

Sveinn Þorgrímss.
81/01



ORKUSTOFNUN
Raforkudeild

SANDAFELL - JARÐGÖNG
Bergtæknileg greining

Sveinn Þorgrímsson

SvP-81/01

Janúar 1981

DE GRUNNARÞINGDASAFN



ORKUSTOFNUN

GRENSÁSVEGI 9, 108 REYKJAVÍK

GREINARGERÐ

SANDAFELL - JARÐGÖNG
Bergtæknileg greining

Sveinn Þorgrímsson

SvD-81/01

Janúar 1981

SANDAFELL - JARÐGÖNG. Bergtæknileg greining

Athuganir á líklegri jarðgangaleið í gegnum Sandafell hafa einkum beinst að tveim leiðum, jarðgangaleið 1 og 2 (mynd 1). Á hvorri leið er gefinn möguleiki á bæði aðrennslisgöngum með ofanjarðar stöðvarhúsi og frárennslisgöngum frá neðanjarðar stöðvarhúsi. Greining á kjarna og sprungum var gerð samhliða borun, sem verður að telja nauðsynlegt. Það mat sem hér er lagt á eiginleika bergsins til jarðgangagerðar byggir á Q-greiningu Bartons og félaga auk persónulegs mats. Slíkt persónulegt mat er umdeilanlegt, en þar sem borkjarninn sem mælingarnar byggja á gefa aðeins takmarkaða innsýn í heildaruppbyggingu bergsins, og þar sem Q-greiningin byggir að mjög takmörkuðu leyti á jarðmyndunum eins og hér er að finna, má álíta persónulegt mat réttlætanlegt.

Athugun á sprungugreiningu borkjarnans sýndi fljótt að mjög ákveðin fylgni er á milli hinna ýmsu bergtæknilegu eiginleika sams konar jarðmyndana. Mat á berginu féll því í nokkuð fastar skorður, og var sams konar jarðmyndun gefin svipuð einkunn nema þegar sýnt þótti að um ábyggilegt frávík væri að ræða. Þetta er íhaldssamt sjónarmið, sem dregur úr breytileika jarðmyndananna frá einum stað til annars, en gefur aftur á móti betri mynd af almennum eiginleikum þeirra. Þess var þó ætíð gætt að taka sérstakt tillit til allra sýnilegra veikleikasvæða og annarra frávika á hverjum stað.

Í viðauka með greinargerð þessari er gerð grein fyrir helstu eiginleikum hinna ýmsu jarðmyndana eins og þeir virðast vera eftir athugun á borkjarnanum úr Sandafelli. Yfirlitið sem þar er gefið er einfölduð mynd, sett fram sem hugmynd að samræmdum vinnuaðferðum.

JARÐGANGALEIÐ I

Jarðfræðileg uppbygging er flókin og einkennist af órreglulegri jarðlagaskipan og hitaummyndun í bergi. Neðri jarðgangaleiðin (frárennslisgöng) ber mun fleiri þessara einkenna og er þar þörf mun meiri styrkingar en á efri jarðgangaleiðinni (aðrennslisgöng). Tafla 1 sýnir bergtæknilegt mat jarðlaganna og þá styrkingu sem ætla má nauðsynlega. Helstu niðurstöður eru sýndar á þversniði, mynd 1, þar sem berginu er skipt í sjö

1981-01-28

flokka, eftir áætlaðri styrkingarþörf. Þar sem reynsla af flokkun basalts á þann hátt sem hér er gert er mjög lítil ber að líta á hana með varúð. Aftur á móti má telja líklegt að bergið fari stig versnandi sem jarðgangaberg, eftir því sem það fellur í hærri flokk, þ.e. að flokkunarkerfið gefi innbyrðis rétta mynd af bergtæknilegum aðstæðum í Sandafelli.

Neðri jarðgangaleið

Versta bergið til jarðgangagerðar er líparítið, sem fram kemur í holu SF-2 á 45 til 71 m dýpi, og ummyndaða súra setið, sem fram kemur í holu SF-10 á 160-175 m dýpi. Samkvæmt greiningu þarf að styrkja allt líparítið með 20-40 sm þykkri samfelldri steyptri fóðringu. Setbergið þarf að styrkja með ca 5 cm þykku járnentu ásprautulagi og líklega að auki með boltun. Kubbaða basaltið og ummyndaða móbergs völubergið sem fram kemur í holur SF-1 á 138 til 182 m dýpi þarfnast sömuleiðis mikillar styrkingar. Samkvæmt þessu má ætla að um 40% af gangaleiðinni þurfi verulegrar styrkingar við. Að öðru leyti virðist bergið allgott til jarðgangagerðar. Þess ber þó að gæta, að jarðfræðileg uppbygging á neðri gangaleiðinni er mjög flókin og um mörg mismunandi berglög að fara. Kerfisbundin vinnsla ganganna er því ýmsum vandkvæðum bundin, sem útilokar enn frekar þessa jarðgangaleið.

Efri jarðgangaleið

Efri jarðgangaleiðina verður að telja allgóða. Til þess að nýta jarðfræðilegar aðstæður sem best virðist ráðlegt að lækka göngin um allt að 10 m við inntak. Þaðan lögju þau lárétt suður undir holu SF-4, en úr því hækkuðu þau með um 2% halla að gangamunna (mynd 1). Á þennan hátt er sneytt hjá gjallkennda basaltinu, sem fram kemur í holu SF-3 á 25-31 m dýpi. Að öðrum kosti þyrfti að styrkja þetta berg með samfelldri 20-40 sm þykkri steinsteyptri fóðringu. Einnig er sneytt hjá líparítinu í holu SF-2. Lega líparítsins er þó ekki að fullu þekkt og kann það að koma fram í botni ganganna á 100-200 m kafla.

