



ORKUSTOFNUN
Vatnsorkudeild

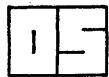
BLÖNDUVIRKJUN

**Rannsóknir á setbergi
á jarðgangaleiðum**

Bjarni Bjarnason

OS-83008/VOD-04 B

Febrúar 1983



ORKUSTOFNUN
GRENSÁSVEGI 9, 108 REYKJAVÍK

SKILAGREIN

BLÖNDUVIRKJUN

**Rannsóknir á setbergi
á jarðgangaleiðum**

Bjarni Bjarnason

OS-83008/VOD-04 B

Febrúar 1983

Dags.

1983-03-21

Dags.

Tilv. vor

VOD/330/631/28-83

Tilv. yðar

LANDSVIRKJUN
Háaleitisbraut 68
108 Reykjavík.

Skilagrein þessi er unnin fyrir Rafmagnsveitur Ríkisins og Landsvirkjun samkvæmt verksamningi um rannsóknir v/Blönduvirkjunar undirskrifuðum 17. ágúst 1982. Verksamningurinn var gerður við Rafmagnsveitur Ríkisins, en Landsvirkjun tók við sem verkkaupi í október 1982, er samningur þar að lútandi milli Ríkisstjórnar Íslands og Landsvirkjunar tók gildi.

Í skilagrein þessari er gerð grein fyrir mælingum á nokkrum bergtæknilegum eiginleikum setbergs á jarðgangaleiðum vegna fyrirhugaðrar Blönduvirkjunar. Í upphafi var litið á verk þetta einungis sem söfnun upplýsinga um tækni-lega eiginleika setbergsins, en síðar fór Landsvirkjun fram á að meiri áhersla yrði lögð á það að segja fyrir um möguleg vandamál við vinnslu laganna.

Tertiera setbergið við Blöndu er all breytilegt að gerð og eiginleikum og hefur rannsóknin leitt í ljós að hægt er, á fremur einfaldan og fljótlegan hátt, að mæla ýmsa þætti breytileikans. Tvö dæmi sem lýst er í skýrslunni um mannvirkjagerð í sliku setbergi hér á landi benda til að það verði ekki til verulegra vandræða við vinnslu.

Mikilvægt er að fylgjast vel með vinnslu setbergsins meðan á gangagerðinni stendur til þess að bera útkomu úr þessum mælingum saman við raunverulega vinnslueiginleika og stæðni setlaganna. Gera þarf einfaldar mælingar á set-lögnum jafnhliða vinnslunni svo flokka megi löginn jafnóðum. Þá reynslu sem fást af gangagerð við Blöndu þarf að nýta sem allra best ef full not eiga að fást í framtíðinni af setlagarannsókn þessari.

Ráðgerðum prófum á setberginu er ekki að fullu lokið. Nú er verið að mæla frekar vatnsupptöku og þenslu undir þrýstingi á óhreyfðum vaxbornum sýnum.

8

Haukur Tómasson
Haukur Tómasson

Birgir Jónsson
Birgir Jónsson

Ágúst Guðmundsson
Ágúst Guðmundsson

Bjarni Bjarnason
Bjarni Bjarnason

<u>EFNISYFIRLIT</u>	bls.
Listi yfir tákna	3
1 INNGANGUR	4
2 ALMENNT UM SETBERGIÐ	5
2.1 Aldur og uppruni	5
2.2 Þykktir og fjöldi setlaga	5
3 RANNSÓKNARAÐFERÐIR	6
3.1 Val mæliaðferða	6
3.2 Lýsing mæliaðferða	7
4 MÆLINIÐURSTÖÐUR	9
5 TÚLKUN NIÐURSTAÐNA	16
5.1 Niðurstöður burrmælinga	16
5.2 Mælingar á vatnsmettuðum, óhreyfðum sýnum úr BV-32	17
5.3 Flokkun setbergs á jarðgangaleiðum	19
6 LOKAORD	23
HEIMILDASKRÁ	24
<u>TÖFLUR</u>	
1 Þykktir, fjöldi og hlutur setlaga á jarðgangaleiðum	6
2 BV-20 Mæliniðurstöður	11
3 BV-32 Mæliniðurstöður	12
4 Niðurstöður vatnsupptökumælinga á vaxbornum sýnum	13
5 Vatnsflokkun sýna	13
6 Aðkomugryfja og Oddsskarðsgöng, mæliniðurstöður	21
7 Niðurstöður frá NTH í Noregi úr mælingum á sýnum úr BV-20	21
8 Meðaltal burrmælinga úr holum BV-20 og BV-32	22
9 Flokkun setbergs á jarðgangaleiðum	22
<u>MYNDIR</u>	
1 Staðsetninga- og jarðfræðikort	25
2 Frárennslisqöng, langskurður jarðlaga	27
3 Fallgöng og stöðvarhús	29
4 Aðkomugöng, langsnið jarðlaqa	31
5 Gryfja við munna aðkomuganga	33
6 Samband ödometerbrýstings, ödometerbenslu og vatnsflokkunar	35
7 Samband ödometerbenslu og vatnsflokkunar við brotstyrk	35

LISTI YFIR TÁKN

- \emptyset þensla = Þensla sýnis í ödometer (sigmæli)
 \emptyset þrýstingur = Þensluþrýstingur í ödometer
Df = Frjáls þensla
Xf = Flatarmál röntgentopps sem margfeldi af flatarmáli þess minnsta
VF = Vatnsflokkun sýna
W = Rakastig; þungi vatns/þungi fastra efna (water content)
n = Holrýmd; rúmmál pora/heildarrúmmál (porosity)
e = Holrýmishlutfall; rúmmál pora/rúmmál fastra efna (void ratio)
Gs = Kornarúmþyngd (particle specific gravity)
Is = Brotstyrkur í punktálagstæki

1 INNGANGUR

Frá vori 1982 hefur verið unnið með hléum að mælingum á nokkrum bergtæknilegum eiginleikum setлага á jarðgangaleiðum í Eiðsstaðabungu) vegna fyrirhugaðrar Blönduvirkjunar. (Þar sem orðið setlag kemur fyrir er átt við setbergslög en ekki lög af lausu seti. Orðið setlag er mun bjálla og því oft notað í textanum). Mælingarnar voru gerðar á Orkustofnun í Reykjavík og á borstað við Blöndu sumarið 1982. Langmestur hluti mælinganna er gerður á borkjarna úr rannsóknarborholum við Blöndu en hann er í vörslu Orkustofnunar. Hér birtast á einum stað niðurstöður allra mælinga sem gerðar hafa verið fram til þessa.

A myndum 1-5 aftast í skilagreininni sést staðsetning borhola og þverskurður í jarðlög og mannvirki.

Í upphafi var litið á verk þetta sem söfnun upplýsinga um tæknilega eiginleika slíkra tertíerra setлага. Var ætlunin að bera mæliniðurstöður saman við reynslu þá sem fengist af vinnslu laganna við væntanlega jarðgangagerð. Þannig mætti hugsanlega fá nokkurt mat á þáð hvaða eðlisþættir setlagaréðu mestu um vinnsluhæfni þeirra og styrkingabörf og hvort unnt yrði í framtíðinni að sjá fyrir vandamál við mannvirkjagerð í sambærilegu setbergi annars staðar út frá mælingum á sýnum.

Er fyrstu niðurstöður bárust til Landsvirkjunar setti nokkurn ugq að mönnum og er líklegt að misskilnings hafi gátt við "túlkun" þeirra. Landsvirkjun þótti, að svo komnu, að of lítið væri vitað um eiginleika setlaganna til mannvirkjagerðar. Fór Landsvirkjun fram á þáð við Orkustofnun að meiri áhersla yrði lögð á setlagarannsóknirnar með þáð að markmiði að segja fyrir um möguleq vandamál við vinnslu laganna. Hér er því farin nokkuð önnur leið en til stóð í upphafi og verður útkoman að skoðast í ljósi þess.

Sáralítil reynsla er af gangagerð í tertíeu setbergi á Íslandi og litla samsvörun að finna erlendis. Eitt slíkt lag er í Oddskarðsgöngum en auk þess vildi svo heppilega til að grafið var gegnum rúmlega 5m bykkt setlag við gerð aðkomugryfju Blönduvirkjunar síðastliðið haust. Stuðst er við þessi tvö dæmi við túlkun niðurstaðna svo sem síðar skal vikið að.

Við borun skáholu (BV-32) niður að væntanlegum stöðvarhelli sumarið 1982 voru gerðar mælingar á setbergi um leið og kjarninn kom úr holunni. Úr þeim mælingum fengust raungildi á brotstyrk laganna, vatnsinnihaldi, rúmþyngd o.fl. Kjarni úr öllum öðrum holum var mældur gegnþurr, en miklar

breytingar verða á setberginu við burrkun. Veita mælingarnar úr skáholunni góðan stuðning við túlkun gagna úr Öðrum holum en teljast einnig mikilvægar einar sér.

Mikill borkjarni er til á Orkustofnun frá virkjanastöðum sem vænlegastir bykja í náinni framtíð. Væri mjög æskilegt að geta unnið meiri upplýsingar úr því dýrmæta hráefni en nú er gert, bæði hvað setberg og storkuberg varðar.

