsókn þessi er orðin mjög aðkallandi vegna hugsanlegrar háhitaveitu til höfuðborgarsvæðisins og áætlana um stóriðju.

Að lokum er lagt til, að boruð verði rannsóknarhola við Kolviðarhól (Hengill III). Yrði það einnig gert með hitaveitu í huga.

Árið 1971 er lagt til, að lokið verði frumrannsókn á Námafjallssvæði og djúprannsókn á tveimur virkjunar-

stöðum á Krísuvíkursvæði. Framkvæmd verður frumrannsókn og djúprannsókn á Svartsengissvæði norðan Grindavíkur. Þá er lagt til, að lokið verði frumrannsókn (a) á öllu Hengilssvæði og boraðar tvær rannsóknarholur, önnur á Nesjavöllum en hin á vesturhluta svæðisins í Innstadal eða Fremstadal.

Í lok þess árs verður fyrst unnt að bera saman með samilegri vissu álitlega virkjunarstaði á Hengilssvæði og Krísuvíkursvæði með hitaveitu, raforkuvinnslu eða stóriöju í huga.

Árin 1972-1974 yrði síðan megináherzla lögð á frumrannsókn og djúprannsókn Torfajökulssvæðis, Kröflu-Leirhnúks og Peistareykja. Gert er ráð fyrir frumrannsókn Kerlingarfjalla, Hveravalla og Geysis, en ekki er reiknað með djúprannsókn þar á þessu stigi, nema 3 grönnum holum á Geysissvæði.

## 7.2 Þörf á sérfræðingum

Í töflu 7 er sýnt hverjar kröfur þessi áætlun gerir til vinnu sérfræðinga í jarðfræði, jarðefnafræði og jarðeðlisfræði. Til þess að anna verkefnum næsta árs þarf um 1 jarðfræðing, 1/2 jarðefnafræðing og 2 jarðeðlisfræðinga umfram núverandi starfslíð jarðhitadeildar. Á árunum 1971-1974 þarf hins vegar um 2 jarðfræðinga, 1 jarðefnafræðing og 4 jarðeðlisfræðinga umfram núverandi starfslíð til þess að anna áætluðum rannsóknum.

Þegar þess er gætt, að það tekur nokkurn tíma að þjálfra sérfræðing til jarðhitarannsókna, virðist nauðsynlegt að hafa góðan fyrirvara um ráðningu þeirra, og varla er unnt að reikna með fullum afköstum á fyrsta starfsári. Verður því að líta á þessar tölur sem lágmark.

Eftir því sem rannsókn fleygir fram, má búast við að þörf á sérfræðipjónustu fari vaxandi vegna vinnsluborana og eftirlits með virkjuðum jarðhitasvæðum. Yrði þá enn að auka sérfræðingalið til að annast þá þjónustu.

Grein	Reykjanes p.kr.	Svartsengi p.kr.	Krísuvík I p.kr.	Krísuvík II p.kr.	Krísuvík III p.kr.
a)					
Jarðfræði	-	115	365	-	-
Hitamælingar í jarðvegi, innrauð varmageislun	-	59	44	44	44
Efnagreining, tvívetni, þrívetni	-	-	450	-	-
Rafleiðnimælingar	-	371,5	718	974	718
Segulmælingar	-	114	422	156	156
Smáskjálftar	-	552,5	240	-	6
		1212	2239	1174	918
b)					
Jarðsveiflumælingar	405	405	1270	-	-
Þyngdarmælingar	262,5	262,5	1057,5	-	-
Suða og órói í bergi	242,5	242,5	485	-	-
	910	910	2812,5		
a & b	910	2122	5051,5	1174	918

TAFLA 1, bl. 2

FRUMRANNSÖKN HÁHITASVÆÐA  
SKIPTING KOSTNAÐAR Á SVÆÐI OG GREINAR

Grein	Hengill I p.kr.	Hengill II p.kr.	Hengill III p.kr.	Torfajökull I p.kr.	Torfajökull II p.kr.
a)					
Jarðfræði	460	-	-	1980	-
Hitamælingar í jarðvegi, innrauð varmageislun	44	44	44	-	-
Efnagreining, tvívetni, prívetni	30	-	-	45	-
Rafleiðnimælingar	1576,5	371,5	1576,5	1157	640
Segulmælingar	811	156	156	1281	186
Smáskjálftar	240	-	-	635	-
	3161,5	571,5	1776,5	5098	826
b)					
Jarðsveiflumælingar	1775	-	-	2595	-
Þyngdarmælingar	2315	-	-	2215	-
Suða og órói í bergi	970	-	-	1455	-
	5060			6265	
a & b	8221,5	571,5	1776,5	11363	826

Grein	Torfajökull III p.kr.	Torfajökull IV p.kr.	Torfajökull V p.kr.	Geysir Kerlingarfjöll p.kr.
a)				
Jarðfræði	-	-	350	700
Hitamælingar í jarðvegi, innrauð varmageislun	-	-	59	117,5
Efnagreining, tvívetni, þrívetni	-	-	-	274,5
Rafleiðnimælingar	911	1797	1403	371,5
Segulmælingar	186	186	114	296
Smáskjálftar	-	-	552,5	635
	1097	1983	1589	3599,5
b)				
Jarðsveiflumælingar	-	-	355	1825
Þyngdarmælingar	-	-	262,5	755
Suða og órói í bergi	-	-	242,5	242,5
			860	2822,5
a & b	1097	1983	1589	2307
				6422

FRUMRANNSÖKN HAHITASVÆÐA  
SKIPTING KOSTNAÐAR Á SVÆÐI OG GREINAR

Grein	Hveravellir þ.kr.	Námafjall þ.kr.	Krafla-Leirhnúkur þ.kr.	Peistareykir þ.kr.
a)				
Jarðfræði	330	210	780	330
Hitamælingar í jarðvegi, innrauð varmægislnun	59	-	59	59
Efnagreining, tvívetni, þrívetni	168,5	-	274,5	168,5
Rafleiðnimælingar	640	1089,5	1157	640
Segulmælingar	114	266	266	221
Smáskjálftar	552,5	552,5	552,5	552,5
	1864	2118	3089	1971
b)				
Jarðsveiflumælingar	837	838	838	837
Þyngdarmælingar	402,5	755	755	402,5
Suða og órói í bergi	242,5	242,5	242,5	242,5
	1482	1835,5	1835,5	1482
a & b	3346	3953,5	4924	3453



TAFLA 2

FRUMBRANNSÖKN  
FLOKKUN VINNU OG KOSTNAÐAR EFTIR GREINUM  
S: sérfræðingar. A: aðstoðarmenn

Grein	Vinna í mannvikum				Kostnaður		
	Mælingar		Úrvinnsla		Mælingar	Úrvinnsla	Alls
	S	A	S	A	b.kr.	b.kr.	b.kr.
a)							
Jarðfræði	84	58	114	45	3200	2420	5620
Hitamælingar í jarðvegi, innrauð varmageislun	12	-	33	-	181,5	495	676,5
Efnagreining, tvívetni, prívetni	12	12	11	-	1246	165	1411
Rafleiðnimælingar	138	690	31	31	16888,5	800	17688,5
Segulmælingar	-	132	85	43,5	3563	1710	5273
Smáskjálftar	30	48	60	30	2665	2400	5065
b)							
Jarðsveiflumælingar	68	296	118	118	9030	2950	11980
Þyngdarmælingar	26	26	72	72	7645	1800	9445
Suða og órói í bergi	20	20	80	80	1250	3600	4850
Alls	390	1282	604	419,5	45669	16340	62009

TAFLA 3

MEÐALÁÆTLUN UM DJÚPRANNSÓKN VIRKJUNARSTAÐAR

<u>Boranir</u>	Kostnaður þ.kr.
a) 3 holur, 3 <sup>3</sup> / <sub>4</sub> ", dýpi 800 m	4.000.-
b) 2 holur, 8 <sup>3</sup> / <sub>4</sub> ", dýpi 2000 m	8.000.-
 <u>Rannsóknir</u>	
a) Jarðfræði, 15 mannvikur sérfræðinga	300.-
b) Jarðefnafræði, 18 mannvikur sérfræðinga	360.-
c) Jarðeðlisfræði, 12 mannvikur sérfræðinga	240.-
d) Annar kostnaður (holubúnaður til afl- mælinga, hitamælingar, könnun vatnsæða, aflmælingar, efnagreiningar á vatni og bergi o.fl.)	2.100.-
	<hr/>
	15.000.-
	<hr/>

Háhitasvæði	Virkjunarstaður	Hæð m. y. s.	Líklegur hiti °C	Áætluð djúprannsókn Fjöldi borh. Kostn. 3 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> " 8 <sup>3</sup> / <sub>4</sub> " p. kt.	Lokið	Sjór eða kalt vatn með borun	Kælivatn
Reykjanes	Reykjanes	15-20	280-300	-	Lokið	Sjór eða kalt vatn með borun	Kælivatn
Svartsengi	Baðsvellir	30	?	3	1	-	-
Krísuvík I	Krísuvík	160	230	-	-	Kleifarvatn	-
Krísuvík II	Austurengjahver	150-230	>230	3	2	-	-
Krísuvík III	Trölladyngja	130	?	3	2	Kalt vatn m. borun	-
Krísuvík III	Núpslíðarháls	100-200	?	3	-	-	-
Hengill I	Hveragerði	30-80	230	-	Lokið	Varmá, 500 l/s	-
Hengill II	Ölkelduháls	360-400	>230	-	-	Alftatjörn, kalt vatn m. borun	-
Hengill III	Nesjavellir	180-340	>260	-	1	Þingvallavatn	-
	Kolviðarhóll	260-360	?	-	1	Kalt vatn m. borun	-
	Innstidalur	500	>230	-	1	Hengladalsá	-
	Fremstidalur	360	>230	-	-	-	-
Torfajökull I	Landmannalaugar	600	?	3	2	Jökulgilskvísl	-
II	Austur-Reykjadalir	900	?	3	2	Kalt vatn m. borun	-
III	Vestur-Reykjadalir	800	?	3	2	Markarfljót	-
IV	Hrafninnusker	900-1000	?	3	2	Is, Markarfljót	-
V	Reykjafjöll	800-900	?	-	-	-	-

Háhitasvæði	Virkjunarstaður	Hæð m. y. s.	Líklegur hiti °C	Áætluð djúprannsókn Fjöldi borh. Kostn. 3 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> " 8 <sup>3</sup> / <sub>4</sub> " p. kr.	Kælivatn
Geysir	Laugafjall	100-120	?	3 - 5000	Beiná, Kaldillækur
Kerlingarfjöll	Hveradalir	900-1000	?	- -	Is, Árskarðsá
Hveravellir	Hveravellir	600	?	- -	Kaldir lækir
Námafjall	Bjarnarflög	320-340	260	- Lokið -	Kalt vatn m. borun, Mývatn
Krafla- Leirhnúkur	Hverarönd	360-380	260	3 1 10000	Kalt vatn m. borun, Mývatn
Peistareykir	Krafla	560	?	3 2 15000	Kalt vatn m. borun
	Bæjarfjall	340	?	3 2 15000	Kalt vatn m. borun
				<u>36 21 165000</u>	