Með þessari staðsetningu ganganna fæst fram lágmarks styrking. Þau liggja á yfir 1 km kafla í dílabasaltinu sem fram kemur í holum SF-4, SF-11 og SF-1. Samkvæmt greiningu þarfnast þetta berg lágmarks styrkingar, eða aðeins stöku boltunar. Sama er að segja um basaltið sem fram kemur í holu SF-3 á 31 til 43 m dýpi. Reyndar má reikna með meiri

1981-01-28

boltun hér vegna gjallkennda basaltsins sem er 6 m ofan við þekjuna og hefur að líkindum áhrif á stæðni bergsins undir. Aðrir hlutar ganganna liggja í bergi, sem samkvæmt greiningu, þurfa nokkuð samfellda boltun, en er engu að síður hið þokkalegasta gangaberg. Helst má búast við vandamálum í úttaksforskála, ef göngin lenda þar í brotnu basalti, svipuðu því sem er efst í holu SF-2. Hugsanleg vandamál þar stafa fyrst og fremst af lítilli fergingu, sem gerir það að verkum að normalkraftarnir á milli bergbrotanna verða lágir og líkur á bergskriði því meiri.

JARÐGANGALEIÐ II

Jarðfræðileg uppbygging er hér mun einfaldari en á jarðgangaleið I (sjá mynd 2). Bein tenging á milli jarðlaga er þó lítil, sem fyrr. Bæði aðrennslis- og frárennslisgöngin liggja að meiri hluta til um sámlæga berandi berg, þó eru frárennslisgöng talsvert betri valkostur. Hér ræður mestu gjallkennda basaltið í SF-3 svo og brotið og kubbað basalt, sem fram kemur í holu SF-6 á 77-113 m dýpi. Samkvæmt greiningu þarf að styrkja kubbaða basaltið verulega, eða með samfelldu járnbentu ásprautulagi allt að 10 sm þykku, auk boltunar (tafla 1B). Útbreiðsla kubbaða basaltsins er ekki þekkt. Lækkun ganganna bætir aðstæður við inntaksforskála mikið, en breytir að öðru leyti engu. Annað berg á þessari leið er gott, sem þarfnast minni háttar boltunar.

Samkvæmt þeim borunum sem nú liggja fyrir eru frárennslisgöngin að mestu leyti í góðu bergi, sem auk þess að vera vel berandi ætti að vinnast nokkuð vel. Helsta óvissan er brotið þóleiít basalt í holu SF-6 á 105-113 m dýpi, sem samkvæmt greiningu þarfnast reglubundinnar boltunar og líklega aukinnar styrkingar með ásprautulagi. Allt annað gosberg (basalt) í frárennslisgöngunum er gott og samkvæmt greiningu þarf aðeins að bolta það á stöku stað. Völubergið þarf að styrkja öllu meira með þéttari boltun. Ef völubergið í SF-7 og SF-6 er sama myndunin, óslitin á milli holanna, liggur króna ganganna við efri brún völubergsins. Á þessum kafla liggja göngin því í tvenns konar bergi, efri hlutinn í völubergi, en sá neðri í basalti. Ekki er ólíklegt að nýta megi þessa lagskiptingu til að minnka styrkingu. Um þetta verður þó ekki fjölyrt frekar að sinni.

Mynd 3 sýnir legu stöðvarhúss og svelgs. Fyrirhugað stöðvarhús er nærri

1981-01-28

holu SF-3. Efsti hluti holunnar niður á 25 m dýpi er í þéttu þóleiít basalti. Undir því er 6 m þykkt gjallkennt, síltfyllt basalt með $RQD=7$ og Q -gildi 0,3. Neðra borð þessa lags er í hæð 280 m y.s. eða um 1 m ofan hvelfingar stöðvarhússins. Um útbreiðslu þessa bergs er ekki allt vitað og því ógjörningur að segja hvort flytja megi stöðvarhúsið til þannig að áhrifa gjallkennda basaltsins gæti minna. Sé svo ekki virðist æskilegt að leita leiða til að lækka þekju stöðvarhússins. Ef á þennan hátt fengist t.d. 6 m þykk þekja úr góðu lítt sprungnu basalti lengdist stæðnitími þekjunnar verulega. Stöðvarhúshellirinn hefði þrátt fyrir þetta talsverð áhrif á spennuástandið í gjallinu. Bráðabyrgðastyrking með boltun gæti því orðið nauðsynleg, sem aðgerð samhliða greftri hvelfingarinnar. Væntanlega yrði hvelfingin síðan að fullu styrkt áður en meginhluti hellisins yrði grafinn út.

UM Q-MAT, STYRKINGU EINSTAKRA SVÆÐA OG STYRKINGU ALMENNT

Hér að framan hefur verið fjallað um bergtæknilegt mat á hinum ýmsu jarðmyndunum og hugsanlegri styrkingu þeirra. Áætluð styrking byggir á erlendri reynslu sem um margt er ekki sambærileg við þær jarðfræðilegu aðstæður, sem hér ríkja. Almennt má þó segja að sú styrking sem hér er áætluð sé í meginráttum í samræmi við það sem fyrirfram hefði mátt ætla, með einni undantekningu þó. Talsvert mikil styrking er áætluð fyrir brotið og kupað basalt, en álit margra er að vegna óreglulegra sprunguflata og grófrar áferðar þeirra þurfi brotið og kubbað basalt lítið meiri styrkingu en heilleg basalt hraun. Ekki er lagður dómur á þetta nú, en vísað til viðauka greinargerðarinnar þar sem helstu forsendur matsins eru skýrðar.

Ekki hefur verið fjallað sérstaklega um styrkingu við gangamunna, en reiknað er með steypum forskálum. Ekki hefur heldur verið tekið sérstakt tillit til gjalls á lagamótum, né tektónískra sprungna, sem skera göngin. Gjallið virðist samilega gott, en reikna má með einhverri útskolun þar, sem tryggja mætti með ásteypulagi. Þar sem gjallið er þétt fyllt með vel samlímdu sandsteini er varla að óttast verri aðstæður þar en í móðurberginu.

1981-01-28

Um stærð og eðli tektónískra sprungna er ekki að fullu vitað. Þó er álitnið að engar tektónískar hreyfingar hafi verið í fjallinu á nútíma. Sprungustefnur í Sandafelli eru flestar norðaustlægar en dreifast á bilið 20° til 90°, (mynd 4). Jarðgangaleið I hefur stefnuna 37° og jarðgangaleið II stefnuna 67°. Þessar stefnur jarðganganna eru óhagstæðar þar sem veruleg hættu er á að sömu sprungurnar fylgi göngunum á löngum kafla. Það er því mikilvægt að staðsetja helstu sprungur af nákvæmni og hliðra göngunum frá þeim er ástæða er til.