2 ALMENNT UM SETBERGIÐ

2.1 Aldur og uppruni

Rannsókn þessi beinist eingöngu að tertíeru setbergi í Eiðsstaðabungu en allt setberg á jarðgangaleiðum mun hafa myndast á því tímabili jarðsögunnar og vera um 6-7 milljón ára gamalt (1).

Setlögin eru sennilega í meginindráttum af tvennum uppruna, annars vegar jarðvequr sem bykknað hefur smátt og smátt í goshléum einkum veqna áfoks og hins vegar gjóskulög sem myndast hafa á örskömmum tíma við gjóskufall. Flest laganna munu þó vera beggja bland. Í upphafi hafa lögin verið að mestu úr súru og basísku gleri. Gler (ókristallað efni) ummyndast mun hraðar en kristallað storkuberg svo sem basalt. Á þeim ármilljónum sem liðið hafa frá því lögin hlíðust upp hefur hluti glersins breyst í leirsteindir, aðallega smektít (montmorillonít). Við aukna ummyndun virðist holrýmd og vatnsrýmd laganna aukast en rúmbyngd og brotstyrkur lækka. Smektít hefur bann eiginleika að geta tekið vatnssameindir inn á milli laga í kristalgrindina en við bað eykst rúmmál hennar. Smektítrík jarðefni eru því næm fyrir rakabreytingum og benslueiginleikar beirra geta valdið vandræðum við mannvirkjagerð. Margir samverkandi bættir ráða bensluhegðun slíkra jarðefna og er leirinnihaldið eitt sér alls ekki einhlítur mælikvarði á vandamál sem upp kunna að koma við vinnsluna.

2.2 Þykktir og fjöldi setлага

Þykktir setlaðanna við Blöndu eru mjög breytilegar. Þykkasta lagið er ofarlega í BV-32 (skáholu), rúmlega 30m bykkt en víða eru örðunn setlöq milli basaltlaga. Engar prófanir voru gerðar á lögum bynnri en 10-20 cm. Fjöldi setлага sem jarðgöng munu skera er áætlaður um 25 en sú tala er marklítill þegar bess er gætt að frárennslis- og aðkomugöng geta skorið sama lagið oft eftir því hvernig höggun jarðlagastaflans er háttar (1). Nær lagi er að reikna hlut setbergs af heildarþykkt hverrar jarðlagasyrupu eins og þær birtast í borholum og áætla hlut setbergs af heildarlengd jarðganga út frá því. Óvissan er mjög lítil í

fallgöngum og strengjagöngum en hlýtur alltaf að vera nokkur í frárennslisgöngum og aðkomuqöngum. Niðurstöður eru dregnar saman í töflu 1.

TAFLA 1 Þykktir, fjöldi og hlutur setlaga á gangaleiðum

	Lóðrétt fallgöng (BV-20)	Hallandi fallgöng (BV-32)	Strengja göng (BV-27)	Frá-rennslis-göng	Aðkomu göng
Hlutur setbergs af qangalengd (%)	23	30	22	17,5	1
Fjöldi setlaga	12	11	11	7-10*	?
Þykktir meðal (m) hám. 4,7 láqm. 0,4	17,5 7,4 0,2	32,3 4,0 0,1	17,2 4,0 0,1	6,0 2,3 0,4	
Lagspönn meðal (m) lágm.	** hám. Lagspönn meðal (m) lágm.	41,5 9,5 0,3		115 80 60	

* Göngin skera flest laganna oftar en einu sinni.

** Lagspönn = Vegalengd frá því lag birtist í göngum bar til það er horfið.

? Fjöldi ekki bekktur, væntanlegra miða fá.

3 RANNSÓKNARAFERÐIR

3.1 Val mæliaðferða

Mæliaðferðir má flokka í tvennt: I. Mælingar sem gerðar eru á borkjarnasýnum blautum, ýmist strax og bau koma úr borholu eða síðar á vaxbornum sýnum bar sem varðveitt er náttúrulegt rakastig. II. Mælingar á burrum sýnum.

I Mæliaðferðir á blautum borkjarna

- 1 Vot rúmbyngd
- 2 Rakastig
- 3 Brotstyrkur
- 4 Vatnsupptaka

Út frá votri rúmbyngd og rakastiði er reiknuð

kornarúmbyngd, holrýmd og holrýmishlutfall.

II Mæliaðferðir á burrum sýnum

- 1 Ödometerbensla
- 2 Ödometerbrýstingur
- 3 Frjáls bensla
- 4 Vatnsflokun
- 5 Röntgengreining leirs

Lítið var um íslenskar fyrirmyn dir að jarðtæknilegum mæliaðferðum á burrum sýnum sem hér um ræðir begar verkið hófst. Var því leitað eftir þeim erlendis og fengust bær bestar frá Noregi en bar í landi hefur benjanlegur leir (montmorillonít) valdið vandræðum við jarðgangagerð (8 og 9). Mælingar á Ödometerbenslu, Ödometerbrýstingi og frjálsri benslu eru algengar í Noregi og er stuðst við bær aðferðir að mestu óbreyttar (3,4 og 8). Vatnsflokun sýna er heimatilbúin "mæliaðferð" en henni er ætlað að gefa, á mjög einfaldan, fljótlegan og ódýran hátt, rökstudda hugmynd um ákveðna eiginleika setbergsins.

3.2 Lýsing mæliaðferða

Vot rúmbyngd

Reglulega lagaðir kjarnabútar, 200-300 g vegnir nákvæmlega. Rúmmál var mælt á tvennan hátt, með rennimáli og með niðurdýfinigu í vatn í mæliglassi. Bar niðurstöðum vel saman.

Rakastig

Sýni veqin blaut, síðan burruð í stöðuga byngd við 105 gráður C. Rakastig = byngd vatns/byngd fastra efna x 100 (%).

Brotstyrkur

Mældur með punktálagsprófi (point load test). Brotstyrkur var mældur í öllum setlögum í BV-32. Að baki hverjum uppgefnum brotstyrk liqqja um 9 próf að meðaltali. Lágmarks lengd sýna er $1,4 \times$ þvermál kjarna. Álagið er lagt bvert á kjarnann með tveimur gagnstæðum keilulaga tönnum, en ekki á endana svo sem gert er í einásprófi. Punktálagstækið sem notað var til mælinganna er mjög handhægt og kjarnasýni burfa enga sérstaka meðhöndlun fyrir próf sem verða því ódýr og fljótleg í framkvæmd. Tækið vegur aðeins um 30 kg og má því auðveldlega flytja bað milli rannsóknarstaða. Notkun bess færist mjög í vöxt erlendis

vegna nefndra kosta og er komin mikil reynsla á það.

Vatnsupptaka

Reynt er að meta hvaða áhrif fargléttir hefur á vatnsinnihald og rúmtak setлага. Prófuð voru vaxborin sýni og reiknað með að bau varðveiti bað vatnsinnihald sem bau höfðu í jörðu fyrir borun. Um 20 gramma sýni voru vegin í deiglu sem hékk í vogararmi, á kafi í vatni. Þynqd var lesin nokkrum sinnum bar til sýnin voru hætt að byngjast eftir um 3 sólarhringa. Notuð var efnagreiningavog með aflestrarnákvæmni hundraðbúsundasti úr grammi.

Ödometerprófanir

Öll sýni voru fínmöluð fyrir ödometerprófin og fullmöluð uns allt sýnið slapp gegnum 125 míkróm sigti. Duftið var burrkað við 105 C í eina klst.. látið kólna en síðan voru 30g fergð í ödometer við 20 kg/cm² í tvær klst. Sýnishólfíð er hringlaga, 2cm djúpt, 20cm² að flatarmáli. Að 2 klst. liðnum var álaginu létt í 0,05 kg/cm² og bykkt sýnis mæld. Vatni var hleypt í sýnið um síustein á botni. Sýnið dregur upp vatn og benst 16ðrétt. Að 2 klst. liðnum frá því vatni var hleypt á var bykkt sýnis mæld að nýju. Ödometerbensla = bykktaraukning/upphafsbýkkt x 100 (%). Sýnið var nú fergt að nýju í brepum. Þenslubrýstingur er skilgreindur sem sá brýstingur sem barf til að halda bykkt sýnis stöðugri við upphaflegt gildi (bá bykkt sem sýnið hafði áður en vatni var hleypt á). Feringing tók yfirleitt 1/2 til 1 klst.

Frjáls bensla

Tíu ml. af þurru lauspökkuðu fínmöluðu sýnisdufti var hellt út í vatn í 50ml. mæligiasi. Sýnið var hrast upp í vatninu og látið botnfalla í sólarhring og rúmmál sýnis í vatni lesið af mæliglasinu. Frjáls bensla = rúmmál í vatni/10ml x 100 (%).

Vatnsflokkun sýna

Moli af ofnburrkuðu sýni (105 C) um 5cm³ er settur í kalt vatn og hegðun hans lýst fyrstu 2 mínúturnar. Eftir bað er sýninu náið milli fingra og áhrifunum lýst. Lýsingarnar eru dregnar saman í eftirfarandi 4 flokka með hliðsjón af ödometerprófum úr BV-20.

1. FLOKKUR. Moli stendur heill í vatni. ekkert hrynnur úr

honum, vatn er tært. Molnar treglega eða alls ekki milli fingra, smyrst ekkert. Þensla minni en 5%, brýstingur minni en 3 kg/cm².