TAFLA 5, bl. 1

HEILDARYFIRLIT YFIR ÁÆTLADA FRUMRANNSÓKN  
OG DJÚPRANNSÓKN

Svæði	Frumrannsókn		Djúprannsókn			Alls
	Mannvikur sérfræðinga Mæl.	Kostnaður Úrv. p.kr.	Fjöldi borhola 3 <sup>1</sup> /2" 8 <sup>3</sup> /4"	Mannvikur sérfræðinga	Kostnaður p.kr.	
Reykjanes (b)	4	12	-	-	-	910
Svartsengi (a)	9	13	3	1	10000	11212
Svartsengi (b)	4	12	-	-	-	910
Krísuvík I (a)	13	29	3	1	10000	12239
Krísuvík I (b)	13	26	-	1	5000	7812,5
Krísuvík II(a)	9	4	3	-	5000	6174
Krísuvík II	-	-	-	2	10000	10000
Krísuvík III (a)	7	3	3	-	5000	5918
Hengill I (a)	22	48	-	-	-	3161,5
Hengill I (b)	20	52	-	-	-	5060
Hengill II (a)	4	3	-	1	5000	5571,5
Hengill III (a)	14	5	-	2	10000	11776,5
Torfajökull I (a)	47	78	3	1	10000	15098
Torfajökull I (b)	26	64	-	1	5000	11265
Torfajökull II (a)	5	1	3	2	15000	15826
Torfajökull III (a)	7	2	3	2	15000	16097
Torfajökull IV (a)	14	3	3	2	15000	16983
Torfajökull V (a)	11	2	-	-	-	1589

Svæði	Frumrannsókn			Djúprannsókn			Alls
	Mannvikur sérfraeðinga	Kostnaður	Fjöldi borhola	Mannvikur sérfraeðinga	Kostnaður		
	Mæl. Úrv.	p.kr.	3 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> " 8 <sup>3</sup> / <sub>4</sub> "		p.kr.	p.kr.	
Geysir (a)	11	23	1447	-	-	1447	
Geysir (b)	4	10	860	3	15	5860	
Kerlingarfjöll (a)	30	35	3599,5	-	-	3599,5	
Kerlingarfjöll (b)	13	26	2822,5	-	-	2822,5	
Hveravellir (a)	15	20	1864	-	-	1864	
Hveravellir (b)	7	16	1482	-	-	1482	
Námafjall (a)	16	16	2118	-	-	2118	
Námafjall (b)	8	18	1835,5	3	30	11835,5	
Krafla-Leirhnúkur (a)	27	28	3089	-	-	3089	
Krafla-Leirhnúkur (b)	8	18	1835,5	3	45	16835,5	
Peistareykir (a)	15	21	1971	-	-	1971	
Peistareykir (b)	7	16	1482	3	45	16482	
Alls	390	604	62009	36	495	165000	227009

- ÁÆTLUN 1970 - 1974 -

## Heildartölur

Ár	Frumrannsókn			Djúprannsókn			Kostn. alls p.kr.
	Mannvikur sérfræðinga	Kostnaður p.kr.	Fjöldi borhola 3 <sup>1</sup> /2" 8 <sup>3</sup> /4"	Mannvikur sérfræðinga	Kostnaður p.kr.	Kostnaður p.kr.	
1970	42	61	6	2	60	20000	26441
1971	84	135	3	6	105	35000	47899,5
1972	89	149	9	3	90	30000	43453
1973	84	127	3	4	75	25000	40551,5
1974	91	132	15	6	165	55000	68664
1970-1974	390	604	36	21	495	165000	227009

- A E T L U N 1 9 7 0 -

Svæði	Frumrannsókn		Djúprannsókn		Alls
	Mannvikur sérfræðinga	Kostnaður p.kr.	Fjöldi borhola $3\frac{1}{2}$ " $8\frac{3}{4}$ "	Mannvikur sérfræðinga	
Reykjanes (b)	4	12	-	-	910
Námafjall (a)	16	16	-	-	2118
Krísuvík I (a)	13	29	3	30	10000
Krísuvík II (a)	9	4	3	15	5000
Hengill III (a)	-	-	-	15	5000
	42	61	6	60	20000
		6441			26441



- A E T L U N 1 9 7 1 -

Svæði	Frumrannsókn		Djúprannsókn		Alls
	Mannvikur sérfræðinga	Kostnaður p.kr.	Fjöldi borhola	Mannvikur sérfræðinga	
	Mæl.	Úrv.	3 <sup>1</sup> /2"	8 <sup>3</sup> /4"	p.kr.
Námafjall (b)	8	18	-	-	1835,5
Krísuvík I (b)	13	26	-	1	2812,5
Krísuvík II (b)	-	-	-	2	-
Svartsengi (a)	9	13	3	1	1212
Svartsengi (b)	4	12	-	-	910
Hengill I (a)	22	48	-	-	3161,5
Hengill II (a)	4	3	-	1	571,5
Hengill III (a)	14	5	-	1	1776,5
Torfajökull I (a)	10	10	-	-	620
(jarðfræði)					
	84	135	3	6	12899,5
				105	35000
					47899,5

- Á Æ T L U N 1 9 7 2 -

	Frumrannsókn			Djúprannsókn			Alls
	Mannvikur sérfræðinga	Kostnaður p.kr.	Fjöldi borhola 3 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> " 8 <sup>3</sup> / <sub>4</sub> "	Mannvikur sérfræðinga	Kostnaður p.kr.		
Hengill I (b)	20	5060	-	-	-	5060	
Torfajökull I (a)	37	4478	3	30	10000	14478	
Torfajökull II (a)	5	826	3	30	10000	10826	
Krafla- Leirhnúkur (a)	27	3089	-	-	-	3089	
Námafjall	-	-	3	30	10000	10000	
	89	149	9	90	30000	43453	

- Á Æ T L U N 1 9 7 3 -

	Frumrannsókn		Djúprannsókn		Alls		
	Mannvikur sérfræðinga	Kostnaður p.kr.	Fjöldi borhola	Mannvikur sérfræðinga		Kostnaður p.kr.	
	Mæl.	Úrv.	3 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> "	8 <sup>3</sup> / <sub>4</sub> "	p.kr.	p.kr.	
Torfajökull I (b)	26	64	-	1	15	5000	11265
Torfajökull II	-	-	-	1	15	5000	5000
Torfajökull III (a)	7	2	-	-	-	-	1097
Torfajökull IV (a)	14	3	-	-	-	-	1983
Krafla- Leirhnúkur (b)	8	18	3	2	45	15000	16835,5
Peistareykir (a)	15	21	-	-	-	-	1971
Peistareykir (b)	7	16	-	-	-	-	1482
Krísuvík III (a)	7	3	-	-	-	-	918
	84	127	3	4	75	25000	40551,5

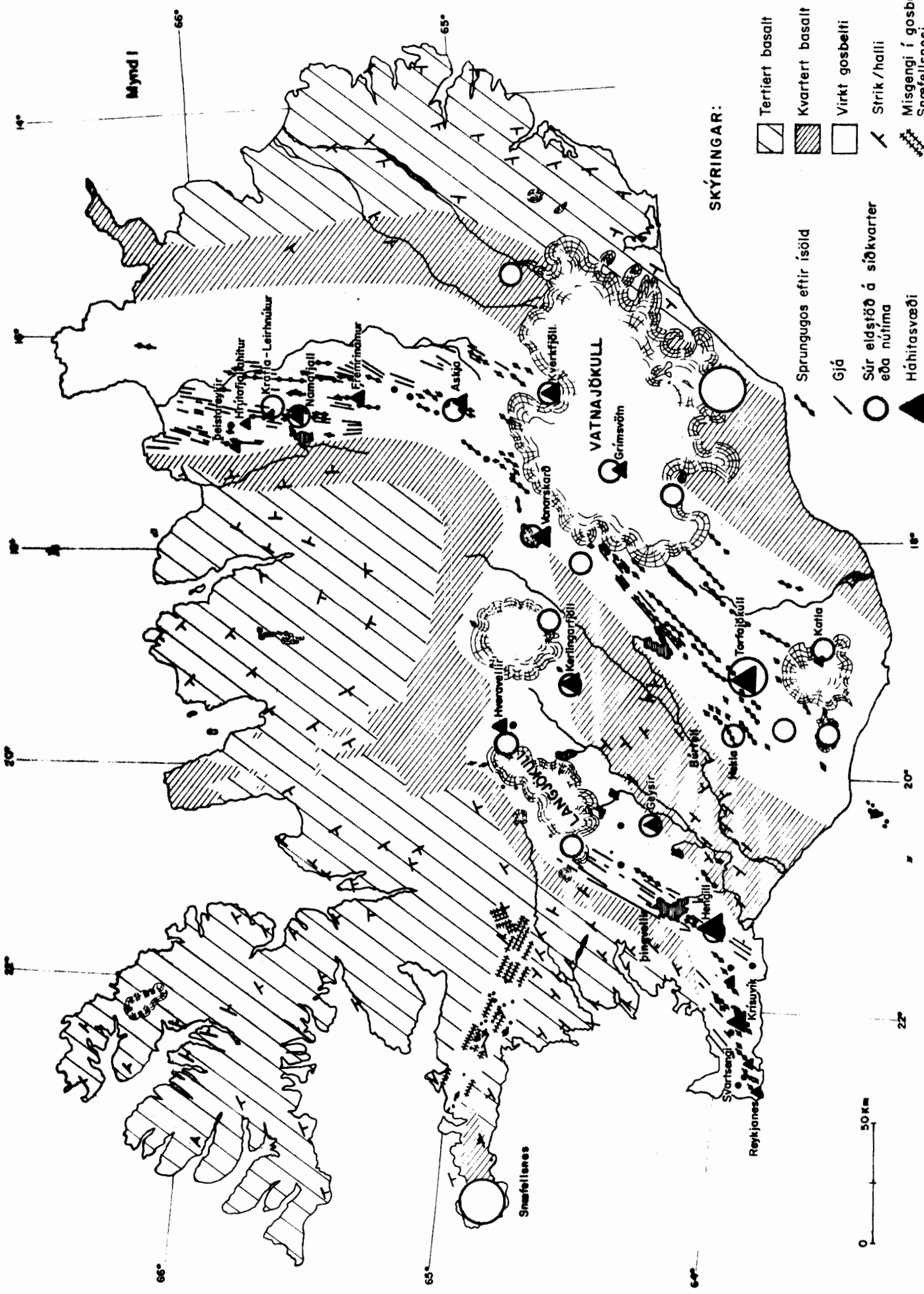
- Á Æ T L U N 1 9 7 4 -

	Frumrannsókn			Djúprannsókn			Alls
	Mannvikur sérfræðinga	Kostnaður	Fjöldi borhola 3 <sup>1</sup> /2" 8 <sup>3</sup> /4"	Mannvikur sérfræðinga	Kostnaður	p.kr.	
	Mæl. Úrv.	p.kr.			p.kr.		
Torfa-jökull III	-	-	3	45	15000	15000	15000
Torfa-jökull IV	-	-	3	45	15000	15000	15000
Peistareykir	-	-	3	45	15000	15000	15000
Krísuvík III	-	-	3	15	5000	5000	5000
Kerlingarfjöll (a)	30	3599,5	-	-	-	-	3599,5
Kerlingarfjöll (b)	13	2822,5	-	-	-	-	2822,5
Hveravellir (a)	15	1864	-	-	-	-	1864
Hveravellir (b)	7	1482	-	-	-	-	1482
Geysir (a)	11	1447	-	-	-	-	1447
Geysir (b)	4	860	3	15	5000	5000	5860
Torfa-jökull V (a)	11	1589	-	-	-	-	1589
	91	132	15	165	55000	55000	68664

