

Björn Jónasson
81/01



ORKUSTOFNUN
Vatnsorkudeild

GREINARGERÐASAFN

JARÐFRÆÐI Á SVÆÐI SULTARTANGAVIRKJUNAR

Björn Jónasson

BjJ-81/01

Maí 1981



ORKUSTOFNUN
GRENSÁSVEGI 9, 108 REYKJAVÍK

GREINARGERÐ

JARÐFRÆÐI Á SVÆÐI SULTARTANGAVIRKJUNAR

Björn Jónasson

BjJ-81/01

Maí 1981



ORKUSTOFNUN

Vatnsorkudeild

Dags.

Tilv. vor

Dags.

Tilv. yðar

Landsvirkjun
Hr. Jóhann Már Mariússon, yfirverkfr.
Háaleitisbraut 68
108 Reykjavík

Reykjavík, 20. maí 1981.

JARÐFRÆÐI Á SVÆÐI SULTARTANGAVIRKJUNAR

Greinargerð þessi er gerð samkvæmt beiðni Verkfræðistofu Sigurðar Thoroddsen. Hún er einkum byggð á rannsóknnum, sem framkvæmdar voru sumarið 1980, samkvæmt samningi milli Orkustofnunar og Landsvirkjunar, enda var sú tilhögun, sem nú er komin til verkhönnunar þá fastmótuð. Greinargerð þessi er að miklu leyti samantekt á fjölda greinargerða, sbr. heimildarlista, sem þegar hefur verið komið á framfæri við hlutaðeigandi. Hér sér því dagsins ljós fyrsta jarðfræðilega heildaryfirlitið í kjölfar rannsókna frá 1980 ásamt þeim viðbótum sem orðið hafa í túlkun jarðlaga og tenginga þeirra á jarðgangaleið. Í þessari lýsingu er fyrst og fremst fjallað um þá tilhögun sem nú er komin á verkhönnunarstig. Í lokaskýrslu Vatnsorkudeildar sem mun bera heitið "Sultartangavirkjun. Jarðfræði- og grunnvatnsrannsóknir 1980" verður aftur á móti fjallað um allar þær rannsóknir sem framkvæmdar voru og niðurstöður þeirra.

Virðingarfyllst;

Haukur Tómasson

Haukur Tómasson

Davíð Egilson

Davíð Egilson

Björn Jónasson

Björn Jónasson

EFNISYFIRLIT

	Bls.
1 JARÐFRÆÐI Á SVÆÐI SULTARTANGAVIRKJUNAR	1
1.1 Þróun rannsókna	1
1.2 Jarðfræðilegt yfirlit	1
1.3 Stíflustæði á Sultartanga og nágrenni	3
1.4 Jarðgangaleið og stöðvarhússtæði í Sandafelli	6
1.5 Frárennslisskurður um Haf	11
HEIMILDASKRÁ	14

MYNDASKRÁ

1 Yfirlitsmynd af Sultartangavirkjun	16
2 Jarðfræðikort af Sultartanga og nágrenni	17
3 Jarðlagasnið stíflustæðis	18
4 Jarðgrunnskort af Sultartanga og nágrenni	19
5 Jarðlagasnið af jarðgangaleið	20
6 Staðsetningarkort á Hafi - Frárennslisskurður (2 bl.)	21
7 Langsnið frárennslisskurðar - þykkt lausra jarðlaga (3 bl.)	23

1 JARÐFRÆÐI Á SVÆÐI SULTARTANGAVIRKJUNAR

1.1 Þróun rannsókna

Jarðfræðirannsóknir í Sultartanga og nágrenni hófust með kjarna- og borroborun á árunum 1965-68. Árið 1971 héldu rannsóknir áfram með kjarnaborun ásamt almennri kortlagningu jarðlaga. Árin 1974 og 1975 var ákveðin virkjunartilhögun rannsökuð fyrir verkhönnun. Rannsóknir fólust í kjarnaborun, könnun lausra jarðlaga, efnisleit, nákvæmni- kortlagningu jarðlaga o.s.frv. Frá árinu 1977 til dagsins í dag hafa jarðfræði- og grunnvatnsrannsóknir á svæðinu verið samfelldar og þungi rannsókna farið stigvaxandi milli ára. Þessar umfangsmiklu rannsóknir hafa smám saman aukið við upplýsingarnar um jarðlagaskipan Sultartanga- svæðisins. Í ljósi undangenginna rannsókna og niðurstaðna þeirra hafa orðið töluverðar breytingar á tilhögun Sultartangavirkjunar, og jafn- framt fengist fyllri jarðfræðileg mynd af svæðinu, sjá tilhögun mann- virkja á mynd 1.

1.2 Jarðfræðilegt yfirlit

Með tilliti til mikils aldursmunar má skipta jarðlögum á svæðinu í tvo meginflokk, þ.e. annars vegar í grunnbergsmyndun og hins vegar í síð- jökul- og nútímamyndun. Jarðtæknilega séð er oft verulegur munur á þessum myndunum t.d. hvað varðar lekt, brotstyrk o.s.frv. Milli þess- ara myndana er mikið mislægi, sem á fyrst og fremst ratur að rekja til jökulrofs samfara minnkandi upphleðsluhraða. Innan þessara myndana eru einnig minni háttar mislægi, t.d. gamlar dalamyndanir.

Grunnbergsmyndunin kemur fram á yfirborði í nálægum fjöllum og fellum eins og Sandafelli, en aldur jarðlaga þar er í kringum ein milljón ár. Sandafellið er að mestu uppbyggt úr basaltlögum ofan 260-280 m hæðar y.s., en ratur þess eru í þeirri hæð. Á takmörkuðu svæði vestast í fellinu er líparít. Neðan við 260-280 m.y.s. eykst hlutur setbergs til norðurs samfara mikilli jarðlagaóreglu. Þar eru setlög ríkjandi berg- tegund.

Enda þótt jarðmyndanir frá síðjökul- og nútíma séu nátengdar að því er

1981-05-20

varðar aldur, eru þær að mörgu leyti ólíkar. Eðlilegt virðist því að skipta þessum jarðmyndunum í tvennt í nánari lýsingu.

Síðjökultímamyndunin samanstendur einkum af jökulruðningi og vatnaseti sem hlóðst upp fyrir u.þ.b. 10-15 þúsund árum. Upprunaleg kornastærð í þessari myndun er aðallega silt, sandur og mól ásamt hnullungum. Víða hefur þessi myndun náð verulegri samlímingu og er orðin að setbergi. Þar sem þessi myndun er á yfirborði (ekki kaffærð undir þykkum lögum nútímamyndunar) eru efstu 1-2 metrarnir ósamlímdir eða illa samlímdir. Síðjökultímamyndunin liggur yfirleitt sem þunn kápa á grunnbergsmýnduninni. Í hjöllum svo og í lögum í grunnberginu nær þykkt hennar tugum metra, en algengt er að þykkt síðjökultímamyndunar sé nokkrir metrar.

Elsti hluti nútímamyndunarinnar er um 10.000 ára og er upphleðslan enn í gangi. Hún er fyrst og fremst samsett úr hinum víðáttumiklu Tungnaárhraunum og lausum setlögum.

Tungnaárhraunin hafa víðast runnið hvert ofan á annað og þá eru oft misþykk laus setlög á milli hraunlaganna, oft nefnd millilög. Vestan og sunnan Sandafells er upphleðslunni svo háttað. Á fyrirhuguðu stíflustaði og nágrenni og milli Búðarháls, Fitjaskóga og Skúmstungna hefur aðeins eitt hraunlag runnið yfir þykkt laust vatnaset (ár- og lónaset). Hraunin eru afar misþykk eða allt að 30 m.

Algeng ásýnd Tungnaárhrauna á Sultartangasvæðinu er þannig, að neðst er gjallkenndur botnkargi. Þykkt hans er afar óregluleg eða á bilinu nokkrir cm til nokkrir metrar. Þá tekur yfirleitt við þéttur kjarni hraunsins, stuðlaður eða kubbaður, en blöðrur vaxa er ofar dregur. Þétti kjarninn er venjulegast þykkasti hluti hraunsins nema til jaðrana og líklegast kringum gervigíga þar sem þeir eru á sínum upprunalega stað. Efst tekur síðan við yfirborðskargi hraunlagsins, sem er samsettur úr gjalli, bombum, þéttum hraunblökkum og steinum. Yfirleitt er þykkt hans nokkrir m nema þar sem gervigígar eru og við hraunjaðar en þar nær karginn víða 5-10 m þykkt. Karginn er algjörlega ósamlímdur og mjög lekur.

1981-05-20

Lausu setlögin skiptast í vatnsborið efni (ár- og lónaset), sem er t.d. tugir metra að þykkt undir hrauninu THi milli Búðarháls, Fitjaskóga og Sandafells og fokborið efni (gjóska, fokmold og foksandur). Þessi setlög tvinnast víða inn í hraunlagastaflann og liggja ofan á honum.

Nútímamyndunin hefur þannig fyllt upp miklar lögðir í grunnbergsmýnduninni og skapað flatneskjuna sunnan, vestan og austan Sandafells.

Að því er varðar upphleðslu og uppruna eru fyrrgreindar myndanir mjög svipaðar. Það sem skilur milli þeirra er aldurinn. Með tímanum fergist og límist lausa setið í setberg og nútímahraunin, eða einkum kargi þeirra, fyllast af leir og holufyllingum og verða þannig minna gegndræp og að samlímdu og jafnvel hörðu bergi.