2. FLOKKUR. Hrynnur dálítið úr molanum en hann stendur þó heill eftir að mestu. Gróf dreif kringum molann en vatn tært. Molnar í fáa hluta eða niður í sand milli fingra, kornin skörp og hörð, hugsanlega finn massi milli korna en smyrst ekkert. Litblær á vatni ef hrært er í bví. Þensla lítil, 5-15%, brýstingur 3-7 kg/cm².

3. FLOKKUR. Mjög virkt í vatni. Molinn byrjar að springa og molna um leið og hann kemur í vatn og er orðinn að útrunnu hrúgaldi eftir 1/2 til 1 mínútu. Vatnið fær daufan lit án bess að hrært sé í bví. Smyrst vel milli fingra en ekki fullkomlega, dálítið um hörð korn í eðjunni. Þenst all mikið, 13-25%, brýstingur 3,5-7 kg/cm², svipaður og hjá flokki 2.

4. FLOKKUR. Sýni tekur að molna um leið og bað kemur í vatn. Bólgnar út og "aurskriður byrlast niður hlíðarnar". Hætt að benjast eftir 1/2 mínútu en eftir bað "leita hlíðarnar jafnvægis". Virkni lokið eftir 1 mínútu. Fullkomín eðja milli fingra, engin hörð korn standa eftir. Vatn gruggugt án bess að hrært sé í bví. Þensla mjög mikil, 25-31%, brýstingur 6,5-18 kg/cm².

Hjá öðrum sýnum en úr BV-20 hefur vatnsflokkunin verið notuð sjálfstætt, b.e. eingöngu stuðst við ofangreindar flokkalýsingar án hliðsjónar af öðrum prófunum á viðkomandi sýnum. Niðurstöður eru síðan bornar saman eftir á.

Röntgengreining leirs

Leir var greindur til tegunda í 22 sýnum úr BV-20. Smektfít (montmorillonít) er í öllum sýnum, virðist þó mjög mismikið. Greiningin er ekki magnbundin, sýnir aðeins fram á að benjanlequr leir hefur myndast í öllum sýnunum.

4 MÆLINIÐURSTÖÐUR

Kjarnaborhola BV-20

Vorið 1982 voru mæld 22 sýni úr öllum setlögum holunnar. Sýnin voru mæld burr, kjarninn búinn að standa hálfþá ár í upphitaðri kjarnageymslu. Voru þá fyrstu mælingar á setbergi frá Blöndu. Niðurstöður eru í töflu 2.

Kjarnaborhola BV-32 (skáhola)

Mæld var vot rúmbyngd og vatnsinnihald 32 sýna úr öllum tertíerum setlögum í holunni. Brotstyrkur var mældur í öllum lögum, á 21 stað alls. Lengri og heillegri kjarnasýni barf til brotstyrksmælinga og eru þær því færri en rúmbyngdar- og rakamælingar. Sýni voru tekin úr öllum lögnum og vaxborin til mælinga síðar. Eftir að kjarninn úr holunni kom til Reykjavíkur var hann mældur þurr á sama hátt og áður hafði verð gert í BV-20. Niðurstöður mælinga úr holunni eru í töflu 3. Vatnsupptökumæling var gerð á 2 sýnum úr holunni og eru niðurstöður í töflu 4.

Kjarnaborholur BV-12-13-14-21-22 og 27

Holur þessar veita upplýsingar um jarðög á leiðum frárennslisganga, aðkomuganga og strengjaganga en staðsetning holanna sést á myndum 1-4. Tekin voru sýni úr öllum helstu setlögum í holunum og þau vatnsflokkuð en ekki mæld á annan hátt. Niðurstöður eru í töflu 5.

Aðkomugryfja

Átta sýni, G-1 til G-8, voru tekin úr rúmlega 5m þykku setlagi í veggjum aðkomugryfju, í tveim lóðréttum sniðum og eru þau fulltrúar helstu eininga innan lagsins. Eitt sýni, G-9, var tekið úr u.p.b. 6m þykku setlagi efst í innsta hluta gryfju en jarðbönn komu í veg fyrir frekari sýnatöku úr laqinu. Sýni G-10 er úr misgengisfyllingu innarlega í gryfjunni. Allir sýnatökustaðir eru merktir inn á mynd 5. Sýnin voru eingöngu prófuð þurr. Niðurstöður eru í töflu 6.

Oddskarðsgöng

Eitt sýni, OS-1, var mælt úr tertíeru, "leirríku" setlagi í Oddskarðsgöngum. Niðurstöður eru í töflu 6.

TAFLA 2 BV-20 MÆLINIÐURSTÖÐUR

laga-mót (dýpi)	m.y.s.	þykkt	Nr.	dýpi sýnis	Ø þensla	Ø brýst. kg/cm ²	p frjáls	x _f	VF
		m		m	%		%		
18,0	348,7			19,0	16,4	5,7	135	7,1	2
19,0	347,7	1	1						
37,1	329,6			37,75	11,7	3,5	135	1,7	2
				40,8	7,1	3,0	105	1,7	2
				44,5	3,0	2,7	80	1,0	1
54,6	312,1	17,5	4	49,3	10,4	3,4	105	5,7	2
92,2	274,5			93,7	29,0	10,8	170	9,5	4
94,4	272,3	2,2	6						
99,1	267,6			101,4	19,3	4,8	150	21,5	3
110,9	255,8	11,8	7	107,6	25,6	6,5	155	22,1	4
120,7	246,0			120,9	29,5	17,8	220	19,4	4
124,7	242,0	4,0	9	123,6	30,4	11,3	195	13,1	4
139,0	227,7			139,2	15,6	4,9	125	4,4	2
139,4	227,3	0,4	11						
147,5	219,2			149,0	26,2	6,4	165	22,4	4
151,6	215,1	4,1	12	151,2	21,9	6,2	135	10,6	3
163,5	203,2			165,0	18,2		130	2,6	3
171,0	195,7	7,5	14	169,1	23,0	6,8	150	3,1	3
			15						
			16	170,45	28,3	9,2	185	8,8	4
179,0	187,8			179,4	12,6	3,5	120	9,0	3
179,5	187,2	0,5	17						
203,4	163,3			204,25	15,0	6,8	120	9,5	2
208,8	157,9	5,4	18	208,6	19,9	5,2	150	7,6	3
213,6	153,1			213,75	15,7	3,6	120	3,3	3
214,0	152,7	0,4	20						
261,3	105,4			261,6	14,8	2,8	115	10,8	2
262,9	103,8	1,6	21	262,7	19,1	3,8	135	13,2	3
			22						
ferskt élivín basalt			23		0,02	0,01	90		

TIAFLA 3 BV-32 MELİNİDURSTÖDÜR

lagamót (dýpi)	m.y.s.	býkk (m)	Nr.	holu- dýpi (m)	W t./m³	vot- rúmp. t./m³	I _S (MPa)	einás kg/cm²	n %	e	G _S	ø %	p kg/cm²	φ priýst. ffjáls %	VF
75,7	339,9	41	78,45	38,5	1,92	1,55	350	53,4	1,15	2,97	7,7	5,0	105	2	
		42	81,3	32	1,96	2,71	615	47,5	0,90	2,83	4,3	5,0	100	1	
	32,3	43	85,4	29	1,99	2,0	450	44,5	0,81	2,79	4,1	4,5	105	1	
		44	93,1	51	1,80	0,42	95	60,8	1,55	3,04	31,6	10,0	140	4	
117,2	307,6	45	100,95	31,5	1,99	2,1	475	47,7	0,91	2,89	5,6	100	1	1	
		46	109,75	20	2,19	1,21	275	36,5	0,57	2,87	8,5	3,0	95	2	
123,1	303,1	1,2	48	124,15	47,5	1,81	0,5	115	58,3	1,40	2,94	20,8	6,5	120	3
124,6	301,9														
152,0	281,0	49	152,4	21	2,16	0,71	160	37,5	0,60	2,86	14,3	5,0	125	1	
		50	155,9	20,5	2,24			38,1	0,62	3,00	10,8	3,5	110	1	
158,0	276,4	51	156,1	42,5	1,86			55,5	1,25	2,93	18,7	5,0	115	2-3	
		52	156,65	37,5	1,92			52,4	1,10	2,93	23,2	9,0	140	4	
159,5	275,2	55	163,8	31	2,01	0,9	205	47,6	0,91	2,93	3,9	5,0	100	1	
		56	169,4	48,5	1,83	0,63	145	59,8	1,49	3,06	20,4	7,0	120	2	
	11,5	57	171,25	46	1,85			56,3	1,40	3,04	20,9	7,0	130	3	
174,7	263,7	58	171,75	46	1,85	0,61	135	58,3	1,40	3,04	25,2	9,5	130	3	
		59	173,15	44,5	1,84	0,72	165	56,7	1,31	2,94	25,9	10,5	125	3	
180,1	259,6	60	180,45	34	1,93	0,69	155	49,0	0,96	2,82	19,6	6,0	110	3	
		61	182,65	26	2,05	1,32	300	42,3	0,73	2,82	3,0	5,0	100	1	
189,2	252,7	62	184,6	32	1,97			47,8	0,92	2,86	6,3	6,5	105	1	
		63	188,5	31	2,06			48,7	0,95	3,07	13,0	4,5	125	2	
224,4	225,7	64	224,55	39,5	1,91			54,1	1,18	2,98	17,9	6,5	120	3	
228,0	223,0	65	225,15	34	2,00	0,6		135	50,7	1,03	3,03	20,4	6,0	125	3
254,7	201,4	66	255,5	37	1,97	0,74	165	53,2	1,14	3,07	21,1	7,5	135	3	
		67	257,1	41,5	1,91			56,0	1,27	3,07	22,7	8,0	130	3	
262,4	195,2	68	258,55	40,5	1,88			54,2	1,18	2,92	20,4	7,5	140	3	
		69	260,7	34	1,99	0,42		50,5	1,02	3,00	27,0	12,0	140	3	
276,0	184,1	70	276,55	28,5	2,10	1,1	250	46,6	0,87	3,06	16,9	6,5	130	2	
		71	278,35	35	2,00			51,9	1,08	3,08	18,6	8,0	115	3	
286,1	175,9	72	279,45	37,5	1,90	0,91	205	51,8	1,07	2,87	16,2	7,5	120	2-3	
		73	285,25	36,5	1,91			51,1	1,04	2,86	18,9	7,0	125	2-3	
320,9	147,4	5,2	74	321,65	22	2,18	0,77	175	39,3	0,65	2,94	12,4	3,0	120	2
327,2	142,2			323,85	34	1,99	0,44	100	50,5	1,02	3,00	21,3	8,5	130	2

