



ORKUSTOFNUN  
Vatnsorkudeild

**VATNSFELLSVIRKJUN**

**Jarðfræði- og grunnvatnsrannsóknir 1983**

Björn Jónasson, Pétur Pétursson,  
Jón Ingimarsson og Snorri P. Snorrason

OS-84010/VOD-05 B

Febrúar 1984



**ORKUSTOFNUN**  
GRENSÁSVEGI 9, 108 REYKJAVÍK

**VATNSFELLSVIRKJUN**  
**Jarðfræði- og grunnvatnsrannsóknir 1983**

Björn Jónasson, Pétur Pétursson,  
Jón Ingimarsson og Snorri P. Snorrason

OS-84010/VOD-05 B

Febrúar 1984

...  
Landsvirkjun  
c/o Verkfræðideild  
Háaleitisbraut 68  
...  
105 REYKJAVÍK

Varðar skýrsluna "Vatnsfellsvirkjun. Jarðfræði- og grunnvatnsrannsóknir 1983, OS-84010/VOD-05 B".

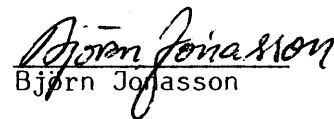
Skýrsla þessi er unnin samkvæmt samningi milli Landsvirkjunar og Orkustofnunar, sem undirritaður var 31. maí 1983. Verk þetta er beint framhald fyrri rannsókna á svæði Vatnsfellsvirkjunar, sem staðið hefur yfir frá árinu 1981, sbr. OS-82105/VOD-46 B og KGE-IK-HB-81/01.

Hér er fjallað um þær verkhönnunarrannsóknir sem Orkustofnun annaðist vegna Vatnsfellsvirkjunar og framkvæmdar voru 1983. Rannsóknir fólust annars vegar í almennri jarðfræðikortlaginu og grunnvatnsmælingum og hins vegar í borunum, gryfjutöku og lektarmælingum til könnunar á jarðlögum, eiginleikum jarðlaga, lekt og grunnvatnsfari. Sérstök áhersla var lögð á fyrirhugað stöðvarhússtaði, aðrennslisskurð og stíflustaði vegna fyrirhugaðrar verkhönnunar. Í lokakaflanum er að finna helstu niðurstöður og ályktanir varðandi rannsóknir þessar svo og tillögur um viðbótarrannsóknir og undirbúning áður en að útboðsstigi kemur.

Virðingarfyllst,

  
Haukur Tomasson

  
Davíð Egilsson

  
Björn Jónsson

EFNISYFIRLIT

Bls.

1	INNGANGUR.....	5
1.1	Almennt.....	5
1.2	Tilgangur.....	6
1.3	Framkvæmd.....	6
2	ALMENN JARÐFRÆÐI.....	9
2.1	Berggrunnur.....	9
2.2	Brotalínur.....	13
3	BORANIR OG JARÐLAGASKIPAN.....	14
3.1	Boranir og gryfjugerð.....	14
3.2	Skipan og gerð jarðlaga.....	18
4	EIGINLEIKAR JARÐLAGA.....	28
4.1	Jarðlög og berggerðir.....	28
4.2	Eiginleikar og vinnsluhæfni.....	29
5	GRUNNVATNSMÆLINGAR.....	36
5.1	Grunnvatnshæð.....	36
5.2	Grunnvatnshiti.....	39
6	MAT Á LEKT JARÐLAGA.....	40
6.1	Inngangur og markmið.....	40
6.2	Framkvæmd.....	40
6.3	Úrvinnsla.....	42
6.4	Niðurstöður úrvinnslu.....	43
6.5	Niðurstöður og ályktanir.....	45
7	SAMANTEKT.....	46
7.1	Niðurstöður og ályktanir.....	46
7.2	Framhald rannsókna og undirbúningur.....	50

VIÐAUKAR

1	Borholusnið VK- 1 til 15, VL- 1 til 5 og VC- 180 til 199.....	51
2	Könnunargryfjur VJ- 1 til 7.....	59
3	Staðsetning og hæðir VK-, VL-, og VC-hola, VJ-gryfja og linda.....	65
4	Berggæðamat.....	71
5	Grunnvatnshæð og hiti.....	77

## MYNDASKRÁ

Bls.

1	Afstöðumynd.....	5
2	Tilhögun mannvirkja.....	7
3	Ónákvæmt jarðlagasnið, stöðvarhússtæði-flóðvar.....	10
4	Jarðfræðikort.....	11
5	Yfirlitsmynd.....	14
6	Staðs. loftb.hola, kjarnahola og jarðlagasniðs.....	16
7	Staðs. könnunargr., cobrahola og jarðlagasniða.....	17
8	Snið A-A aðalsnið.....	19
9	Snið B-B frárennslisskurður.....	23
10	Snið C-C brúar- og stöðvarhússtæði.....	25
11	Snið D-D þvert á aðalstíflu.....	26
12	Snið E-E þvert á flóðvar.....	27
13	Jafnhæðarlínur grunnvatns sunnan Þórisvatns.....	37
14	Jafnhæðarlínur grunnvatns á virkjunarsvæði.....	38
15	Grunnvatnsborð í nokkrum kjarnaholum.....	39
16	Staðsetning loftborshola, kjarnahola og könnunargryfja.....	41
17	Útfyllt lektareyðublað.....	42

## TÖFLUSKRÁ

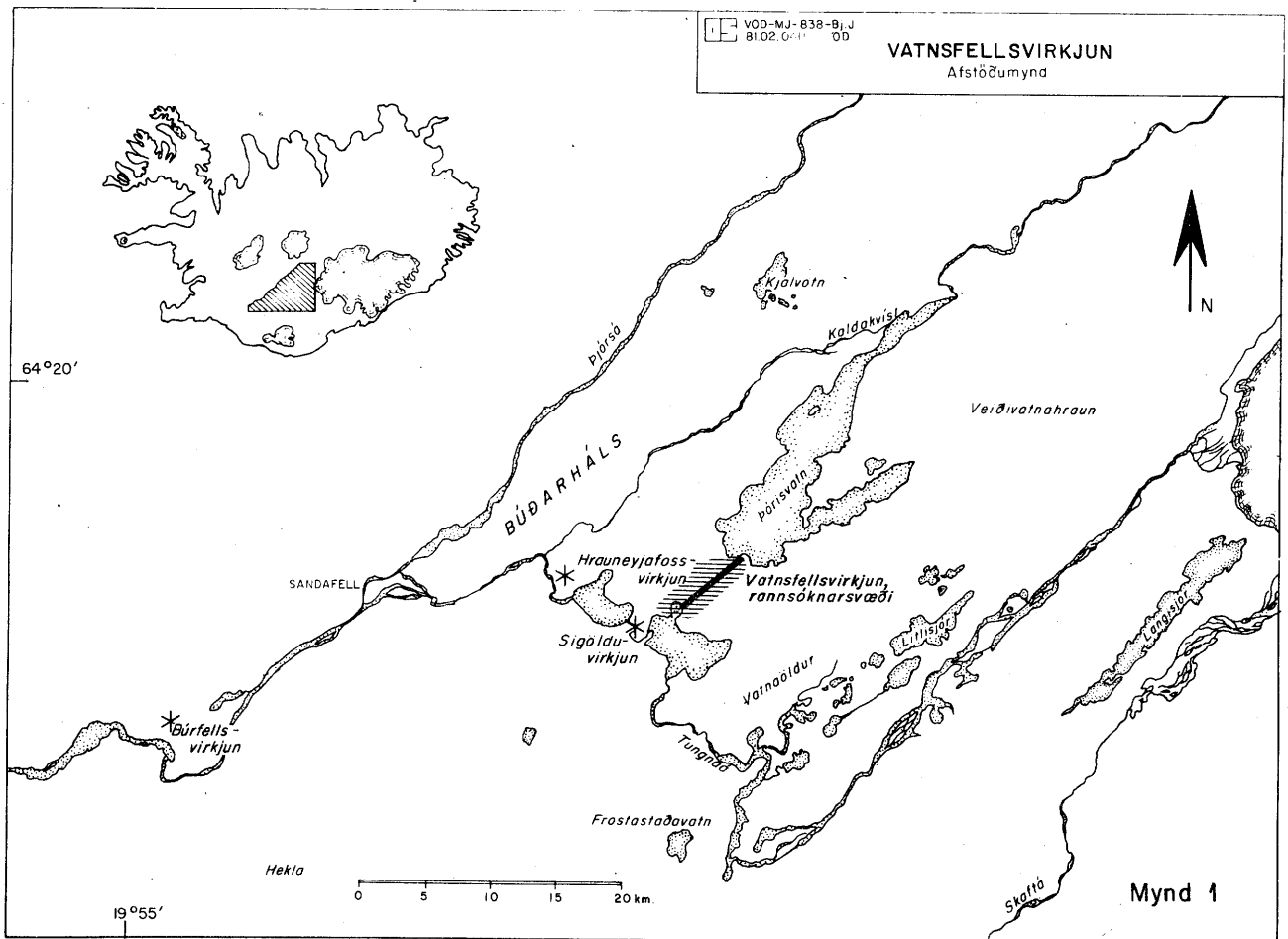
1	Þykktir og kjarnaheimta jarðlaga í VK-holum.....	18
2	RQD á stöðvarhússtæði og pípuleið.....	30
3	Q-gildi á stöðvarhússtæði og pípuleið.....	30
4	RQD í inntaki og aðrennslisskurði.....	31
5	Q-gildi í inntaki og aðrennslisskurði.....	32
6	RQD á stíflu- og botnrásarstæði.....	33
7	Q-gildi á stíflu- og botnrásarstæði.....	33
8	Q-gildi mismunandi berggerða.....	34
9	Niðurstöður pakkaraprófana og jöfnunar í VK-2.....	44
10	Leki á fermetra úr gryfjum (QL/A).....	45
11	Jarðlög, berggerðir og eiginleikar á mannvirkjastæðum.....	48
12	Niðurstöður lektarmælinga.....	49



## 1 INNGANGUR

### 1.1 Almenn

Skýrsla þessi fjallar um jarðfræði- og grunnvatnsrannsóknir sem gerðar voru árið 1983 á svæði áætlaðrar Vatnsfellsvíkjunar, sjá mynd 1. Frá því árið 1981 hefur VOD kannað jarðfræðilegar aðstæður á svæðinu í samráði við Hönnun hf. og gert þeim skriflega en með þeim áfanga sem hér er lýst er komið að verkhönnun.



Rannsóknir þær sem hér verður fjallað um skiptast í eftirfarandi þætti:

1. Almenna jarðfræðikortlagningu.
2. Kjarnaborun, kjarna- og sprungugreiningu ásamt Cobra- og loftborun.
3. Könnunargryfjur grafnar með jarðýtu (D 8 L).
4. Lektarmælingar sem fólust í pakkara- og dæluprófunum í borholum ásamt dælingu í gryfjur.
5. Almennar grunnvatnsmælingar í borholum og nálægum lindum.

Ennfremur var framkvæmd almenn jarðgrunnskortlagning og byggingar-efnisleit svo og sameiginleg forkönnun á vænlegum grjótnámum vegna fyrirhugaðra framkvæmda við Þórisvatn og Vatnsfellsvirkjun, sjá í því sambandi "Þórisvatn. Byggingarefnisleit 1983", OS-84002/VOD-02 B.

Undir verklok s.l. haust var sprengd rás í gegnum rofþolna jökulbergs- og túffkápu í neðsta móbergshafti Vatnsfellsskurðar, skammt ofan við Krókslón. Þetta haft hefur staðið af sér vatnsrof s.l. 11 ár, en algengt vetrarrennsli í veitunni er 50-150 m<sup>3</sup>/s. Undir kápunni er bólstrabreksía sem er illa samlímd og því á straumvatn tiltölulega auðvelt með að grafa hana.

## 1.2 Tilgangur

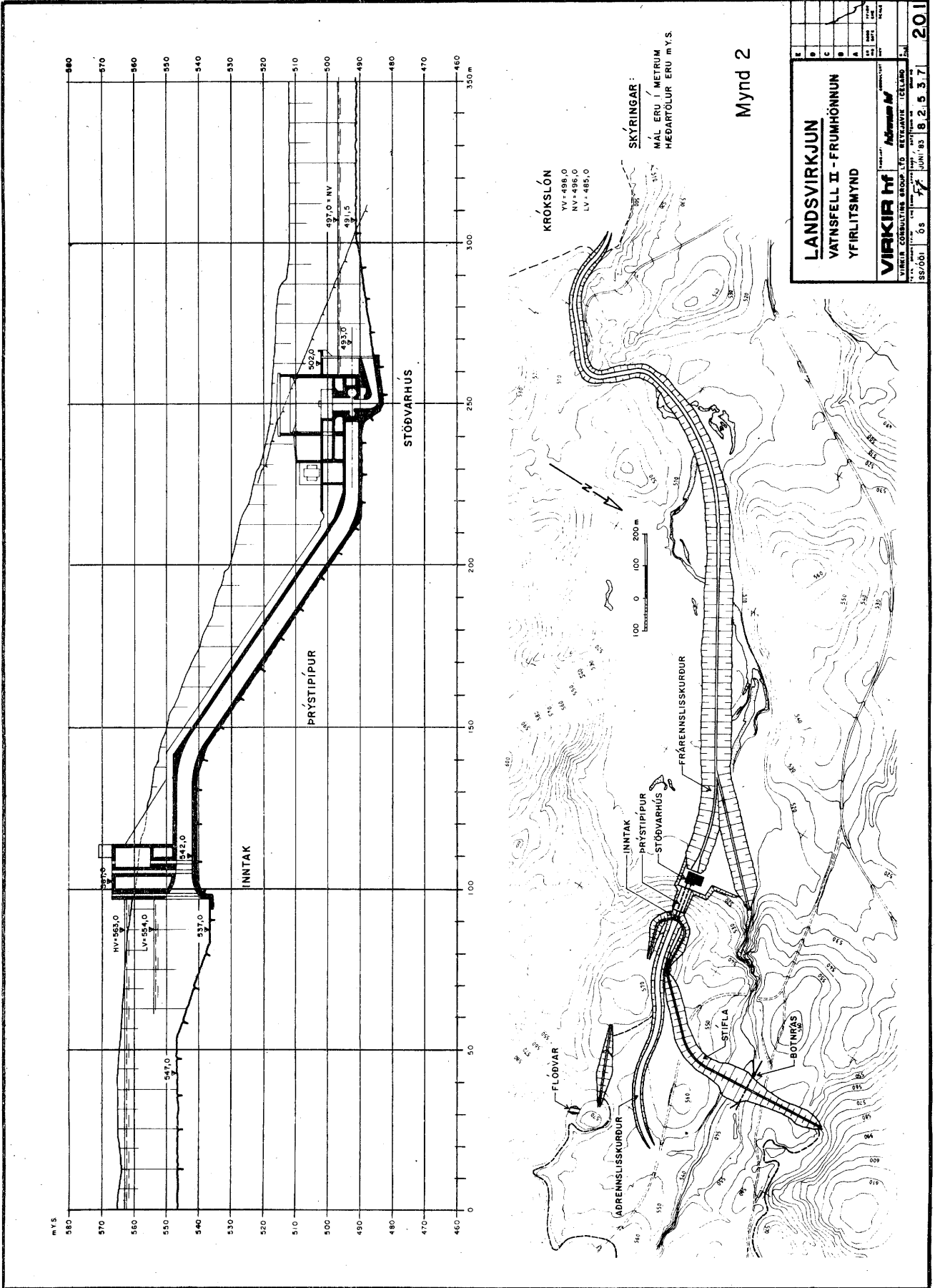
Almennt markmið þessa rannsóknaráfanga var að fá fullnægjandi mynd af skipan, gerð og lekt jarðlaga svo og stöðu grunnvatns fyrir verkhönnun þeirrar tilhögunar sem nú er stefnt að (Vatnsfell II), sjá tilhögun mannvirkja á mynd 2. Var því sérstök áhersla lögð á fyrirhuguð mannvirkjastæði, þ.e. stöðvarhús, stíflu og aðrenslisskurð.