Álit flestra er, eð meiri háttar brotabelti liggi ekki um Sandafell, heldur sé hér frekar um að ræða einfaldar sprungur. Sé þetta rétt má telja líklegt að sprungurnar þurfi eingöngu að bolta, en fóðring að öðru leyti sé óþörf.

Það kann að vekja gagnrýni að steinsteyptri fóðringu er að mestu sleppt, nema þar sem aðstæður eru langverstar, en í stað hennar eru áætlaðar léttar styrkingar með bergboltum og ásprautun. Þetta er þó í samræmi við þróun í jarðgangagerð hin síðari ár, sem fylgdi í kjölfar "The New Austrian Tunneling Method". Bergboltun og ekki síður ásprautun eru styrkingaraðferðir sem beita má strax að greftri loknum og jafnvel á meðan á honum stendur. Þetta gerir það að verkum að hreyfingar bergsins verða í lágmarki og það því líklegra til að vera sjálfberandi. Raunar má segja að þar sem aðstæður eru slæmar og steinsteyptar fóðringar er þörf, þá geti létt fóðring eins og ásprautulag gegnt veigamiklu hlutverki sem bráðabirgða styrking og minnkað þykkt endanlegrar fóðringar. Almennt er þykkt ásprautulags ekki meiri en 15-25 sm, járnþent þar sem aðstæður eru verstar. Oftast er ásprautulagið þó mun þynnra.

NIÐURSTÖÐUR

Samkvæmt athugun þessari koma tvær gangaleiðir vel til greina, þ.e. lækkuð aðrennslisgöng á jarðgangaleið I og frárennslisgöng á jarðgangaleið II. Samanburður á þessum tveimur leiðum bendir til að frárennslisgöngin séu hagkvæmari, vegna reglulegri jarðfræðiuppbyggingar og lítillega meiri berggæða. Aðrir valkostir á jarðgangaleið I virðast ekki koma til greina. Stærsta óvissan er varðandi neðanjarðar stöðvarhús, en ef þak stöðvarhúshellisins má lækka um 5 m eða meira ætti staðsetning þess nærri SF-3 að vera þokkaleg.

VIÐAUKI A

BERGGREININGARKERFIÐ +)

Kerfið byggist á svokölluðu "rock mass quality", Q, sem mætti kalla berggæði. Q er fall sex þátta, þ.e. RQD (rock quality designation), fjölda sprunga J_n , áferð veikustu sprungnanna J_r , myndbreytingu sprungufyllinga í veikustu sprungunum J_a , SRF (stress reduction factor), og vatni í sprungunum J_w .

Hér er um að ræða marga sömu þætti og notaðir eru við brotflatamælingarnar. Töflur 2 til 4 sýna hvernig á að meta bergið og gefa þessum þáttum tölulegt gildi. Síðan er Q reiknað samkvæmt:

$$Q = (RQD/J_n) \cdot (J_r/J_a) \cdot (J_w/SRF)$$

RQD/ J_n túlkar heildarstrúktúr bergsins og er gróft mat á stærð bergblökkanna.

J_r/J_a túlkar áferð eða grófleika og ummyndun sprunguveggjanna eða sprungufyllingarinnar. $\text{Tang}^{-1} (J_r/J_a)$ er sámlíng nálgun raunverulegs skerstyrkleika fyrir mismunandi áferð á brotfleti og ummyndun fyllingarinnar. Við útreikninga á Q skal nota lágsta gildið á J_r/J_a .

J_w/SRF , J_w túlkar vatnsþrýstinginn í berginu, en hefur ekki sama tölugildi og þórþrýstingurinn. SRF er skammstöfun á "stress reduction factor" og túlkar spennur og spennubreytingar sem má vænta við röskun bergsins.

Venjulega er RQD ákvarðað með mælingu á borkjörnum sem prósentu af samantlagðri lengd kjarnabúta ≥ 10 cm á viðkomandi bili borholunnar. Þetta er þó ekki ávallt mögulegt og má þá notast við góðar bergopnur. Við slíkar aðstæður er RQD fundið samkvæmt líkingunni:

$$RQD = 115 - 3,3 J_v, \text{ þar sem}$$

$$J_v = \text{heildar sprungufjöldi á m}^3, \text{ en}$$

$$RQD = 100, \text{ ef } J_v \leq 4,5$$

+) Kerfi þetta er tekið lítið breytt úr : Barton, N. et al., 1974.

"Engineering Classification of Rock Masses for the Design of Tunnel Support,"
Rock Mechanics, 6. hefti, bls. 189-236.

1981-01-28

VIÐAUKI B Helstu eiginleikar bergs

1 BASALTHRAUN

Basalthraunin eru almennt heillegar jarðmyndanir með $RQD > 75\%$ og oft með $RQD > 90\%$. Brotið basalt með $RQD < 40$ getur þó verið hið þokkalegasta jarðgangaberg sé það ekki of nærri yfirborði yfirborði né heldur í háu spennusviði.

Stuðlafletir bergsins eru mest áberandi lóðréttir veikleikafletirnir. Í borkjarna eru yfirleitt erfitt að greina á milli stuðlaflata og lóðréttra tektónískra sprungna, og má raunar telja sennilegt að við tektónískar hreyfingar liðist bergið fremur um stuðlafletina en að heilt berg sé brotið. Stuðlar eru ýmist sexhyrndir eða ferhyrndir. Ekki virðist þetta þó skipta miklu máli hvað varðar stæðni bergsins. Strangt tekið telst berg með sexhyrndum strúktur hafa þrjár sprungustefnur ($J_n=9$), en tvær sprungustefnur ($J_n=4$) ef hann er ferhyrndur. Ósamfelldar sprungur og straumflögun eru veikleikafletir innan hvers stuðuls, sem taka verður tillit til og eru hér kallaðir "sprungur með aðra stefnu". Niðurstaðan verður því sú að basalt hraun er talið hafa tvær megin sprungustefnur auk smærri sprungna með aðrar stefnur. J_n verður því 6. Með þessu hefur ekki verið tekið sérstakt tillit til meiri háttar sprungna, misgengja eða lagmóta, enda er það hér álitnið að ef ástæða er til þá skuli þau fá sérstaka umfjöllun hverju sinni.