Tafla 4 Niðurstöður vatnsupptökumælinga á vaxbornum sýnum

Sýni vax 14 Sýni vax 18

Aukning vatns-	0,05	0,3
magns í sýnum		
Aukning á W	0,085	0,45
Rúmmálsaukning	0,01	0,02

Allar tölur í (%)

TAFLA 5 VATNSFLOKKUN SÝNA

BV-12 Frárennslisgöng

Lagamót (holudýpi) (m)	Sýnisdýpi (m)	Vatnsflokkur	Litur
124,6	125,2	3	rautt
125,8	125,7	4	rautt
143,1	143,6	1	rautt
143,7			
155,4	155,5	1	ljósrautt
	156,7	1	rautt
	158,8	1	grænt
159,2	159,1	2	grágrænt
164,5	164,7	2	rautt/grænt
164,8			
175,2	175,3	1	rautt
	177,8	4	ljósgrænt
178,0	178,0	3	rauðgult
183,6	184,0	2-3	grænt
184,6	184,3	3	grænt
196,1	196,2	1	dimmrautt
196,8	196,5	3	dimmrautt
205,8	206,2	1	rautt
206,7	206,3	1	rautt
211,4	212,5	3	mosagrænt
213,7	213,3	2-3	mosagrænt

BV-13 Frárennslisgöng og aðkomugöng

102,3	103,0	3	rautt
-------	-------	---	-------

104,0	103,6	3-4	gult
107,8	108,8	3	ljóslaутт
	112,0	3	grænt
115,3	113,5	2-3	gult
127,8	128,4	3	bleikt
130,8	130,4	2-3	bleikt
141,0	141,4	2-3	rauðgult
	141,9	2	og
	144,2	3-4	grænleitt
148,8	148,7	4	á víxl
202,5	202,6	2	grágænt
204,5			

BV-14 Frárennslisöng

52,3	53,0	2-3	rautt/grænt
53,2			
80,0	82,6	1	grágænt
83,7			
90,3	90,5	1	rautt
92,5	92,5	3	ljóslaутт
98,5	98,6	2	rautt
98,7			
104,2	104,3	1-2	rautt
104,9	104,8	2	ljóslaутт
109,4	109,5	2	rautt
	110,6	3	grænt
111,0	110,8	2	grænt
125,3	126,3	3	ljóslaутт
126,3			
132,6	132,9	4	ljósbaleikt
133,5			
138,5	138,8	2-3	rauðgult
	139,1	2-3	rauðgult
141,1	140,8	3	mosagrænt

BV-21 Aðkomugöng

19,8	21,1	3	grænt
25,3	22,9	3	græn
35,0	36,2	3	eldrautt
36,4			
	42,5	4	grænt/rautt misgengisfylling
76,5	77,8	4	grænt/rautt
78,3			

BV-22 Frárennslisgöng

34,0	36,6	4	ljósgult
38,5	38,4	4	ljósgærnt
40,4	40,8	3	rauðbleikt

42,1

<u>110,3</u>	<u>112,3</u>	<u>3</u>	<u>rautt/grænt</u>
<u>112,3</u>			
<u>168,1</u>	<u>170,1</u>	<u>4</u>	<u>rautt/grått</u>
<u>173,3</u>			
<u>193,7</u>	<u>195,4</u>	<u>1</u>	<u>rautt</u>
	<u>197,2</u>	<u>2</u>	<u>grænt</u>
<u>199,5</u>	<u>198,8</u>	<u>3</u>	<u>bleikt</u>
<u>210,5</u>	<u>210,7</u>	<u>2</u>	<u>rautt</u>
<u>211,4</u>	<u>211,0</u>	<u>3</u>	<u>rautt</u>
<u>213,4</u>	<u>213,7</u>	<u>4</u>	<u>gulgrænt</u>
<u>214,1</u>			
<u>222,0</u>	<u>222,6</u>	<u>2</u>	<u>rauðbrúnt</u>
<u>222,7</u>			

BV-27 Strengjagöng, stöðvarhellir, frárennslisgöng

<u>23,1</u>	<u>23,4</u>	<u>3-4</u>	<u>eldrautt</u>
<u>26,0</u>	<u>25,0</u>	<u>1</u>	<u>gulbrúnt</u>
<u>28,3</u>	<u>28,3</u>	<u>4</u>	<u>rautt</u>
<u>28,5</u>			
<u>72,4</u>	<u>72,9</u>	<u>3</u>	<u>rautt</u>
	<u>74,0</u>	<u>3-4</u>	<u>bleikt</u>
	<u>76,2</u>	<u>3</u>	<u>ljósgrænt</u>
	<u>76,9</u>	<u>3</u>	<u>grænt</u>
	<u>78,8</u>	<u>4</u>	<u>gult</u>
<u>82,1</u>	<u>81,6</u>	<u>3</u>	<u>grænt</u>
<u>88,4</u>	<u>88,7</u>	<u>1</u>	<u>rautt</u>
<u>89,8</u>			
<u>97,5</u>	<u>97,9</u>	<u>2</u>	<u>rautt</u>
	<u>99,3</u>	<u>4</u>	<u>rauðgult</u>
<u>100,6</u>	<u>100,1</u>	<u>2</u>	<u>grágrænt</u>
<u>117,8</u>	<u>119,0</u>	<u>3</u>	<u>rautt</u>
	<u>120,0</u>	<u>4</u>	<u>gult</u>
	<u>121,7</u>	<u>3</u>	<u>grænt</u>
<u>124,2</u>	<u>123,0</u>	<u>4</u>	<u>grænt</u>
<u>134,0</u>	<u>134,6</u>	<u>3</u>	<u>rautt</u>
	<u>139,2</u>	<u>3</u>	<u>grænt</u>
<u>141,7</u>	<u>141,7</u>	<u>3</u>	<u>grænt</u>
<u>150,8</u>	<u>151,6</u>	<u>1</u>	<u>rautt</u>
<u>151,6</u>			
<u>164,7</u>	<u>164,8</u>	<u>3</u>	<u>rauðbleikt</u>
	<u>165,6</u>	<u>3</u>	<u>grænt</u>
<u>169,0</u>	<u>168,9</u>	<u>3</u>	<u>gulgrænt</u>
<u>182,6</u>	<u>183,1</u>	<u>2</u>	<u>rautt/grått</u>
<u>183,3</u>			
<u>236,5</u>	<u>237,1</u>	<u>3</u>	<u>ljósrautt</u>
<u>238,5</u>	<u>238,0</u>	<u>3</u>	<u>dökkgrænt</u>

5 TÚLKUN NIÐURSTAÐNA

5.1 Niðurstöður burrmælinga

Þeigar rannsókn bessi hófst voru engin vaxborin sýni til frá Blöndu. Eingöngu var úr skraufaburrum borkjarna að moða. Það er meginástæða bess hve mælingar á burrum sýnum skipa veglegan sess. Frekar lítið er til af vaxbornunum sýnum frá öðrum rannsóknasvæðum en gnótt burra sýna. Þar við bætist að sýni tekin í opnum hafa örætt rakastig og því nauðsynlegt að burrka bau fyrir próf svo samanburður verði marktækur. Mikilvægt er því að geta mælt burr sýni. Verða nú niðurstöður af burrprófunum stuttlega ræddar.

Mælingum í ödometer og mælingum á frjálsri benslu fylgir sá stóri ókostur að mala verður sýnin fyrir próf. Bygging sýnisins er brotin niður og efnið í prófunum er gjörölíkt upprunalegum sýnum. Prófanirnar eru því alls ekki beinn mælikvarði á eiginleika óhreyfðra bergsýna heldur gefa þær til kynna breytileika milli sýna og gefa því kost á innbyrðis samanburði laqanna.