Með tilliti til þróunar sem varð á verktímanum er eðlilegast að greina markmið verksins í tvo þætti, þar sem um eðlis og áherslumun er að ræða:

1. Gerð almenns jarðfræðilegs yfirlits og jafnframt nákvæmrar staðbundnari úttektar á þykkt, gerð og eiginleikum jarðmyndana alveg frá yfirborði og niður í bólstraberg, svo og stöðu grunnvatns á svæðinu.
2. Könnun vinnslueiginleika jarðmyndana með jarðýtugreftri (rippun), loftborun- og sprengingum og fá þannig nákvæmara kostnaðarmat fyrir framkvæmdastigið.

## 1.3 Framkvæmd

Rannsóknir á vettvangi hófust 1. júlí og stóðu samfelld yfir í rúma 3 mánuði. Almenn jarðfræðikortlagning er hluti af stærra sameiginlegu verkefni LV og VOD um kortlagningu Tungnaár- Þjórsár- svæðisins. Sérstök áhersla var lögð á svæði Vatnsfellsvirkjunar og stuðst við kjarnaboranir í því sambandi. Boraðar voru 15 holur (VK 1-15), með kjarna- og hjólakrónu, alls um 550 m. Í tveimur tilvikum þurfti að tvíþora holur að hluta vegna festu í þeirri fyrri og eru því heildar-bormetrarnir nálægt 600 m. Kjarnagreining, gerð borholusniða og berggæðamat, var unnin jafnóðum svo og ljósmyndun og frágangur kjarnans. Cobrorað var á þremur afmörkuðum svæðum. Alls voru boraðar 20 holur (VC 180-199), samtals um 92 m. Loftborað var á stíflustæði. Boraðar



SKÝRINGAR :  
MÁL ERU Í METRUM  
MÆDARTÖLUR ERU M.Y.S.

Mynd 2

LANDSVIRKJUN		VATNSFELL II - FRUMHÖNNUN		YFIRLITSMYND	
VIRKIA hf		SUNDEL CONSULTING GROUP LTD. REKJAVÍK ÍSLAND		JUNI 83 8.2.5.3.7	
SS/001		65		201	



voru 5 holur (VL 1-5) alls um 56 m. Grafnar voru 7 gryfjur (VJ 1-7) alls um 25 m með jarðýtu (D 8 L) á stíflustæðum og á svæði aðrennslis-skurðar.

Töluverð áhersla var lögð á lektarmælingar. Gerðar voru rennslis- og pakkaraprófanir í borholum og langtímadælingar í holum á fyrirhuguðu stöðvarhús- og stíflustæði. Einnig var dælt í nokkrar fyrrnefndar gryfjur. Mælingar á hæð grunnvatns í borholum meðan á borun stóð og síðar önnuðust bormenn og jarðfræðingar. Jafnframt voru þær fáu lindir sem fram koma annars vegar í veitskurði og hins vegar í sunnanverðum rótum Lænufells mældar inn af mælingadeild Landsvirkjunar (LV) sem annaðist einnig allar aðrar landmælingar vegna verksins. Um það leyti sem vatni var hleypt á Vatnsfellsskurðinn (5. okt.) og fram í nóvember mældu Vatnamælingar LV grunnvatnshæð í völdum borholum. Grunnvatnshiti í VK-holum var einnig mældur.

Undir verklok í kringum mánaðamótin sept./okt. s.l. boraði og sprengdi Þórisós sf. rás í gegnum jökulbergs- og túffkápu sem hvílir á bólstrabreksíu í neðsta hafti Vatnsfellsskurðar.

## 2 ALMENN JARÐFRÆÐI

### 2.1 Berggrunnur

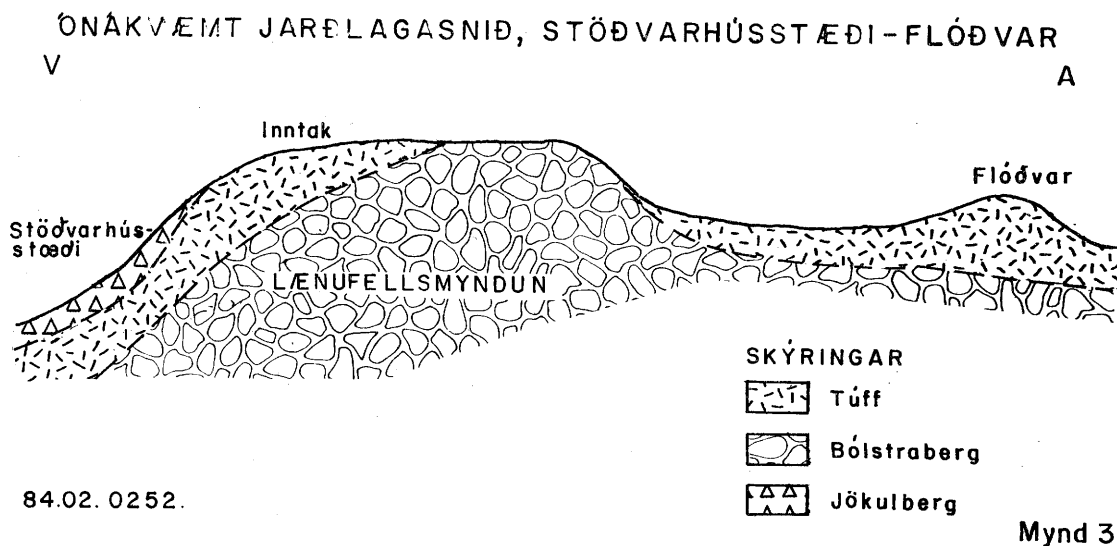
Berggrunnur á rannsóknarsvæðinu er nær eingöngu úr móbergi mynduð við gos undir jökli. Myndin sem oftast er dregin upp af hinu dæmigerða móbergsfjalli er eftirfarandi:

Neðst myndast kjarni úr bólstrabergi með misstórum kubbabergseitlum, og stuðluðum laggöngum eða smáinnskotum. Ofan og utan á þennan kjarna leggst bólstrabreksía. Túff eða túffbreksía leggst svo þar utan á ef gosið hefur náð að brjótast upp úr jöklinum. Hið nýmyndaða fjall er umlukt jökli í goslok. Jökullinn tekur fljótlega til við að rjúfa og móta það. Hann skilur víða eftir sig ruðning, stundum að mestu úr túffi (gleri) úr fjallinu. Jökulruðningurinn sest oftast til í lægðum og hlémegin í hlíðum fjallsins. Þar límist ruðningurinn saman á skömmum tíma eftir að ísa leysir. Samlímingin gengur þeim mun greiðar sem ruðningurinn er glerríkari. Útkomuna nefnum við jökulberg eða setmóberg, en skilin þar á milli geta verið mjög óglögg. Frávik frá þessari mynd eru víða mjög veruleg, þar sem hegðun gossins er mjög háð samspili ytri vatnsþrýstings og innri gufuþrýstings kvikunnar. Það er talið að bólstraberg myndist við háan ytri vatnsþrýsting og/eða lágan innri gufuþrýsting kvikunnar, en túff ef þessu er öfugt farið. Kvikan virðist einnig geta runnið nokkurn spöl frá gosstöðvunum undir ísnum og myndað þannig dálitla breiðu af bólstrabergi og bólstrabreksíu. Dæmi um þetta má sjá allvíða á svæðinu milli Sigöldu og Þórisvatns. Þar einkennist berggrunnurinn af lágum og gráum hæðum úr bólstrabergi eða bólstrabreksíu, mynduðum að einhverju leyti á þennan hátt. Túff er einkum að finna í Vatnsfelli, Lænuelli, Grásatanga, og suðvestur frá honum. Opnur eru sémilegar í túffinu en mun hraklegri í bólstraberginu. Þó eru góðar opnur í Vatnsfellsskurði.

Á virkjunarsvæðinu og næsta nágrenni má skipta berggrunninum eftir dílapéttleika bergsins í þrjár myndanir, sémilega aðgreindar. Þær eiga það sameiginlegt að vera að miklu leyti úr bólstrabergi og bólstrabreksíu með túffkápum hér og þar. Jökulberg er og víða að finna, einkum í dældum í bólstraberginu. Opnum er þannig háttað að ekki er ástæða til að fara mjög fínt í bergásýndarflokkun nema staðbundið. Á jarðfræðikortinu er því bólstrabergi og bólstrabreksíu slegið saman og kallað bólstraberg. Hið sama gildir um túff-flokkinn sem inniheldur bæði túff og túffríka breksíu. Hver myndun er að öllum líkindum mynduð í mörgum gosum eða goshrinum. Hægt er að geta sér til um afstæðan aldur myndananna, að gefinni þeirri forsendu að myndunarskeið þeirra skarist ekki.

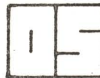
Eins og áður er sagt má skipta berggrunninum á virkjunarsvæðinu í þrennt eftir dýlapéttleika: 1. Lænufellsmýndun, 2. Sigöldumýndun og 3. Vatnsfellsmýndun. Myndanirnar eru nefndar hér í aldursröð, Lænufellsmýndun elst, sjá mynd 4.

1. Lænufellsmýndun er túff og bólstraberg, þvínær dýlalaust. Mýndunina er að finna í Lænufelli og móbergshólunum þar fyrir norðan. Fyrirhugaður aðrennslisskurður, stöðvarhússtæði og stíflur sunnan við veitufarveg, eru í þessari mýndun. Nokkrir túffhólar, sem tilheyra Lænufellsmyndun, sjást gægjast upp úr Sigöldumýndun, t.d. vestan við Vatnsfellsskurð, rétt neðan við væntanlegt stíflu-stæði. Um mýndunina má segja að flestir hólarnir, þ.á.m. Lænufell og virkjunarsvæðið, séu með bólstrabergskjarna og túffkápu í hlíðunum. "Setmóberg" (túff tilflutt af jökli) og sumstaðar jökulberg, leggst svo víða þar utaná, t.d. á stöðvarhússtæðinu. Ísaldarjökullinn hefur víða rofið ofan af hólum og fellum, og sér þar í bólstrabergskjarnann. Allþéttir kubbabergseitlar, nokkrir metrar í þvermál, sjást nokkuð víða í bólstraberginu. Nú eru uppi hugmyndir um að breyta legu aðrennslisskurðarins, og færa hann sunnar. Skurðurinn mun þá væntanlega liggja að verulegu leyti í bólstrabergi eða bólstrabreksíu, með þéttum basalteitlum innanum. Eftirfarandi riss gæti e.t.v. gefið hugmynd um jarðlagaskipan þar.



Opnur í berggrunninn þarna eru lélegar. Mynd 3 hér að ofan og jarðfræðikort (mynd 4) eru því ónákvæm, að verulegu leyti byggð á grjóti, sem liggur laust á yfirborði.





SKÝRINGAR

- Vatnfellsmyndun túff/bólstraberg
- Sigöldumyndun túff/bólstraberg
- Lænufellsmyndun túff/bólstraberg
- Jökulberg
- Brotalína

VATNSFELL - LÆNUFELL  
JARÐFRÆÐIKORT



2. Sigöldumyndun er að mestu úr bólstrabergi og bólstrabreksíu, þó er dálitla túffklessu að finna vestan við haft IV, niðri við Sigöldulón. Myndunin er auðþekkt af smáum (2 mm), en þéttum (ca. 8%) feldspatdílum. Norðurendi væntanlegrar stíflu og botnrás í farvegi Vatnsfellsveitu verður í Sigöldumyndun. Í Vatnsfellsskurðinum neðan við stíflustæðið (haft III) er talsvert af kubbabergseitlum, en ofan við það er bólstrabreksía ráðandi í skurðbökkunum, upp að hafti II. Við norðurenda væntanlegrar stíflu má sennilega búast við bólstrabreksíu og/eða túffbreksíu í undirstöðu stíflunnar. Opnur þar eru vondar og oft er erfitt að greina á milli bólstrabreksíu og bólstrabergs.
  
3. Vatnsfellsmyndun. Hér er eins og áður um að ræða túff og bólstraberg. Bergið er stakdílótt (2-3%). Þessi myndun kemur lítið við sögu, nema e.t.v. við suðurenda flóðvarsins. Þar liggur sennilega bólstraberg ofan á túffi frá Lænufellsmyndun. Þar fyrir norðan og austan er svo túff og túffbreksía, t.d. í Vatnsfelli og nágrenni. Mót Sigöldumyndunar og Vatnsfellsmyndunar, vestan Vatnsfells, eru víða hulin uppgreftri úr Vatnsfellsskurði, steypuásprautun eða öðru slíku. Ofan við lokuvirkið mun skurðurinn sjálfur þó að líkindum liggja á mótum Vatnsfells- og Sigöldumyndana, en í Sigöldumyndun að mestu neðan þess.

## 2.2 Brotalínur

Engar áberandi eða fersklegar brotalínur er að sjá á virkjunarsvæðinu, en á loftmyndum má greina slangur af brotalínum með ýmsar stefnur. Sterkustu stefnurnar eru nálægt N-S og A-V. Um þessar brotalínur er lítið vitað eins og er, en hugsanlegt er að þær hefðu talsverð staðbundin áhrif á grunnvatn og/eða leka.

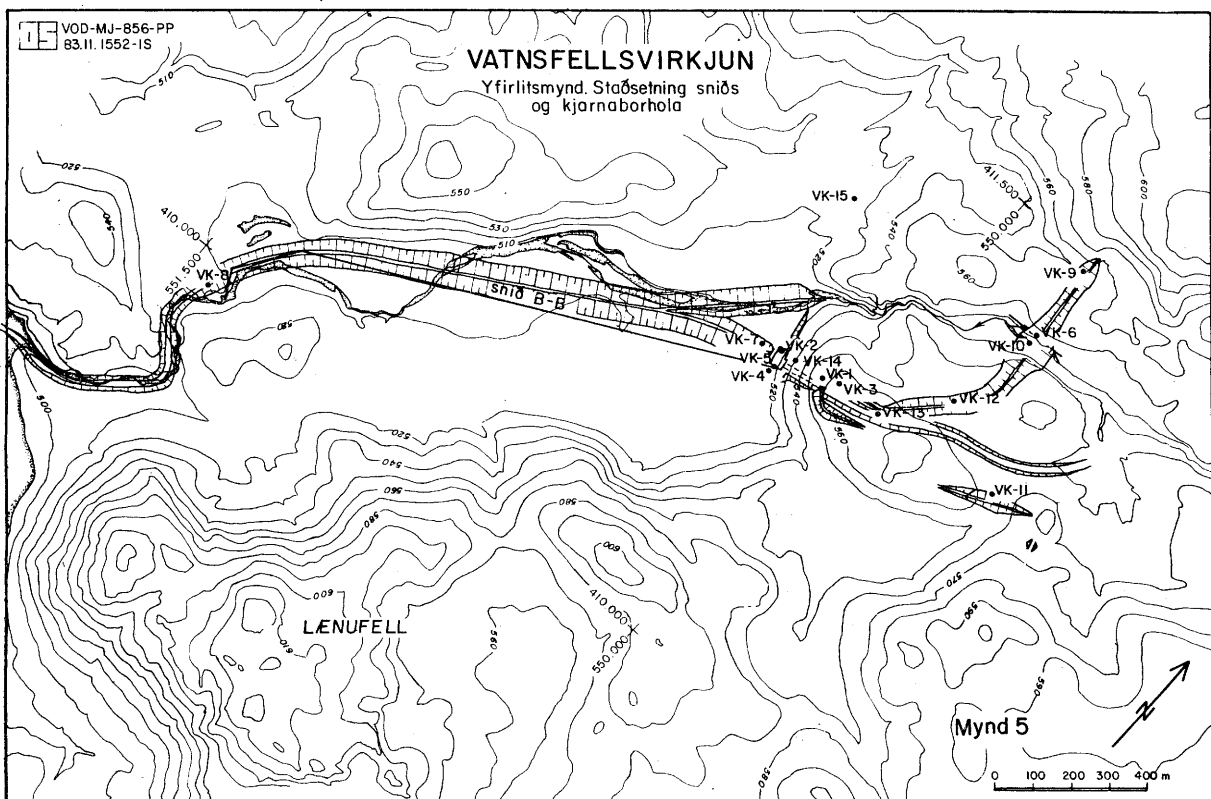
### 3 BORANIR OG JARÐLAGASKIPAN

#### 3.1 Boranir og gryfjugerð

Rannsóknir beindust fyrst og fremst að virkjunartilhögun II, sjá mynd 2. Boraðar voru 15 kjarnaholur (VK-holur), 5 loftborsholur (VL-holur) og 20 Cobraholur (VC-holur). Auk þess voru grafnar 7 jarðýtugryfjur (VJ-gryfjur). Allt gefur þetta upplýsingar um skipan og gerð jarðlaga, mismiklar þó, auk upplýsinga um lekt, grunnvatnsborð o.fl. Hér á eftir verður stuttlega gerð grein fyrir tilgangi hvers verkhluta fyrir sig og lýsing gefin á framkvæmd.