Stuðlafletir og aðrir sprungufletir í basalti eru oftast hrjúfir. Hrjúfur flötur er hér skilgreindur sem slíkur ef áferð hans er grófari en venjulegt yfirborð borkjarna. Á þennan hátt er viðmiðunarflötur alltaf við hendina. Þegar talað er um bylgjóttan flöt er aftur á móti átt við lögun en ekki áferð. Hér skiptir mestu sambandið á milli gliðunar sprungunnar annars vegar og hlutfallið bylgjuhæð/bylgjulengd hins vegar. Þetta samband segir til um hvort skerbrot verði eftir sprungufletinum eingöngu, eða hvort brjóta þurfi í gegnum heilt berg til að skerbrotið geti átt sér stað. Almennt virðist gilda að brotflétir í basalti séu bylgjóttir. Niðurstaðan verður því $J_r=3$.

1981-01-27

Sprungufyllingar í basalti sem og í öðru bergi eru bæði misþykkar og af ýmsum gerðum. Silt er algeng sprungufylling og ýmsar steindir sömuleiðis. Þar sem svo háttar til og þar sem fyllingin er lítið meira en skæni innan á sprungunum verður $J_a=2$. Sé sprungufyllingin ósamlímd og það þykk, að nokkurra sm skerhreyfing um hana gæti orðið áður en sprunguveggir snertust þá verður $J_a=4$. Ef sprungufyllingin innihéldi sannanlega leir hækkuðu þessi gildi talsvert eða t.d. í $J_a=3$ og $J_a=6$.

Leki í kvarteru og tertíeru basalti er yfirleitt lítill. Vatnsþrýstingurinn vex með dýpi og vatnsflæðið með honum. Þrátt fyrir að göngin dragi vatnsborðið hratt niður þá verður nokkuð hár gradient í bergstálum á meðan á því stendur. Þegar jafnvægi er náð, svo og í mjög heillegu basalti má eflaust setja $J_w=1$, en ef þykkar sprungufyllingar eru algengar og því staðbundin útskolun möguleg þykir rétt að setja $J_w=.66$.

Spennumælingar eru af skornum skammti. Þrátt fyrir að svo sé virðist mega áætla að stærsta höfuðspennan σ_1 verði ekki meiri en 10% af einása brotþoli basalts, sem oft er um 200 MPa. SRF verður því 1,0, nema í forskála á litlu dýpi, þar sem SRF getur auðveldlega tvöfaldast.

2 VÖLUBERG - SETBERG

Völuberg er talsvert breytilegt að gerð, sem ákvarðast að verulegu leyti af samlímingu bindimassans og kornastærð. RQD er almennt hátt eða >75%. Þegar stærð valanna er orðin verulegur hluti af þversniði kjarnans vex hættan á að kjarninn brotni í borun eða upptöku meðfram völnum og þarf að athuga það sérstaklega í mati á RQD.

Engar storknunar eða samdráttarsprungur eru í völubergi, en sprungurnar aftur á móti myndaðar við tektónískar hreyfingar og að auki eru e.t.v. smærri sprungur myndaðar vegna minni fergingar sem orðið hefur við rof. Því virðist almennt óhætt að áætla fjölda sprungustefna eftir sprungurós af svæðinu, en "stress relief" sprungur ættu að sjást greinilega í kjarna ef þær er þar að finna. Fyrir Sandafell gildir því $J_n=4$, en

1981-01-28

en $J_n=6$ kemur til greina ef kjarninn sýnir merki um stöku sprungur með aðra stefnu.

Sprungurnar eru samfelldar fremur beinar, þ.e. lítið bylgjöttar. Áferðin virðist nokkuð breytileg en er víðast fremur hrjúf en slétt. Hér er því um að ræða nokkurs konar millistig og er gefin einkunin $J_r=1,5$ til $1,0$.

Sprungufyllingar eru víðast þær sömu og í basalti sem finnst við sömu aðstæður, Ja verður því oftast $=2,0$.

Um jarðvatnsaðstæður og spennuástand gildir það sama og fyrir basalt, nema hvað völubergið er öllu viðkvæmara fyrir háum vatnsþrýstingi vegna minna viðnáms á milli bergeininganna. Því verður að telja rétt að nota $J_w=.66$ í öllum tilfellum fyrir Sandafellsgöngin. Fyrir samilega vel samlímt völuberg virðist $SRF=1$ vera í lagi.

Það mat sem hér að framan hefur verið lagt á völuberg gildir um flest allt vel harðnað setberg og að líkindum einnig um móbergs túff þar sem bergbrotin eru bundin í þéttum túff massa. Um annað móberg, einkum móbergs- og bólstrabreksíu gilda önnur sjónarmið.

3 KUBBABERG

Við fyrstu sýn virðist kubbaberg vera afleitt jarðgangaberg, ef miðað er við hversu bergið er margsprungið. Í þessu sambandi verður þó að greina á milli mismunandi gerða kubbabergs og taka mið af stærð og dýpi ganganna. Sé þetta gert má eflaust finna bæði gott og slæmt kubbaberg. Það fer varla á milli mála að kubbaberg hefur minni stæðni en basalt hraun. Einkum er þetta svo þar sem bergið er margsprungið og undir háum spennum.

Í Sandafelli er kubbabergið margsprungið basalt, með flesta eiginleika basalt hrauna. Kubbastærðin er nokkuð breytileg milli hraunlaga og einnig innan hvers hraunlags. RQD gildið virðist gefa góða mynd af heilleika bergsins, en nægir þó ekki eitt til að skilja á milli basalt hrauns og kubbabergs. Til þess verður að endurmeta J_n .

1981-01-28

Ef um er að ræða brotið basalt en með sterk einkenni basalt hrauns virðist eðlilegt að gefa því $J_n=9$. Því kubbaðra sem bergið verður, því meira hækkar þetta gildi, og um smákubbótt berg virðist $J_n=15$ eðlilegt. Fyrir kubbaða basaltið í Sandafelli virðist $J_n=12$ henta best.