Gott samræmi er milli mæliaðferða. Gefi sýni "slæmar" niðurstöður úr einu prófanna verður svo í öllum. Vatnsflokkunin stendur dálítið sér að því leyti að ekki er um eiginlega mælingu að ræða. Flokkunin byggir á persónulegu mati en flokkarnir eru vel skýrgreindir í flokkunarlysingunni og fátítt er að vafi leiki á hvernig skuli flokka sýni. Mynd 6 sýnir samanburð briggja aðferða; ödometerbrýstings, ödometerbenslu og vatnsflokkunar. Vatnsflokkunin markar sýnum bás á brýstings- og benslusviðinu og skörun milli flokka er ekki stórvægileg.

En hver eru tengsl burrmælinga við mælingar á óhreyfðum blautum sýnum? Sem dæmi eru tekin tengsl ödometerbenslu og vatnsflokkunar við brotstyrk. Á mynd 7 sést að sýni sem benjast minna en 10% hafa all breytilegan brotstyrk en hann er bō í öllum tilfellum hærri en 200 kg/cm². Sambandið verður einhlítara með aukinni benslu og lækkar brotstyrkur hægt en nokkuð reglulega. Vatnsflokkunin gefur hér góðan árangur en hún er lang fljóttlegust og ódýrust allra rannsóknaraðferða. Má raunar segja að hún kosti hvorki fé né fyrirhöfn. Sé henni beitt einni sér má draga eftirfarandi lærðom af mynd 7 við túlkun niðurstaðna: Fyrsti flokkur benst mjög lítið, yfirleitt innan við 6% en brotstyrkur er 200-600 kg/cm². Annar flokkur benst 8-21%, brotstyrkur er 100-350 kg/cm². Flokkur 3 benst mikið, 19-27% en brotstyrkur er í öllum tilfellum lágur, 95-170 kg/cm². Fjórði flokkur benst mjög mikið og hefur lægstan brotstyrk. Aðeins eitt sýni úr fjórða flokki hefur verið brotbolsprófað og sýndi bað 95 kg/cm².

Sýni úr holum BV-12-13-14-21-22 og 27 voru eingöngu vatnsflokkum en meta má útkomuna á ofangreindan hátt. Svipaðar myndir má draga upp af innbyrðis tengslum annarra mælinga en betta verður látið nægja hér.

Þar sem hliðstæðum mælingum hefur verið beitt erlendis eru jarðfræðilegar aðstæður all frábrugðnar því sem hér gerist og því lítið að sækja í reynslu annarra. Í Noregi, svo dæmi sé tekið, hefur þenjanlequr leir safnast saman í misgengjum og sprungum sem oftast liiggja nær lóðréttu en bergið í kring er gjarnan óummyndað. Þar er óummyndað berg skilið úr sýnum um leirinn mældur sér.

Ummyndun íslenska setbergsins gerist sennilega á þann hátt að glerkornin breytast smátt og smátt í leir hvert á sínum stað. Leirinn er því væntanleqa nokkuð jafndreifður en safnast ekki fyrir á ákveðnum stöðum. Í ljósi bess hve leirmaqn er breytilegt milli laqa og hve leirinn virðist jafndreifður innan hvers sýnis var talið óeðlilegt að skilja leirinn úr sýnum og prófa hann sér. Við bornun léttast sýnin verulega og rýrna. Sum sýni springa við burrkun eða molna niður. Til að koma í veg fyrir að mismunandi ástand burra sýna við þrófun hafi áhrif á mæliniðurstöður voru bau öll meðhöndluð á sama hátt. Sú leið var valin að fullmala sýnin niður fyrir 125 míkróm. Möskvastærð og ofnburrka.

Fjögur sýni voru send Norðmönnum til mælinga. Niðurstöður eru í töflu 7. Ósamræmi er milli niðurstaðna frá Íslandi og Noregi. Líklegt er að ofangreindur munur á aðferðum eigi bar mestu sök á.

5.2 Mælingar á vatnsmettuðum, óhreyfðum sýnum úr BV-32

Ef undan eru skildar mælingar á vatnsupptöku vaxborinna sýna flokkast aðrar mælingar sem gerðar voru á blautum sýnum úr holunni undir almennar undirstöðumælingar á jarðefnum.

Mælingar á brotstyrk eru einna áhugaverðastar. Brotstyrkur er gefinn upp á tvennan hátt í töflu 3: $Is(\text{MPa})$ er brotálag úr punktálagsmælingum en til qlögqvunar er Is umreiknað í einás brotstyrk skv; einás brotstyrkur (kq/cm^2) = $Is \times 22.2$ (5). Samkvæmt niðurstöðum Björns A. Harðarsonar fyrir borkjarna úr Sandafelli er margföldunarástuðullinn 19 í stað 22,2 og lækka því niðurstöður um 15% sé því sambandi fylgt (6).

Mældur hefur verið einás brotstyrkur 8 setbergssýna úr holum BV-10,12 og 13 (7). Niðurstöður beirra mælinga eru mjög ábekkar punktálagsmælingunum, meðaltal 8 einás mælinga er 215 kg/cm^2 en meðalbrotstyrkur setbergs í BV-32 mældur með

punktálagstæki er 225 kg/cm². Brotstyrkur sýna úr BV-32 liggur á bilinu 95-615 kg/cm². Hér er bví í öllum tilfellum um berg að ræða en ekki "jarðveg" en innan verkfræðinnar eru mörkin þar á milli dregin við 10-15 kg/cm². Fullhörðnuð steinsteypa liggur á bilinu 250-600 kg/cm². Veikustu sýnin, 95 kg/cm², hljóta bó að teljast mjög veikt berg. Lægstu brotstyrkur sem mælst hefur á setbergi við Blöndu er 35 kg/cm² í einás prófi hjá RB (7). Mæligildi betta liggur lanqt neðan við önnur einás gildi frá RB. Aðeins eitt próf liggur að baki gildinu og bví varhugavert að treysta bví. Um 9 brot liggja að baki hverjum uppqefnum brotstyrk úr punktálagstæki, sem áður er getið.

Holrýmd, holrýmishlutfall og kornarúmbryngd sýna var reiknuð út frá mælingum á rúmbryngd og rakastiði. Reiknað er með að sýni hafi verið fullmettuð vatni. Holrýmd laga úr BV-32 er 36,5 - 60,8%, meðaltal 50,5%. Engar tölur eru handbærar um samskonar berg óummyndað. Svanur Pálsson hefur mælt óummyndað jökulberg og fundið 21-37% holrýmd, 29% að meðaltali (10). Við ummyndun breytist gler að hluta í leirsteindir er taka vatn upp milli laga í kristalgrindinni. Talið er líklegt að ummyndunin auki bannig á holrýmd setbergsins. Kornarúmbryngd er 2,79 - 3,07 en 2,96 að meðaltali. Svanur Pálsson hefur mælt kornarúmbryngð briggja sýna úr BV-32 til samanburðar við reiknuð gildi. Benda mælingarna til að reikningarnir fái staðist.

Vatnsupptaka mettaðra sýna

Reiknað er með að sýni benjist við vatnsupptökum. Samsvarandi kjarnasýni höfðu áður verið burruð í ofni og mæld rýrnun sem burrkunin olli. Gengið er út frá bví að sýni benjist hlutfallsleqa jafn mikil við vatnsaukningu frá náttúrulegu vatnsinnihaldi og bau rýrnuðu við burrkun. Aukning á vatnsmagni í sýni = (mæld bynging begar sýni er veqið á kafi í vatni) + (rúmmálsaukning af völdum vatnsupptökum x rúmbryngd vatns). Niðurstöður eru sýndar í töflu 4.

Mælingarnar eru nákvæmar en ekki er víst að gefnar forsendur standist fullkomlega. Niðurstöður ættu bó að sýna rétta stærðargráðu. Pensla sýnanna er mjög lítil, aðeins 0,01-0,02% af rúmmáli sýna. Ef gert er ráð fyrir tífaldri skekkju í mælingum, sem verður að teljast mjög riflegt, þá veldur tíföldun á mældri byngingu tíföldun í benslu. Eftir sem áður lægi benslan vel innan við 1% af rúmmáli. Rétt er að taka bessum niðurstöðum með varúð bar til fleiri og traustari mælingar á óhreyfðum sýnum liggja fyrir. Niðurstöður gefa bó ástæðu til hóflegrar bjartsýni.

5.3 Flokkun setbergs á grundvelli mælinga og reynslu

Tvö dæmi eru aðgengileg um mannvirkjagerð í tertíerum íslenskum setlöqum. Eldra dæmið er frá vinnslu setlags í Oddsskarðsgöngum en hið síðara frá gerð aðkomugryfju við Blönduvirkjun haustið 1982. Eitt sýni hefur verið mælt úr Oddsskarðsgöngum en 8 sýni úr gryfjulagi. Niðurstöður eru í töflu 6. Stuðst verður við mælingarnar og reynslu af vinnslu laqanna við flokkun setbergsins við Blöndu. Verður dæmunum tveimur nú stuttlega lýst.