**Kjarnaborun.** Eins og áður segir voru boraðar 15 kjarnaholur á svæði Vatnsfellsvirkjunar, sjá myndir 5, 6 og viðauka 1. Alls voru boraðir 547,6 m, en þar af voru boraðir 64 m með hjólakrónu. Dýpsta holan er 57,4 m en sú grynna 19,5 m.

Kjarnaboranir gefa einna nákvæmstu og fjölbreytilegustu upplýsingar um jarðlög og eiginleika þeirra sem völ er á. Samfelld kjarnataka gefur möguleika á að mæla þykkt jarðlaga nákvæmlega svo og á lýsingu þeirra á ápreifanlegan hátt. Þetta á reyndar eingöngu við um "föst" jarðlög þar eð ekki fæst borkjarni af lausum jarðlögum með þeirri bortækni sem beitt var hér. Ýmsar mælingar má gera á kjarna, svo sem heilleikamælingar (RQD), brotpolsmælingar o.fl. Einnig er hægt að





mæla "berggæði" jarðlaga, þ.e. Q-gildi, sem er einkum fengið með lýsingu og mælingum á gerð sprungna. Samfara borun eru kjarnaholurnar lektarmældar og gefa þar með upplýsingar um vatnsleiðni aðliggjandi jarðlaga. Eftir borun eru þær holur sem ná grunnvatnsborði fóðraðar með götuðu plasti og er þá hægt að fylgjast með grunnvatnshæð og hita um ókomna framtíð.

**Loftborun.** Boraðar voru 5 loftborsholur á stæði aðalstíflu, þ.e. í Vatnsfellsskurði og sitthvoru megin við hann, sjá mynd 6. Heildarbormetrar eru 56,3, en dýpsta holan er 14,8 m og sú grynnsta er 7,5 m djúp.

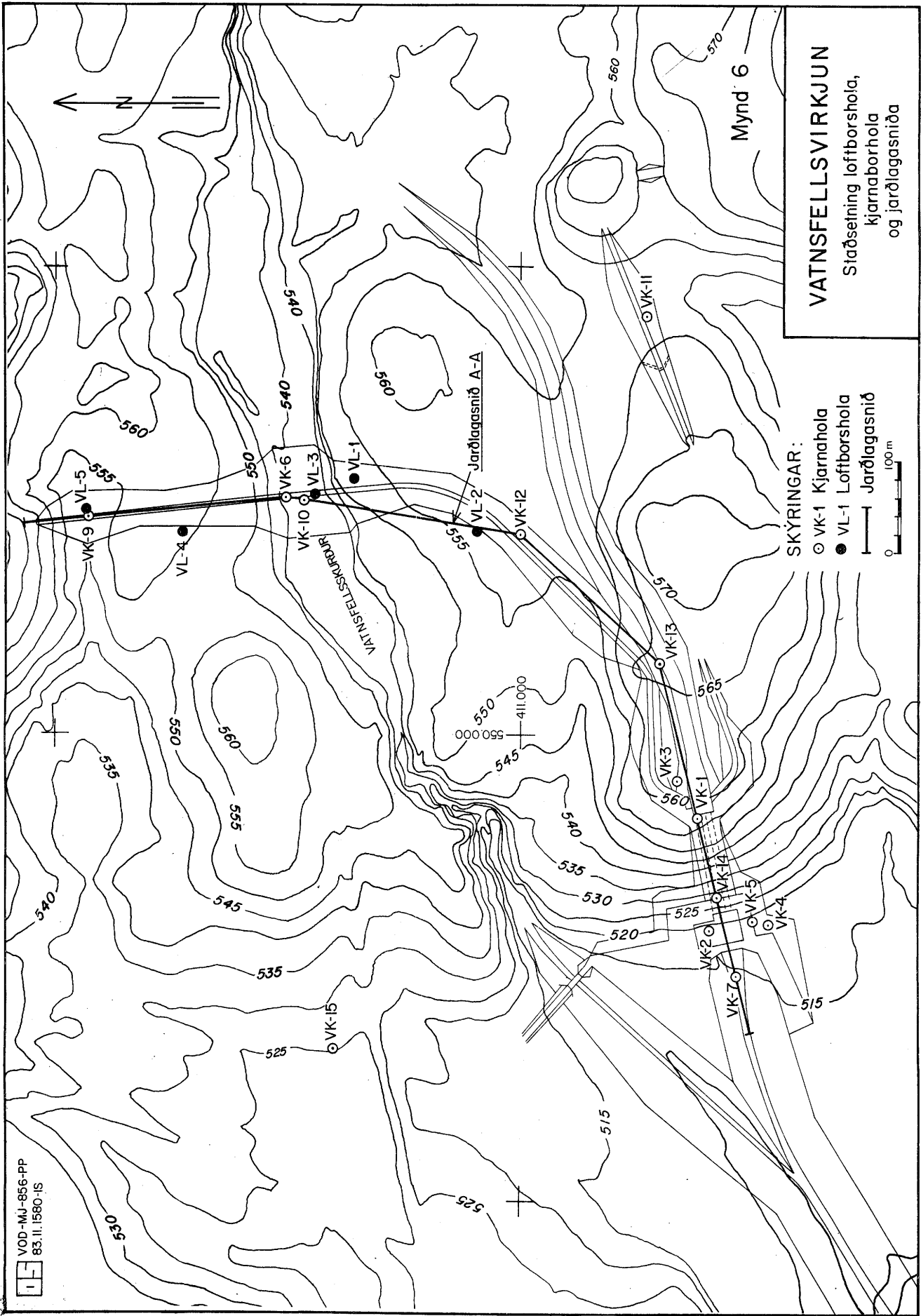
Tilgangur þessara borana var fyrst og fremst sá að kanna hversu vel loftbor hentaði á þessu svæði m.t.t. væntanlegrar grautunar við mannvirkjagerð. Engu að síður komu þessar loftboranir að gagni við gerð jarðlagasniðs.

Borun fer þannig fram, að með lofthamri sem framkallar titring og snúning eru rekin niður 3 m löng borstál. Tekin er bortíminn, þ.e. hversu langan tíma það tekur að bora ákveðið dýptarbil, auk þess sem borsvarfið er skoðað og því lýst jafnóðum og það kemur upp. Dýpi er lesið upp á 1/10 úr metra og má segja að nákvæmni í dýptarákvörðun sé í öllum tilvikum innan við 0,5 m. Út frá þessum upplýsingum eru teiknuð borholusnið, þ.e. bortímalínurit og jarðlagaskipan skv. túlkun, sjá viðauka 1. Stundum eru tekin svarfsýni til nánari greiningar á rannsóknarstofu, en í þessu tilfelli var það ekki gert.

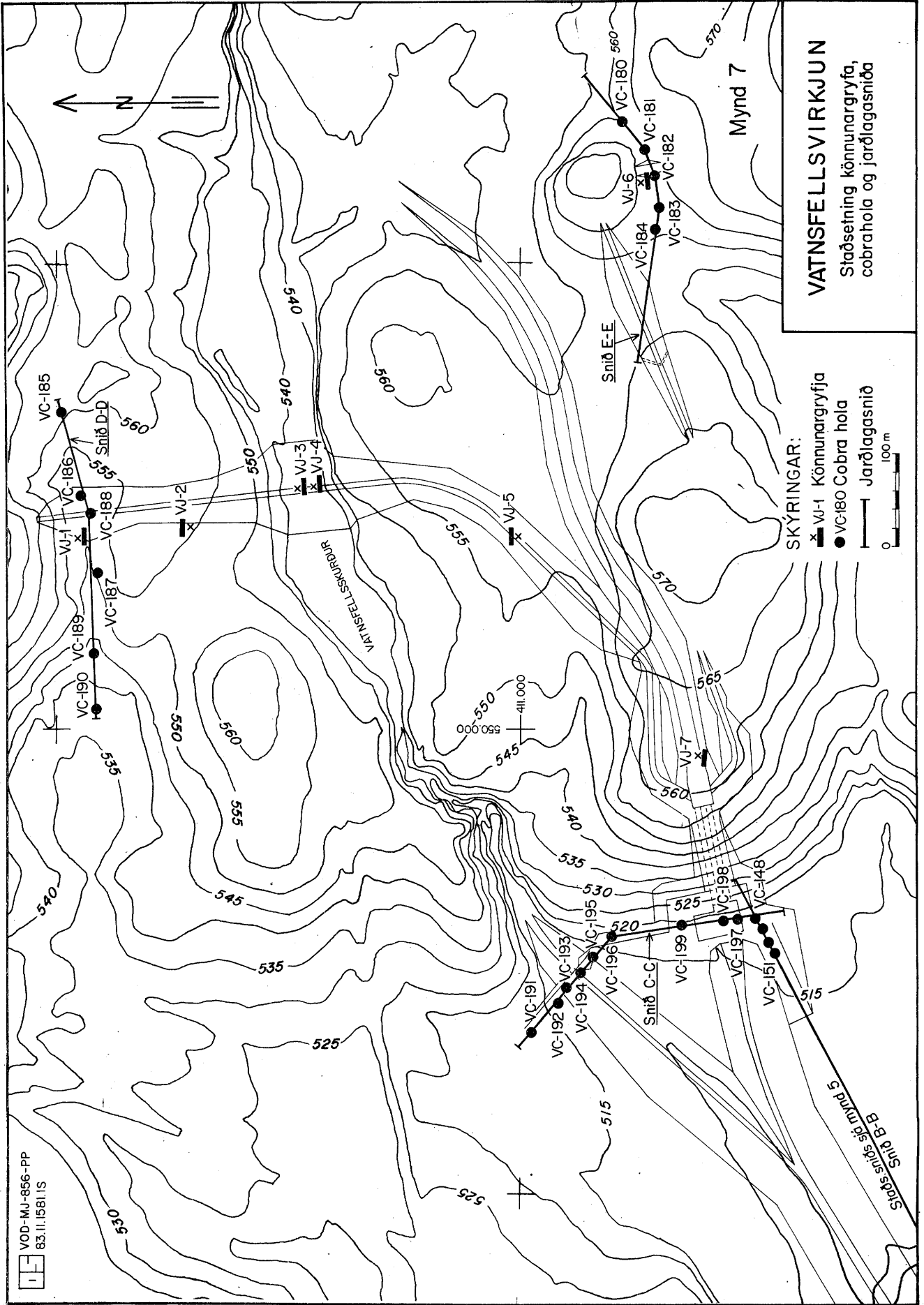
**Cobraborun.** Boraðar voru 20 cobraholur, alls 91,7 bormetrar, sjá mynd 7. Dýpi Cobraholanna er á bilinu 0,6 m til 17,6 m.

Cobraborinn er lítill handbor sem framkallar titring. Við borinn eru notaðar 1 m langar borstangir sem eru skrúfaðar saman og er sú fremsta með oddi. Borinn þrýstir stöngunum ofan í lausu jarðlögin, og um leið er bortíminn mældur. Cobraborun gefur upplýsingar um þykkt lausra jarðlaga og auk þess hugmynd um þéttleika þeirra, sjá viðauka 1.

**Gryfjur.** Grafnar voru 7 könnunargryfjur með jarðýtu á svæði Vatnsfellsvirkjunar s.l. sumar, sjá mynd 7. Þessar gryfjur voru allar mældar upp og jarðlög í þeim greind, sjá viðauka 2. Gryfjurnar koma því að góðum notum við gerð jarðlagasniða, en einnig var dælt vatni í sumar þeirra til lekaprófana, sbr. kafla 6.



**VATNSFELLSVIRKJUN**  
 Staðsetning loftborshola,  
 kjarnaborshola  
 og jarðlagasniða



### VATNSFELLSVIKJUN

Staðsetning könnunargryfja, cobrahola og jarðlagasniða

- SKÝRINGAR:
- ✕ VJ-1 Könnunargryfja
  - VC-180 Cobra hola
  - Jarðlagasnið
- 0 100 m

VOD-MJ-856-PP  
83.II.1581.1S

### 3.2 Skipan og gerð jarðlaga

Samkvæmt niðurstöðum rannsókna sumarið 1983 voru teiknuð fjögur snið auk þess sem snið úr skýrslu OS 82105/VOD 46 B, var endurteiknað vegna viðbótarupplýsinga sem fengust síðastliðið sumar.

Þrátt fyrir að sniðin séu byggð á allvíðtækum rannsóknum eru óvissuþættir í jarðlagatengingum og túlkun. Í túffbreksíu geta legið staðbundnir bólstra- eða kubbabergseitlar sem ekki sjást á yfirborði. Mörk milli túffbreksíu og bólstrabreksíu eru oft óljós auk þess sem þau eru óregluleg. Einnig getur verið erfitt að þekkja muninn á setmóbergi ("jökulbergi") og túffi/túffbreksíu þar eð setmóbergið er aðallega túff og túffbreksía með stöku bólstrabrotum en skammflutt af jökli og heldur helstu einkennum túffríka fasans. Enn einn óvissuþátturinn skapast af því hversu kjarnaheimta er oft lítil sérstaklega í bólstrabreksíunni, sbr. töflu 1.

TAFLA 1 Þykktir og kjarnaheimta jarðlaga í VK-holum

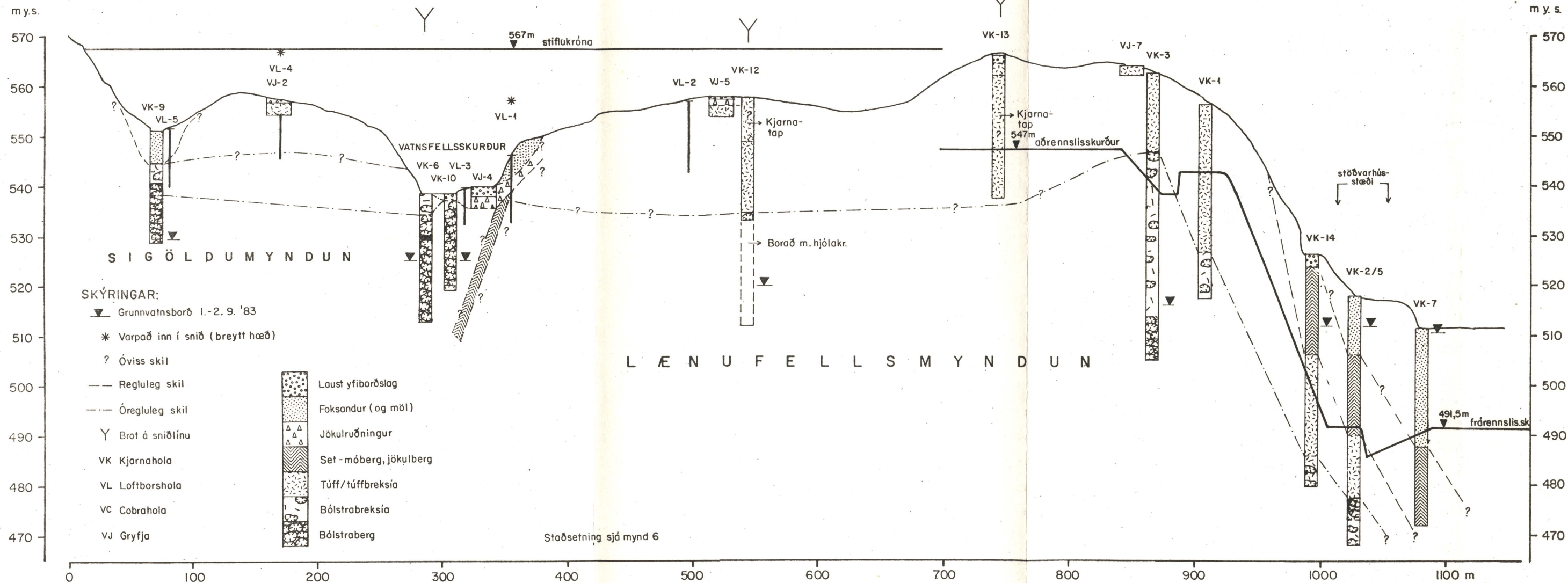
Jarðlagagerð	Alls Þykkt, m	Kjarnaheimta, %
Setmóberg, jökulberg	78,7	75,1
Túff/túffbreksía	164,1	55,0
Túff/túffbr. án VK-13	137,0	65,5
Bólstrabreksía	77,9	19,8
Bólstraberg	63,9	52,1
Alls	388,2	51,0

Í töflu 1 kemur mjög greinilega fram hversu léleg kjarnaheimtan er í bólstrabreksíunni. Túffið og bólstrabergið eru nokkuð svipuð, en setmóbergið skilar mestum kjarna. Þar sem kjarnaheimta er svo lítil sem raun ber vitni bitnar það á nákvæmni túlkunar þar eð ekki er hægt að sjá beint í kjarnanum gerð einstakra jarðlaga eða lageininga. Til dæmis var algengt að einungis hörðu basaltmolarnir kæmu upp í kjarnarörinu þegar borað var í bólstrabreksíu, en túffið á milli skolaðist upp sem svarf. Í túffinu kom stundum alls enginn kjarni svo tugum metra skipti, sbr. VK-13. Það er því ljóst að sniðin gefa ekki mjög nákvæma mynd af legu jarðlaga en standast í öllum meginatriðum. Til að undirstrika óvissuna og óregluna í sniðunum eru notaðar tvennskonar tengilínur. Önnur línan túlkar óregluleg skil og liggur hún yfirleitt á mörkum túffs og bólstrabreksíu eða bólstrabreksíu og bólstrabergs. Hin línan táknar regluleg skil og liggur yfirleitt á mörkum gosbergs og setlags eða milli setlaga, sbr. myndir 8 og 10.