TAFLA 7

ÁÆTLUN UM RANNSÓKN HÁHITASVÆÐA 1970-1974  
MANNVIKUR SERFRÆÐINGA

	Mælingar	Frumrannsókn Úrvinnsla	Djúp- rannsókn	Alls	Mannár sérfr.	Ár
Jarðfræði	8	16	20	44	0.85	1970
Jarðefnafraði	4	2	24	30	0.58	
Jarðeðlisfræði	30	43	16	89	1.71	
	42	61	60	163	3.14	1970
Jarðfræði	24	33	35	92	1.77	1971
Jarðefnafraði	0	2	42	44	0.85	
Jarðeðlisfræði	60	100	28	188	3.61	
	84	135	105	324	6.23	1971
Jarðfræði	35	37	30	102	1.96	1972
Jarðefnafraði	2	4	36	42	0.81	
Jarðeðlisfræði	52	108	24	184	3.54	
	89	149	90	328	6.31	1972
Jarðfræði	6	13	25	44	0.85	1973
Jarðefnafraði	2	1	30	33	0.63	
Jarðeðlisfræði	76	113	20	209	4.02	
	84	127	75	286	5.50	1973
Jarðfræði	23	48	55	126	2.42	1974
Jarðefnafraði	4	2	66	72	1.38	
Jarðeðlisfræði	64	82	44	190	3.65	
	91	132	165	388	7.45	1974
Alls	390	604	495	1489	28.63	1970-1974