1.3 Stíflustæði á Sultartanga og nágrenni

Til könnunar á jarðlögum á stíflustæði var einkum beitt eftirfarandi rannsóknaraðferðum: Gryfjugerð ásamt sýnatöku til að kanna þykkt, gerð og eiginleika lausu jarðlaganna, hljóðhraðamælingum til þykktarákvörðunar á lausum jarðlögum og til að finna hugsanleg veikleikasvæði í hrauninu, loft- og kjarnaborun til könnunar á jarðlagabykkjum, jarðlagaskipan og eiginleikum jarðlaganna, segul- og viðnámsmælingar til könnunar á útbreiðslu hrauna, jarðlagaskipan o.fl.

Stíflan mun að mestu verða byggð á Tungnaárhrauninu THi nema í farvegi Þjórsár og rótum Sandafells. Þar verður undirstaðan grunnberg á rúmlega 100 m kafla, mynd 2.

Gera verður ráð fyrir að lítið sé um laus jarðlög í farveginum sjálfum. Þó sýna hljóðhraðamælingar allt að 7 m þykkt við vatnsborð í vestari bakka Þjórsár sem er þar líkast til staðbundið. Við sjálfan stífluendann í rótum Sandafells er þykkt lausra jarðlaga örfáir metrar. Í farveginum ætti stíflan að hvíla á efsta hluta dílabasaltslags. Það er reyndar mjög kargakennt í borholu SF-3, sem er austasta holan á jarðgangaleiðinni í Sandafelli. Stíflan liggur síðan upp á þétt, stuðlað og straumflögótt þóleiðbasaltlag, sem er í stálinu í vestari bakka árinnar. Eins og fyrr segir mun stíflan að öðru leyti hvíla á hrauninu THi og er jarðlagaskipan

1981-05-20

sýnd á mynd 3. Lausu jarðlögin samanstanda af foksandi, vatnsbornum sandi og möl, vikri, fínsandi og silti annars vegar og yfirborðskarga hraunsins THi hins vegar. Þykkt þessara laga saman er yfirleitt á bilinu 3-5 m samkvæmt niðurstöðum borana, en 4-6 m samkvæmt hljóðhraðamælingum. Þar undir tekur við blöðrótt og sprungið hraun, sem þéttist smám saman er neðar dregur, þar til botnkarginn tekur við. Erfitt var að ákvarða þykkt hans, en gera má ráð fyrir að hún spanni nokkra cm til nokkra m. Undir hrauninu er laust set, líklega að mestu ár- og lónaset. Í kjarnaholum í Sultartanga og sunnan Tungnaár er efsti hluti setsins mjög malarríkur en kornastærð setsins verður finni er neðar dregur eða sandur og siltur. Svarfsýni úr loftborsholum, sem náðst hafa úr efsta hluta setsins, eru í mörgum tilvikum vikurrík. Þykkt þessa setlags skiptir tugum metra enda er þetta sami setlagastaflinn og borað var í gegnum á gamla stíflustæði Búðarhálsvirkjunar milli Fitjaskóga og Búðarháls og reyndist þar vera um 50 m þykkur. Á tveimur stöðum á stíflustæðinu ná borholur grunnbergi. Annars vegar við Þjórsá, en þar nær hraunið upp á Sandafellsgrunnbergið, sem er öfugt segulmagnað dílabasalt, og hins vegar sunnan Tungnaár á austasta hluta stíflustæðisins.

Lausa setið hefur sléttað út óreglulegt yfirborð hraunkargans og kaf-fært hann víðast hvar, sjá mynd 4. Setið er afar breytilegt að þykkt og gerð. Í Sultartanganum er fokefni ríkjandi, þ.e. fokmold, foksandur og gjóska í efsta hluta lausa setsins. Víða má þó finna vatnsflutt efni möl, sand og silt einkum í neðri til neðsta hluta þess. Vatnsbornu efnanna gætir í meira mæli í nágrenni Tungnaár. Sunnan Tungnaár er sömu sögu að segja um breytilega þykkt lausa setsins en vatnsborna efnið er þar ríkjandi, einkum möl og sandur. Þetta efni er víðast á yfirborði (undanskilinn er stærsti hluti yfirfallsstæðisins en þar er fokefni ríkjandi nema syðst). Þar undir er í mörgum tilvikum lagskiptur fín-sandur og silt sem liggur á karganum. Þetta lagskipta efni er þétt og heldur uppi vatni sem á einkum rætur að rekja til leka úr Tungnaá og afrennslis af vestasta hluta Búðarhálsins. Ekki er hér um samfellt lag að ræða.

Hraunið THi tekur við undir lausa setinu. Efsti hluti þess er afar ósléttur kargi, sem er einkum gerður úr gjalli og smáum þéttari steinum, en neðst má búast við stærri steinum og blokkum. Úti í Sultartanga er

1981-05-20

karginn afar siltfylltur einkum allra efst og myndar siltið víða óreglu-
lega þétt lag í yfirborði kargans. Víðast dregur úr siltmagninu í karg-
anum með dýpi. Sunnan Tungnaár er karginn ekki eins siltríkur og er lík-
legast að þetta silt-sandlagið ofan á karganum þar sé sambærilegt við
siltmettað yfirborð kargans í Sultartanga. Suðaustast á stíflu- og yfir-
fallsstæðinu, er karginn nánast ófylltur eða aðeins sandfylltur að hluta.

Hraunið THi er misþykkt á stíflustæðinu í Sultartanganum eða 20-31 m,
mynd 3. Aftur á móti er þykkt þess mjög svipuð fyrir sunnan Tungnaá eða
26-28 m að undanskildu svæðinu við stífluendann (PH-40) en þar er þykkt
þess aðeins um 9 m enda farið að nálgast hraunjaðar. Í PH-29 og 34 er
botnkarginn þykkur og líklegt að holurnar nái ekki í gegnum hann. Sam-
kvæmt borholusniðum þynnist hraunið til jaðranna og setið undir því
einnig, en hlutur kargans vex. Þar af leiðandi er sérstakra aðgerða
þörf á jaðarsvæðum vegna meiri lekahættu þar en annars staðar.

Gervigígur sjást sem hraukar á yfirborði á víð og dreif í Sultartanganum.
Þeir sjást í mestum mæli um miðbik stíflustæðisins þ.e. sunnan Tungnaár,
en fáir þaðan og austur að yfirfallsstæðinu. Gera verður ráð fyrir að
þeir hafi víða rofist burt og kaffarst í lausa setinu. Ennfremur er lík-
legt að hluti þeirra hafi flotið frá þeim stað þar sem þeir hlóðust upp,
þegar hraunið rann. Þannig er ekki auðvelt að segja til um upprunalega
upphleðslustaði þeirra og þar af leiðandi um staðsetningu á þeim veik-
leikablettum í hrauninu sem orðið hafa í kringum upphleðslustaðina.
Ákveðin fylgni er milli niðurstaðna yfirborðsathugana á gervigígum og
hljóðhraðamælinga svo og viðnámsmælinga.

Eftirfarandi ályktanir má draga af niðurstöðum hljóðhraðamælinga:

Stíflustæðið austan við fyrirhugað yfirfallsstæði er á þunnu, en þó sæmi-
legu hrauni. Frá yfirfallsstæðinu að svæðinu milli PH-34 og 35 er þétt,
jafnvel mjög þétt hraun, mynd 3. Þar byrja að koma fram veikari blettir
og fjölgar þeim að Tungnaá. Sú þróun heldur áfram í Sultartanga að PH-30,
en þar tekur við veikasta hraunið á stíflustæðinu. Hljóðhraði í hrauninu
í Sultartanga, mælist vera á bilinu 2,5-3,2 km/s og er það heldur minni
hraði en mælist annars staðar í þessu hrauni, t.d. niðri á Hafi og á
stíflustæðinu sunnan Tungnaár. Bendir þetta til að hraunið sé veikara

1981-05-20

hér en annars staðar. Hljóðhraðaákvörðun er þó frekar óörugg á þessu svæði, því að hljóðhraðasniðin eru mjög óregluleg. Nokkur snið eru það óregluleg að erfitt er að túlka þau nema með hliðsjón af sniðunum í kring. Þetta gæti stafað af því, að þarna finnist sérlega veikir punktar eða pyttir. Snið sem mælt var yfir uppgrafinn gervigíg sýnir brot í hljóðhraðalínuritinu. Tilsvareandi brot sést ekki á öðrum línuritum. Þrátt fyrir að hljóðhraðinn á þessu veikleikasvæði í Sultartanga gefi til kynna mismunandi styrkleika í hrauninu, skal bent á að mesti hljóðhraðinn þar (2,9 km/s) er sá sami (2,8-2,9 km/s) og mælist á svokölluðum veikum blettum sunnan Tungnaár. Er því líklegt að allt hraunið þar sé fremur veikt. Um 150 m frá Þjórsá vottar fyrir hærri hljóðhraða (3,2 km/s). Komið hefur fram sú kenning að lághraðasvæðið á Sultartanga eigi rætur sínar að rekja til þess að þar rann hraunið yfir vatn og eöju, en afleiðing þess er myndun kubbabergs og gufusprengingar í hrauninu. Við Þjórsá hafi hraunið hins vegar komist upp á grunnberg eða þurrlendisvæði og hafi þannig orðið fyrir óverulegum vatnskælingaráhrifum sbr. tilheyrandi hljóðhraðaaukningu. Og að lokum gefi lághraðinn í eystri bakka Þjórsár til kynna að þar sé hraunjaðar.