Setlaq í Oddsskarðsgöngum

Við norðurenda ganganna gengur tertíert setlag upp í göngin á kafla og nær hæst um 2m upp eftir veggjunum. Lagið er rautt og grænt og virðist svipað að gerð og mörg Blöndulaqanna. Eitt sýni var mælt úr rauða hluta lagsins (OS-1, sjá töflu 6). Niðurstöður eru mjög slæmar, líkt því alversta sem mældist við Blöndu. Erfitt var að bora lagið og sprengja og burfti að grafa bað út að hluta með riftönn á gröfuharmi. Eingöngu voru notaðir loftknúrir handborar við verkið og er líklegt að raunin hefði orðið önnur með betri tækjum. Eftir að opnan í laqið náði u.b.b. mannhæð tók að bera á hruni úr því og mynduðust "skápar" inn undir hraunlaqið sem á því hviflir. Þegar vatn komst í lagið í gólfíganganna varð bað mjög hált, óðst upp undan tækjum og var þá ekið möl í bað. Nú, um 10 árum eftir að göngin voru gerð, stendur laqið óstyrkt og óvarið að mestu og er ekki til vandræða. Dálftið hefur molnað úr því á bessum tíma og myndast lítil skriða úr sallanum við lagfótinn. Er hreinsað frá laqinu stöku sinnum svo efni berist ekki út á akreinina. (Guðni P. Kristjánsson og Einar Þorvarðarson Vegagerð Ríkisins, munnleqar upplýsingar).

Setlaq í aðkomugryfju

Lagið er rúmleqa 5m þykkt og kemur fram í veggjum gryfjunnar og qólfí (mynd 5). Lagið er breytilegt að gerð, efst er hörð, dökkrauð skel úr sandsteini, sennilega bökuð af áhvílandi hraunlaqi og gefur hún lægstu (bestu) mæligildi (sýni G-1 og G-2 í töflu 6). Miðhluti laqsins (G-4 og 5) gefur betri mæliniðurstöður en aðliggjandi efni ofan og neðan (sýni G-3,6 og 7). Þessi munur kom skýrt fram við vinnslu laqsins en þá reyndist miðhlutinn mun harðari en efnið í kring. Neðsti hluti laqsins gefur hæstu (verst) mæliniðurstöður í laqinu (G-8).

Prýðilega gekk að vinna laqið. Hluti bess var rippanlegur og auðvelt var að ná qóðri vegqlögun. Lagið stendur mjög bratt og veggir eru heilir og sléttir, mun heillegrí en í

basaltinu sem á hvílir. Lagið varð hált í gólfí gryfjunnar en óst ekki upp undan umferð.

Samanburður við BV-20 og BV-32 leiðir eftirfarandi í ljós (sjá töflu 8): Ekkert sýnanna úr gryfjulaginu gefur mjög lág (góð) mæligildi. Tvö efstu sýnin lieggja undir meðaltali bess sem áður hefur verið mælt, sýni 3,4,5 og 7 eru um og yfir meðallaqi en sýni 6 og 8 eru vel ofan bess. Sýni 8 er með hví hæsta (versta) sem mælst hefur.

Flokkun setbergs á jarðgangaleiðum

Flokkunin styðst við bau tvö dæmi um mannvirkjagerð í tertíeu setbergi sem lýst er að framan og útkomu úr mælingum á setbergi á jarðgangaleiðum.

Setberg á jarðgangaleiðum er flokkað í eftirfarandi þrjá flokka; G = "gott berg"

M = "meðal berg"

S = "slæmt berg"

Gæsalappirnar tákna að hér sé enginn bekktur mælikvarði laqður á orðin innan beirra.

"Meðal berg" fær svipaða útkomu úr mælingum og gryfjulagið en neðsti hluti laqsins, sýni G-8, er þar undanskilinn. Gryfjulaqið er laqskipt og breytilegt að gerð en slíkt er algengt meðal setbergsins í Blöndu. Ætla má að lög í M flokki hafi svipaða vinnslueiginleika og gryfjulagið. Gryfjan sker laqið u.b.b. við jarðaryfirborð og er hví ekki vitað hvernig sambærilegt lag reynist í jarðgöngum á t.d. 200m dýpi.

Berg í G-flokki fær betri (lægri) útkomu úr mælingum en gryfjulaqið og oft mun betri. Er hér qjarnan um sandstein að ræða, lítið ummyndaðan og líklegt að berg í G-flokki verði vandræðalaust í vinnslu.

Berg í S-flokki fær verri útkomu úr mælingum en gryfjulag en svipaða og laqið í Oddsskarði. Brotstyrkur bessa bergs er væntanlegra lágor, 100-200 kg/cm² og leir- og siltkornastærð er algeng. Frekar má vænta vandræða við vinnslu laga úr bessum flokki en M og G flokki.

Í töflu 9 er gefið upp hlutfall flokkanna briggja af heildarbykkt setbergs á hverri gangaleið. Flokkun hvers lags er sýnd á myndum 2 og 3.

TAFLA 6 AÐKOMUGRYFJA OG ODDSKARÐSGÖNG, MÆLINIÐURSTÖÐUR**Aðkomugryfja**

Sýni	Ødometer þensla (%)	Ødometer þrýstingur (kg/cm ²)	Frijáls þensla (%)	Vatns- flokkun
G-1	13,3	3,5	125	2
G-2	16,6	4,5	125	2
G-3	23,4	5,0	130	3
G-4	21,4	5,0	130	3
G-5	17,5	6,0	130	2
G-6	28,3	8,5	155	3
G-7	24,8	5,5	150	3
G-8	33,4	10,5	200	4
G-9	36,4	14,0	200	4
G-10	5,3	1,0	105	2

Oddskarðsgöng

OS-1	28,7	15,0	200	3
------	------	------	-----	---

**TAFLA 7 NIÐURSTÖÐUR FRA NTH Í NORREGI ÚR
MÆLINGUM Á SÝNUM ÚR BV-20**

Analyser	Pr. 6	Pr. 9	Pr. 19	Pr. 21
Visuell beskrivelse	sandig, rødbrun	siltig, lys grå- brun	siltig, grågrønn	siltig lys brun
Innhold av matr. < 0,020 mm, %	4	12	27 ¹⁾	18 ¹⁾
Fargetester:				
Malakittgrønt	mont.- morillo- nitt	mont.	mont.	mont.
Benzidine	svakt ut- slag for mont.	"	svakt ut- slag for mont.	"
Differentialtermisk analyse	mont.	mont. og kloritt	mont., kloritt og kalkspat	"
Fri svelling, %	120	150	240	150
Svelletrykk ved ødometer	29	64	201	195
Konklusjon: Materialet inneholder	noe aktiv svelle- leire	aktiv svelle- leire	aktiv svelle- leire	aktiv svelle- leire

1) Prøven er slemmet av to ganger for å få nok materiale til forsøkene.

TAFLA 8 Meðaltal burrmælinga úr holum BV-20 og BV-32.
(54 sýni úr 21 setlagi)

	Meðaltal	Staðalfrávik
Ödometerbensla (%)	17,3	7,5
Ödometerbrýstingur (kg/cm ²)	6,4	2,75
frjáls bensla (%)	128	21
vatnsflokken	2,53	0,91

TAFLA 9 Flokkun setbergs á jarðgangaleiðum

	Löðrétt fallgöng (BV-20)	Hallandi fallgöng (BV-32)	Strengja- göng (BV-27)	Frárennslis- göng (BV-12-13-14-22-27)
"Gott berg" %	45	61	8	50
"Meðal berg" %	25	28	48	25
"Slæmt berg" %	30	11	44	25
Heildarþykkt setbergs (m)	59	110	45	

6 LOKAORD

Í upphafi var talið að tertíera setbergið við Blöndu væri all breytilegt að gerð og eiqinleikum. Enqinn gður mælikvarði var bō tiltækur á breytileikann. Rannsóknin hefur leitt í ljós að hæqt er, á fremur einfaldan og fljótlegan hátt, að mæla ýmsa bætti breytileikans. Einnig sést að mælanlequr munur á lögum er mikill og kemur skýrt fram.

Vatnsupptökumælingar benda til hverfandi benslu laganna samfara gangagerð en frekari þrófanir á óhreyfðum sýnum eru í undirbúningi.