Mynd I

VATNAJÖKULL

Kvartfjöll

Grimsvötn

Kanarskarð

Heimavelli

Kerlingarfjöll

Torfbjörgull

Katla

Þingvellir

Göfeyri

Búrfell

Rekiá

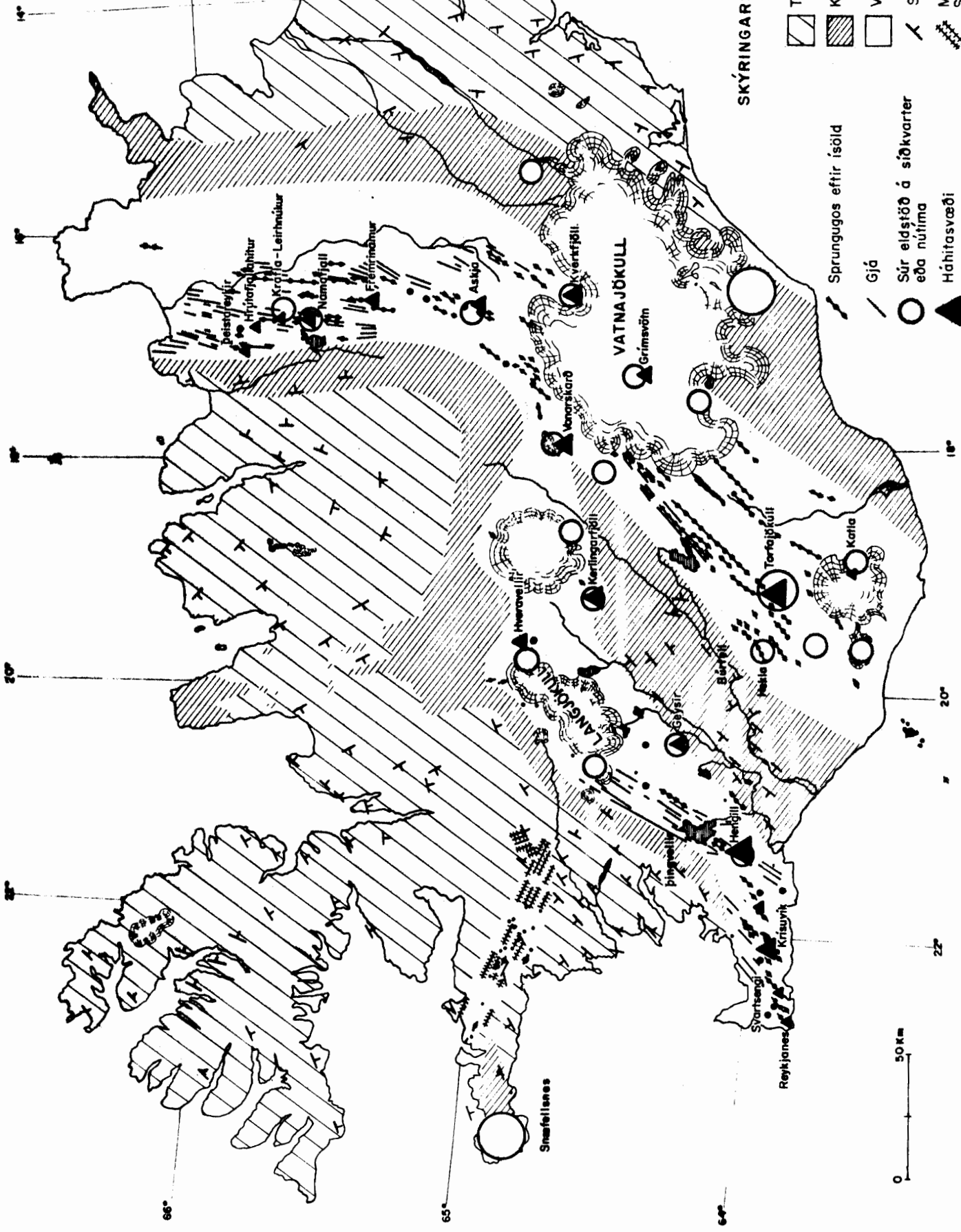
Heiðelli

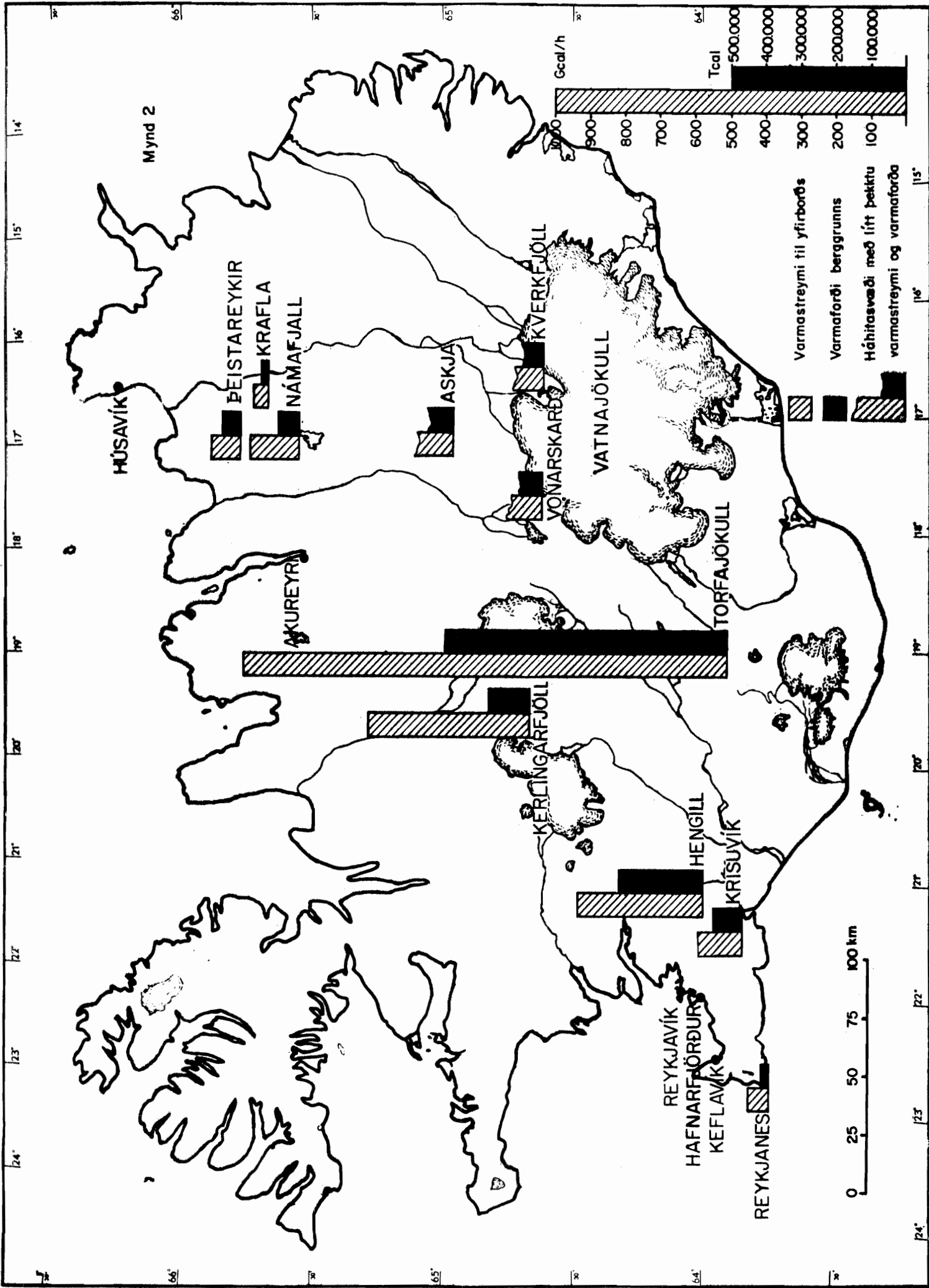
Kristavík

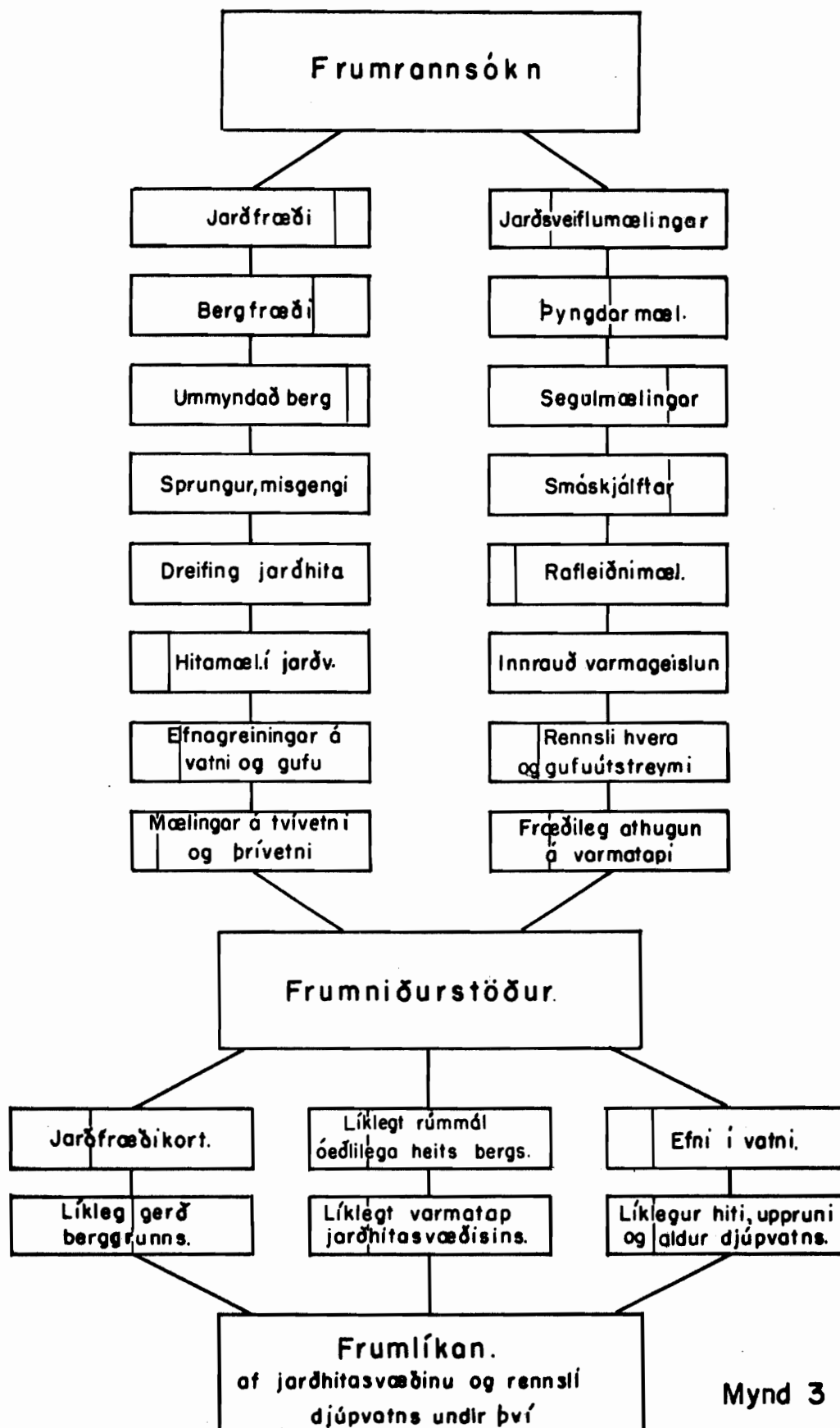
Svartsengi

Reykjanes