Ítarlegar dæluprófanir voru framkvæmdar á tveimur stöðum á fyrirhuguðu stíflustæði þ.e. annars vegar í Sultartanga og hins vegar sunnan Tungnaár. Meðallektin neðan yfirborðskarga reyndist vera um $1,5 \times 10^{-3}$ m/s og eru þær niðurstöður í góðu samræmi við þær dæluprófanir, sem framkvæmdar voru í sama hrauni á fyrirhuguðu stíflustæði milli Búðarháls og Fitjaskóga. Út frá dæluprófunum og niðurstöðum jarðfræðirannsóknna má búast við óreglu í lekt hraunsins.

Byggingarefnisrannsóknir sýna að á og í næsta nágrenni við austurhluta stíflustæðis, beggja megin Tungnaár, megi ná rúmlega 3 milljónum m^3 af möl og sandi, sem þar er til staðar, á rúmlega 2 km^2 svæði. Efni þetta er líklegast nothæft sem síu- og/eða steypuefni.

1.4 Jarðgangaleið og stöðvarhússtæði í Sandafelli

Umfangsmiklar kjarnaboranir fóru fram í Sandafelli árið 1980. Alls voru boraðar ellefu holur, SF-1-11, samtals um 1530 m. Áður hafði fellið verið kortlagt með tilliti til jarðlaga og brotalína. Jarðlagakort-

1981-05-20

lagningin er þó ófullkomin vegna lausra jarðmyndana, sem hylja berggrunninn að mestu leyti. Árið 1975 voru boraðar fjórar grunnar kjarna-holur, ST-10-13, niður undir Þjórsá, í suðausturhorni Sandafells ásamt nákvæmniskortlagningu af svæðinu í nágrenni þeirra.

Aldur jarðlaga í Sandafelli er um og yfir ein milljón ár, ef gengið er út frá því, að normalt segulmögnuðu lögin, sem ná allt að 70-80 m heildarþykkt, séu frá segultímanum Jaramillo. Basalt er ríkjandi bergtegund. Setlög, einkum jökulbergs-, völubergs- og sandsteinslög, eru fremur fá og þunn í syðsta hluta fellisins, en hlutur þeirra vex til norðurs þar sem þau ná a.m.k. 50-60 m þykkt. Líparít er til staðar vestast í Sandafelli og er þar fremur staðbundið. Ennfremur finnast súr móbergs- og gjóskulög. Almenn séð er töluverð jarðlagaóregla í Sandafelli og vex hún til norðurs og austurs samfara eldri og dýpri jarðlögum. Basaltstaflinn frá segultímanum Jaramillo skilur annars vegar á milli óreglu í jarðlagauppbyggingu fyrir neðan og hins vegar reglulegrar jarðlagauppbyggingar fyrir ofan og hefur þannig jafnað út það landslag sem var til staðar áður en Jaramillobasaltsyrpan hlóðst upp, sjá mynd 5. Óreglan í jarðlagauppbyggingunni stafar af samverkandi þáttum rofs, upphleðslu og líklegast misgengja. Efst í þessum óreglulega jarðlagastafla er lega aðrennslisganga áætluð.

Tilhögun ráðgjafa gerir ráð fyrir aðrennslisgöngum með stefnuna N67°A um miðbik Sandafells, og stöðvarhúsi í vesturrótum fellisins. Í greinargerð Sveins Þorgrímssonar, Sandafell - Jarðgöng, Bergtæknileg greining, frá því í janúar 1981, er talið álitlegast út frá berggæðamati á kjarna úr þeim borholum sem eru á jarðgangaleiðinni, að göngin verði með botnhæð 260 m y.s. frá inntaki (sbr. SF-3) og vestur að borholu SF-4 en þaðan hækki þau til vesturs að stöðvarhúsi um 10 m á u.þ.b. 600 m kafla. Göngin munu þannig að mestu leyti liggja í basalt- og setlögum rétt fyrir neðan Jaramillobasaltsyrpuna, nema í nágrenni SF-10, þar nær efri hluti þeirra upp í syrpuna, sjá mynd 5.

Eðlilegast er út frá jarðfræðilegum og bergtæknilegum aðstæðum að skipta jarðgangaleiðinni í fimm hluta, sjá mynd 5, talið frá inntaki (austri) að stöðvarhússtæði (vestur):

1981-05-20

Númer jarðganga-hluta	Gögn, sem byggt er á	Heiti og jarðlagalýsing jarðganga-hluta	Líkleg lengd jarðgangahluta m
1	Jarðlagakort og SF-3-5	Dílabasalt	300-400
2	SF-3-5-10-1	Setberg (völu- og hnullungaberg) og basalt	600-800
3	SF-10-1-11	Óreglusvæði í miðhluta (basalt og set)	700-900
4	SF-1-11-4-2	Dílabasalt (ól.bas.)	800-1000
5	SF-4-2 og jarðlagakort	Setberg (völuberg, sand- og siltsteinn) og líparít	500

1. Efsti hluti dílabasaltsins er illa samlímdur kargi, sem nær niður í um 276 m y.s. Þar fyrir neðan er basaltið fremur heillegt (Rock Quality Designation = RQD 50-75). Ekki er ljóst hvernig lagið deyr út til vesturs, þ.e. hvort að um hallandi rofflöt er að ræða eða kargakenndan hraunjaðar.
2. Í SF-5 er þykkt setlag undir Jaramillo-basaltsyrpunni. Setið, sem er heillegt (RQD 80-90), er einkum samsett úr hnullunga- og völubergi með sandsteins- og jafnvel siltsteinsmillimassa. Setlag þetta tekur við í göngunum, þegar dílabasaltinu sleppir. Er nær dregur SF-10 má búast við að gangaþakið og jafnvel allur efri hluti ganganna verði í Jaramillobasaltinu, sem hefur fremur breytilega ásýnd, er yfirleitt kubbað en neðri hluti þess kargakenndur og jafnvel breksíraður. Í SF-10 og næsta nágrenni er Jaramillobasaltið í efsta hluta ganganna og er þar þétt og fremur heillegt. Þar undir tekur við sundurleitt súrt set, sem er aðallega samsett úr köntuðum líparítsteinum í súrum og basískum gjósku- og sandmillimassa, sem skilar fremur lágu RQD (0-50). Efst í þessu seti í SF-10 er líklega basískt innskotslag eða eitill fremur en kubbaberg, sem tilheyrir þá Jaramillobasaltinu. Jarðgöngin koma þá til með að liggja í súra setinu og basaltinu (innskotsaðar og/eða kubbaberg) er nálgast SF-10.

1981-05-20

3. Um miðbik fellisins tekur við umtalsverð óregla og óvissa í jarðlagaskipan. Borhola SF-1 er fulltrúi þessa óreglusvæðis með hliðsjón af SF-10 og 11. Í nágrenni SF-1 fara jarðgöngin í gegnum elsta bergið og mestu ummyndunina. Tilvist þessara elstu jarðlaga á jarðgangaleiðinni á sér tvær hugsanlegar orsakir, þ.e. að jarðlög hafi lyfst í nágrenni holunnar (rishryggur), eða að um forna hæð sé að ræða í því landslagi, sem þar var til staðar. Í næsta nágrenni SF-1 verður þak jarðganganna í ummynduðu ólivín basalti, miðhlutinn í völubergi hvort tveggja heillegt með fremur hátt RQD. Neðsti hluti ganganna nær niður í afar ummyndað illgreinanlegt berg, sem lítur helst út fyrir að vera völuberg eða setmóberg með innskotsæðum eða eitlum samfara ummyndunarsteindum (t.d. chlorit, smektit) og er RQD lágt (0-50). Ógerlegt er að tengja saman jarðlög neðan Jaramillobasaltsins á milli SF-1 og 10 nema ef til vill að sama innskotavirknin komi fram í báðum holunum. Ástæðan fyrir jarðlagaóreglunni á þessu svæði með tilliti til tenginga liggur væntanlega í rofi og/eða misgengi. Á hinn bóginn er hægt að tengja jarðlög milli SF-1 og 11. Dyngjulega ólivínbasaltið neðst í SF-11 er líkast til sama lagið og verður í þaki jarðganganna í SF-1 en er þar 30 m ofar. Ennfremur er sennilegt að þykka heillega dílabasaltlagið í hverju jarðgöngin verða staðsett í SF-11 sé sama og þunna dílabasaltið í SF-1 sem er þar 13 m ofar, sjá mynd 5. Þetta dílabasaltlag er hugsanlega sama lagið sem jarðgöngin byrja í austast. Líklegasta ástæðan fyrir mismunandi hæð fyrrnefndra jarðlaga í SF-11 og 1 gæti átt ratur að rekja til misgengis, sem hefur ef til vill verið virkt meðan á upphleðslu fyrrgreindra jarðlaga stóð og/eða til mishæðar í fornu landslagi. Því er augljóst, að ekki er hægt að segja til um með neinu öryggi hvaða jarðlög og jarðfræðilegar aðstæður eru á þessum hluta jarðgangaleiðarinnar, sbr. mynd 5.
4. Reglulegasti og líkast til besti hluti jarðgangaleiðarinnar tekur við í nágrenni SF-11 og nær vestur fyrir SF-4. Þessi kafli gæti spannað allt að þriðjung af heildarlengd jarðganganna. Göngin munu liggja í dílabasalti (ólivín basalti), sem er tæplega 30 m að þykkt skv. borholum SF-11 og 4. Bergið er mjög heillegt og yfirborð lagsins jökulsorfið og ætti því allur yfirborðskarginn að vera

1981-05-20

horfinn. Einhvers staðar milli SF-4 og 2 deyr þetta lag út og verður að ganga út frá því sem gefnu að jökulrof hafi á einn eða annan hátt verið þar að verki.