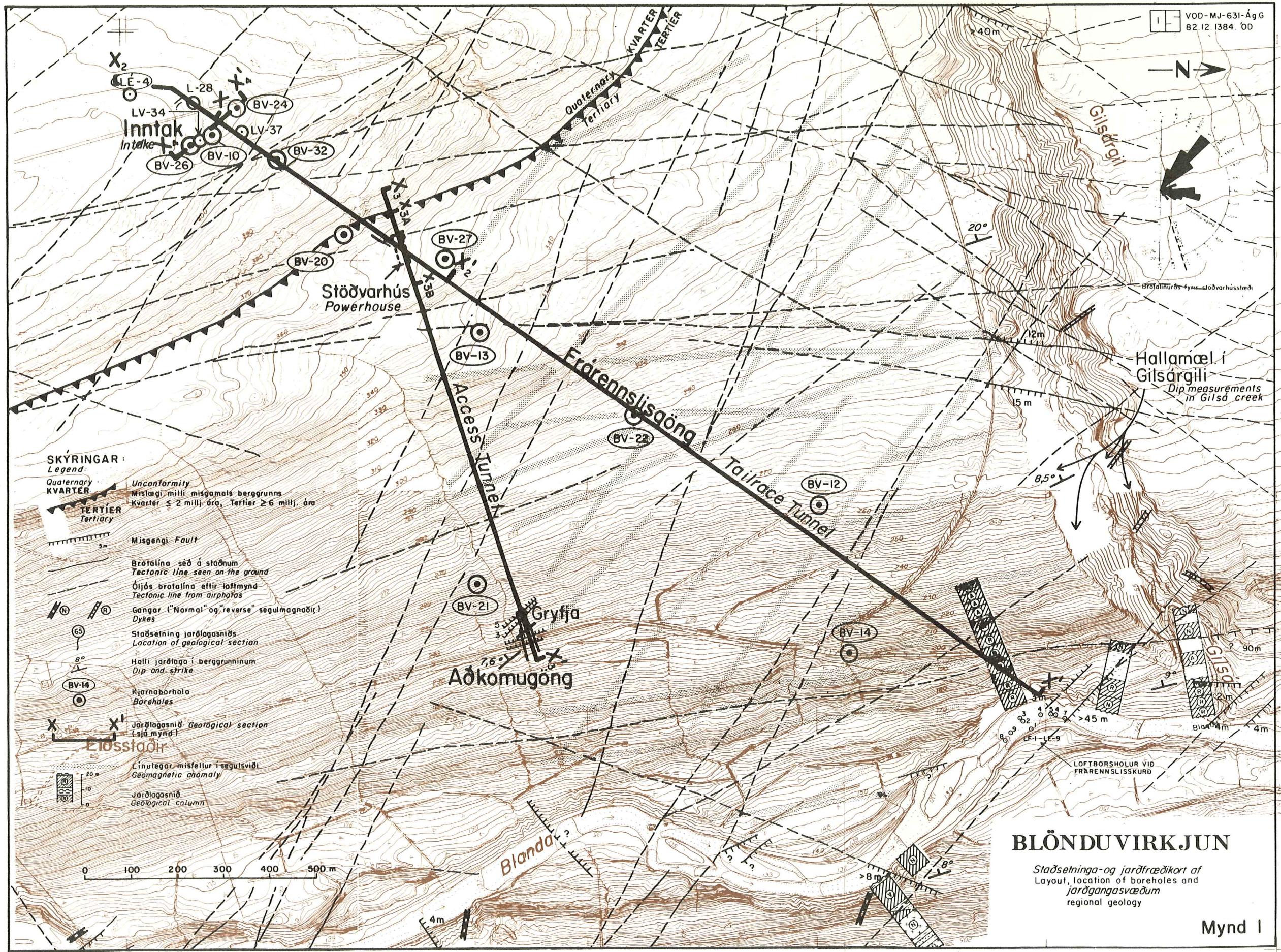
Þau tvö dæmi sem lýst er um mannvirkjagerð í slíkum lögum styrkja þá trú að lögini verði ekki til verulegra vandræða við vinnslu. Vinnsluaðferð gæti bō ráðið nokkru bar um. Flokkun laqanna sýnir hvar helst sé vandræða að vænta.

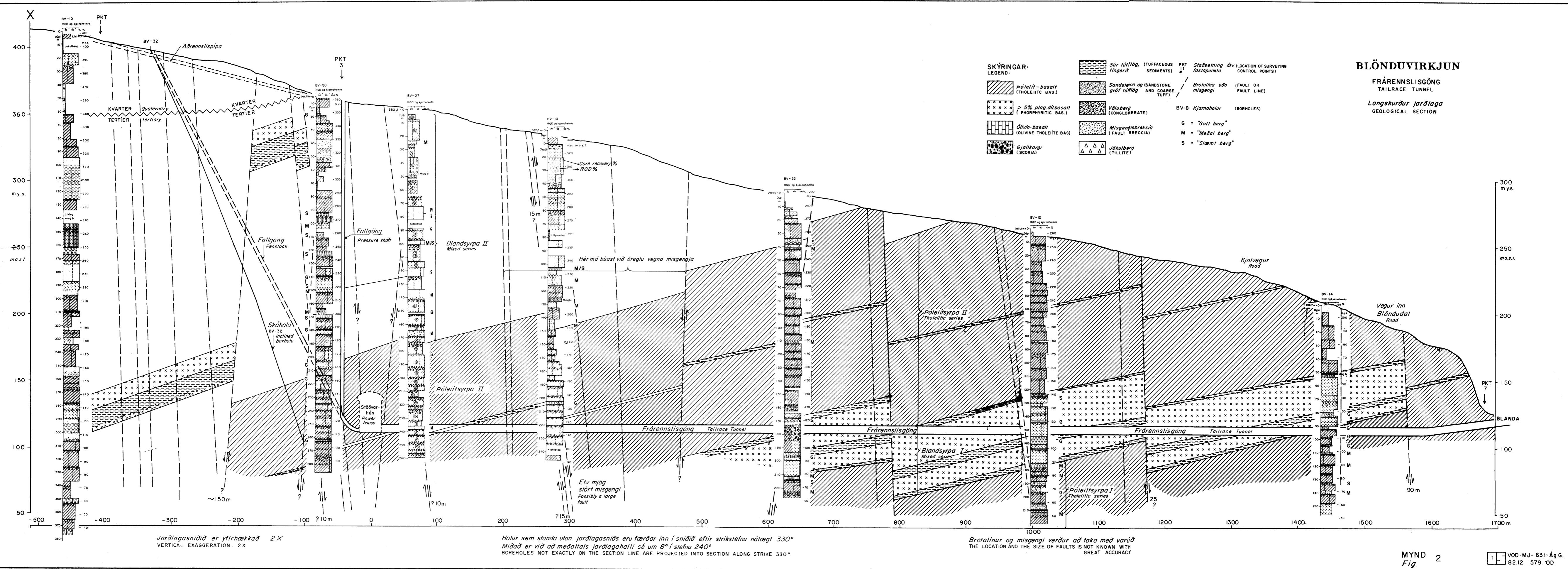
Best er að verja setbergið með ásprautun svo fljótt sem auðið er til að koma í veq fyrir veðrun bergsins af völdum rakabreytinga. Í vatnsgögum er ásprautun nauðsynleg til að hindra útskolun eftir að virkjúnin tekur til starfa.

Á byggqingartíma þarf að fylgjast náið með vinnslueiginleikum og hegðun setbergsins. Gera þarf einfaldar mælingar á lögunum (t.d. brotbol með punktálagstæki og vatnsflokkun) jafnhliða vinnslunni svo flokka megi lögini jafnöðum. Þá reynslu sem fæst af gangagerð við Blöndu þarf að nýta sem allra best ef full not eiga að fást í framtíðinni af setlaqarannsókn þessari.

HEIMILDASKRÁ

- (1) Áqúst Guðmundsson, Birgir Jónsson og Björn A. Harðarson 1982; Blönduvirkjun. Jarðfræðirannsóknir I. Almenn Jarðfræði og Mannvirkjajarðfræði. Orkustofnun OS-82090/VOD-14, 249 s.
- (2) Áqúst Guðmundsson og Snorri Zofoníasson 1982; Blönduvirkjun Berggrunnsrannsóknir 1982. OS-82121/VOD-55 B, 30 s.
- (3) Bente Bue Dypvik 1977; Maling av svelletryk ved ödometer forsök. NGI Intern rapport Nr 54001-2, 15 s.
- (4) Bente Bue Dypvik 1977; Svelletest med tört pulver - fri svelling. NGI. Oppdrag 51000, 6 s.
- (5) Z.T.Bieniawski 1975; The Point-Load test in Geotechnical Practice Eng. Geology vol. 9, 1975, s. 1-11.
- (6) Björn A. Harðarson 1982; Uniaxial strength of some Icelandic rock types and correlation between uniaxial compressive strength, point-load index and Smith hammer rebound numbers. Óbirt ritgerð, McGill Háskóli, Montreal, 41 s.
- (7) Björn A. Harðarson 1982; Blönduvirkjun. Frárennslisgöng og stöðvarhús. Berqtækni. OS-82127/VOD-57 B, 38 s.
- (8) T.R.Howard, T.L.Brekke og W.N.Houston 1975; Laboratory Testing of Fault Gouge Materials. Bull. of the Association of Enq. Geol. vol.XII, Nr. 4, s. 303-315.
- (9) R.Selmer-Olsen 1970; Problems with Swelling Clays in Norwegian Underground Constructions in Hard-Rock. NTH. Lecture to the Swedish Geotechnical Society, 22 s.
- (10) Svanur Pálsson 1972; Mælingar á eðlisþyngd og poruhluta bergs. Orkustofnun ROD, 34 s.