# VATNSFELLSVIRKJUN

## Jarðlagasnið A-A

Mynd 8



Snið A-A, aðalsnið. Þetta er yfirgripsmesta sniðið sem birtist í þessari skýrslu, sjá staðsetningu á mynd 6. Snið þetta er byggt á 11 kjarnaholum, 5 loftborsholum og 6 jarðýtugryfjum, en auk þess upplýsingum sem fengust við vettvangskönnun, sjá mynd 8.

Segja má að snið A-A sé allnákvæmt á bilinu VK-7 til VK-12. Frá VK-7 til VK-3 eru jarðlög nokkuð regluleg en halla mikið ( $\sim 23^\circ$ ). Aðallega laus sandur (foksandur) og mól í einhverjum mæli fyllir lægðina, sem frárennslisskurðurinn mun liggja um. Þykkt þessa lags er allt að 24 m í VK-7, en þynnist um leið og önnur jarðlög rísa og taka við. Í VK-2 og 5 er þykktin um 10-15 m en þynnist og deyr nánast út við rætur fellsins. Þá tekur við setmóberg sem finnst í VK-7, 2, 5 og 14. Þetta lag er nokkuð jafnþykkt, eða um 13-17 m en þynnist og deyr út einhversstaðar í miðri hlíðinni, eða miðsvæðis á pípuleiðinni. Eins og áður hefur komið fram er hér um skammflutta mylsnu að ræða, aðallega túff og breksíu. Jökullinn hefur því lítið mulið og núið þetta efni, sem aftur hefur límt saman. Þó er hægt að þekkja í sundur setmóbergið og túff/túffbreksíuna, þar sem minna er um frauðkennd korn í setmóberginu auk þess sem það er oft lagskipt með rúnnum smásteinum.

Undir setmóberginu tekur við túff eða túffbreksía sem tilheyrir Lænu-fellsmyndun, sjá mynd 8. Þykkt þessa lags er nokkuð misjöfn, allt frá um 11 m í VK-5 upp í um 30 m í VK-1. Halli þessarar lageiningar er mikill eins og setmóbergisins að VK-3, en þaðan helst þykktin nokkuð jöfn og hallalítill að Vatnsfellsskurði. Túff/túffbreksían er nokkuð vel samlímd og skilaði sér vel í holum VK-2, 5, 14 og 1 (kjarnaheimta 80-85%), en austar og ofar í holum VK-3, 13 og 12 er kjarnaheimta mun lélegri og túffið svart og illa samlímt (kjarnaheimta 2-53%).

Undir túffríka hlutanum liggur bólstrabreksía sem kemur fram í flestum holum í hlíðum og rótum öldunnar. Kjarnaheimta er nokkuð misjöfn í þessari lageiningu en lág í öllum tilvikum eða 5-37%. Það sem náðist upp sem kjarni voru yfirleitt blöðróttir og dílalausir basaltmólar, þar sem glermillimassinn hafði skolast burt. Bólstrabreksían er allsstaðar beint undir túffinu og er þykkt hennar sjálfsagt breytileg en í VK-3 er hún um 30 m. Frá VK-13 til norðurs, að Vatnsfellsskurði er túffið og túffbreksían víða hulin þunnu lagi af foksandi (gjósku), mól og jökulruðningsklíningi, sem kemur m.a. fram í gryfju VJ-5, sjá viðauka 2.

Við Vatnsfellsskurðinn koma Lænu-fells- og Sigöldumyndun saman, en sú síðarnefnda er yngri. Mikil óvissa ríkir um legu jarðlaga þar sem þessar tvær myndanir mætast. Líklega liggur jökulbergskápa (setmóberg) utan á Lænu-fellsmynduninni en hún sést ekki þar sem sniðið liggur, en finnst í opnum neðar í Vatnsfellsskurði. Um þykkt og halla

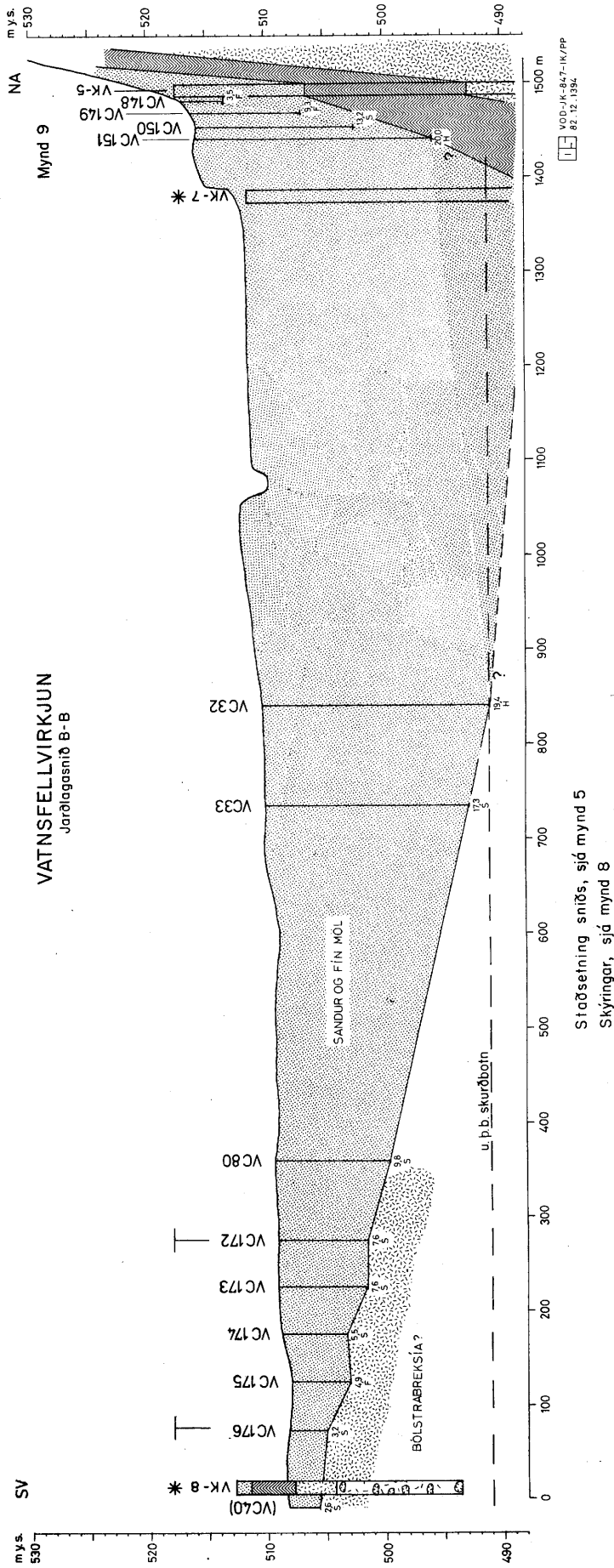


jökulbergsins er ekki vitað. Ofan á jökulberginu liggur Sigöldu-myndun, en þar ofan á er jökulruðningur með malar og sandlögum. Í suðurbakka Vatnsfellsskurðarins liggur sandfylla (foksandur og gjóska) ofan á jökulruðningnum og er óvíst um umfang hennar. Í skurðbotninum er hins vegar hnellingamöl ofan á jökulruðningnum. Það skal ítrekað að mikil óvissa ríkir um myndanaskil og legu jarðlaga á þessum slóðum.

Frá Vatnsfellsskurði og norður eftir stífluásnum er Sigöldumyndunin ríkjandi og mjög svipuð Lænufellsmynduninni að uppbyggingu á þessum slóðum. Efst er túff/túffbreksía, síðan er bólstrabreksía og loks bólstraberg. Aðgreining á myndununum er auðveld þar sem Lænufellsmyndunin er nær dílalaus en Sigöldumyndunin hefur um 7% af feldspat-dílum.

Í Vatnsfellsskurðinum, sbr. VK-6 og 10, hefur allt túff rofist burt og meirihluti bólstrabreksiunnar einnig. Sömu sögu er að segja um lægd-ina nyrst á stíflustæðinu sbr. VK-9, en þar er um 6 m þykk foksandsfylla (sjá nánar í sniðlýsingu D-D). Í gryfjunni VJ-2 sem er á milli VK-6 og 9 er túff/túffbreksía. Þar er staðbundinn jökulruðningsklíningur með malar- og sandlinsum (< 1m), en efst afar þunn foksandsþekja, sjá viðauka 2. Samkvæmt loftborsholunni VL-4 virðist vera bólstrabreksía í um 546 m y.s. Sniðið er því nokkuð ábyggilegt frá VK-10 og norður úr.

Snið B-B, frárennslisskurður. Sniðið nær frá stöðvarhússtæði, niður eftir frárennslisskurði og að hafti IV, sjá mynd 5. Sniðið á mynd 9 er að mestu teiknað skv. niðurstöðum Cobraborana sem framkvæmdar voru sumarið 1981 og '82, en inn á það hefur verið bætt kjarnaholum frá síðasta sumri. Eins og fram kemur á sniðinu er sandur (líklega að mestu foksandur) og mól ríkjandi. Þessi lausu jarðlög eru þykkust rétt vestan við stöðvarhússtæðið, í VK-7 tæpir 24 m, og ná því vel niður fyrir áætlaðan skurðbotn (491,5 m y.s.). Setmóbergið gæti þó legið eitthvað ofar í VK-7, en allavega ætti auðgræft efni að liggja í eða fyrir neðan áætlaðan skurðbotn á bilinu frá VK-7 til VC-32. Í VK-5 er þykkt lausra jarðlaga um 11 m, þar með e.t.v. lausasti hluti setmóbergsins. Botn lausra jarðlaga liggur um 19 m hærra í VK-5 en í VK-7, en fjarlægð milli þessara hola er um 100 m. Nánar verður fjallað um stöðvarhússtæðið hér á eftir.



VATNSFELLVIRKJUN  
Jarðlagasnið B-B

Staðsetning sniðs, sjá mynd 5  
Skýringar, sjá mynd 8

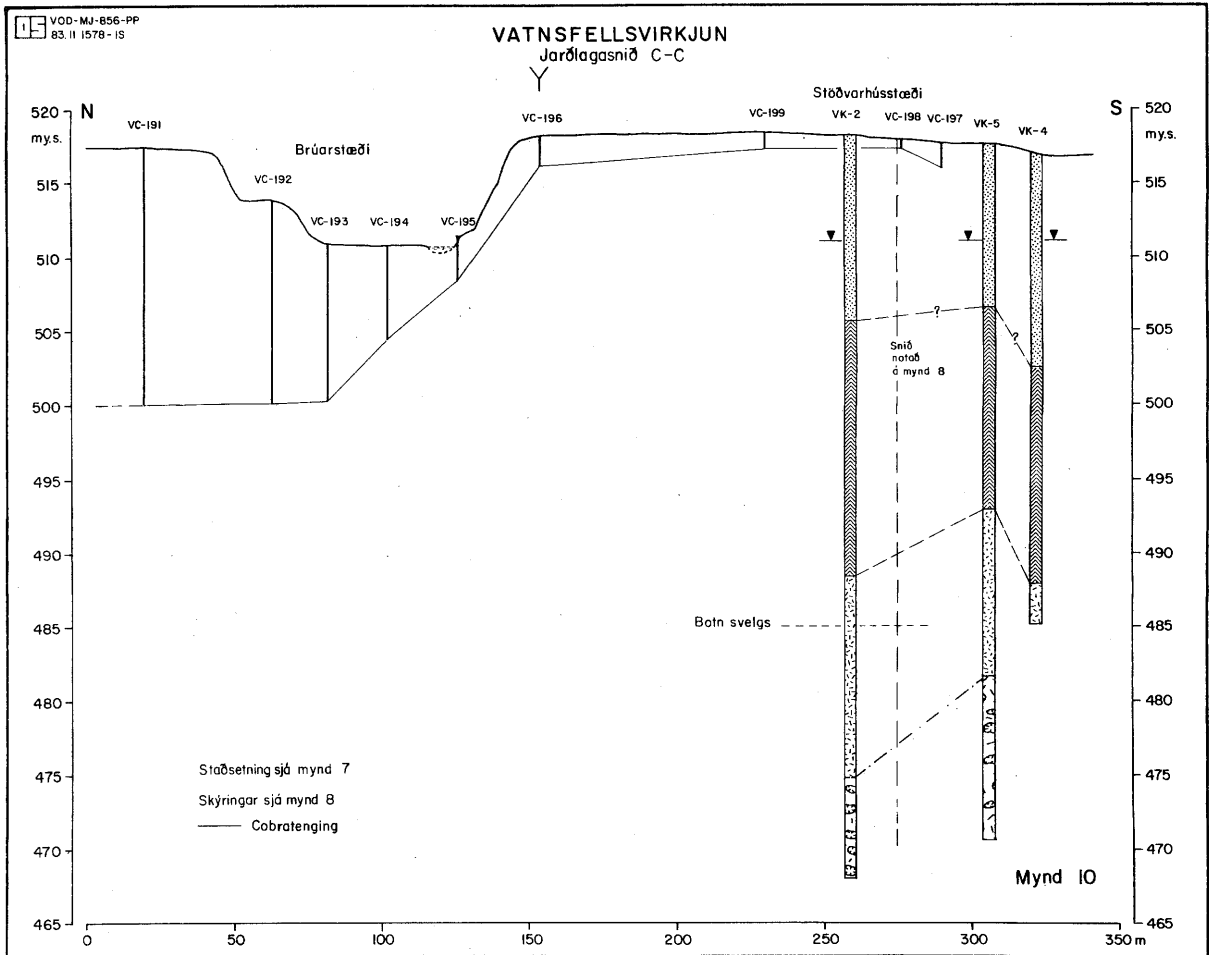
Vestan við VC-32 þynnast lausu jarðlög in til vesturs, úr a.m.k. 19,4 m (VC-32) í a.m.k. 2,6 m (VC-40). Á svæðinu frá stöðvarhússtæði vestur að VC-32 eru auðgræf laus jarðlög en þar fyrir vestan koma inn föst jarðlög og fer hluti þeirra vaxandi til vesturs. Í VC-40 er þykkt fastra jarðlaga orðin allt að 15 m fyrir ofan áætlaða botnhæð skurðar. Kjarnaholan VK-8 var boruð skammt frá sniðlínunni uppi á bakka og styður þessa mynd, svo og opnur þar fyrir neðan.