5. Í borholu SF-2 liggur jarðgangabilið í setbergi sem er einkum samsett úr heillegu völubergi, sand- og siltsteini. Setlag þetta kemur inn á jarðgangaleiðina milli SF-2 og 4 og tekur þannig við af díla-basaltinu í SF-4. Undir þessu setlagi er afar smábrotið líparít, sem kemur sennilega inn neðri hluta ganganna í næsta nágrenni við SF-2. Líparítið virðist hafa óreglulegt yfirborð og gæti þannig komið sem kýlar inn á þessum hluta gangaleiðarinnar. Ennfremur er kubbað póleiítbasaltlag á milli líparíts og setlags, sem kemur væntanlega ekki inn í jarðgöngin fyrr en vestan borholu SF-2 og verður þar í neðri hluta ganganna. Stöðvarhúsið mun verða staðsett í þessu líparíti, sem er móbergslegt á köflum.

Loftmyndaathuganir sýna ríkjandi brotalínustefnur í Sandafelli á bilinu $N30-80^\circ A$. Samkvæmt mælingum á brotalínustefnum á um 400 m breiðu beltí eftir jarðgangaleiðinni koma fram tveir stefnutoppar á fyrrnefndu ríkjandi stefnubili eða $N30-40^\circ A$ og $60-70^\circ A$. Fyrirhuguð jarðgöng hafa stefnuna $N67^\circ A$, sem er samsíða annarri meginbrotalínustefnunni. Þannig eru töluverðar líkur fyrir því að brotalínur (sprungur eða misgengi), sem komu fram í göngunum lægju að hluta til eftir þeim endilöngum. Einkar athyglisverður er ennfremur hreinn smátoppur með stefnuna NV-SA. Hugsanlegt er að misgengi með þessa stefnu sé í nágrenni SF-1 og komi einnig fram milli borholanna SF-6 og -9 sunnar í fellinu.

Vegna óreglulegrar jarðлагаuppbyggingar hefur reynst erfitt að ákvarða raunverulegt strik og halla jarðlaga. Mælingar á jarðlögum undir Jaramillosyrpunni í ST-11 og 13 og samsvarandi jarðlögum í opnum skammt ofan ármóta Djórsár og Tungnaár gefa strikstefnuna $N76^\circ A$ og halla um 2° til suðurs. Sams konar niðurstöður fást í suðvesturhluta Sandafells þ.e. á botni Jaramillosyrpunnar en strikstefnan þar er nálægt $N70^\circ A$ og halli $1,5^\circ$ til suðurs. Ennfremur gefa strik og hallaútreikningar út frá efstu jarðlögum í SF-1, 5 og 6 strikstefnuna $N70^\circ A$ og hallan $1,8^\circ$ til suðurs. Mun austlægari hallastefna kemur fram í dyngjubasaltinu sem er neðst í borholunum SF-6, 7, 11 og 3. Þetta er með allra elsta berginu sem fram

1981-05-20

kom við borun og yfirborð þess er líklegast mismikið rofið. Strikstefnan reynist vera norðaustlæg og halli um 1° með stefnuna í kringum ASA og gæti þetta stafað að hluta vegna gamals rofhalla.

Lekt jarðlaga á jarðgangaleið samkvæmt lektarprófunum reynist vera afar lítil (0-5 LU).

Hiti er mestur um miðbik jarðgangaleiðar. Í borholu SF-10 mælist hitinn 35°C, en um 25°C í SF-1. Hitastig fellur smám saman til beggja átta og er um 5°C allra austast og vestast á jarðgangaleiðinni. Ummýndun hegðar sér svipað og hitastigið. Hún er mest í SF-1 en þar er töluvert magn leirsteinda (chlorit og smektit) en mun minni í borholunni SF-10 á jarðgangatímabilinu þrátt fyrir hærri hita þar. Annars staðar í borholum á jarðgangabilinu er ummýndun mun minni.

1.5 Frárennslisskurður um Haf

Til könnunar á jarðlagaskipan á skurðstæði var beitt eftirfarandi rannsóknaraðferðum: Gryfjugerð, cobra- og borrobörun, loft- og kjarnaborun, segul- og hljóðhraðamælingum.

Með segulmælingum fást útbreiðsla eða jaðar Tungnaárhraunsins THi, en með loft- og kjarnaborun fást lóðrétt jarðlagaskipan þ.e. þykktir jarðlaga. Með gryfjugerð, cobra- og borrobörun svo og hljóðhraðamælingum fást gerð og þykkt lausra jarðlaga á skurðstæðinu.

Jarðlagaskipan á fyrirhugaðri leið frárennslisskurðar er sú að meginhluti þessa 6300 m langa skurðar (meðaldýpi 13 m) liggur í Tungnaárhrauninu THi, sem er sama hraunið og stíflan við Sultartanga verður byggð á, mynd 6. Jarðfræðilegar aðstæður eru þannig svipaðar á þessum svæðum. Ekki verður allur skurðurinn í Tungnaárhrauni. Á um 400 m kafla verður skurðurinn utan við hraunjaðarinn í grunnbergsmýndun og neðstu rötum Sandafells.

Jarðfræðilegar aðstæður á þeim hluta skurðarins sem verður á Tungnaárhrauninu THi eru þannig að efst er laust set, fok- og vatnsborið efni, yfirleitt um 1 m og upp í 2 m að þykkt. Undir setinu tekur Tungnaár-

1981-05-20

hraunið THi við, sem er um og yfir 30 m að þykkt á stærsta hluta skurð-leiðarinnar. Strax undir hrauninu THi er eldra hraun, væntanlega Tungnaárhraunið THh. Á syðsta kafla skurðarins, í nágrenni Klofaeyjar, er hraunið um 23 m að þykkt. Við hraunjaðarinn næst Sandafelli er þykkt þess að sjálfsögðu afar breytileg. Efsti hluti hraunsins THi er ósléttur og misþykkur laus yfirborðskargi, sem er einkum gerður úr gjalli smáum og þéttari steinum og neðst má búast við stærri steinum og blokkum. Þegar þessum hluta hraunsins sleppir tekur við blöðrótt til þétt hraun. Næst Sandafelli þ.e. í næsta nágrenni hraunjaðarsins er karginn þykkur, sjá mynd 7. Á þessum slóðum eru gervigígar áberandi eins og víðar í nágrenni hraunjaðarsins við Stangarfjall. Ennfremur eru miklar gervigígahrannir á svæðinu milli Stangarfjalls og Skeljafells, sem hlaðist hafa upp á Hafinu þegar hraunið rann. Þá og fyrir þann tíma hefur Þjórsá eða hluti hennar runnið um þetta svæði sennilegast í sveig meðfram hliðum Sandafells og Stangarfells, í áttina að Klofaey.

Eins og fram kemur í langsniðsmyndunum af frárennslisskurði, sjá mynd 7, er þykkt lausu jarðlaganna, lausa setsins og yfirborðskarga hraunsins THi, breytileg. Þykktin er þó yfirleitt ekki undir 5 m. Við hraunjaðarinn, á um 500 m kafla, næst Sandafelli er þykktin á bilinu 5-10 m. Hugsanlega er svipað uppi á teningnum á svæðinu milli PH-43 og ST-22. Austur af gervigígahrönnunum milli Stangarfjalls og Skeljafells, þar sem skurðurinn tekur suðlæga stefnu, eru lausu jarðlögin jafnþykkust, um 8 m að meðaltali. Allra næst Þjórsá þynnast lausu jarðlögin og eru þar um 5-6 m.

Á þeim kafla frárennslisskurðarins sem nær frá stöðvarhúsi í rótum Sandafells að hraunjaðri THi-hraunsins er mikið landslag í grunnbergsmýnduninni og afar breytilegar þykkir á lausum jarðlögum. Þessi hluti hefur verið kannaður með cobraborun og hljóðhraðamælingum til að fá þykkt lausra jarðlaga og með jarðlagakortlagningu á undirliggjandi grunnbergi og kjarnaborun í nágrenni skurðstæðis.

Lausu jarðlögin samanstanda einkum af jarðvegi (fokmold og sandur), gjósku sem er víða í sköflum svo og jökulruðningi. Yfirleitt er þykktin örfáir metrar nema á flatlendiskaflanum milli hrauns og hliðar. Föstu

1981-05-20

jarðlöggin eru einkum grunnbergið, sem þarf að fjarlægja í langmestum mæli á þessum hluta skurðleiðarinnar (mesta dýpi um 32 m). Þar verður líkast til afar brotið og móbergslegt líparít í neðri hluta skurðarins. Ofar má búast við völuþergi og þá kubbuðu þóleifbasaltlagi. Efst í þessum föstu jarðlögum má gera ráð fyrir að neðsti hluti jökulruðningsins sé orðinn vel samlímður.

1981-05-20

HEIMILDASKRÁ

Almenna verkfræðistofan h.f., Virkir h.f. og Verkfræðistofa Sigurðar Thoroddsen h.f. maí 1980: Þjórsárvirkjanir, Sultartangavirkjun. Samanburðaráætlanir. Landsvirkjun, 40 s.

Bessi Aðalsteinsson 1971: Langalda-Hald. Jarðfræðiskýrsla. Orkustofnun, 8 s.