Þótt kubbaberg sé mjög sprungið berg, ná sprungurnar ekki sem samfelldur flötur í gegnum bergmassann. Auk þessa eru sprungufletirnir óreglulegir (bylgjóttir), en hvor tveggja þessi atriði auka stæðni bergsins. Sprungufletirnir eru aftur á móti litlir sem eykur líkur á staðbundnu minni háttar skriði. Áferð sprungnanna er álíka og yfirborðsáferð kjarnans og finni en gerist um venjulegar sprungur í basalhrauni. Af þessum sökum hefur verið notað gildið $J_r=2,5$, þ.e. bylgjóttar sprungur með áferð sem er milli þess að vera hrjúf og slétt.

Um sprungufyllingar gildir það sama og í basalti, þ.e. Ja almennt =2. Til að lýsa jarðvatnsaðstæðum er notað gildið $J_w=.66$ sem er fremur íhaldssamt mat. $SRF=1$ er notaður sem ætti að vera í samræmi við aðstæður í Sandafelli. Við forskála og á miklu dýpi þarf að hækka þetta gildi.

4 LÍPARÍT

Líparít er almennt talað smástuðlað og straumflögótt berg. Í Sandafelli líkist það fremur smásteinóttu kubbabergi, enda er RQD gildið lágt eða 20%. Svo virðist sem í flestum tilfellum megi líta á straumfletina sem sprungufleti og hefur bergið þá þrjár sprungustefnur eða $J_n=9$, sem er lágmarksgildi fyrir líparít. Eftir því sem bergið verður margsprungnara vex þetta gildi, allt að $J_n=15$.

Brotfletirnir eru litlir, en bylgjóttir og virðist áferð þeirra öllu sléttari en í kubbabergi. J_n gildið verður því 2,0. Líparíti fylgir yfirleitt hitaummyndun og oft leirsteindir. Algengt Ja gildi gæti því verið 3,0 en þar sem mikil ummyndun er og fyllingar eru þykkar getur Ja farið í 12,0.

Afleiðing útskolunar á þykkum sprungufyllingum í brotnu líparíti geta orðið alvarlegar fyrir stæðni bergsins. Fyrir líparítið í Sandafelli

1981-01-28

er þetta vandamál þó varla verulegt þar sem sprungufyllingar eru fremur þunnar. $J_w=66$ var því talið eðlilegt mat.

Það er ekki fráleitt að álíta að margbrotið líparít losni talsvert meira upp við vinnslu en annað berg. Líparítið sker sig að minnsta kosti frá hinum betri bergtegundum hvað þetta varðar, og því meira sem sprungufyllingarnar eru þykkari. Af þessum sökum er óeðlilegt að ætla sama SRF fyrir líparít og t.d. basalt hraun. Fyrir leirfyllt og margbrotið líparít gæti SRF verið 5,0 og jafnvel hærri við einstaklega slæm skilyrði. Hér virðist eðlilegt að mæla $SRF=2$.

Það er nokkuð ljóst að ef ofangreind rök standast þá er vandfundið það líparít sem ekki þarfnast verulegrar styrkingar í jarðgöngum. Svo virðist sem járnþent ásprautulag sé nauðsynlegt fyrir flest líparít og gæti það dugað sem endanleg fóðring sé bergið gott. Í öðrum tilfellum þarf steinsteypa fóðringu.