Snæfellsnes

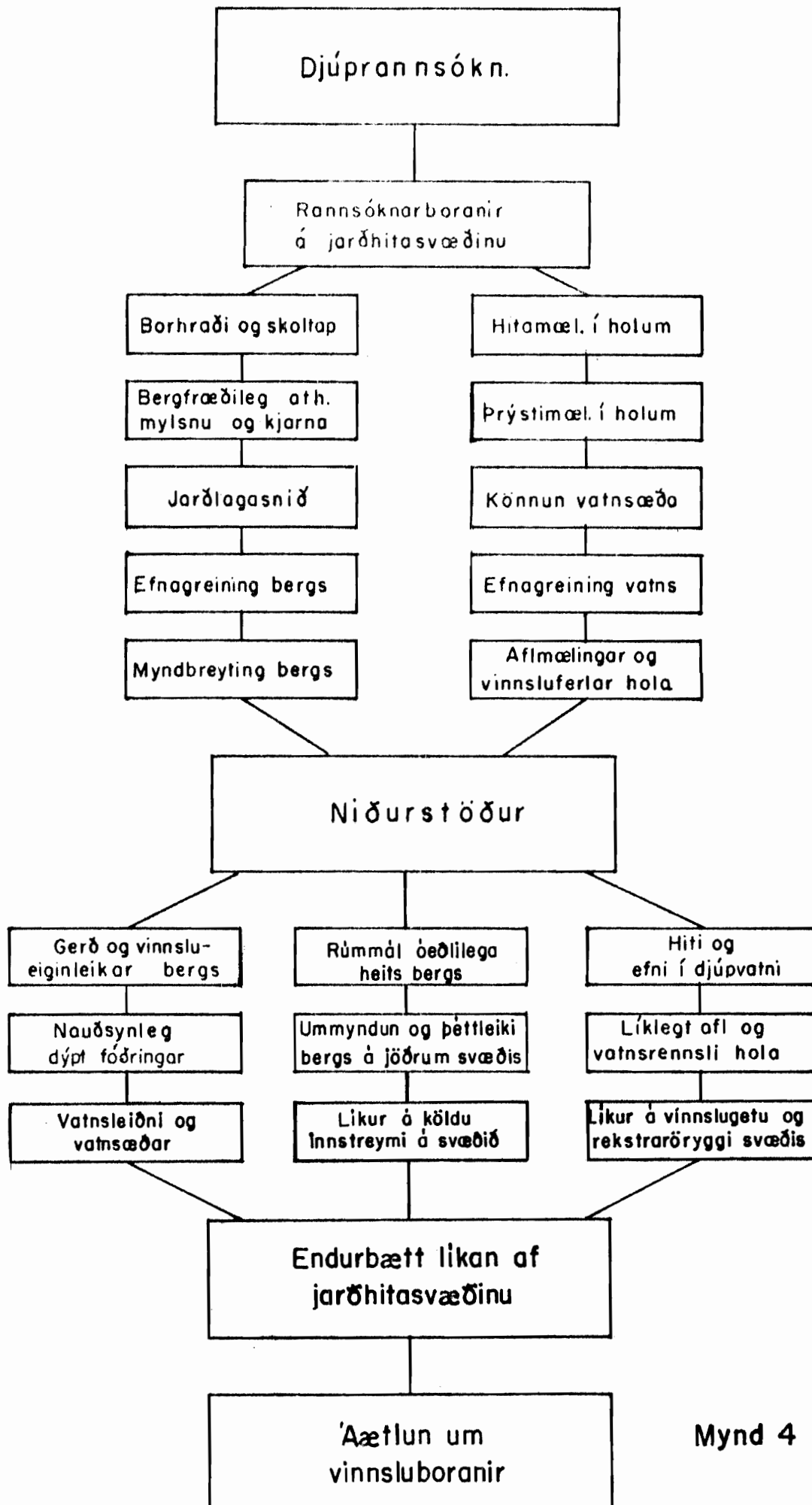




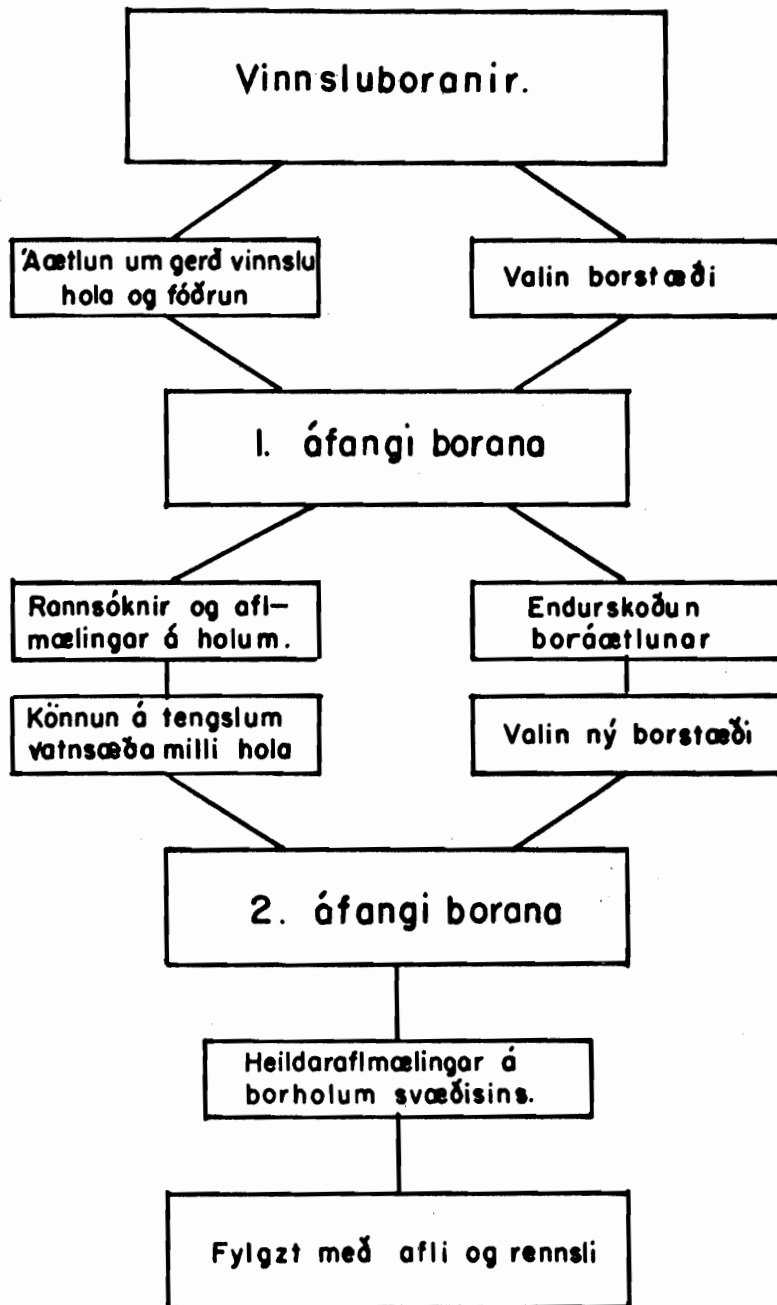


Mynd 3



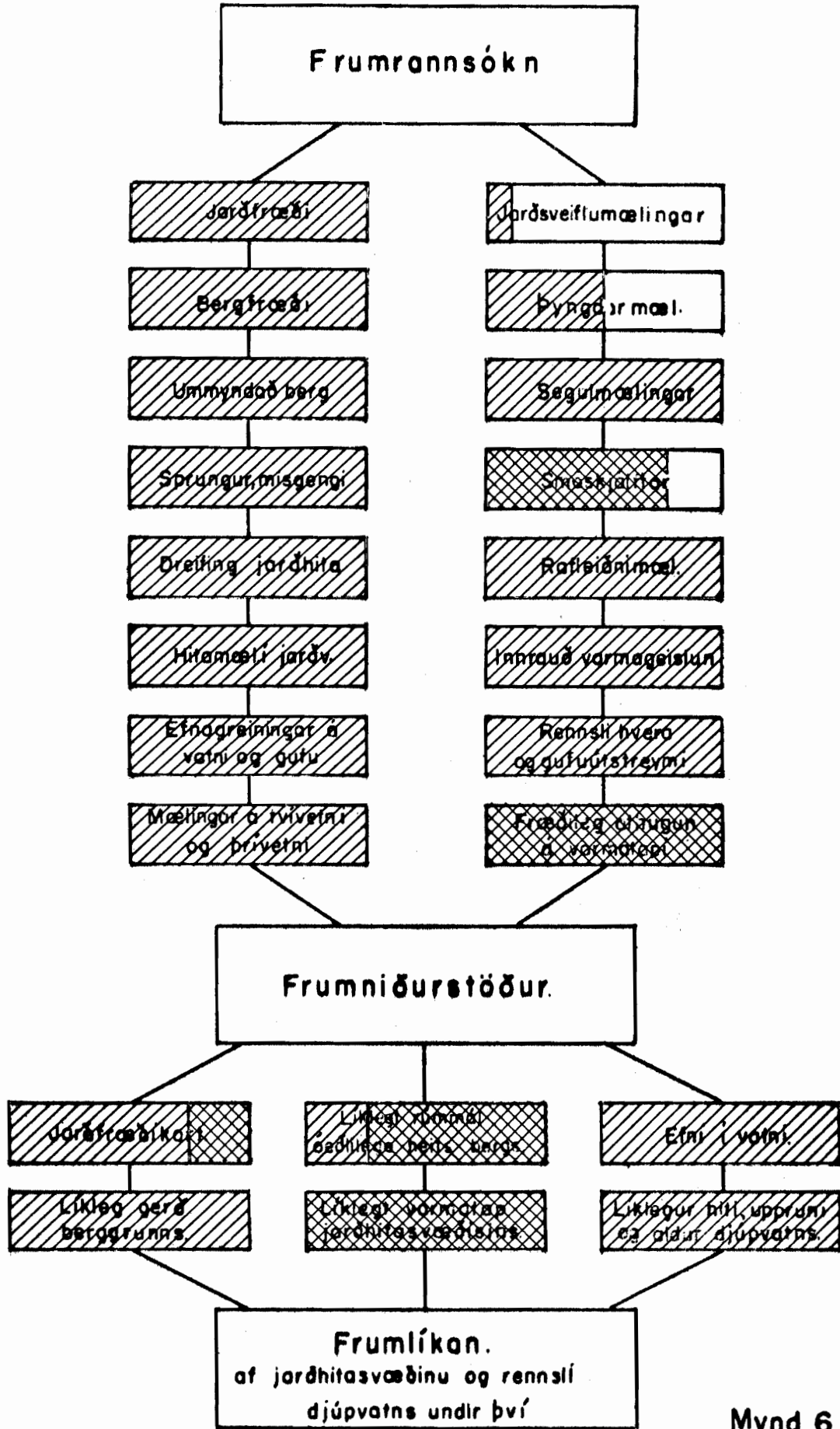


Mynd 4

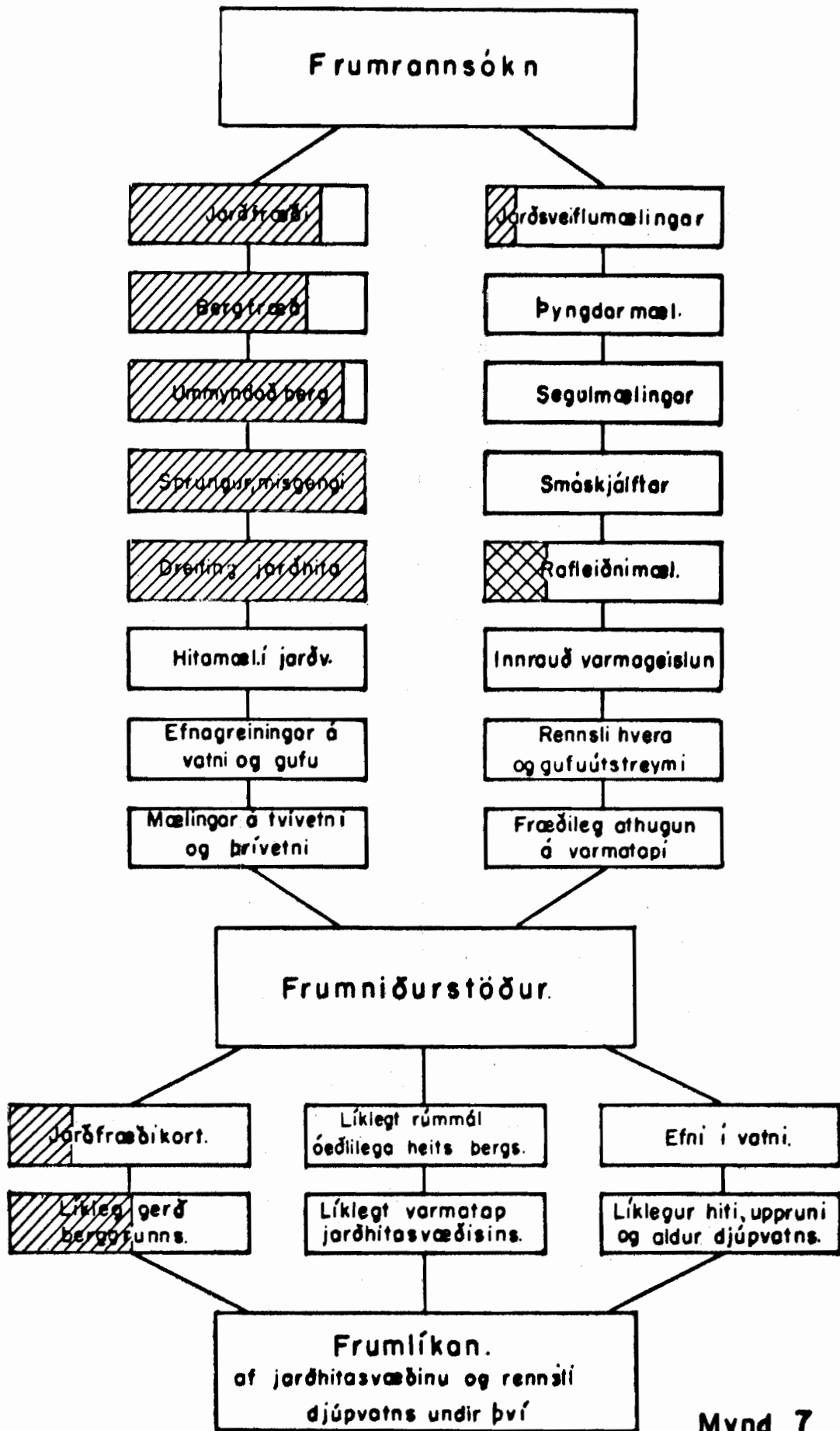


Mynd 5

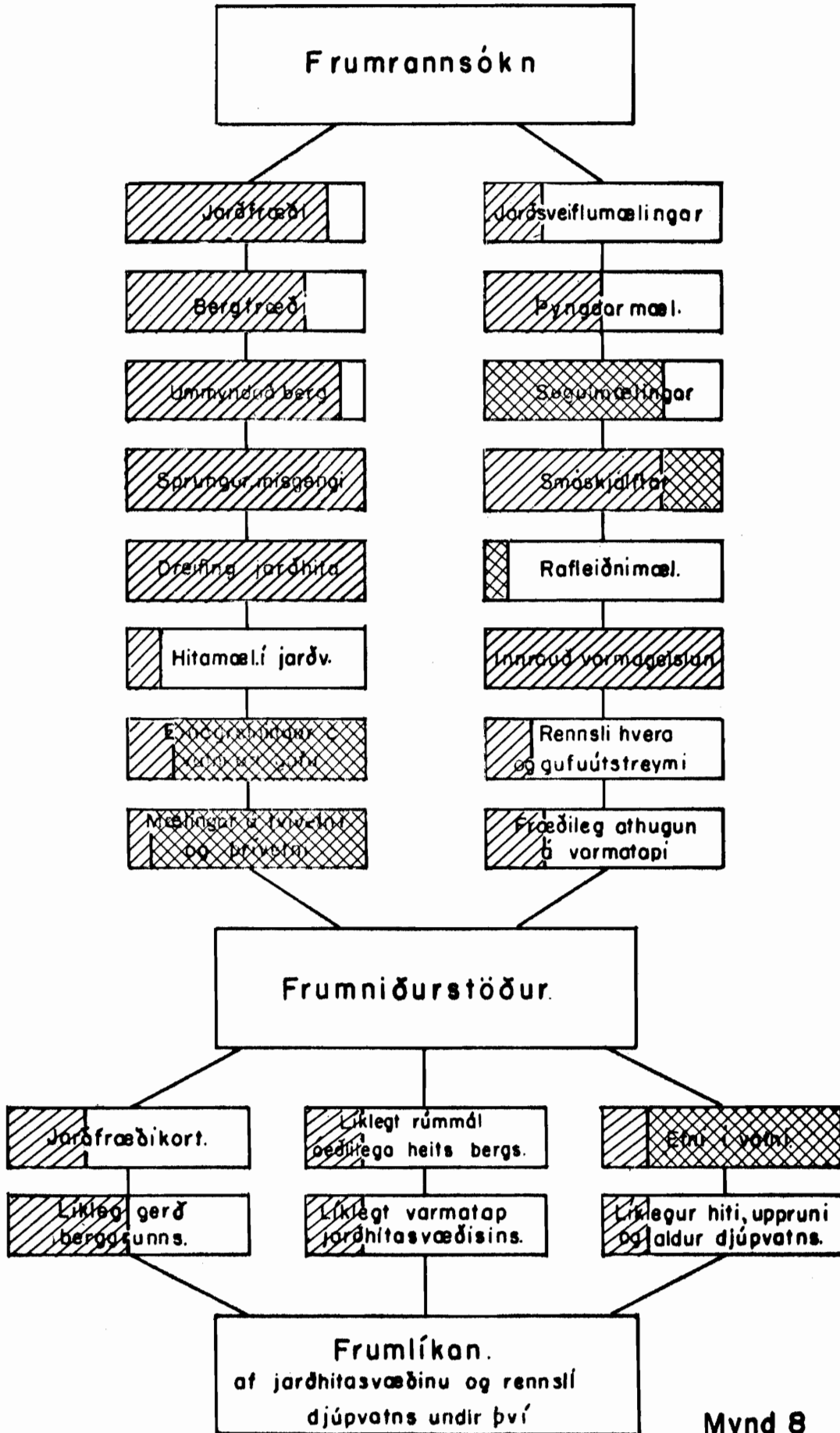
# Reykjanes



# Svartsengi

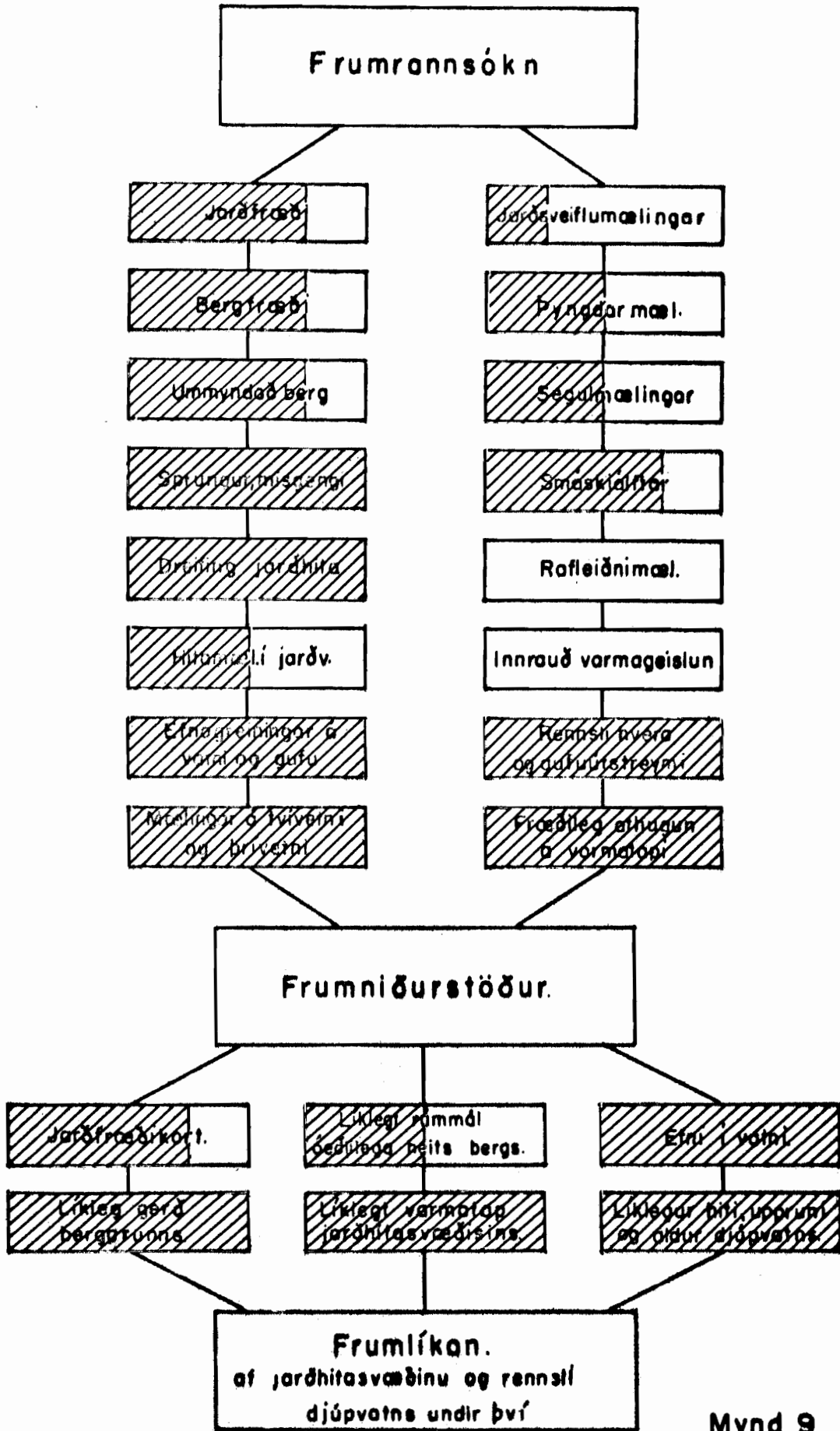