Björn Jónasson, Davíð Egilson, Halína Guðmundsson & Jósef Hólmjárn 1978: Búðarhálsvirkjun. Jarðfræði- og jarðvatnsrannsóknir. Orkustofnun, OS-ROD-7819, 67 s.

Björn Jónasson, Sveinn Þorgrímsson, Halína Guðmundsson & Freyr Þórarinsson 1979: Búðarhálsvirkjun. Jarðfræðirannsóknir 1978. Orkustofnun, OS-79008/ROD-05, 115 s.

Björn Jónasson 1980: Sultartangavirkjun. Boranir og jarðlagaskipan á stíflustæði. Orkustofnun, ROD. Greinargerð BjJ-80/05, 15 s.

Björn Jónasson 1980: Sultartangavirkjun. Könnun á þykkt og gerð lausra jarðefna á stíflustæði. Orkustofnun, ROD. Greinargerð BjJ-80/06, 15 s.

Björn Jónasson 1980: Sultartangavirkjun. Boranir og jarðlagaskipan á jarðgangaleiðum í Sandafelli. Orkustofnun, ROD. Greinargerð BjJ-80/08, 16 s.

Davíð Egilson & Ingibjörg Kaldal 1980: Frárennslisskurður um Haf. Orkustofnun, ROD. Greinargerð DE-IK/80/05, 33 s.

Davíð Egilson 1980: Q-mat á bergi í Sandafelli og Búðarhálsi. Orkustofnun, ROD. Greinargerð DE-80/08, 57 s.

Elsa G. Vilmundardóttir 1977: Tungnaárhraun. Jarðfræðiskýrsla. Orkustofnun, OS-ROD-7702, 156 s.

1981-05-20

Elsa G. Vilmundardóttir, Svanur Pálsson & Ásgrímur Guðmundsson 1979: Búðarhálsvirkjun. Borhola ST-15: Setgreining. Orkustofnun, OS-79008/ROD-05, 63 s.

Elsa G. Vilmundardóttir 1981: Sultartangavirkjun. Greining á seti og svarfi úr borholum á stíflustæði í Sultartanga og skurðleið á Hafi. Orkustofnun, VOD. Greinargerð EGV-81/01, 14 s.

Freyr Þórarinsson & Halína Bogadóttir 1980: Sultartangavirkjun. Sprungur og misgengi í Sandafelli samkvæmt segulmælingum og VLF-rafsegulmælingum. Orkustofnun, ROD. Greinargerð FP-HB-80/05, 10 s.

Ingibjörg Kaldal og Skúli Víkingsson 1972: Sultartangi. Jarðfræðiskýrsla. Orkustofnun, ROD, 49 s.

Ingibjörg Kaldal 1980: Sultartangavirkjun. Byggingarefnisleit. Orkustofnun, ROD. Greinargerð IK-80/01, 15 s.

Jón Ingimarsson 1980: Sultartangavirkjun. Dæluprófanir. Orkustofnun, ROD. Greinargerð JI-80/06, 18 s.

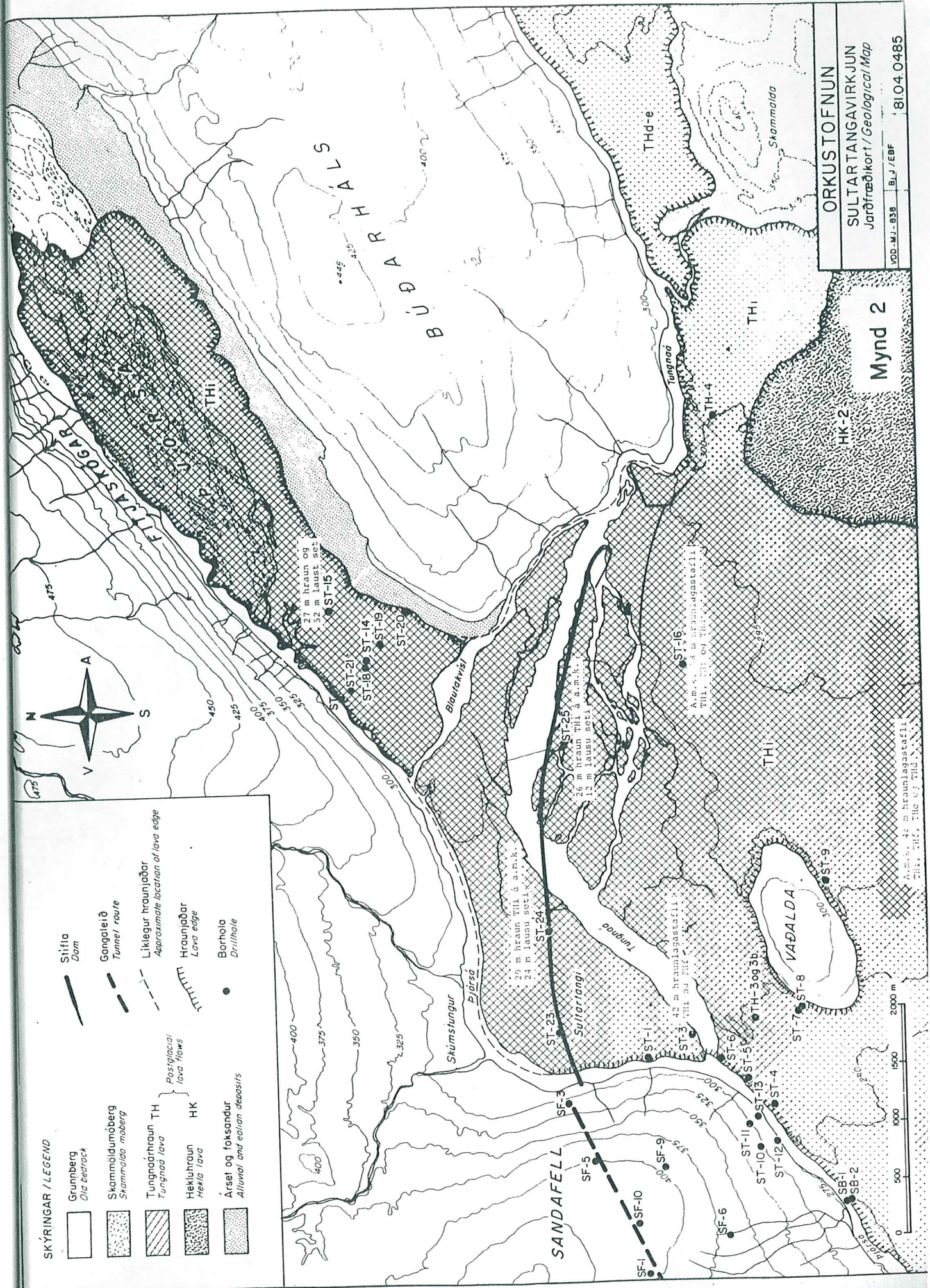
Skýrsla tekin saman af starfshópi á Raforkudeild Orkustofnunar 1980: Búðarhálsvirkjun. Jarðfræði- og grunnvatnsrannsóknir 1979. Orkustofnun, OS-80019/ROD-09, 170 s.

Snorri Páll Snorrason 1980: Sandafell-Jarðfræðiglefsur. Orkustofnun, ROD. Greinargerð SPS-80/01, 3 s.

Steinunn S. Jakobsdóttir & Þóroddur F. Þóroddsson 1980: Sultartangavirkjun. Hljóðhraðamælingar og Cobraborun við inntak í Sandafelli. Orkustofnun, ROD. Greinargerð SSSJ-DFD-80/01, 5 s.

Steinunn S. Jakobsdóttir, Davíð Egilsson & Þóroddur F. Þóroddsson 1980: Sultartangavirkjun. Hljóðhraðamælingar á stíflustæði. Orkustofnun, ROD. Greinargerð SSSJ-DE-DFD-80/02, 16 s.

Sveinn Þorgrímsson 1981: Sandafell - Jarðgöng. Bergtæknileg greining. Orkustofnun, VOD. Greinargerð SvP-81/01, 17 s.



SKÝRINGAR / LEGEND

- | | | | |
|--|------------------------------|--|-----------------------------------|
| | Grunnberg | | Slífla |
| | Óla bedrock | | Dam |
| | Skammöldumöberg | | Gangaleið |
| | Skammaldá maberg | | Tunnel route |
| | Tungnaðhraun TH | | Líklegur hraunjaðar |
| | Tungnað lava | | Approximate location of lava edge |
| | Hekluhraun | | Hraunjaðar |
| | Hekla lava | | Lava edge |
| | Ársæt og foksöndur | | Borhola |
| | Alluvial and eolian deposits | | Drillhole |