Snið C-C, brúar- og stöðvarhússtæði. Á mynd 7 sést lega sniðs C-C. Á fyrirhuguðu brúarstæði er sniðið byggt á sex Cobraholum, en á stöðvarhússtæðinu eru þrjár kjarnaholur, auk þriggja Cobrahola, sjá mynd 10.

Á brúarstæðinu eru laus jarðlög mun þykkari að norðvestan en suðaustan. Í VC-191 var borað niður á 17,6 m dýpi, en þá var hætt vegna stangaleysis. Bortími á síðustu tugum sm bendir þó til að komið sé á fast á þessu dýpi (500 m y.s.), sjá viðauka 1. Mjög svipuð hæð á fast er í VC-192 og 193, en síðan fer grynnkandi á fast til suðausturs. Þar sem borinn stoppar á láréttu plani (VC-191-193) gæti verið þétt siltríkt lag, e.t.v. gamalt lónaset, þó ekkert sé hægt að fullyrða í þessu sambandi. Þar sem fer að halla upp (VC-194-196) gæti fyrirstaðan sem stoppar á verið efra borð jökulbergskápunnar sem klæðir Lænufellsmyndunina á þessum slóðum og kemur m.a. fram í gilinu við haft III. Þessi kápa er misþykk og er óvíst hvort hún liggur á lausu jarðlagi eða föstu. Það er því óvíst hvort nægjanlega föst undirstaða fyrir brúarstöpla er á því dýpi sem Cobraboranir gefa til kynna, eða hvort enn dýpra er á góða undirstöðu.

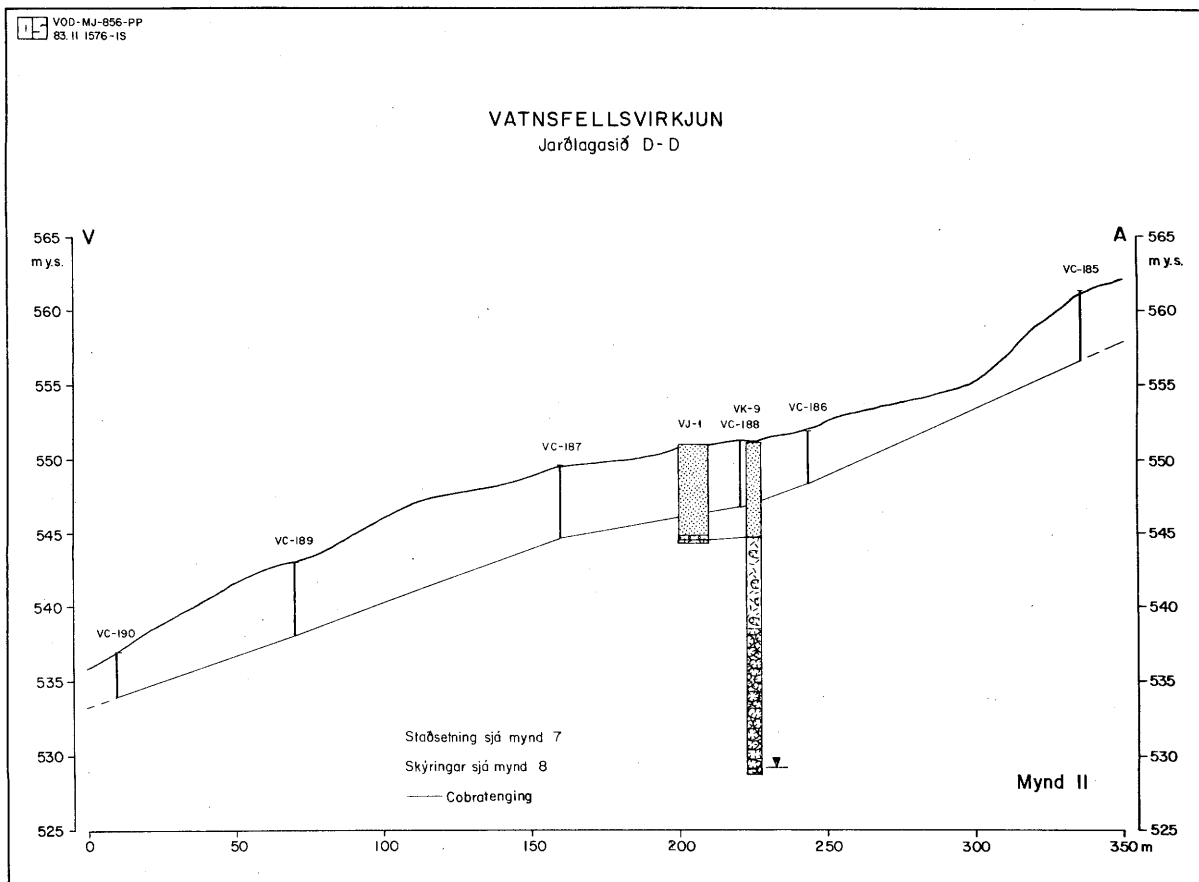
Á fyrirhuguðu stöðvarhússtæði er eins og áður var getið, stuðst við þær þrjár kjarnaholur sem þar voru boraðar auk þriggja Cobrahola. Á sniði C-C sést að Cobraholumnar ná mjög stutt ofan í jörðina, eða innan við 2 m í öllum tilvikum, sjá mynd 10. Hinsvegar sýna kjarnaholumnar milli 10 og 15 m þykk laus jarðlög. Hér kemur því greinilega fram misræmi á niðurstöðum Cobra- og kjarnaborana. Skýringin liggur í því að Cobraborinn stoppar á fyrirstöðu sem ekki verður vart við með kjarnabor. Þetta er túlkað þannig að á 1 til 2 m dýpi sé þunn en hörð linsa í lausu jarðlögum, e.t.v. samlímt skriðuefni úr fellinu.

Efstu jarðlagaskilin í kjarnaholum eru túlkuð sem mörk milli foksands/malar og setmóbergs. Raunveruleg mörk milli þessara jarðlaga gætu legið ofar þar sem kjarnataka var ekki hafin fyrr á viðkomandi dýpi. Því er réttara að líta á þessi túlkuðu jarðlagaskil sem mörk lausra og græfra efna annarsvegar og fastra hinsvegar.



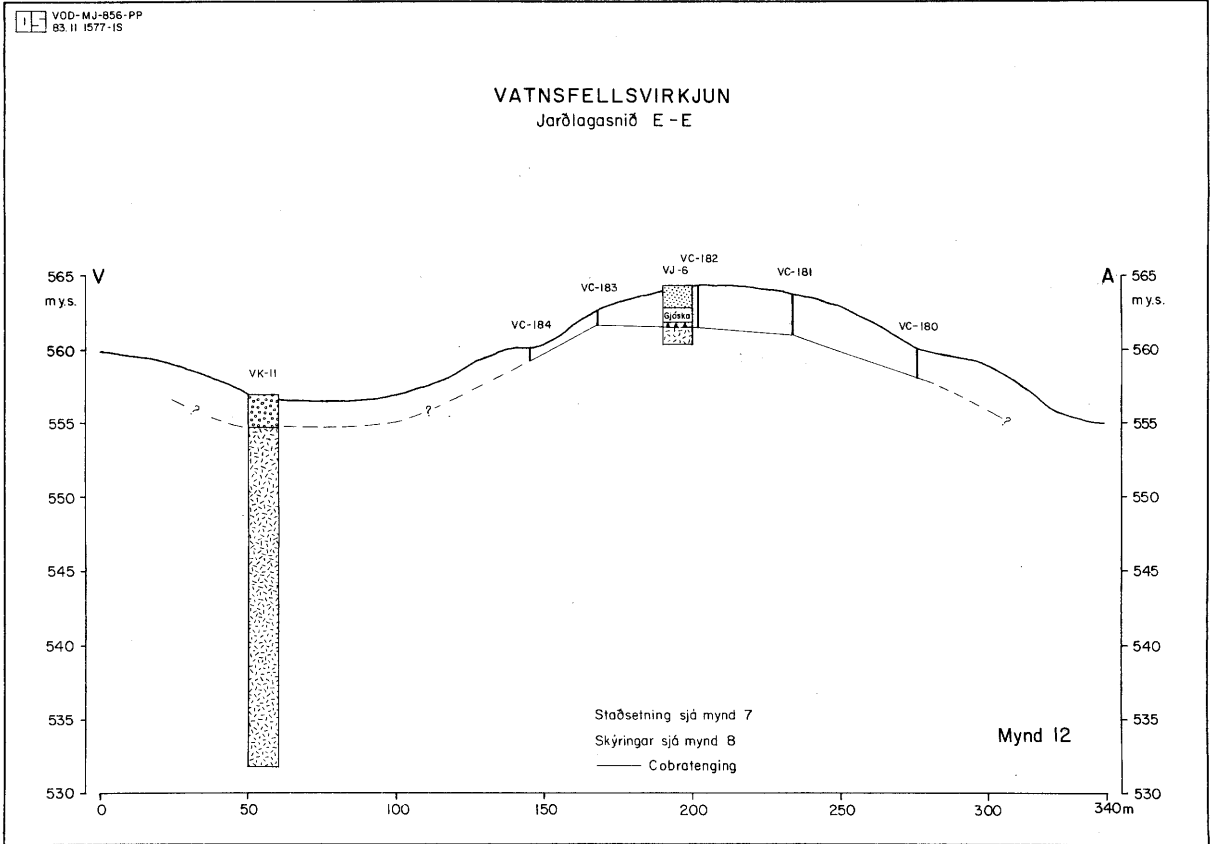
Setmóbergið nær niður á u.þ.b. 490 m y.s., en þar tekur við túff/túff-breksía. Þessi mörk eru vel skilgreind vegna þess að þarna fæst samfelldur kjarni. Hins vegar er munurinn á þessum tveim lögum sáralítill bæði hvað varðar útlit og eiginleika. Undir túffinu liggur bólstrabreksían og eru skilin milli þessara tveggja berggerða óregluleg. Þó virðist lægsti punktur stöðvarhússins ekki ná ofan í bólstrabreksíuna, sjá myndir 8 og 10.

Snið D-D, þvert á aðalstíflu. Þetta snið liggur í lægðinni við enda aðalstíflunnar og þvert á hana, sjá mynd 7. Sniðið er byggt á 6 Cobraholum (VC-185-190), 1 gryfju (VJ-1) og 1 kjarnaholu (VK-9), sjá mynd 11. Gryfjan VJ-1 nær niður úr foksandinum, í gegnum þunnt hnallungarmalarlag og ofan í bólstrabreksíu. Hún er því lykill að túlkun lausra jarðlaga á þessu svæði. Í kjarnaholunni fór fóðurrörið niður í gegnum bólstrabreksíuna og var ekki byrjað á kjarnatöku fyrr en í bólstraberginu. Efri mörk bólstrabreksíunnar í VK-9 eru því yfirferð úr gryfju VJ-1 enda stutt á milli gryfju og kjarnaholu.



Þykkt lausra jarðlaga, þ.e. foksands og hnullungamalar, er skv. gryfju VJ-1 um 6,5 m, en Cobraholumnar gefa í öllum tilvikum minna dýpi á fast eða u.þ.b. 4-5 m. Þetta misræmi felst annaðhvort í því að; a) Cobraborinn stöðvast á þéttu lagi í sandinum, þ.e. áður en komið er ofan í mölina eða b) laus jarðlög eru þynnri þar sem Cobraholum voru boraðar en í gryfjunni. Í lýsingu á sniði A-A og mynd 8 hér að framan er nánar fjallað um þetta svæði.

Snið E-E, þvert á flóðvar. Sniðið er byggt á 5 Cobraholum (VC-180-184), 1 gryfju (VJ-6) og svo kjarnaholunni VK-11 sjá staðs. á myndum 6 og 7. Þetta snið er frekar einfalt í túlkun þar eð allt styður hvað annað, sjá mynd 12. Gryfjan sýnir lagskiptan foksand efst, u.þ.b. 1-2 m á þykkt, en þar undir svarta ósamlímða gjósku, 1 m á þykkt, sjá viðauka 2. Síðan tekur við örþunnur jökulruðningur, og þar undir hörðnuð svört túffbreksía. Cobraholumnar gefa mjög svipaða þykkt á fast, sérstaklega VC-181 og 182, sjá viðauka 1. Þetta lausa lag þynnist þó til beggja handa við gryfjuna og er um 1 m í VC-180, 183 og 184. Kjarnaholan VK-11 gefur þykktina á lausu efni 2,3 m og er það í samræmi við gryfju og Cobraholum. Þar undir tekur við túff/túffbreksía, samlímd fyrstu 10 m en síðan illa samlímd, sjá borholusnið í viðauka 1.





## 4 EIGINLEIKAR JARÐLAGA

### 4.1 Jarðlög og berggerðir

Jarðlög á svæði Vatnsfellsvirkjunar skiptast í tvær megingerðir:

Laus jarðlög, nokkuð fjölbreytileg að gerð og uppruna, eru foksandur, gjóska, möl, hnullungamöl, jökulruðningur og veðrað yfirborð móbergsins. Foksandur og möl eru ríkjandi.

Föst jarðlög, sem eru breytileg varðandi gerð og eiginleika.

- 1) Setmóberg (jökulberg), er yfirleitt skammflutt og fremur lítið núin mylsna úr finni fösum móbergsmýndananna (túffi, túff- og bólstrabreksíu), sem ísaldarjökullinn hefur fært um set og klínt utan á gosmóbergið. Því hefur setmóbergið víðast svipaða samsetningu og eiginleika og fínustu fasar gosmóbergsins. Þó er lagskipting áberandi meiri og finnast ósamlímd einkorna sand og málarlög í því, sem geta verið mjög vel vatnsleiðandi.
- 2) Gosmóberg sem hér er skipt í þrennt m.t.t. uppbyggingar.
  - a) Túff/túffbreksía að meginhluta basískt gler með kornastærðirnar sandur til fínmöl. Samlíming þessa fasa er afar breytileg. Hún er mikil þegar glerið er brúnað (palagónítiserað) og lítil þegar glerið er kolsvart og ferskt.
  - b) Bólstrabreksía samsett úr stöku bólstrum en þó einkum bólstrabrotum (alg. stærð 5-10 cm), með túff/túffbreksíu millimassa. Samlíming þessa fasa er lítil enda yfirleitt ferskur.
  - c) Bólstraberg samsett úr samfelldum bólstrum með óreglulegu kubbabergsívafi á stöku stað. Bólstrarnir eru mjög smástuðlaðir út frá miðju og hornrétt á yfirborð (geislustuðlun). Snertifletir (yfirborð) bólstranna er glerríkt og því er strúktur þeirra mjög lausbundinn. Kubbabergsívafið einkennist af reglulegri smástuðlun sem nær í gegnum allt kubbabergið, hornrétt á snertiflöt þess við aðlæga fasa. Kubbabergið er því yfirleitt mun heillegra en bólstrabergið og strúktur þess fastbundnari, en útbreiðslan er gjarnan staðbundin og óregluleg.

### 4.2 Eiginleikar og vinnsluhæfni

Hér á eftir verður gerð grein fyrir föstum eða réttara sagt misföstum berggerðum þar sem vanda- og kostnaðarsamasta vinnslan fer þar fram og öll mannvirki verða grunduð á þeim. Þar sem töluverður munur er á skipan, gerð og eiginleikum jarðlaga á hinum mismunandi mannvirkja-

stæðum Vatnsfellsvirkjunar verður hverju stæði gerð sérstök skil.

Til grundvallar mati á eiginleikum og vinnsluhæfni verður stuðst við tvo meginþætti til að ná sem raunhæfastri túlkun:

1. Borkjarni; jarðlagagreining, kjarnaheimta, heilleiki kjarna (RQD) og berggæðamat (Q-mat).
2. Gryfjugerð með jarðýtu D 8 L ásamt reynslu frá sambærilegum virkjanasvæðum (Sigöldu og Hraunjeyjafoss).