TAFLA 1 Tölulegt mat á jarólögum í Sandafelli

A. JARÐGANGALEIÐ I

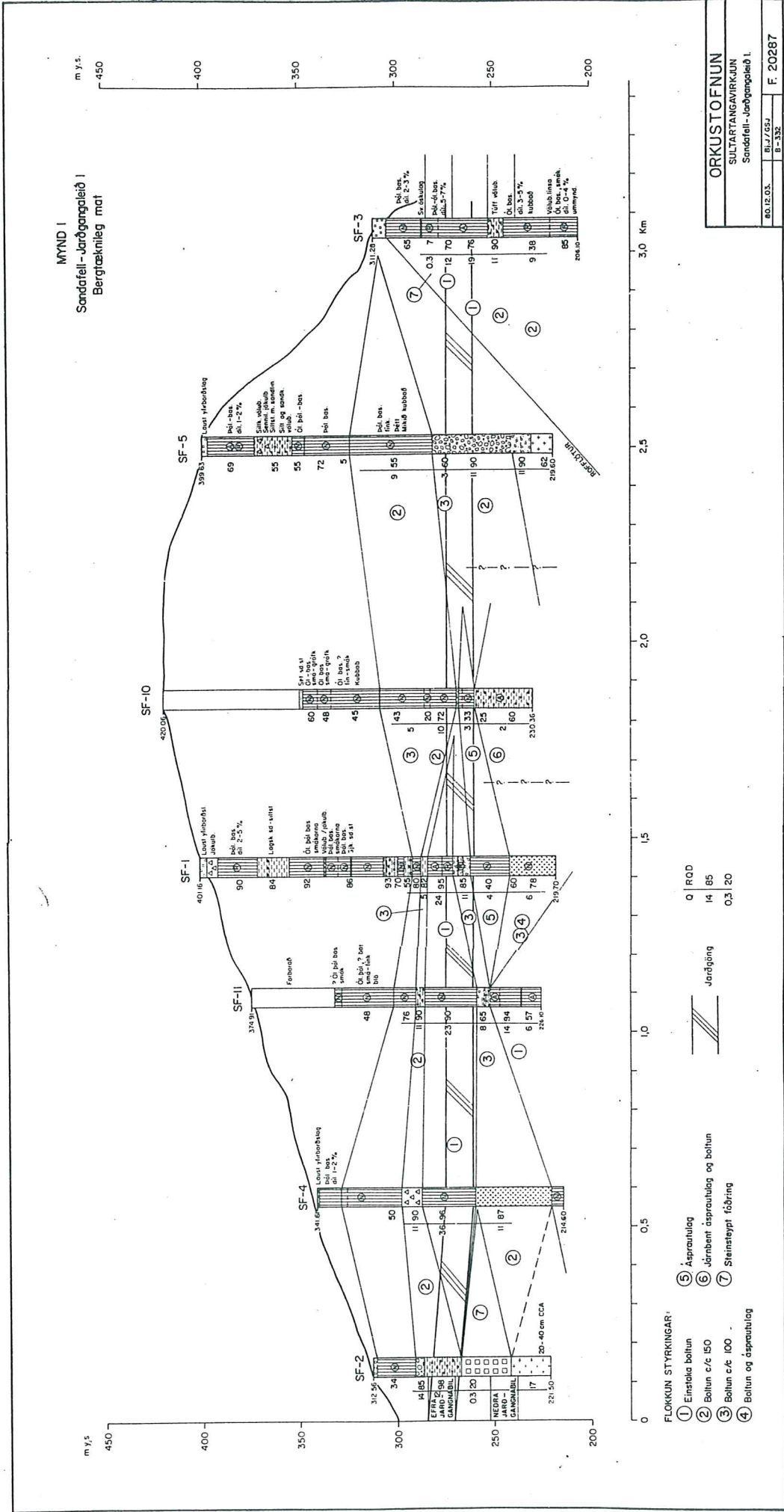
Borhola	Dýpi	Bergtegund	RQD/ln	Jr/Ja	Jw/SRF	Q	Veitugöng-styrking
SF- 2	21- 26	Hnullungab.	85/4	2/2	.66/1	14	Boltun C/C 150-200.
SF- 2	26-45	Völuberg	98/4	1,5/2	.66/1	12	Boltun C/C 150.
SF- 2	45-71	Líparit	20/15	2/3	.66/2	0,3	Steypt fóðring 20-40 sm auk spenntra, grautaóra bolta C/C 100.
SF- 4	48-54	Jökulberg	90/4	1,5/2	.66/1	11	Boltun C/C 150.
SF- 4	54-82	Díl. basalt	96/4	3/2	1/1	36	Einstaka boltun.
SF- 4	82-121	Mób. völuberg	87/4	1,5/2	.66/1	11	Boltun C/C 150.
SF-11	88-116	Díl. basalt	90/6	3/2	1/1	23	Einstaka boltun.
SF-11	116-123	Líp. völuberg	65/4	1,5/2	.66/1	8	Boltun C/C 100.
SF-11	123-139	Ól. basalt	84/6	3/2	.66/1	14	Einstaka boltun og ásprautun á karga.
SF- 1	113-117	Völuberg	82/6	1/2	.66/1	5	Spennfir boltar C/C 100-150.
SF- 1	117-130	Díl. basalt	95/6	3/2	1/1	24	Einstaka boltun.
SF- 1	130-138	Völuberg	85/4	1,5/2	.66/1	11	Boltun C/C 150. Einhver ásprautun líkleg.
SF- 1	138-158	Kubb. basalt	40/12	2,5/2	1/1	4	Ásprautulag 5 sm og einhver boltun líkleg.
SF- 1	158-182	Mób. völuberg	78/4	1,5/3	.66/1	6	Boltun C/C 100-150 auk netbindingar.
SF-10	112-134	Kubb. basalt	43/12	2,5/2	1/1	5	Boltun C/C 100-150 auk netbindingar.
SF-10	135-150	Brotið basalt	72/9	2,5/2	1/1	10	Boltun C/C 150. Einhver ásprautun líkleg.
SF-10	151-160	Kubb. basalt	33/15	2,5/2	1/1	3	Ásprautulag 5 sm og einhver boltun líkleg
SF-10	160-175	Líp. völuberg	25/6	2/3	.66/1	2	Boltun C/C 100 auk 5 cm járn-bents ásprautulags.
SF- 5	76-118	Brotið basalt	55/9	3/2	1/1	9	Boltun C/C 150.
SF- 5	118-126	Völuberg	60/6	1,5/3	.66/1	3	Boltun C/C 100. Einhver ásprautun líkleg.
SF- 5	126-169	Völuberg	90/4	1,5/2	.66/1	11	Boltun C/C 150.
SF- 3	25-31	Gjallk. bas.	7/12	2,5/3	.66/1	0,3	Steypt fóðring 20-40 sm og spennfir, grautaðir boltar C/C100.
SF- 3	31-43	Þól-ól. bas.	70/9	3/2	1/1	12	Einstaka boltun.
SF- 3	43-60	Þól-ól. bas.	76/6	3/2	1/1	19	Einstaka boltun.
SF- 3	60-67	Túff-völuberg	90/4	1,5/2	.66/1	11	Boltun C/C 150.
SF- 3	67-91	Ól. basalt	38/6	3/2	1/1	9	Boltun C/C 150. Einhver ásprautun líkleg.