ORKUSTOFNUN
SULTARTANGAVIRKJUN
Jarðfræðikort / Geological Map

Mynd 2

VOD.-NJ.-838 B.I./EBF 8104.0485

THi

THi

THi

THi

THi

THi

THd-e

THd-e

THd-e

THd-e

THd-e

THd-e

THd-e

THd-e

THd-e

THd-e

THd-e

THd-e

THd-e

THd-e

THd-e

THd-e

THd-e

THd-e

THd-e

THd-e

THd-e

THd-e

THd-e

THd-e

THd-e

THd-e

THd-e

THd-e

THd-e

THd-e

THd-e

THd-e

THd-e

THd-e

THd-e

THd-e

THd-e

THd-e

THd-e

THd-e

THd-e

THd-e

THd-e

THd-e

THd-e

THd-e

THd-e

THd-e

THd-e

THd-e

THd-e

THd-e

THd-e

THd-e

THd-e

THd-e

THd-e

THd-e

THd-e

THd-e

THd-e

THd-e

THd-e

THd-e

THd-e

THd-e

THd-e

THd-e

THd-e

THd-e

THd-e

THd-e

THd-e

THd-e

THd-e

THd-e

THd-e

THd-e

THd-e

THd-e

THd-e

THd-e

THd-e

THd-e

THd-e

THd-e

THd-e

THd-e

THd-e

THd-e

THd-e

THd-e

THd-e

THd-e

THd-e

THd-e

THd-e

THd-e

THd-e

THd-e

THd-e

THd-e

THd-e

THd-e

THd-e

THd-e

THd-e

THd-e

THd-e

THd-e

THd-e

THd-e

THd-e

THd-e

THd-e

THd-e

THd-e

THd-e

THd-e

THd-e

THd-e

THd-e

THd-e

THd-e

THd-e

THd-e

THd-e

THd-e

THd-e

THd-e

THd-e

THd-e

THd-e

THd-e

THd-e

THd-e

THd-e

THd-e

THd-e

THd-e

THd-e

THd-e

THd-e

THd-e

THd-e

THd-e

THd-e

THd-e

THd-e

THd-e

THd-e

THd-e

THd-e

THd-e

THd-e

THd-e

THd-e

THd-e

THd-e

THd-e

THd-e

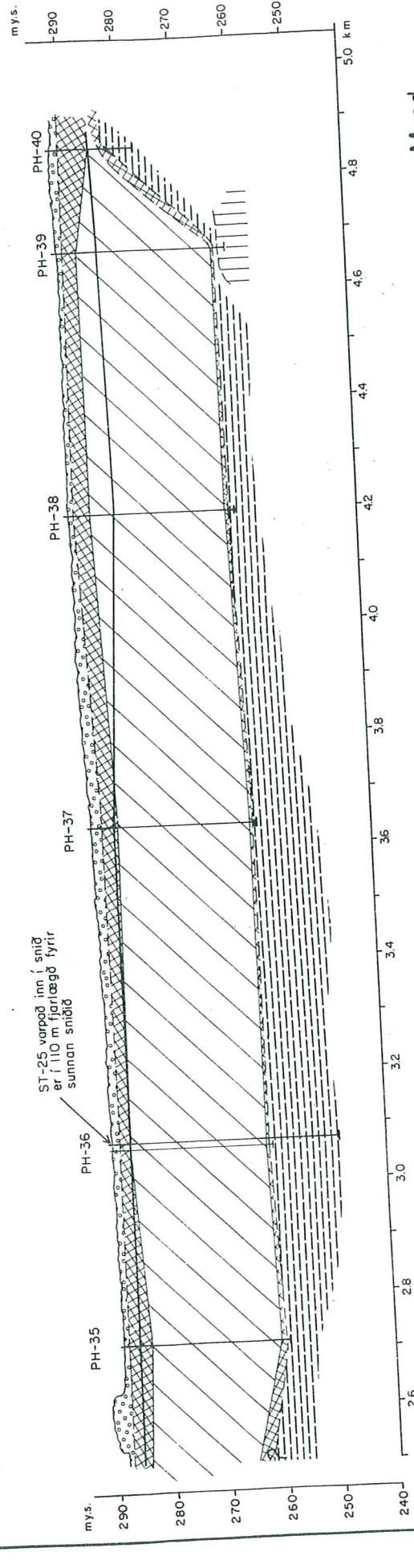
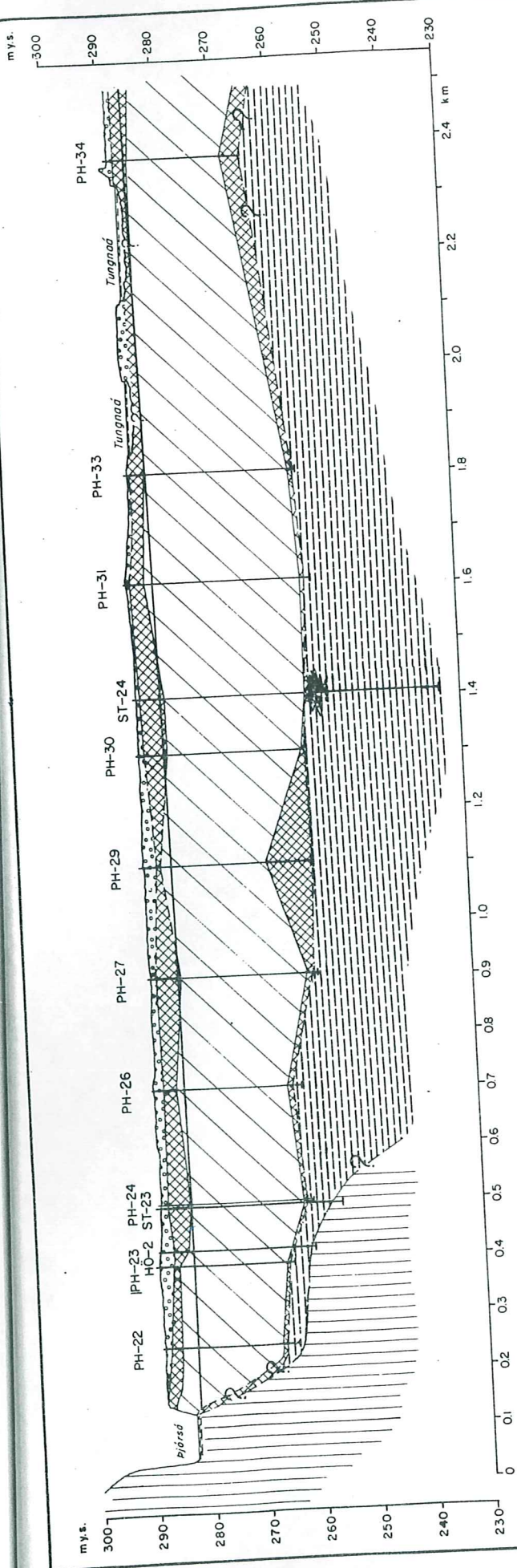
THd-e