# Krisuvíkursvæði



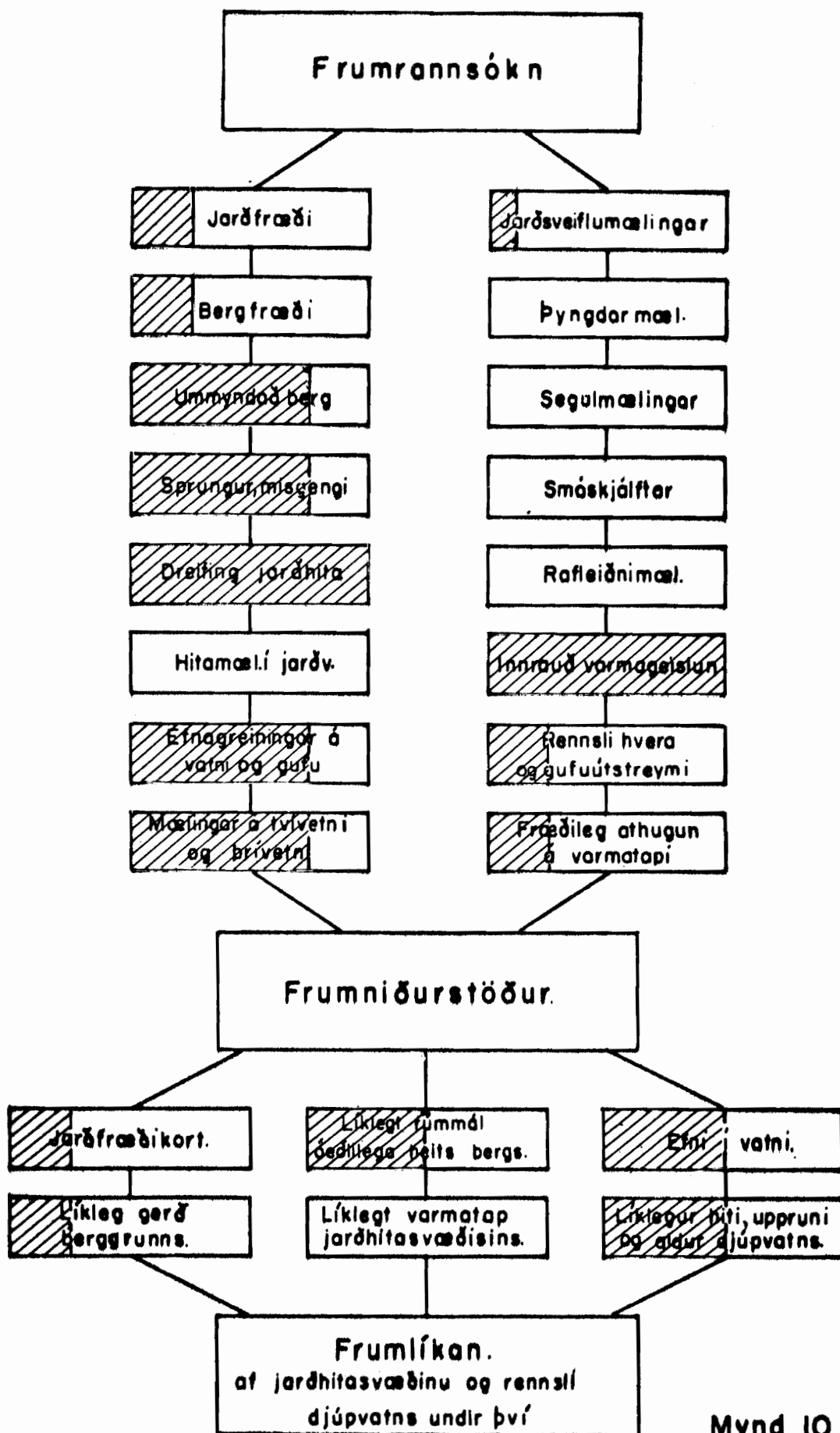
Mynd 8

# Hengilssvæði

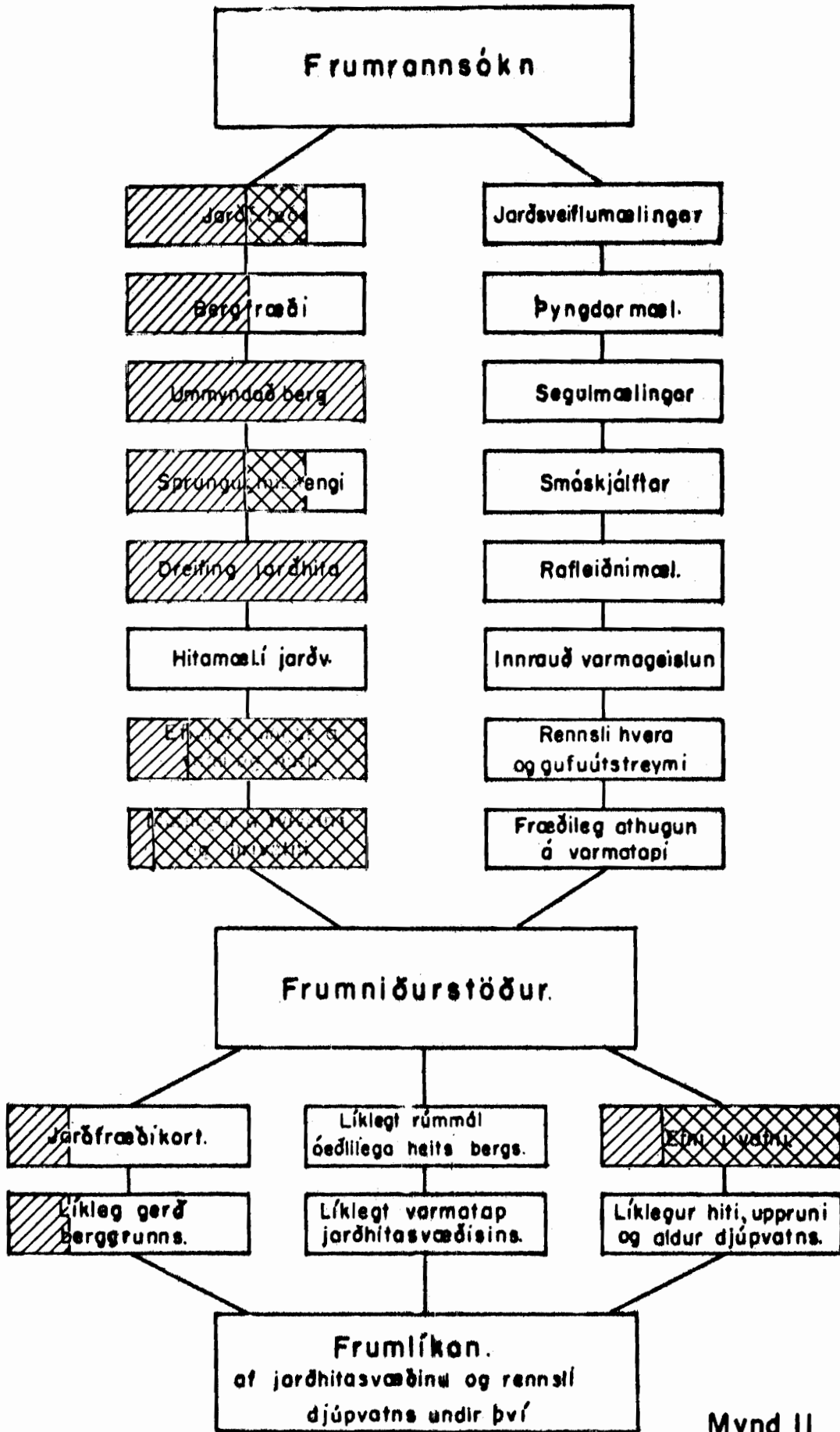


Mynd 9

# Torfajökulssvæði

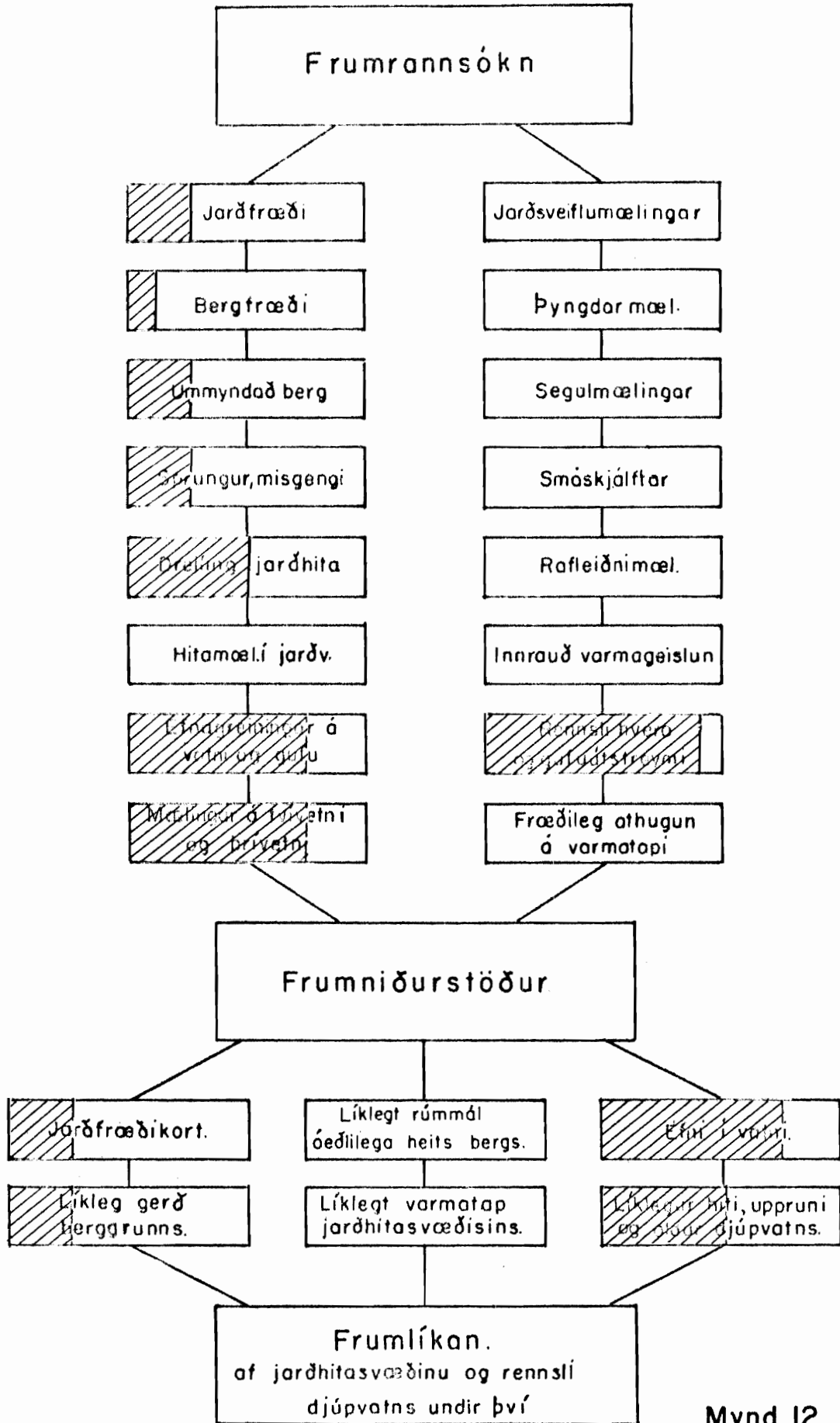


# Kerlingarfjöll

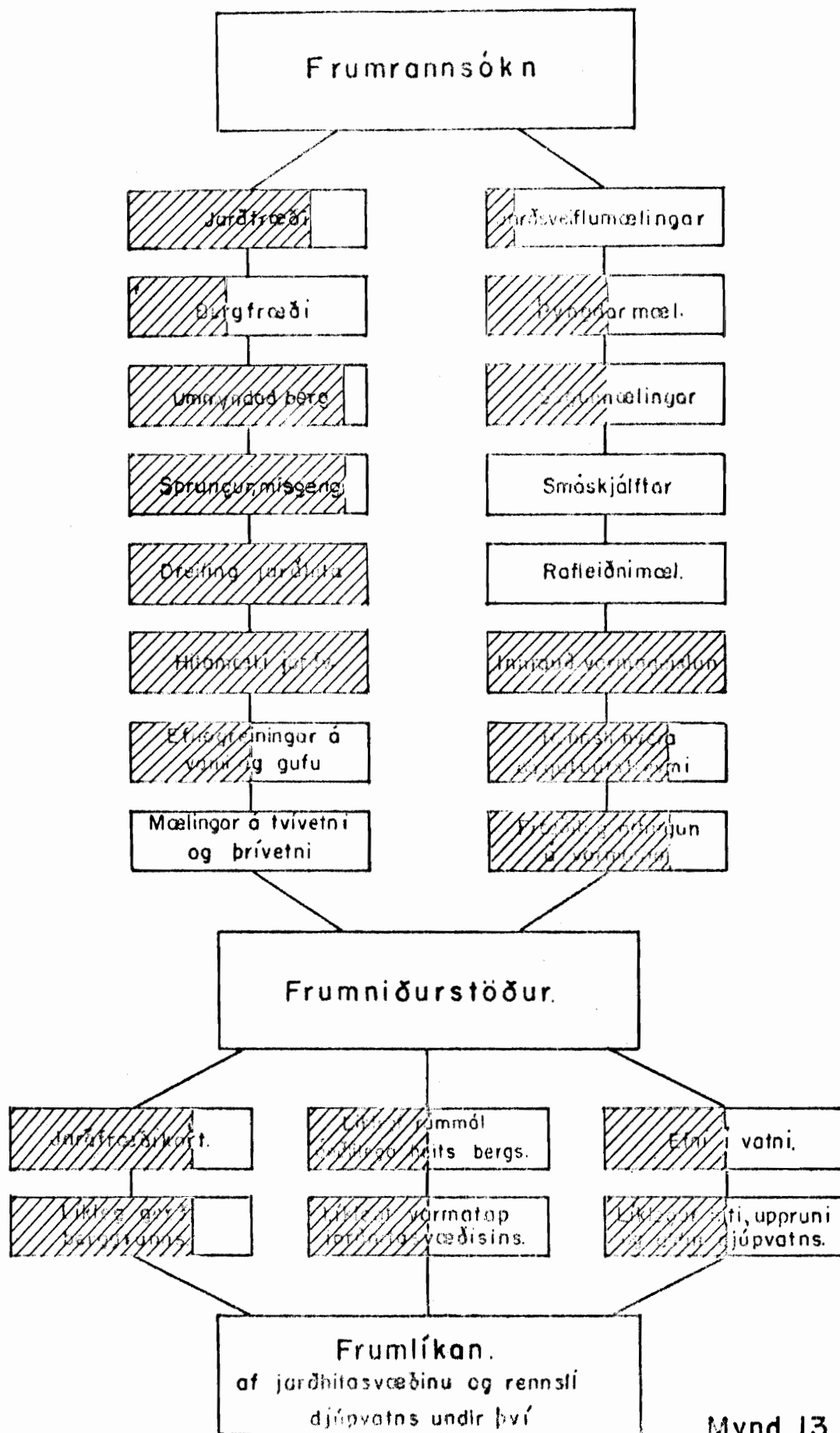




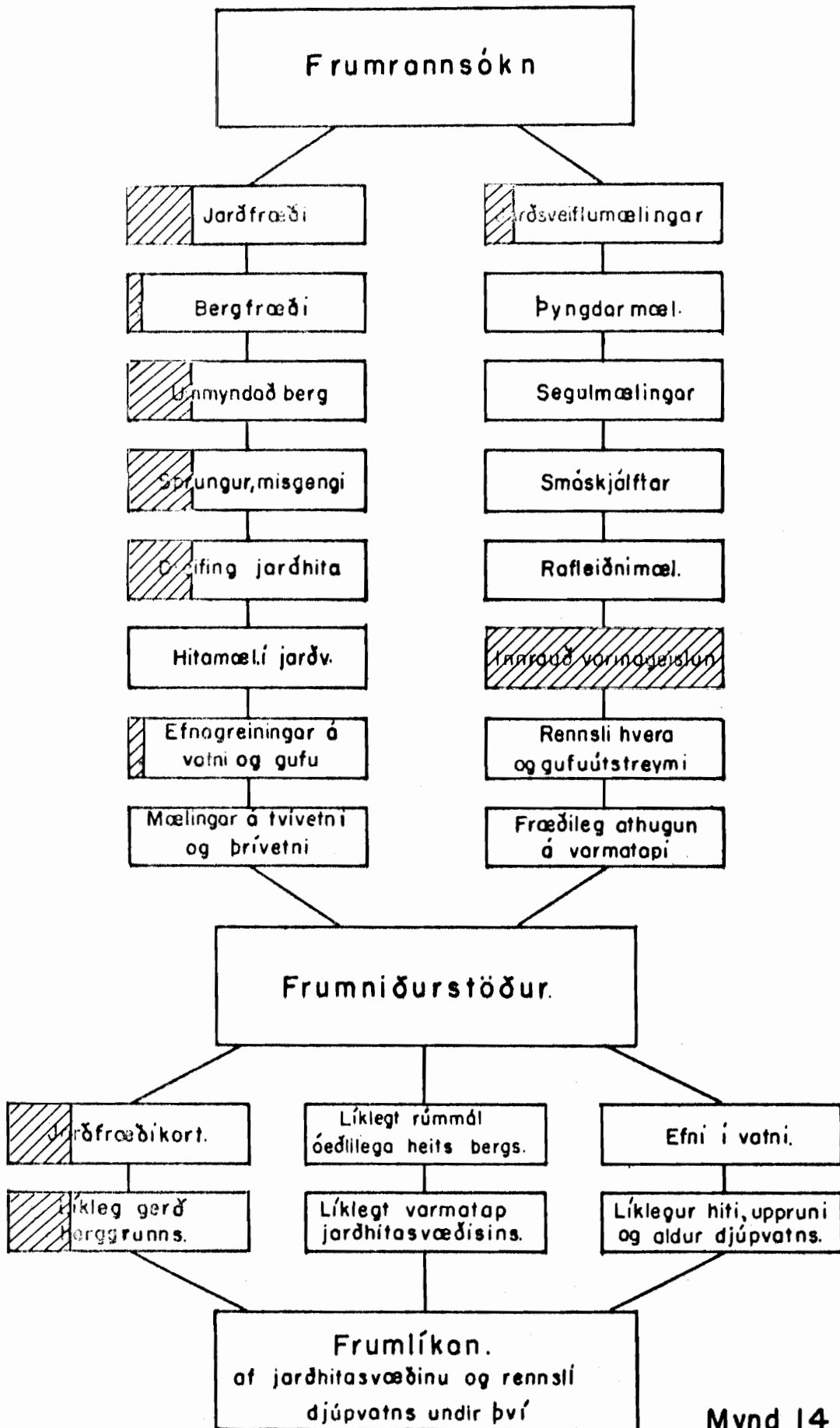