Greining borkjarnans m.t.t. jarðlaga er algjört grundvallaratriði fyrir frekari túlkun þar sem mæling á kjarnaheimtu og heilleika (RQD10) veiga þyngst. Heilleikamælingin felst í því að mæla heildarlengd allra þeirra búta sem eru > 10 cm langir en þannig fæst svo nefndur heilleikastuðull sem ræður mjög miklu í niðurstöðum berggæðamatsins, sjá nánar viðauka 4. Berggæðamatskerfið er sniðið að mati á eiginleikum og gæðum bergs til jarðgangagerðar. Með notkun þess hér í tengslum við stöðvarhúsgrunn og skurði Vatnsfellsvirkjunar sem ýmist verða opnir tímabundið, varanlega eða fódraðir er aðeins leitast við að fá innbyrðis afstæðan samanburð milli berggerða og auka þannig möguleika á betri túlkun gagna. Jafnframt er verið að koma á framfæri upplýsingum sem komið gætu að gagni í þróun og aðlögun berggæðamatskerfisins að íslenskum aðstæðum. Kerfið hefur verið notað varðandi bergtæknilega túlkun hér á landi frá árinu 1980 svo til eingöngu í lagskiptum jarðlagastafla en ekki í hrúgujarðfræði móbergsmyndunar fyrr en nú.

Könnun á yfirborðslögum með gryfjutöku gaf vísbendingu um eiginleika og vinnsluhæfni fínni berggerða gosmóbergsins, en ekki var um beinar vinnsluprófanir að ræða. Þá þekkingu og reynslu sem nú liggur fyrir varðandi byggingu virkjana á sambærilegum svæðum er auðvelt að yfirfæra og er hún því notadrjúg í þeirri túlkun sem hér skiptir máli.

Stöðvarhússtæði og pípuleið. Samkvæmt frumhönnun á Vatnsfellsvirkjun II frá júlí 1983 ná dýpstu hlutar stöðvarhúsmannvirkja niður á um 485 m y.s., en meðallandhæð er um 520 m y.s., mynd 8. Aðalberggerðin sem fjarlægja þarf er setmóberg (jökulberg). Allra neðsti hluti stöðvarhúss nær allavega austast niður í túff/túffbreksíu. Pípuleiðin verður öll grunduð á túff/túffbreksíu.

TAFLA 2 RQD á stöðvarhússtæði og pípuleið

BERGGERÐ	VK2 (þykkt) m y.s. RQD%	VK4	VK5	VK7	VK14	ALLS m	VEGIÐ MEDALT. RQD
Setmób. (jökulb.)	(17,2 m) 505,6-488,4 51%	(14,6 m) 502,4-487,8 62%	(13,6 m) 506,5-492,9 34%	(15,7 m) 487,7-472 28%	(17,6 m) 523,7-506,1 69%	78,7 m	44%
Túff/ túffbr.	(13,8 m) 488,4-474,6 69%	(2,8 m) 487,8-485 81%	(11,3 m) 492,9-481,6 53%		(20,3 m) 506,1-485,8 62%	48,2 m	63%
Bólstra- breksía	(6,7 m) 474,6-467,9 3,0%		(11,0 m) 481,6-470,6 0%		(6,1 m) 485,8-479,7 0%	23,8 m	1%

Tafla 2 sýnir heilleika bergsins á og í næsta nágrenni stöðvarhússtæðis. Vegið RQD10 er að meðaltali 44% í setmóberginu en um 50% hærra í túff/túffbreksíunni en meðalkjarnaheimta þessara berggerða er 80-85%. Kjarnaheimtu- og heilleikamælingar eru heldur hagstæðari í túff/túffbreksíunni.

TAFLA 3 Q-gildi á stöðvarhússtæði og pípuleið

BERGGERÐ	VK2 m y.s. Q-gildi	VK4	VK5	VK14	ALLS m	VEGIÐ MEDAL Q
Setmóberg (jökulberg)	505,6-488,4 0,2-0,9	502,4-487,8 0,2-1,2	506,5-493,2 0,2-0,6	523,7-506,1 0,3-3,3	62,7	1,2
Túff/ túffbreks.	488,4-484,2 1,4	487,8-485,0 1,4	493,2-481,6 0,9	506,1-496,3 1,4	28,4	1,2

Samkvæmt töflu 3 eru berggæðin mun breytilegri í setmóberginu en í túff/túffbreksíunni þó að vegið meðaltal sé það sama. Lágildin í setmóberginu fylgja þó einkum allra efstu metrum lagsins og vaxa því berggæðin með dýpi.

Samkvæmt framanrituðu eru gæði þessara tveggja berggerða mjög sambærileg en túff/túffbreksían kemur þó betur út í þeim samanburði. Berggerðir þessar hafa styrkleika setbergs og því hagkvæmast að sprengja þær. Hér er um tiltölulega þétt berg að ræða en gera má ráð fyrir staðbundnum svæðum í túff/túffbreksiunni, sem eru minna samlímd. Einnig má búast við einkorna, ósamlímdum malar- eða sandlögum í setmóberginu. Slík lög eru mjög vel vatnsleiðandi en sprungulekt einkennir yfirleitt þessar berggerðir. Æskilegt er að stöðvarhúsgrunnurinn verði allur í túff/túffbreksiunni en það gæti þýtt örlitla færslu til austurs (innar í hlíðina) frá staðsetningu stöðvarhússins skv. frumhönnun.

Inntak og aðrennslisskurður. Áætlaður botnkóti aðrennsliskurðar er 547 m y.s. en grjótgildra við inntak nær lægst eða um 10 m neðar, mynd 8. Landhæð er mjög breytileg, mest um 565 m y.s. Aðalberggerðin sem fjarlægja þarf er túff/túffbreksía að undanskildu grjótgildrusvæðinu við inntak sem nær niður í efsta hluta bólstrabreksiunnar.

TAFLA 4 RQD í inntaki og aðrennslisskurði

BERGGERÐ	VK1 (þykkt) m y.s. RQD%	VK3	VK13	ALLS m	VEGIÐ MEDALTAL RQD
Túff/ túffbrek.	(26,8 m) 553,4-526,6 57%	(13,3 m) 560,1-546,8 20%	(27,1 m) 565,1-538,0 0%	67,2 m	27%
Bólstra- breksía	(9,3 m) 526,6-517,3 0%	(32,6 m) 546,8-514,2 0%		41,9 m	0%
Bólstra- berg		(9,2 m) 514,2-505,0 5%		9,2 m	5%

Tafla 4 sýnir heilleika bergsins (RQD10) skv. borholum við inntak og á leið aðrennslisskurðar. Við inntak er hann hæstur en fer niður í 0% tæpum 200 m austar. Sömu sögu er að segja um kjarnaheimtuna. Eiginleikar aðalberggerðarinnar taka því mjög miklum breytingum á þessum slóðum. Þannig hverfur brúnaða, vel samlímða túff/túffbreksían, en við tekur svört (óbrúnuð) túff/túffbreksía sem er lítt samlímd. Samkvæmt borholum enn austar virðast þessir eiginleikar ráðandi á öllu austanverðu svæðinu.

TAFLA 5

Q-gildi í inntaki og aðrennslisskurði

BERGGERÐ	VK1 m y.s. Q-gildi	VK3	VK13	ALLS m	VEGIÐ MEÐALTAL Q
Túff/ túffbreksía	553,4-538,4 2,5	560,1-546,8 0,3-1,4	565,1-538,0 0,3	55,4	1,0
Bólstra- breksía		546,8-535,3 0,7		11,5	0,7

Svipaða sögu er að segja um eiginleika aðalberggerðar m.t.t. Q-matsins. Hæst er gildið í VK1 en lægst í VK13, þ.e. lækkar til austurs. Vegið Q-meðaltal túff/túffbreksíunnar er 1,0. Ef aðeins er tekið mið af brúnaða hlutanum sem er um helmingur heildarbormetra í þessari berggerð þá er meðalgildið 1,7.

Vinnsla á aðrennslisskurði ætti að langmestu leyti að vera framkvæmanleg með jarðýtu nema við inntak en þar þarf líkast til að sprengja brúnaða túff/túffbreksíu. Út frá þeim upplýsingum sem eru fyrir-  
liggjandi er ekki hægt að útiloka að skurðurinn lendi í bólstrabreksíu eða bólstrabergi móts við hæsta hluta öldunnar, sbr. kafla 2. Jafnframt má geta þess hér að lekt þessarar óbrúnuðu eða lítt ummynduðu túff/túffbreksíu er yfirleitt lítil.

Stíflustæði og botnrás. Áætluð hæð stíflukrónu er 567 m y.s. og lónhæð 563 m y.s. Lægsti botnkóti í farvegi Vatnsfellsskurðar er um 535 m y.s. og því verður stíflan þar hæst eða um 32 m, sjá mynd 8.

Á stíflustæði aðalstíflu eru jarðlög mjög fjölbreytt. Lausu jarðlögin eru foksands- og gjóskupykkildi svo og möl, hnallungamöl og jökulruðningur. Hér eru allar berggerðir gosmóbergsins til staðar. Ríkjandi er lítið brúnuð eða óbrúnuð túff/túffbreksía. Lægstu hlutar stíflunnar og botnrás verða á hinn bóginn byggðir á bólstrabreksíu og bólstrabergi, þ.e. í farvegi Vatnsfellsskurðar og í lægðinni nyrst á stíflustæðinu. Jafnframt eru skil Lænufells- og Sigöldumyndana í nágrenni suðurbakka Vatnsfellsskurðar en þar má búast við kubbabergi og lagskiptu jökulbergslagi (setmóbergi) með vel vatnsleidandi malarlögum, mynd 8.

TAFLA 6

RQD á stíflu- og botnrásarstæði

BERGGERÐ	VK6 (þykkt) m y.s. RQD%	VK9	VK10	VK12	VK11	ALLS m	VEGIÐ MEÐALT. RQD
Túff/ túffbr.				(23,7 m) 556,7-533,0 29%	(22,9 m) 554,7-531,8 3%	46,6 m	16%
Bólstrab. og breks.	(21,5 m) 534,3-512,8 5%	(9,7 m) 538,4-528,7 1%	(18,0 m) 537,1-519,1 1,1%			49,2 m	3%

Tafla 6 gefur hugmynd um heilleika og samlímingu meginberggerðanna, þ.e. túff/túffbreksíunnar og bólstrabergsins (bólstrabreksíunnar). RQD er lágt í túff/túffbreksíunni enda óbrúnuð og fremur illa samlímd á þessum slóðum. Bólstrabergið fær enn lægra RQD, sem er í samræmi við stuðlagerðina.

TAFLA 7

Q-gildi á stíflu- og botnrásarstæði

BERGGERÐ	VK6 m y.s. RQD%	VK10	VK11	VK12	ALLS m	VEGIÐ MEÐAL Q
Túff/ túffbreksía			554,7-531,8 0,2-0,5	556,7-534,5 0,2-1,1	45,1	0,5
Bólstrabrek.				534,5-533 0,5	1,5	0,5
Bólstraberg	534,3-512,8 0,8	537,1-528,7 0,8			29,9	0,8

Túff/túffbreksían hefur afar lágt Q-gildi og jafnframt lægsta meðalgildið sem fram hefur komið í berggerð þessari enda er samlímingin lítil í u.þ.b. helmingi þeirra bormetra sem koma við sögu. Þar sem samlíming er meiri eins og í VK12 er Q-gildið 1,1. Þessar breytingar koma fram í gildissviði viðkomandi borhola í töflu 7.



Stíflugrunnur (kjarnaskurður) ætti að vera auðgræfur með jarðýtu viðast hvar en líklegt kubbaberg og jökulbergslagið (setmóbergið) á myndanaskilunum þarf líkast til að fjarlægja með sprengingum ef nauðsynlegt reynist að eiga eitthvað við það.

Frárennslisskurður. Áætlaður botnkóti skurðar er um 491 m y.s. en landhæð víða um 510 m y.s. Algengt dýpi skurðar verður því um 20 m, sjá mynd 9. Á fyrirhugaðri skurðleið ráða laus jarðlög ríkjum, einkum sandur og mól. Miðsvæðis kemur berg fram á skurðleiðinni og er til staðar alla leið niður í Krókslón eða rúman 1 km. Aðeins ein kjarnahola var boruð í berghluta skurðleiðar og önnur allra efst næst stöðvarhússtaði, mynd 5. Samkvæmt þeim má gera ráð fyrir setmóbergi (jökulbergi), túff/túffbreksíu, bólstrabreksíu og jafnvel bólstrabergi á þeim kafla skurðleiðar þar sem berg er hulið af lausum jarðlögum.

Eins og fram kemur í inngangi var sprengd rás í viðnámsþolna kápu haustið 1983. Kápa þessi klæðir bólstrabreksíu og samanstendur af setmóbergi (jökulbergi) og túff/túffbreksíu. Þykkt hennar er aðeins um 5 m við VK8 en gera verður ráð fyrir að þykktin sé breytileg. Vettvangsskoðun fyrrihluta októbermánaðar 1983 sýndi að straumvatnið var þá þegar búið að grafa a.m.k. 5 m niður í bólstrabreksíuna. Því er ljóst að sprengja þarf kápuna, sem að öllum líkindum þekur bólstrabreksíuna á öllum berghluta skurðleiðar fyrir austan VK8, nema straumvatn brjóti hana niður með undangreftri.

Samantekt. Tafla 8 gefur heildaryfirlit af niðurstöðum Q-matsins með tilliti til mismunandi berggerða.

TAFLA 8 Q-gildi mismunandi berggerða

Berggerð	Aths.	Heildar- bormetrar	Vegið meðal Q
Setmóberg (jökulberg)		66,3	1,2
Túff/túffbrek.	óbrúnað	72,2	0,4
Túff/túffbrek.	brúnað	60,3	1,5
Túff/túffbrek.	alls	132,5	0,9
Bólstrabreksía		23,7	0,7
Bólstraberg		29,9	0,8

Brúnaða túff/túffbreksían og setmóbergið fá hæst berggæði. Óbrúnaða túff/túffbreksían hefur á hinn bóginn lægst berggæði en bólstrabreksían og bólstrabergið liggja þar á milli.

Brúnaða túff/túffbreksían fær jafnhæstu Q-gildin þó það komi ekki fram í meðaltalsgildunum, en gildi setmóbergsins eru breytilegri sem rýrir mjög berggæðin. Gæði hinna berggerðanna eru mun minni sem fyrr segir. Samkvæmt því fyrirkomulagi sem ráðgert er, varðandi gerð mannvirkja Vatnsfellsvirkjunar, virðist ekki þurfa að hafa áhyggjur af stæðnivandamálum á byggingatímanum. Út frá vinnslueiginleikum berggerðanna má áætla, að sprengja þurfi setmóbergið og brúnuðu túff/túffbreksíuna en annað sé rippanlegt nema e.t.v. stöku kubbabergseitlar. Í viðauka 4 er að finna frekari upplýsingar um Q-matið.

## 5 GRUNNVATNSMÆLINGAR

Grunnvatnsmælingar í VK-holum fóru fram með hefðbundnum hætti s.l. sumar. Á meðan á borun stóð sáu bormenn um að mæla og skrá dýpi á grunnvatn. Einnig skráðu þeir hvar skoltap kom fram, en það gefur hugmynd um þéttleika jarðlaga. Eftir að borun lauk tóku jarðfræðingar við reglulegum mælingum á grunnvatni til þess að afla gagna varðandi grunnvatnsfar. S.l. haust og í vetrarbyrjun tóku vatnsmælingamenn LV við áframhaldandi mælingum. Auk mælinga á grunnvatnshæð, var grunnvatnshiti mældur með sérstökum viðnámsmæli (thermistor). Yfirleitt var mælt með um 2 m bili, en þéttar ef breytinga varð vart á hitastigi. Hitamælingar geta gefið mikilsverðar upplýsingar um grunnvatnsstrauma og hvort falskt grunnvatn er til staðar o.s.frv.