THd-e

THd-e

THd-e

THd-e



Mynd 3
Exh

Grunnvannsbörð, mælt '80.08.20
Groundwater table measured 80.08.20

Lagamat óviss
Contact uncertain

Laust set, aðall. lóna-og ársset
Sediment, mainly alluvial deposit

Grunnberg / Old bedrock

Borhola / Drillhole

Núlimhraun Tungnaáhraun TH1/
Postglacial basaltic lava flow

Laust yfirborðslag
Loose overburden

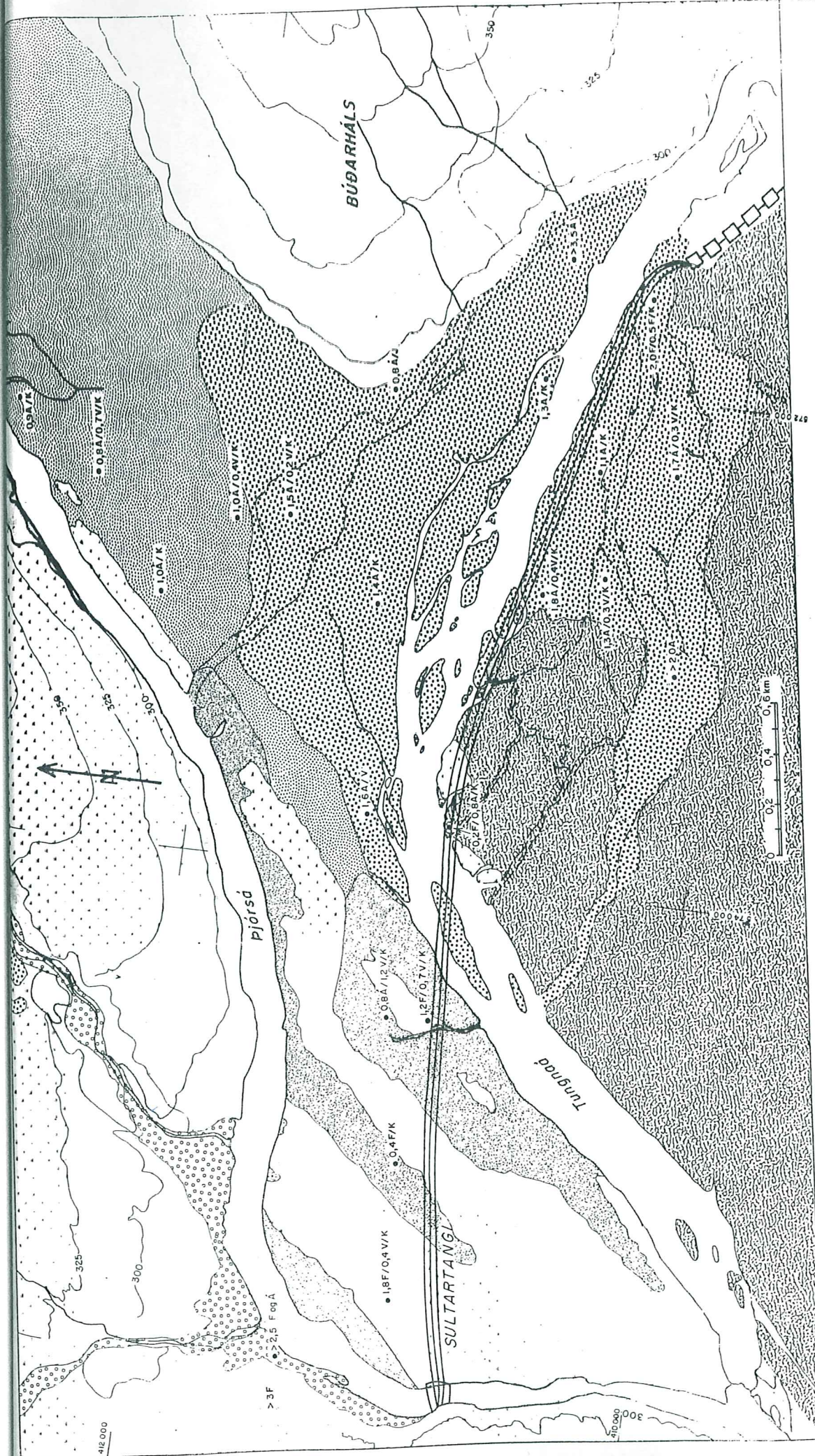
Kargi / Scoria

Blöðrótt og þétt hraun

ORKUSTOFNUN
SULTARTANGAVIRKJUN
Jardlagasnið stiftustæðis

V0D-VEF-330-838-BJ-J
81-02-0669 '00

SKÝRINGAR / LEGEND



Mynd 4
Exh

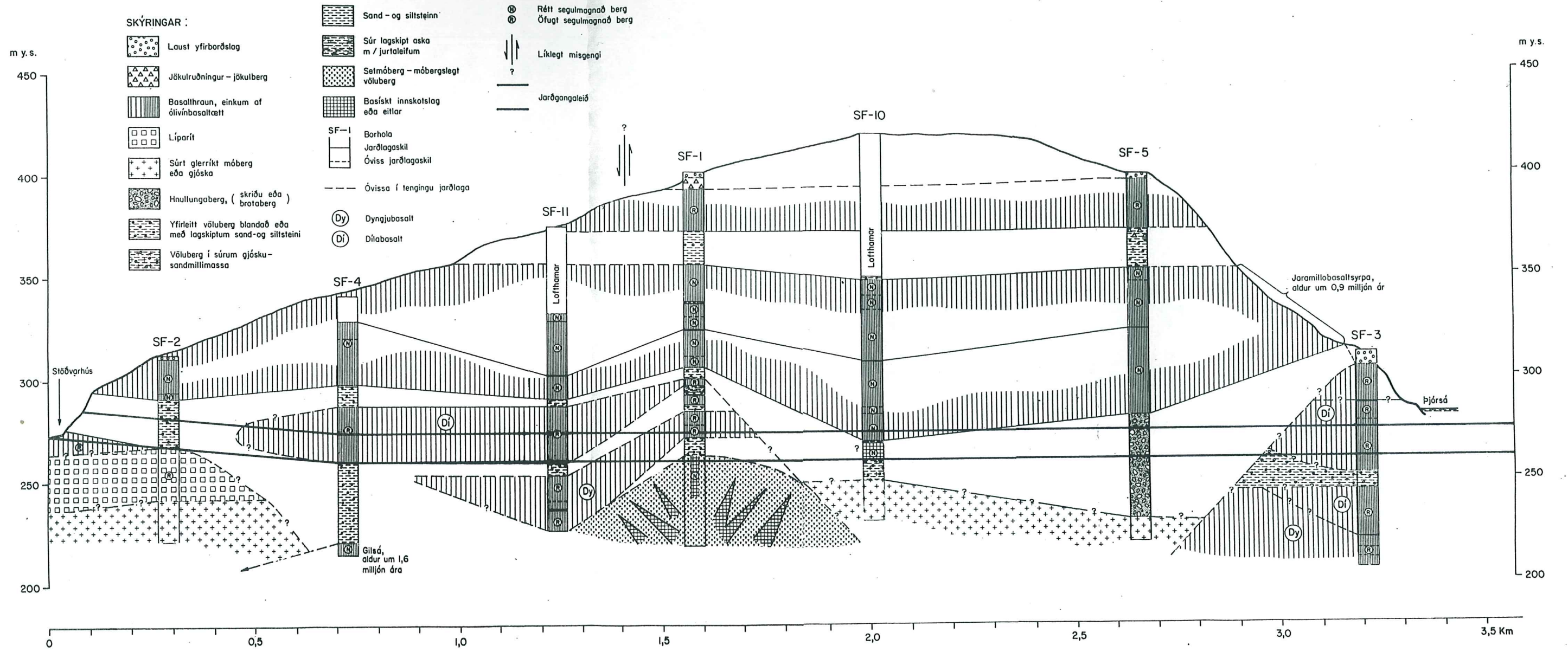
SULTARTANGAVIRKJUN
Jarðgrunnskort

ÞYKKT LAUSRA JARÐLAGA

- > 3 setið er o.m.k. 3m þykkt
- 1.8 F/K 1.8m af fokjarðvegi ofan á gjallkarga
- F: fokjarðvegur, A: ársel, J: jökluðuðningur
- V: vatnaset, K: gjallkargi
- Stífla

- Möl og steinar
- Sand- og méléfylltur gjallkargi
- Hraun (TH) með gervigígum víðast sandorpið
- Jökluðuðningur

- SKÝRINGAR:
- Fokjarðvegur með óskulögum
 - Sandur
 - Möl og sandur



SKÝRINGAR :

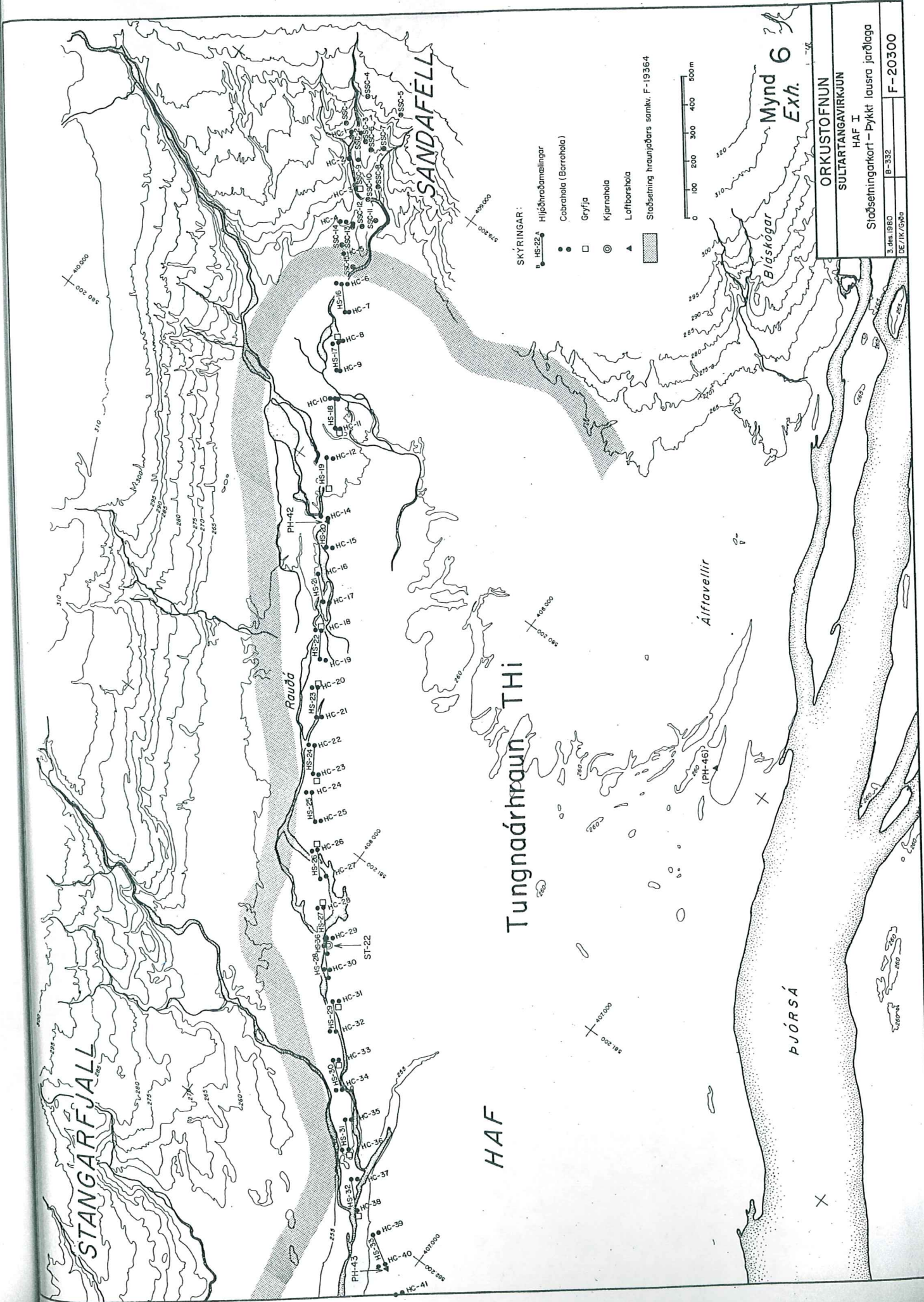
- Laust yfirborðslag
- Jökulruðningur - jökulberg
- Basalthraun, einkum af ólívínbasaltætt
- Líparít
- Súrt glerríkt móberg eða gjóska
- Hnullungabergr, (skriðu eða brotaberg)
- Yfirleitt völuberg blandað eða með lagskiptum sand-og siltsteini
- Völuberg í súrum gjósku-sandmillimassa

- Sand- og siltsteinn
- Súr lagskipt aska m / jurtaleifum
- Sel móberg - móbergsglegt völuberg
- Basískt innskotslag eða eitlar
- SF-I Borhola Jarðlagaskil Óviss jarðlagaskil
- Óvissa í tengingu jarðlaga
- Dy Dyngjubasalt
- Di Dítabasalt

- ⊕ Rétt segulmagnað berg
- ⊙ Ófugt segulmagnað berg
- ↕ Líklegt misgengi
- ? Jarðgangaleið

SULTARTANGAVIRKJUN
SANDAFELL
Jarðlagasnið á jarðgangaleið

Mynd 5



- SKYRINGAR:
- HS-22 A Hljóðhröðumalningar
 - Cobrahala (Barrahala)
 - Gryfja
 - ⊙ Kjarnhala
 - ▲ Loftborshala
 - ▨ Staðsetning hraunjaðars samkv. F-19364



ORKUSTOFNUN	
SULTARTANGAVIRKJUN	
HAF I	
Staðsetningarkort - Bykkt lausra jarðlaga	
3. des. 1980	B-332
DE/IK/Gjds	F-20300

Mynd 6
Exh.