# Geysissvæði



# Námafjall



# Krafla - Leirhnúkur



Mkv. 1:250 000

Mynd 15

ORKUSTOFNUN  
Jarðhitadeild

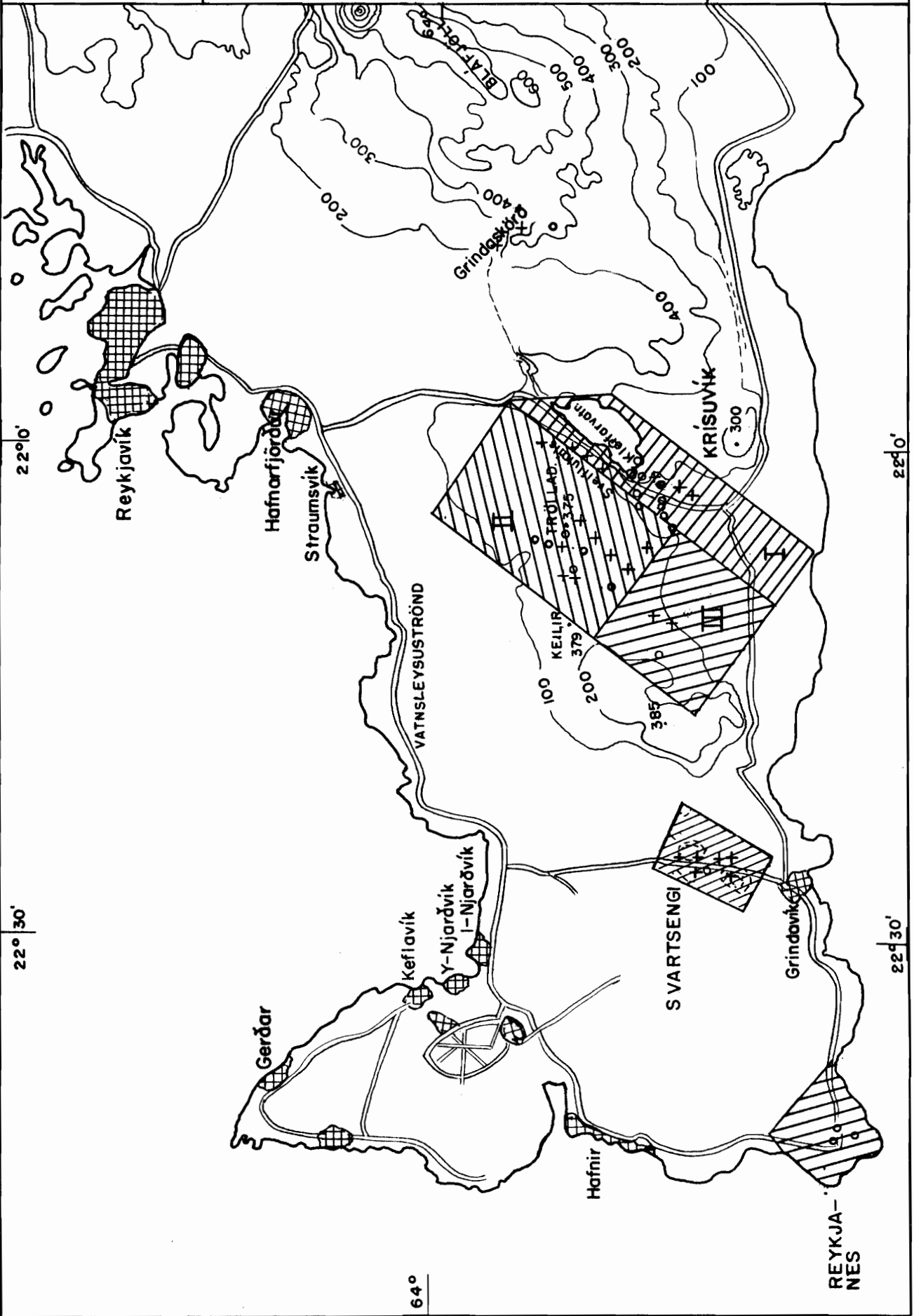
Rannsóknarsvæði á Reykjaneskaga

30.7.'69 M.A / P

Tnr. 45

J - Reykjanes

Fnr. 8 9 4 8



Mkv 1:250 000

Mynd 16

ORKUSTOFNUN  
Jarðhitadeild