### 5.1 Grunnvatnshæð

Grunnvatnshæð var mæld reglulega í VK-kjarnaholum sem náðu niður fyrir grunnvatnsborð, sjá viðauka 5. Einnig var mæld grunnvatnshæð í nokkrum eldri holum sunnan og vestan Þórisvatns. Út frá niðurstöðum þessara mælinga voru teiknuð tvö jafnhæðalínukort, annað byggt á VK-holum og lindum en hitt á mælingum í eldri holum, lindum og völdum VK-holum, myndir 13 og 14. Grunnvatnshæðir eru auk þess settar inn á sniðmyndir og borholusnið þar sem við á. Einnig var teiknuð mynd er sýnir breytingar á grunnvatnshæð með tíma í völdum VK-holum, mynd 15.

Grunnvatnsborð var mælt í nokkrum VF- og O-holum síðastliðið sumar, auk mælinga á VK-holum. Einnig voru mældar inn nokkrar lindir. Þessar mælingar eru lagðar til grundvallar teiknunar jafnhæðalínukorts grunnvatns á svæðinu milli Þórisvatns og Krókslóns, sjá mynd 13. Þar kemur fram að grunnvatnsborðinu hallar mest við Þórisvatn og á svæði Vatnsfellsvirkjunar (u.þ.b. 0,04). Aftur á móti er halli grunnvatnsborðs óverulegur þar á milli. Helsti óvissuþátturinn í þessu korti er grunnvatnshæðin við Þórisvatn, en þar vantar mæliholur nær vatninu til þess að fá áreiðanlega mynd (Þórisvatn var í um 576 m h.y.s. s.l. sept.).

Á mynd 14 sést grunnvatnshæð á virkjanasvæðinu í lok ágúst mánaðar '83. Hæst er vatnsborðið í VK-9, eða 529.5 m y.s. en lægst í VK-15, 503,5 m y.s. VK-15 er reyndar mæld seinna en aðrar holur, en það veldur lítilli skekkju þar eð vatnsborðsbreytingar í hinum holunum á þessu tímabili voru um 1 m nema í VK-9 einungis 0,1m. Munurinn á hæstu og lægstu grunnvatnsstöðu á virkjanasvæðinu er því um 26 m. Á heildina litið lækkar grunnvatnsborð frá norðaustri til suðvesturs, en meðalhalli þess er u.þ.b. 1/24 eða 0,04.

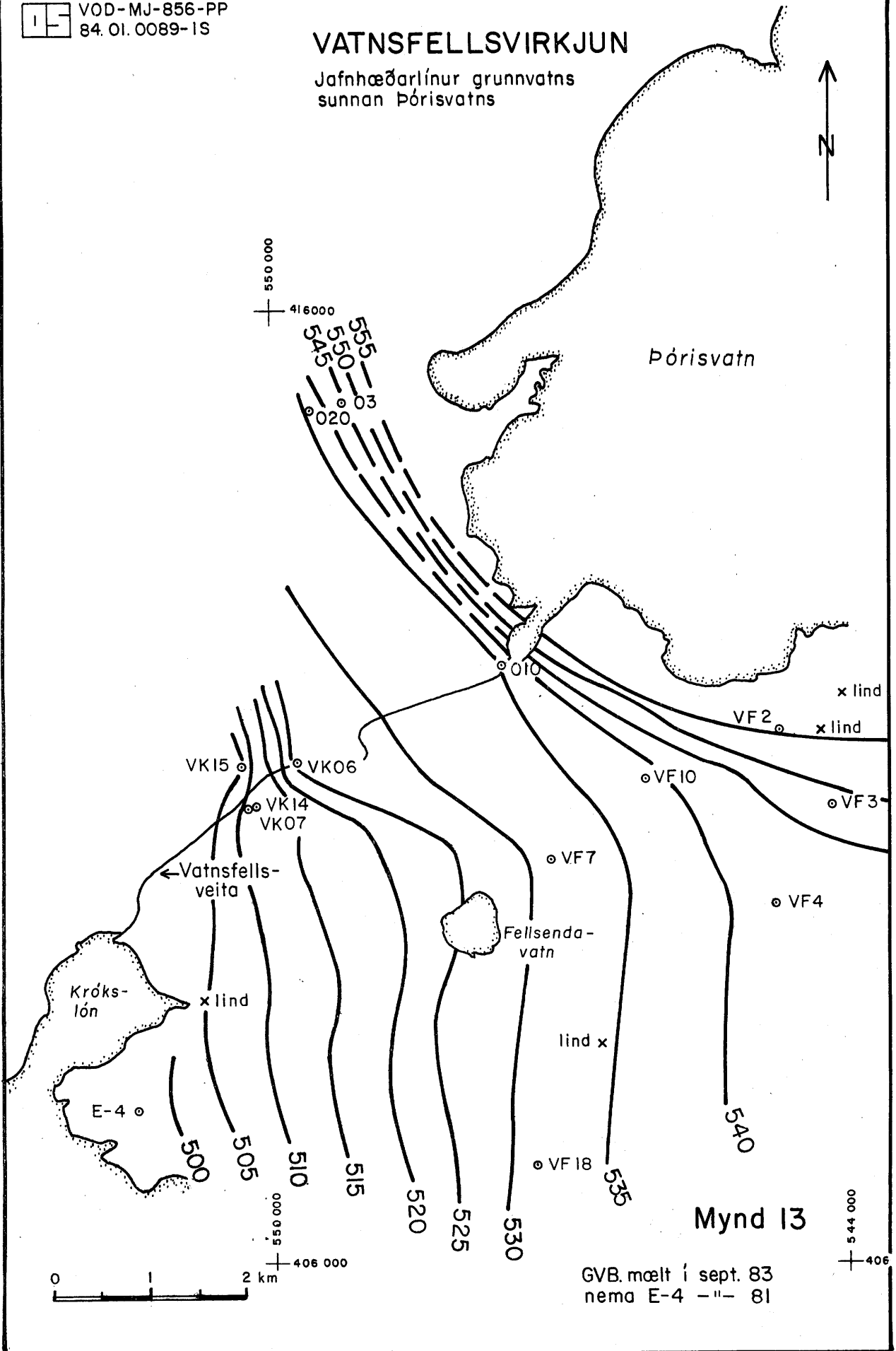
Á svæðinu milli Þórisvatns og Krókslóns er hvergi að finna augljóst samband milli jarðlagaskipunar og grunnvatns í berggrunninum út frá þeim gögnum sem nú liggja fyrir varðandi jarðlagaskipan, hæð og hita



VOD-MJ-856-PP  
84.01.0089-1S

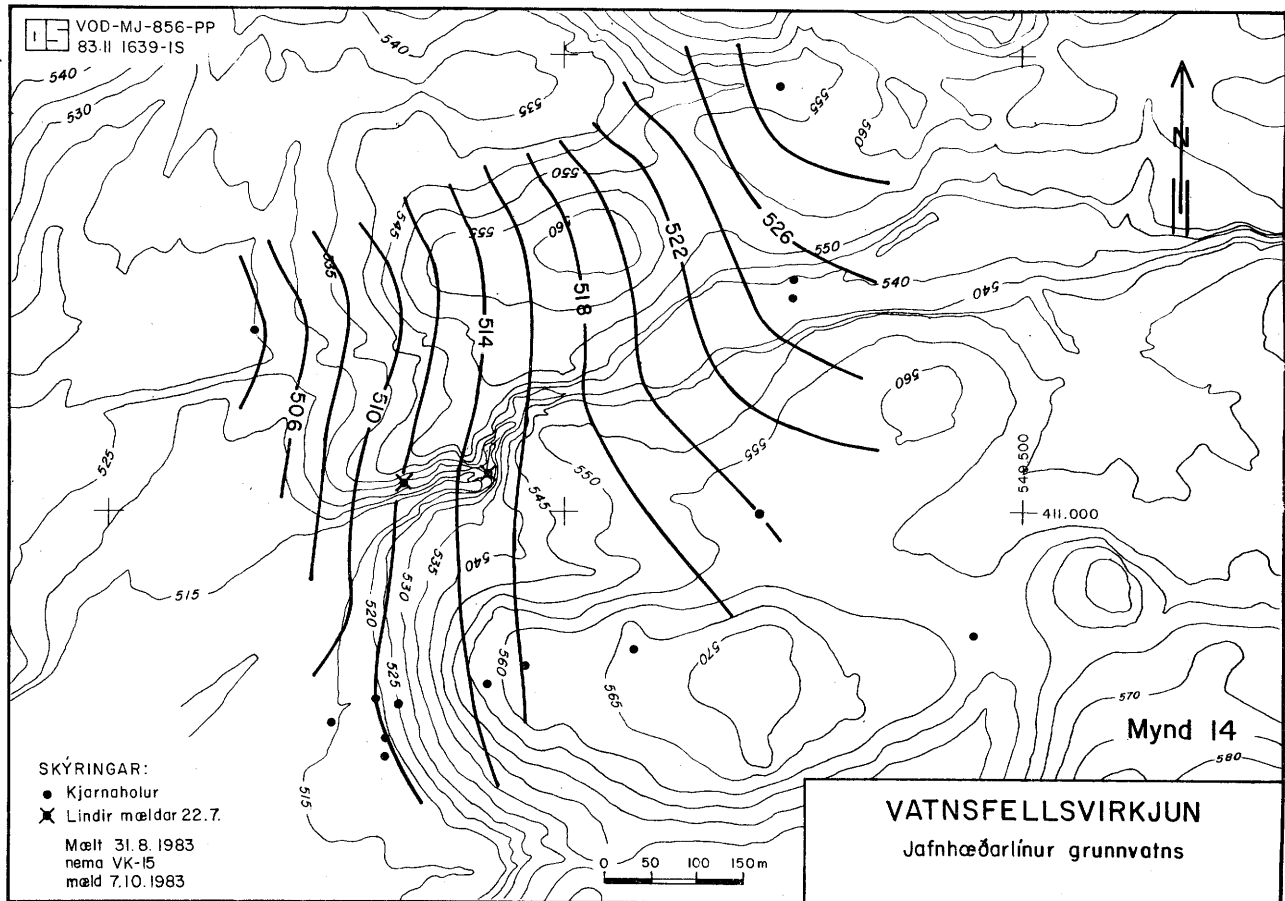
# VATNSFELLSVIRKJUN

Jafnhæðarlínur grunnvatns  
sunnan Þórisvatns



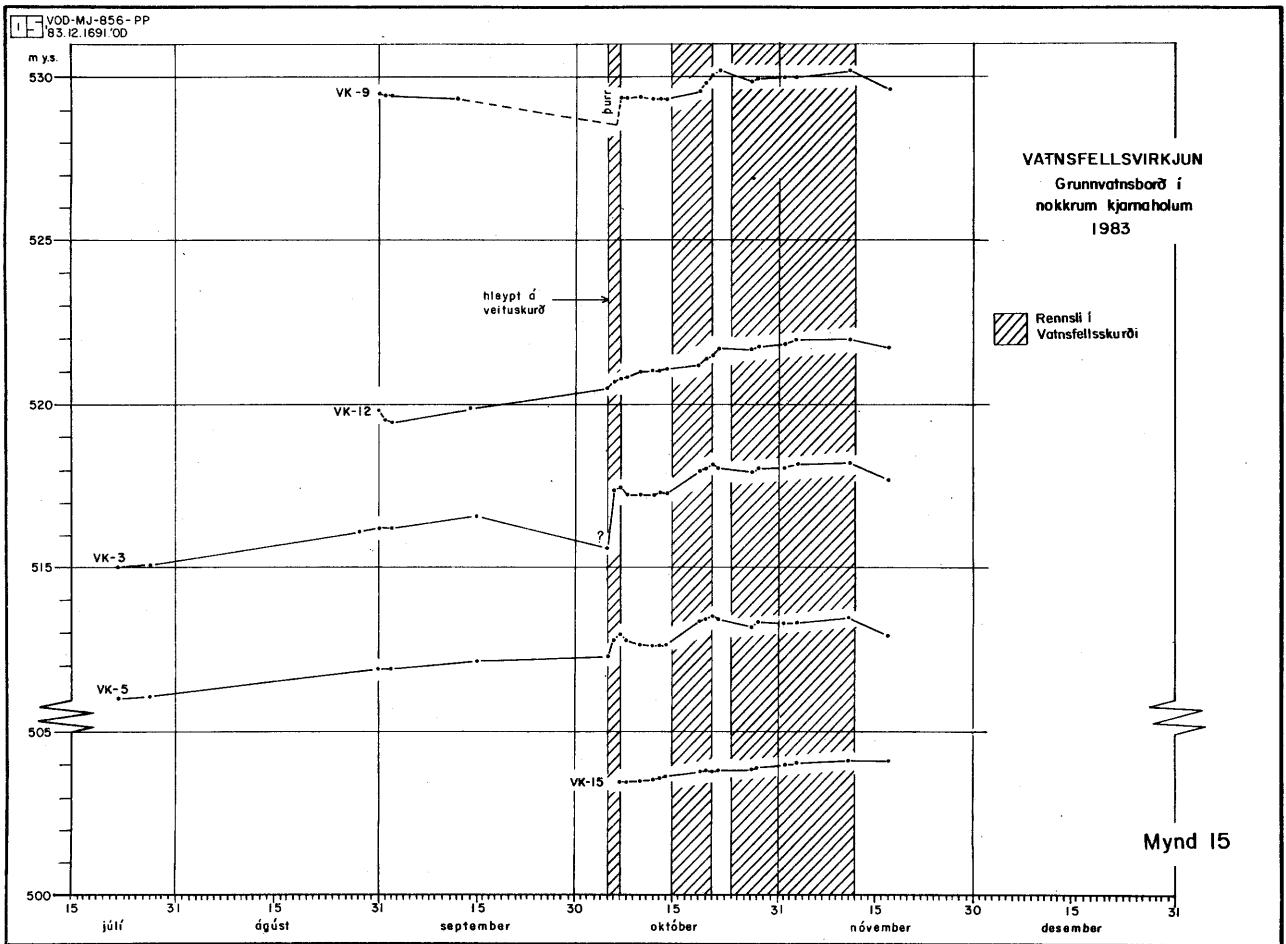
Mynd 13

GVB. mælt í sept. 83  
nema E-4 --- 81



grunnvatns, sbr. mynd 13. Á svæði Vatnsfellsvirkjunar finnst þetta samband neðst í hafti III. Þar koma fram lindir neðst í Sigöldumyndun í hægri bakka Vatnsfellsskurðar á myndanaskilum Sigöldu og Lænufellsmyndana, sjá myndir 14 og 4. Hæðarmunur linda er þar um 8 m á um 100 m kafla. Lægri lindir falla inn í grunnvatnsflöt svæðisins en efri lindirnar eru greinilega tengdar jarðlagaskipan, þ.e. grunnvatn rennur ofan á þéttri jökulbergskápu sem aðskilur gosmyndanirnar. Við gerð jafnhæðarlínukorta er þessu frávikki sleppt, sjá viðauka 5.

Mynd 15 sýnir grunnvatnsbreytingar á tímabilinu frá því mælingar hófust í VK-holum, þar til um miðjan nóvembermánuð. Notaðar eru 5 holur sem valdar voru m.t.t. mismunandi fjarlægðar frá Vatnsfellsskurðinum, m.a. til þess að sjá áhrif þess er hleypt var á veituskurðinn. Það kemur fram að grunnvatnsborð fer almennt hækkandi á svæðinu frá miðjum júlí og út september. Frávik frá þessu er í VK-9 og VK-3 en þar kemur fram lækun á grunnvatni frá miðjum september fram í byrjun október, en mælingin 5. október verður að teljast vafasöm m.t.t. grunnvatnsbreytinga í VK-5 og 12. Það kemur fram á myndinni að ferlar VK-3 og 5 eru nánast eins, fyrir utan frávikkið 5. október, enda í svipaðri fjarlægð frá skurðinum. VK-12 sýnir sömu tilhneigingu og VK-5, en ferillinn er flatari og sveiflur koma seinna fram, enda er VK-12 lengra frá skurðinum. Grunnvatnshækkun á svæðinu sl. sumar var annarsvegar vegna hækkunar vatnsborðs Þórisvatns og hinsvegar vegna mikillar rigningatíðar.