MYND 2

VOD-MJ-631-Äg.G.
82.12. 1579. OD

BLÖNDUVIRKJUN

Mynd 3

FALLGÖNG - STÖÐVARHÚS
PRESSURE SHAFT - POWERHOUSE
Langsnid jarðlaga
GEOLOGICAL SECTION

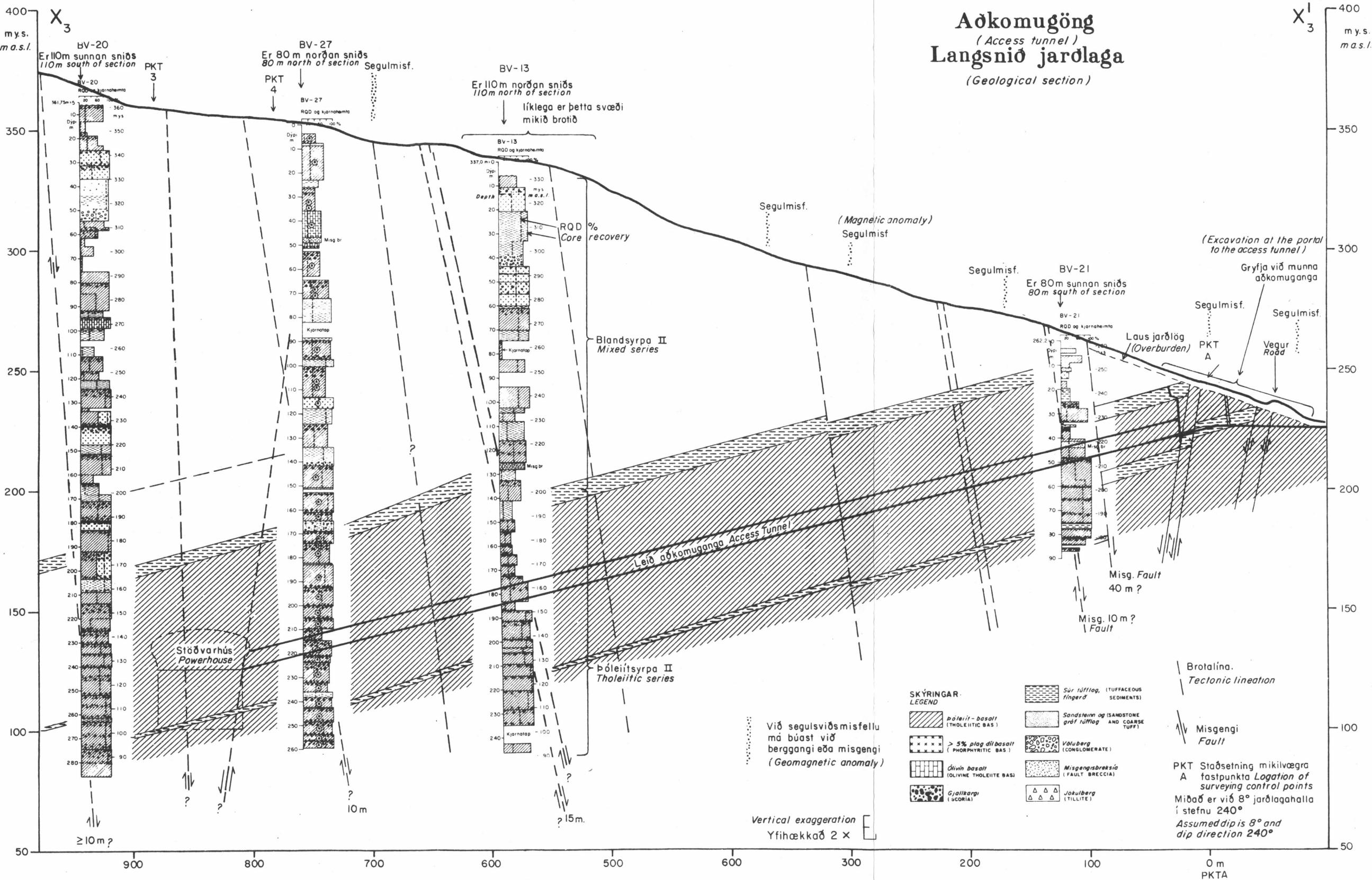
The diagram illustrates a geological cross-section of the Blönduvirkjun area. It features a main vertical axis representing depth in meters (m) below sea level (m.s.l.) on the right, ranging from 100 to 400 m.s.l. A horizontal axis at the bottom represents distance in meters (m) from the center of the section, ranging from 300 m to the west to 50 m to the east.

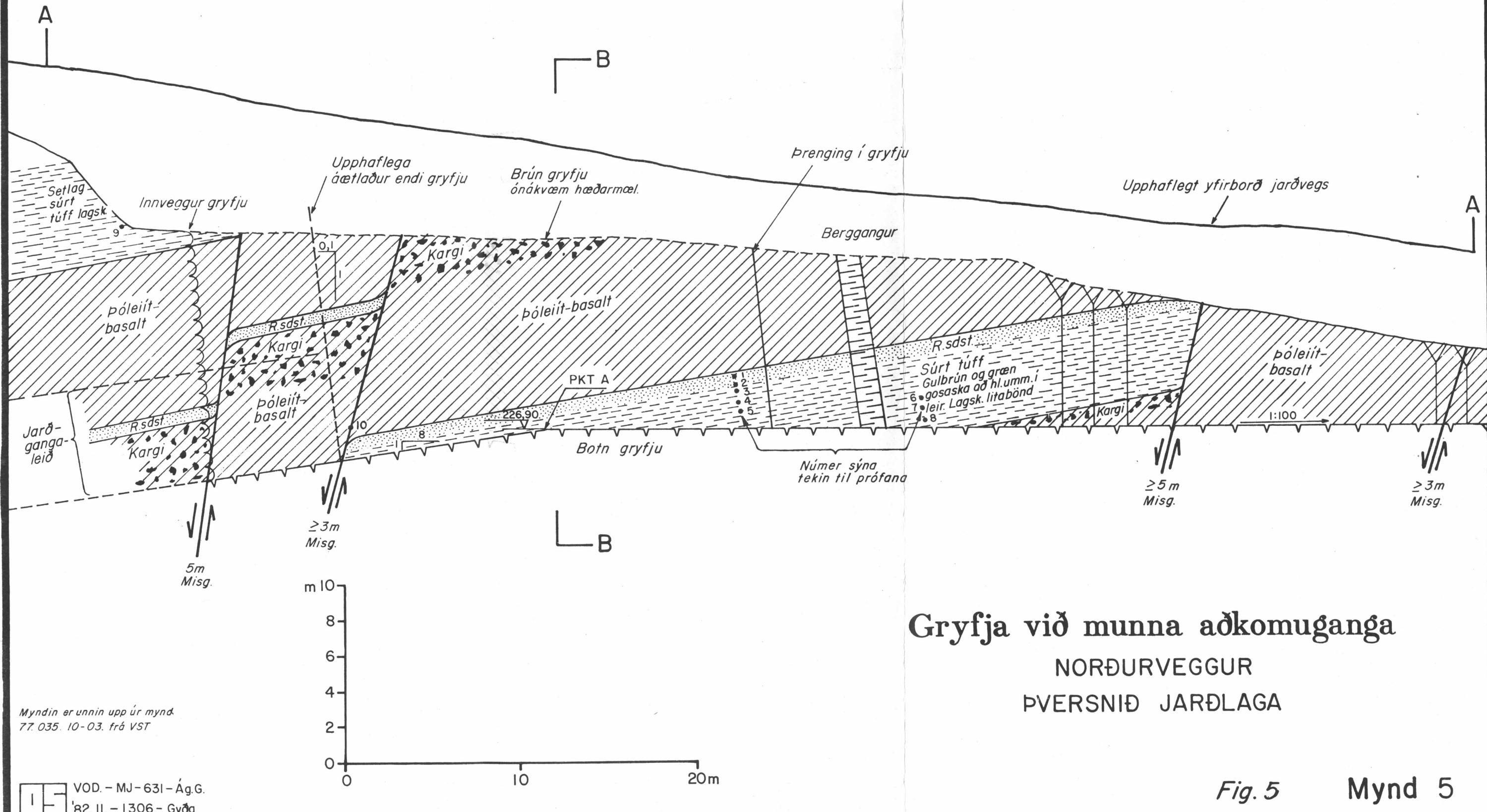
Key Features:

- FALLGÖNG PRESSURE SHAFT:** A dashed line indicates the path of the pressure shaft, which descends from the surface through various geological layers to a powerhouse at the base.
- STÖÐVARHÚS POWERHOUSE:** Located at the bottom right, shown as a rectangular structure.
- Borehole Logs:** Three borehole logs are shown on the right side, labeled BV-20, BV-27, and BV-20 (40 m south of section). These logs show depth (Dyp m), elevation (m.s.l.), and various geological units and measurements.
- Geological Units:**
 - Quaternary:** Labeled on the left.
 - Tertiary:** Labeled on the left.
 - KVARTER TERTIER:** A layer between Quaternary and Tertiary.
 - Gott berg (G):** A prominent feature in the middle ground.
 - Medal berg (M):** A feature near the Fallgöng shaft.
 - Slæmt berg (S):** A feature near the Fallgöng shaft.
 - Póleitísyra II (Tholeiitic series):** A large, thick layer at the base, dipping towards the east.
 - Fallgöng Pressure shaft:** Indicated by a dashed line.
 - Strengjagöng Cable shaft:** Indicated by a dashed line.
 - Possible fault ETV misg. ~10 m:** Indicated by a dashed line.
 - Possible fault ETV misg. ~10 m:** Indicated by a dashed line.
 - Possible fault ETV misg. ~10 m:** Indicated by a dashed line.
- Brotalinur FAULTINES:** Indicated by a dashed line at the bottom left.
- Vertical Scale:** Depth (Dyp m) and elevation (m.s.l.) are indicated along the right vertical axis.

BLÖNDUVIRKJUN

Aðkomugöng (Access tunnel) Langsnið jarðlaga (Geological section)





MYND 6 SAMBAND ÖDOMETERÞRÝSTINGS, ÖDOMETERÞENSLU OG VATNSFLOKKUNAR