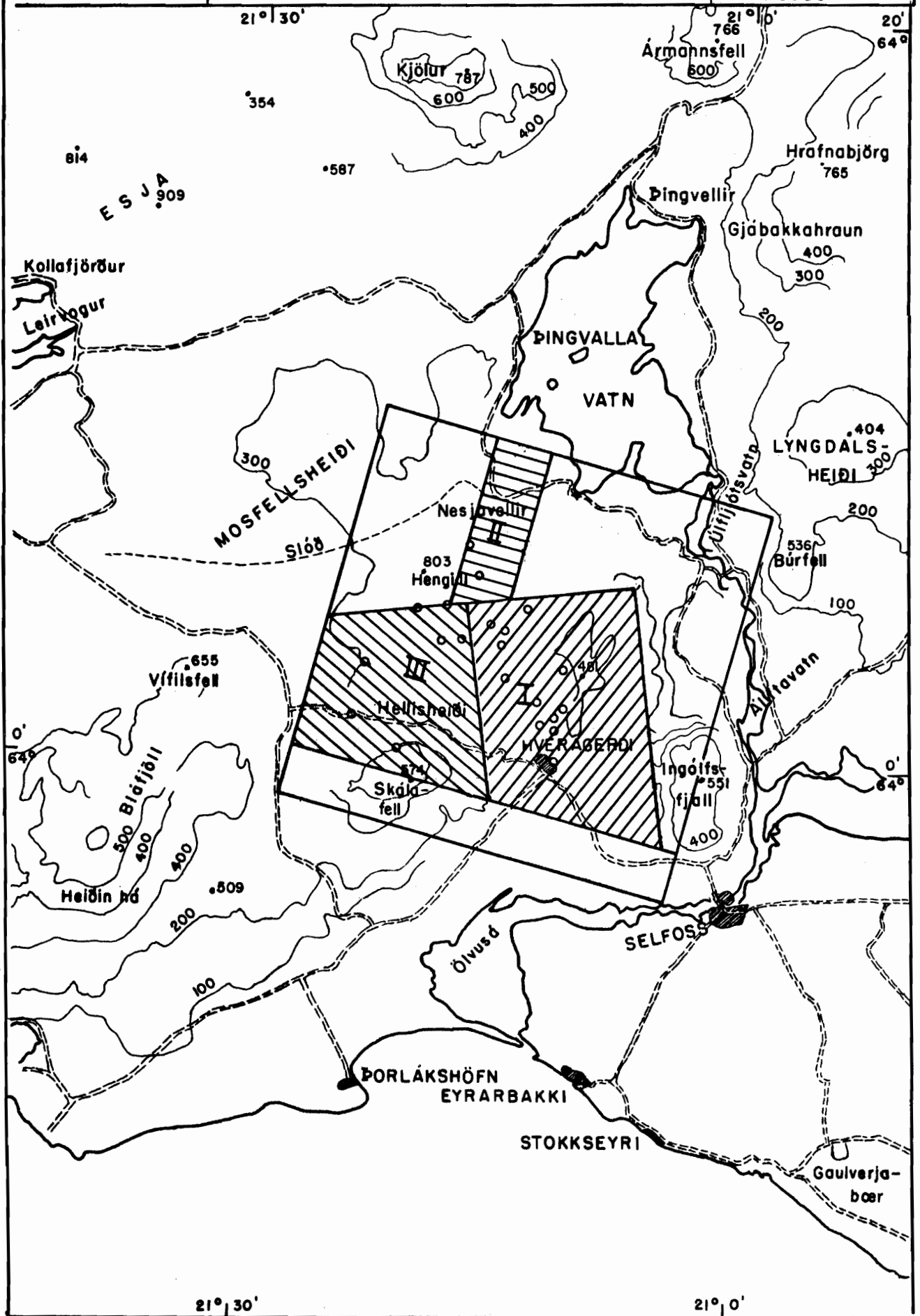
Hengilssvæði og umhverfi

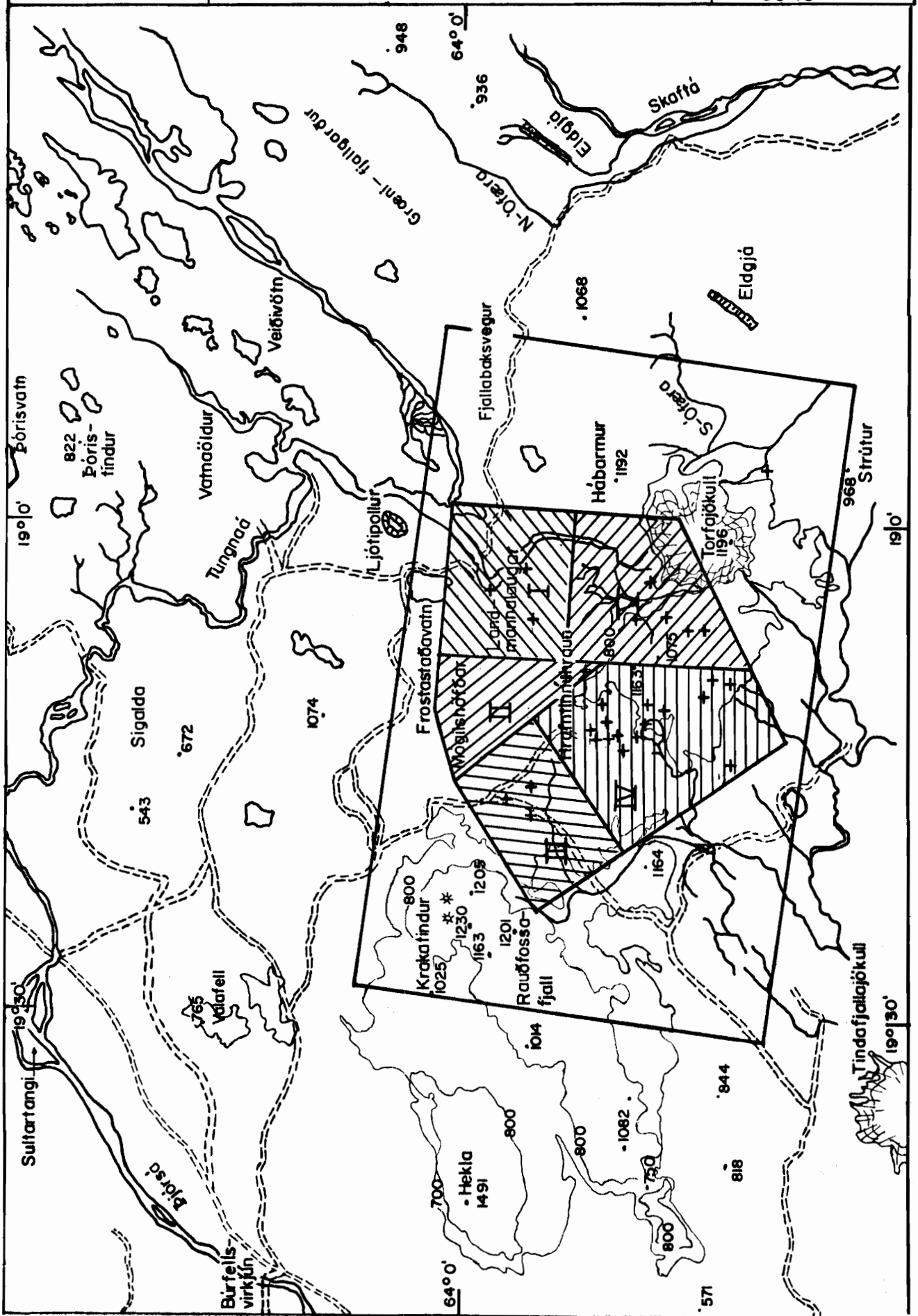
6.8.69 M.S./I.S.

Tnr. II

J-Hengill

Fnr. 8958





Mællkv. 1:250 000

ORKUSTOFNUN  
Jarðhitadeild

14. 8. '69 MA/HB

Mynd 18

Rannsóknarsvæði  
Kerlingarfjöll og Hveravellir.

Tnr. 2

J-Kerlingarfjöll

Fnr. 8969