TAFLA 15 Tölulegt mat á jarðlögum í Sandafelli

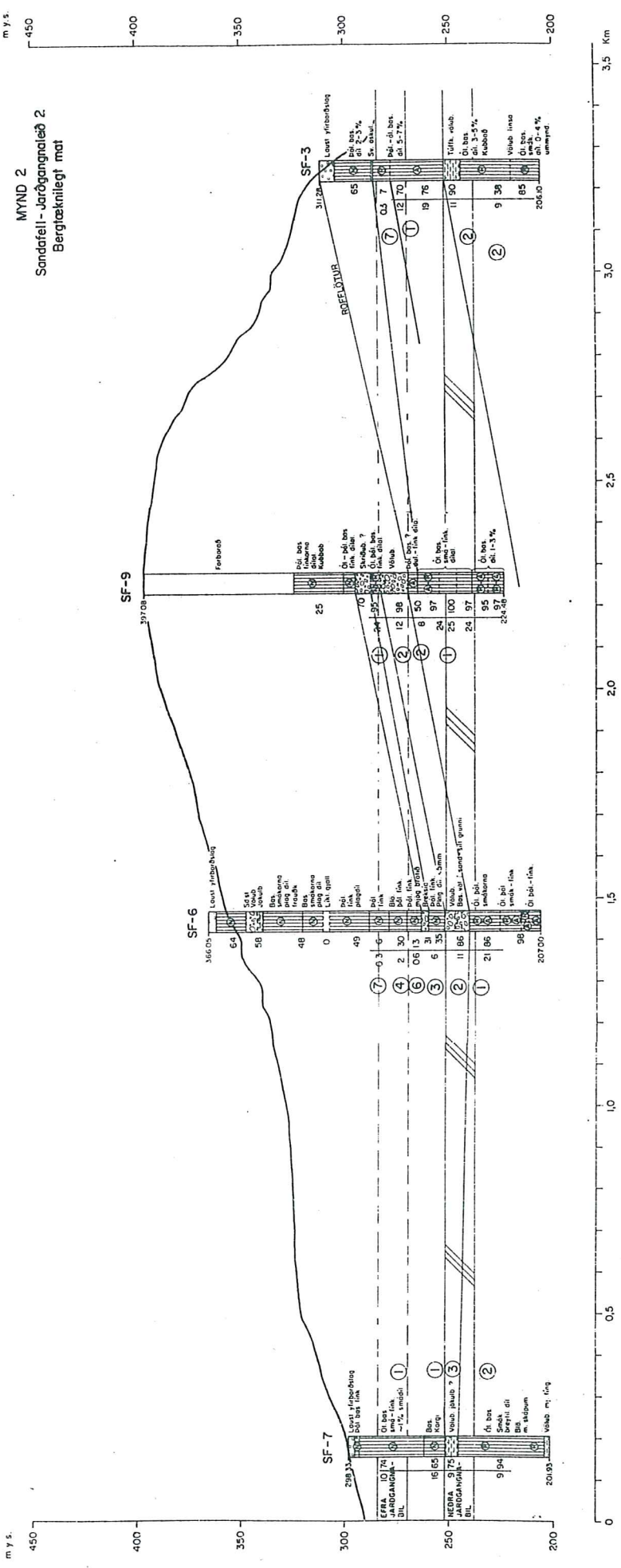
B. JARÐGANGALEIÐ II

Borhola	Dýpi	Bergtegund	RQD/Jn	Jr/Jn	Jw/SRF	Q	Veitugöng-styrking
SF- 7	6-36	Ól.basalt	74/6	3/2	1/1	18	Einstaka boltun.
SF- 7	36-46	Þól. basalt	65/9	3/2	1/1	16	Einstaka boltun. Einhver ásprautun líkleg.
SF- 7	46-53	Völuberg	75/4	1,5/2	.66/1	9	Boltun C/C 100.
SF- 7	53-94	Ól. basalt	94/6	3/4	.8/1	9	Boltun C/C 150.
SF- 6	77-87	Kubbað basalt	6/15	1,5/2	1/1	0,3	Steypt fóðring 20-40 sm og spenntir boltar C/C 100.
SF- 6	87-95	Kubbað Basalt	30/12	2/2	.66/1	2	Boltun C/C 100 auk 5 sm járn- bents ásteypulags.
SF- 6	95-102	Kubbað basalt	13/15	1,5/2	1/1	0,6	Járnbent ásprautulag 10 sm, og spenntir boltar C/C 100.
SF- 6	105-113	Brotið basalt	35/9	3/2	1/1	6	Boltun C/C 100-150. Einhver ásprautun líkleg.
SF- 6	113-125	Völuberg	86/4	1,5/2	.66/1	11	Boltun C/C 150.
SF- 6	125-139	Þól. basalt	86/6	3/2	1/1	21	Einstaka boltun.
SF- 9	109-114	Ól.þól. basalt	96/6	3/2	1/1	24	Einstaka boltun.
SF- 9	114-127	Völuberg	98/4	1,5/2	.66/1	12	Boltun C/C 150-200.
SF- 9	127-132	Brotið basalt	50/9	3/2	1/1	8	Boltun C/C 150. Einhver ásprautun líkleg.
SF- 9	132-172	ÓL. basalt	97/6	3/2	1/1	24	Einstaka boltun.

MYND I
Sondafell - Jarðgangaleið I
Berggrænkleg mat



- FLOKKUN STYRKINGAR:
- ① Einstakla boltun
 - ② Boltun c/c 150
 - ③ Boltun c/c 100
 - ④ Boltun og ásprenningur
 - ⑤ Ásprenningur
 - ⑥ Járntengt ásprenningur og boltun
 - ⑦ Steinsteyptr föðring
- 0 RÖD
- Jarðgang
- 14 65
- 0.3 20