STANGARFJALL

SANDAFELL

Tungnaárhraun THI

HAF

Bláskogar

Aíftavellir

ÞJÓRSA

Rauða

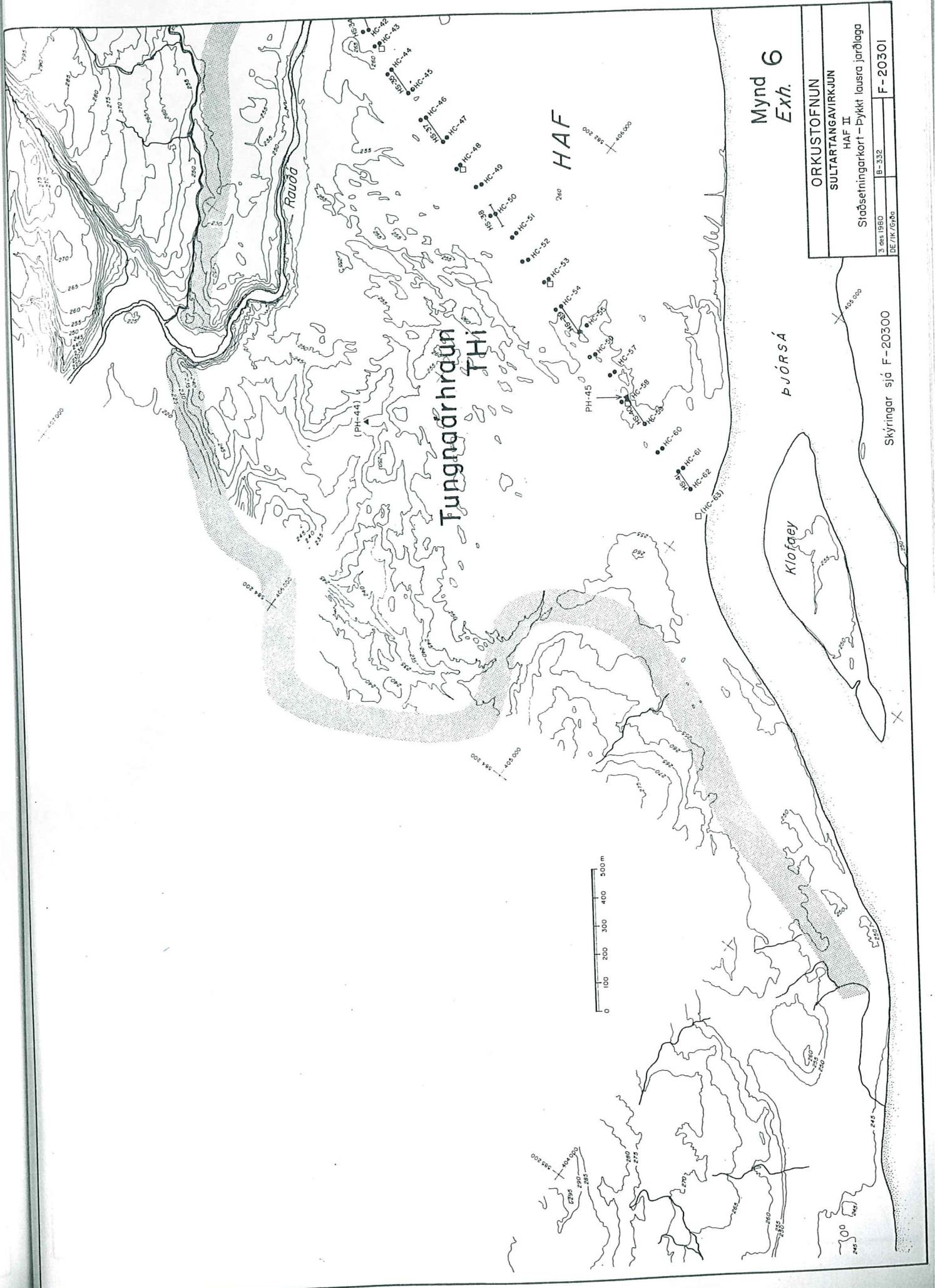
400000

400000

400000

400000

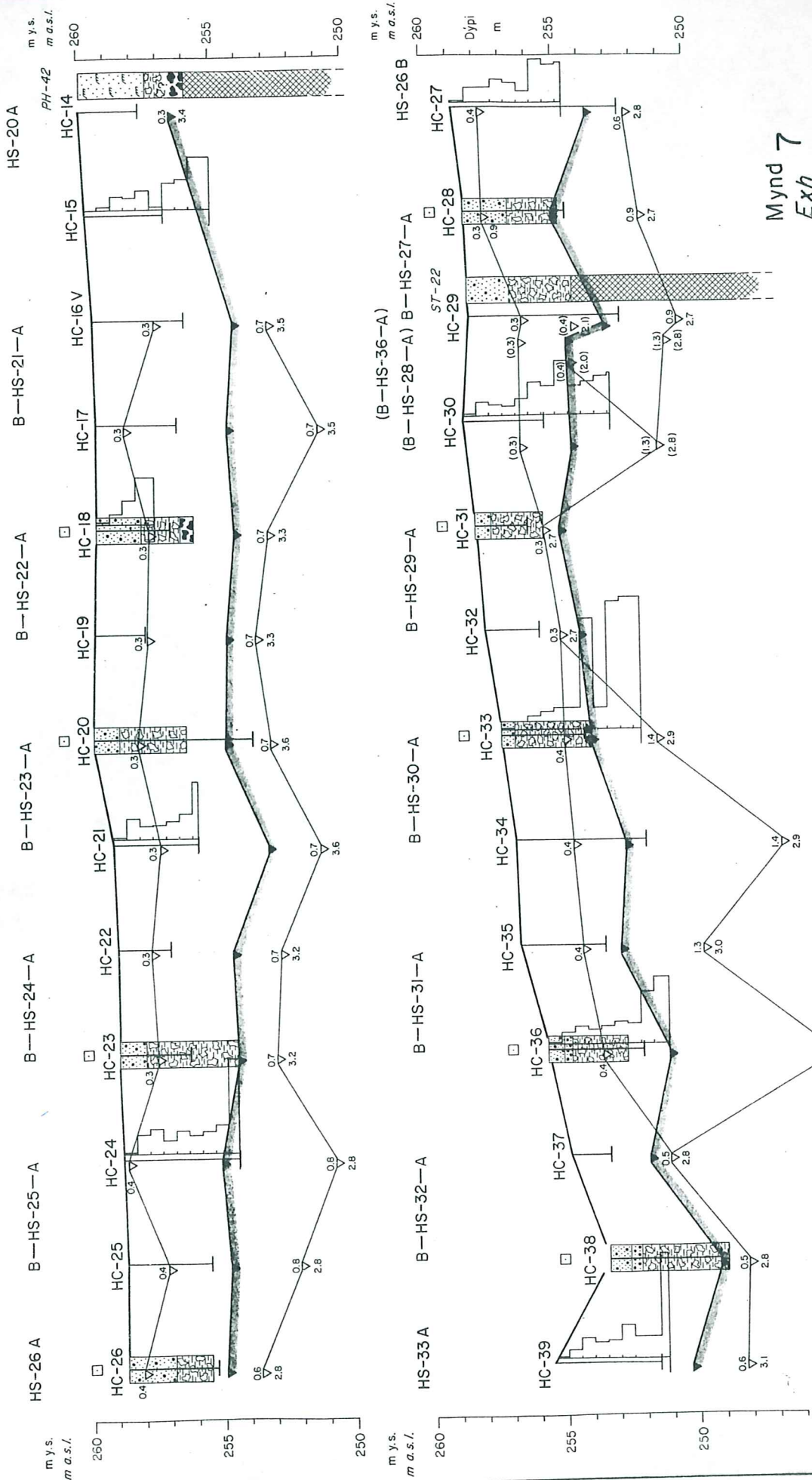
400000



Mynd 6
Exh.

ORKUSTOFNUN	
SULTARTANGAVIRKJUN	
HAF II	
Staðsetningarkort - Þykkt lausra jarðlaga	
3. útg. 1980	B-332
DE/IK/05/86	F-20301

Skýringar sjá F-20300



Mynd 7
Exh

ORKUSTOFNUN
SULTARTANGAVIRKJUN
Frænnisskurður á Hafí
Þykkt lausra jarðlaga

80.12.03. IK / 05J Bld 2 B-332 F. 20307