MYND 2
 Sandarféll - Jarðgangnaleið 2
 Bergtæknilegt mat

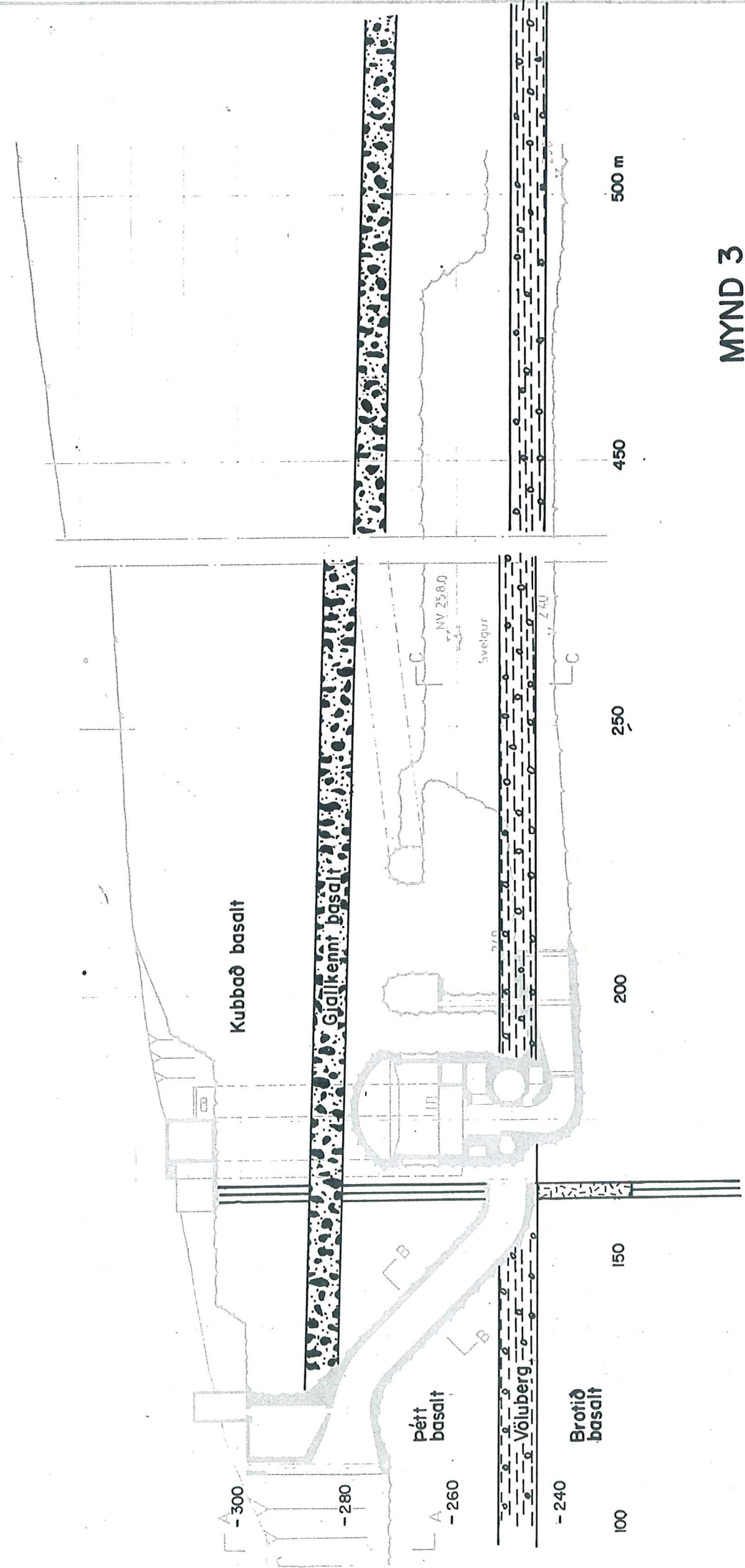
0 0.5 1.0 1.5 2.0 2.5 3.0 3.5 Km

FLOKKUN STYRKINGAR
 Sjá mynd 1.

ORKUSTOFNUN	
SULTARTANGAVIRKIUN	
Sandarféll - Jarðgangnaleið 2	
80.12.05.	Bl./J. 05J
B-332	F. 20288

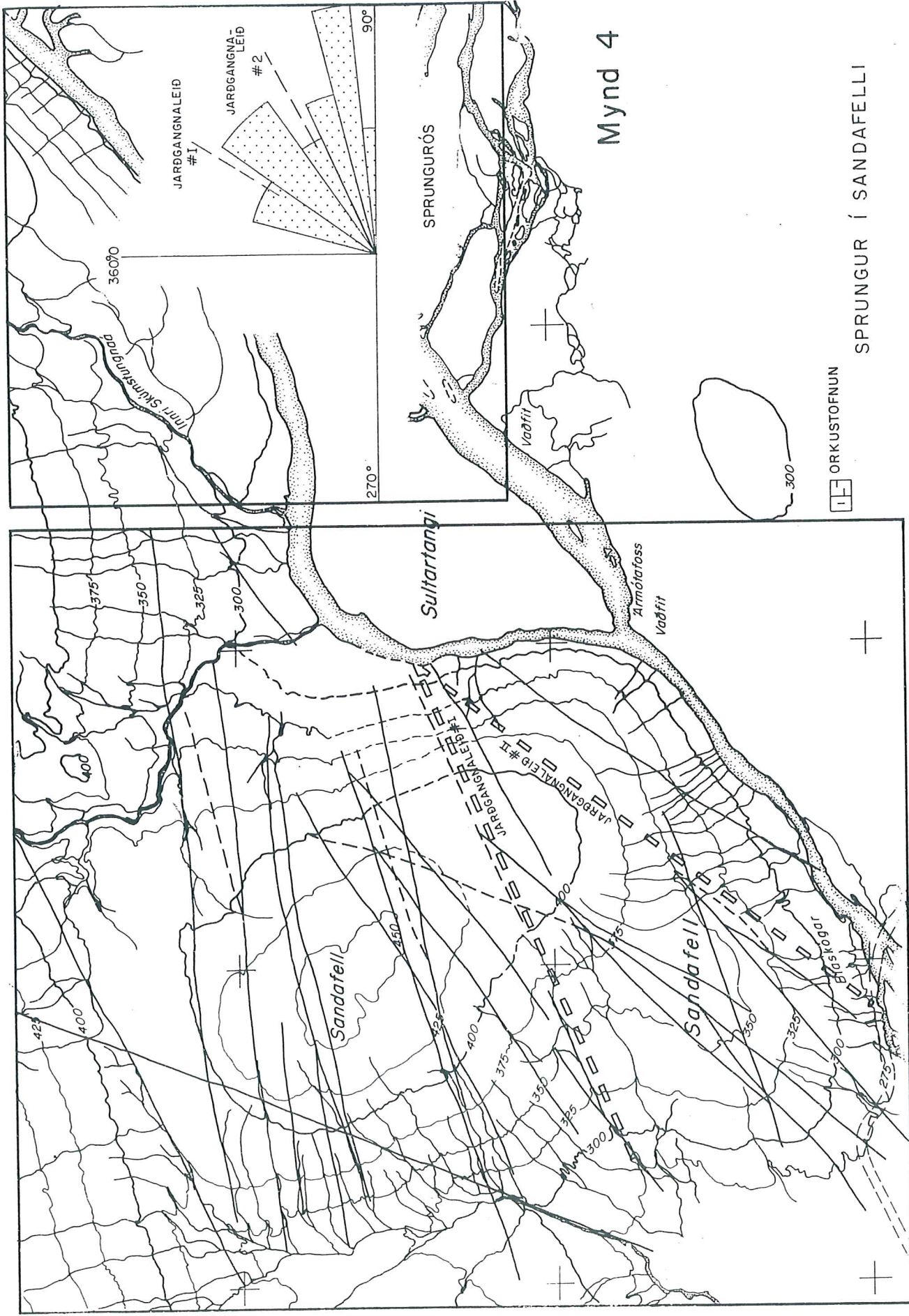
+

+



MYND 3

Stöðvarhús og svelgur.



Mynd 4

SPRUNGUR Í SANDAFELLI

ORKUSTOFNUN