Þegar hleypt var á Vatnsfellsskurðinn svöruðu holurnar með hækkandi grunnvatnsborði. Svörunin var mismikil og kemur seinna fram í þeim holum sem eru fjær skurðinum, sjá mynd 15.

## 5.2 Grunnvatnshiti

Grunnvatnshiti var mældur í öllum VK-holum sem náðu niður fyrir grunnvatnsborð nema VK-9, enda er grunnvatnsborð þar einungis um meter fyrir ofan holubotn. Einnig var mælt í einstaka eldri holum, en þær niðurstöður birtast ekki hér.

Grunnvatnshitinn er mjög svipaður í öllum VK-holum, um  $1,7^{\circ}\text{C}$  nema VK-6 og 10, um  $1^{\circ}\text{C}$  sjá viðauka 5. Báðar þessar holur, VK-6 og 10, eru í Vatnsfellsskurðinum og er því skýringa á kulda grunnvatns í þeim að leita í staðsetningu þeirra. Bráðnandi snjóalög mynda falskt grunnvatn í farvegi veitunnar og hafa áhrif á hitastig náttúrulega grunnvatnsins í gili og kæla það sbr. VK-6 og 10. Ekki er ástæða til að ætla að um fleiri en einn grunnvatnsstraum sé að ræða á svæði Vatnsfellsvirkjunar, þar eð hitastig er mjög svipað í öllum VK-holum og eldri holum aðlægra svæða.

## 6 MAT Á LEKT JARÐLAGA

### 6.1 Inngangur og markmið

Í júlí til september 1983 voru gerðar dælu- og pakkaraprófanir í borholum á svæði fyrirhugaðra mannvirkja Vatnsfellsvirkjunar. Framkvæmdir voru dælu- og pakkaraprófanir á fyrirhuguðu stöðvarhússtæði (borholur VK-2, VK-4 og VK-5) og á áætluðu stíflustæði, þar sem stíflan verður hæst við botnrás (VK-6 og VK-10), sjá mynd 16. Pakkaraprófanir voru gerðar á inntaksstæði (VK-1 og VK-3). Ennfremur voru grafnar nokkrar gryfjur á stíflustæðunum og vatni ýmist dælt úr þeim eða í þær.

Eitt af þeim atriðum sem rannsóknir Vatnsorkudeildar s.l. sumar vegna fyrirhugaðrar virkjunar við Vatnsfell beindust að var lekt berggrunns á stöðvarhússtæði. Einnig var metin lauslega lekt berglaga á inntaksstæði, stíflustæðunum tveimur og við fyrirhugaðabotnrás.

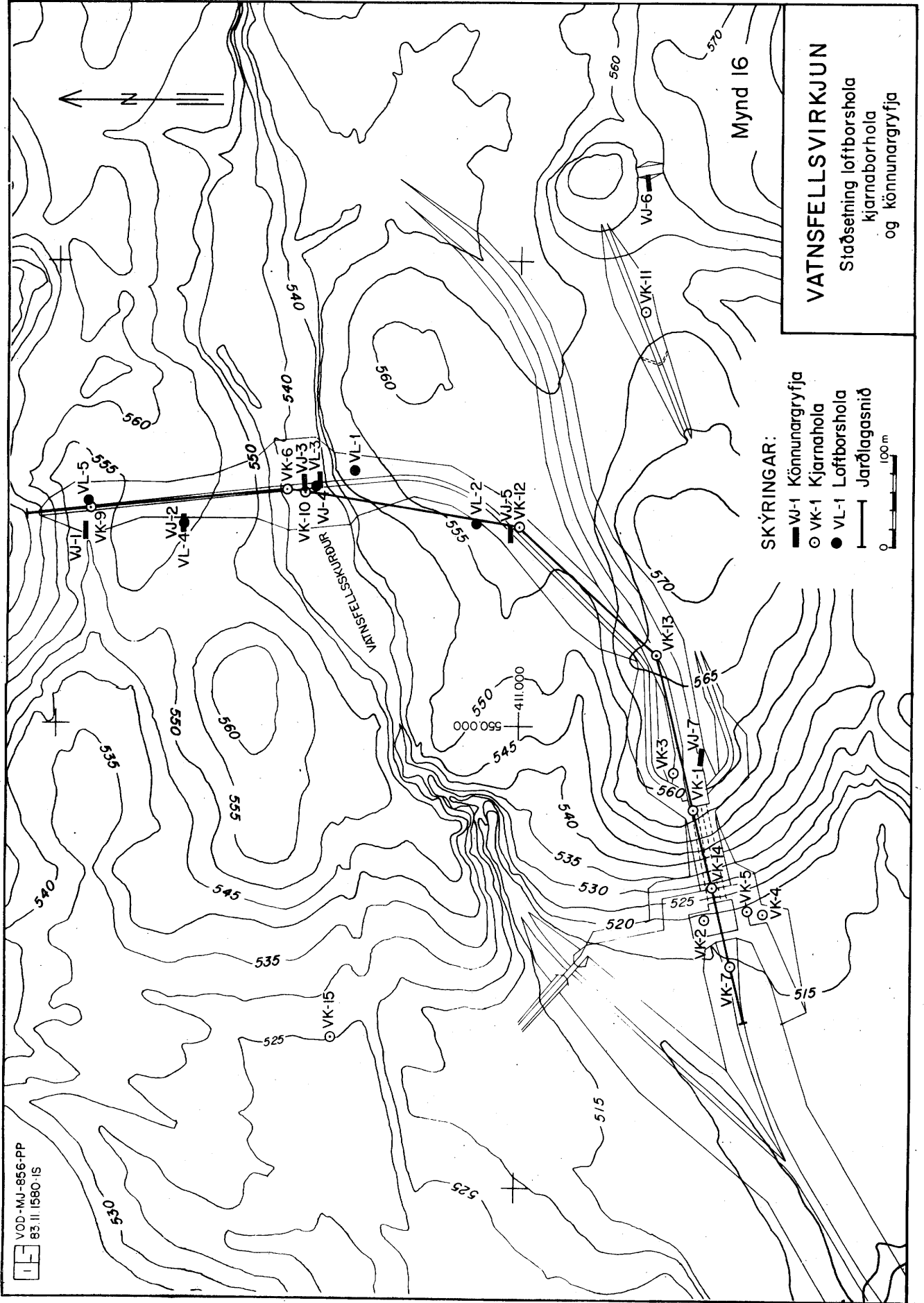
Ástæður þess að áhersla var lögð á að kanna lekt berggrunnsins á stöðvarhússtæði er í fyrsta lagi að grunnvatnsborð er aðeins á um 5-7 m dýpi og grunnur hússins verður um 30 m neðan við það. Í öðru lagi lék grunur á að lekt væri fremur mikil og að kostnaðarsamt yrði að dæla upp úr grunninum meðan á byggingarframkvæmdum stæði, meðal annars með reynslu frá Sigölduvirkjun í huga.

### 6.2 Framkvæmd

Pakkaraprófanir voru yfirleitt gerðar þannig að eftir að pakkari hafði verið blásinn út var fylgst með vatnsborði í stöngum þar til sámilegt jafnvægi náðist. Þá var í sumum tilvikum dælt í holuna og rennsli haldið stöðugu í ákveðinn tíma (ca. 20-30 mín) og fylgst með lækun vatnsborðsins að nýju að dælingu lokinni. Loks var gerð hefðbundin pakkaraprófun í ca. 4-6 þrepum. Prófanir voru gerðar á meðan á borun stöð og yfirleitt mælt 6-10 metra bil í senn. Pakkaraprófanir voru gerðar í VK-1, VK-2, VK-3, VK-5, VK-6, VK-10, VK-11 og VK-13.

Dæluprófanir fóru þannig fram að vatni var dælt í holu samtímis því sem fylgst var með vatnsborðshækkun í mæliholum í grennd við hana. Prófanir stóðu í allt frá 2 1/2 klukkustund upp í 5 daga. Að prófunum loknum var yfirleitt fylgst með jöfnun grunnvatnsborðs í mæliholunum. Ekki var hægt að mæla náttúrulegar breytingar meðan á prófunum stóð. Dæluprófanir voru gerðar á fyrirhuguðu stöðvarhússtæði og við botnrás.

Við dælingar úr og í gryfjur var fylgst með rennsli og hæð vatnsborðs í gryfjunum við og að lokinni dælingu. Dælt var í VJ-2, VJ-5 og VJ-6 en úr VJ-4.



VOD-MJ-856-PP  
83.II.1580-1S

**VATNSFELLSVIRKJUN**  
Staðsetning loftborshola  
kjarnaborhola  
og könnunaryrja

**SKÝRINGAR:**  
 — Könnunaryrja  
 ● Kjarnahola  
 ● Loffborshola  
 — Járðlagasnið  
 0 100 m



### 6.3 Úrvinnsla

Unnið var úr pakkarprófunum þannig að fyrst var leiðrétt fyrir þrýstifalli í pakkara, en það reyndist umtalsvert við mikið rennsli, t.d. um 1,2 bör við 200 l/mín. Síðan var lektarstuðull (í Lu-gildum) reiknaður fyrir hvert þrep. Ennfremur var rennsli (í l/mín/m) og leiðréttur þrýstingur (í börum) fyrir hvert þrep fært inn á línurit og lektarstuðullinn áætlaður út frá "bestu línu" í gegnum punktana, sjá mynd 17. Á myndum af borholusniðum, sjá viðauka 1, eru lektarstuðlar sýndir (Lu-gildi).

VOD-MJ-856-PP 84.02.-0254												Blad 4 af 5	
Dýpi	til m	34.0	LEKTARPRÓFUN					Verk VATNSFELL	Verknúmer 856			Borhola VK-2	
	frá m	2445						Gerð borstanga NA	Dýpi á jarðvatn 7.8 <sup>y</sup>			Dagsetning 1983-07-06	
Pröfunarbíl m		9.55						Grein 1/2" <input type="checkbox"/> 1 1/2" <input checked="" type="checkbox"/>	H = D/10 = 0.86ör			Pakkad kl 9:25	
Vatns-mælir	lok		245	319	420	530			830	931	984	079	200
	byrjun	53171	200	258	345	447	567	672	794	839	939	005	100
M mismunur			45	61	75	83			86	32	45	74	100
Lítrar 1/2" M x 10			450	610	750	830			860	320	450	740	1000
Pröfun stöð i min.			258	303	302	254			256	286	252	252	302
Q lítrar / min.			151	200	250	286	(340)		293	109	153	251	319
q lítrar / min / m			15.8	20.9	26.2	30.0	(35.6)		30.7	11.4	16.0	26.3	33.4
Þrýsti-fall í	stangum		0.1	0.2	0.25	0.4	(0.5)		0.4	-	0.15	0.25	0.5
	pakkara		0.9	1.2	1.6	1.95	(2.5)		2.0	0.75	0.95	1.6	2.3
Pf heildarþrýstifall			1.0	1.4	1.85	2.35	(3.0)		2.4	0.8	1.1	1.85	2.8
Þrýstingur	byrjun		1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	5.0	5.0	0.5	1.5	3.5	5.5
	lok		1.0	2.1	3.0	4.0			5.0	0.5	1.5	3.5	5.5
Po meðaltal			1.0	2.05	3.0	4.0	(5.0)		5.0	0.5	1.5	3.5	5.5
P = Po + H - Pf			0.8	1.45	1.95	2.45	(2.8)		3.4	0.5	1.2	2.45	3.5
tími	10:47				10:56		11:02	12:20	12:50	12:56			
LU = q/p x 10			198	144	134	122	(127)		90	228	133	107	96

ATHUGASEMDIR:

- 1) MIDD VÍÐ ÞRÝSTIMÆLI A STÖNG.
- 2) KÚPLING Í DÆLU SVEIK, TÖLUR MIDDAR VÍÐ AÐ VÍSIR A RENNSLIMÆLL HAFI SÝNT RÉTT.
- 3) RENNSLIMÆLIR STÉFADIST AF SLI.

MYND 17

Mælt: J.F./P.P. Reiknað: J.I.

Eins og áður er getið var í sumum tilvikum dælt í holuna í ákveðinn tíma, rennsli haldið föstu og fylgst með hækkun þrýstings og að því loknu lækkun þrýstings (jöfnun). Niðurstöður þeirra mælinga eru að verulegur mismunur er á lektarstuðli eftir því hvor aðferðin er notuð þegar lektin er orðin mikil (ca. 30-50 Lu skv. pakkaraprófun). Pakkaraprófunin gefur þá of lág gildi.

Auk þrýstifalls í pakkara má benda á nokkur atriði sem valda óvissu í mati á lekt skv. pakkaraprófunum. Nefna má að nokkur hætta er á að "sprengja út" holu ef dælt er undir miklum þrýstingi. Það virðist t.d. hafa gerst við pökkun í VK-5 en við prófun á bilinu 25-31 m er dælt meiru en á bilinu 22-31 m við sama þrýsting. Einnig má nefna að við borun sest svarf í lek lög eða sprungur ofar í holu og minnkar

reiknaða lekt. Af þessum ástæðum er nauðsynlegt að gera pakkara-  
prófanir jafnt og þétt við borun ella hafa þær lítinn tilgang.

Verulegir erfiðleikar voru við þökkun í holum VK-1 og VK-3 (við inn-  
tak) þar sem grunnvatnsborð er neðan holubotns og erfitt og stundum  
ekki hægt að byggja upp þrýsting. Mat á lekt er því óáreiðanlegt. Í  
VK-3 var auk pakkaraþrófunar reynt að gera rennslisþrófun og mæla  
jöfnun vatnsborðs að henni lokinni.

Áður hefur verið gerð grein fyrir hvernig reikna má lekt út frá breyt-  
ingu á grunnvatnshæð vegna dælingar, sjá t.d. Jón Ingimarsson 1980.  
Notaðar eru svokallaðar "mátferilsaðferð" og "aðferð Jacob". Ekki  
þykir ástæða til að gera grein fyrir aðferðunum hér en vísað í framan-  
greinda skýrslu og "Kver með fróðleiksmolum um vatnajarðfræði, dælu-  
prófanir og lektun". Verulegar breytingar í grunnvatnshæð urðu meðan  
á dæluþrófunum stóð. Ástæður þess eru m.a. leki úr Þórisvatni,  
breytileg vatnsborðshæð í Krókslóni og miklir og langvarandi  
óþurrkar. Ekki var hægt að fylgjast með þessum breytingum í holum  
utan áhrifasvæðis dælingarinnar, því varð að leiðrétta mælingar miðað  
við grunnvatnshæð áður en dælingar hófust og að þeim loknum. Ljóst er  
að þetta er ekki nákvæmt þar sem verulegur munur er á breytingu í  
grunnvatnshæð frá degi til dags.

Þar sem allar gryfjurnar sem dælt var í eru langt ofan við grunnvatns-  
borð og sú sem dælt var úr er með fölsku grunnvatni var ekki hægt að  
meta lekt yfirborðsins. Þess í stað er leki á fermetra reiknaður  
(QL/A).

#### 6.4 Niðurstöður úrvinnslu

Niðurstöður pakkaraþrófana eru á myndum af borholusniðum, sjá viðauka  
1. Þar sem fylgst var með jöfnun vatnsborðs að lokinni dælingu í  
holurnar eftir pakkaraþrófun kom fram verulegur munur á lektarstuðlum  
eftir því hvor aðferðin var notuð og verður að taka Lu-gildin með  
fyrirvara þegar lektin er orðin meiri en 30-50 Lu skv. pakkara-  
þrófunum, jafnvel þrátt fyrir að búið sé að leiðrétta fyrir þrýsti-  
falli í pakkaranum.

Niðurstöður pakkaraþrófana (leiðrétt fyrir þrýstifalli í pakkara) og  
jöfnunar að lokinni dælingu í VK-2 eru sýndar í töflu 9.

Eins og sjá má er verulegur munur á niðurstöðum eftir því hvort miðað  
er við pakkaraþrófanir eða jöfnun að lokinni dælingu á holuna. Álykta  
má að meðallekt bergsins umhverfis holuna sé  $5 \cdot 10^{-4}$  til  $10^{-3}$  m/s.

Tafla 9 Niðurstöður pakkaraprófana og jöfnunar í VK-2.

Prófunarbil (m)	Pakkaraprófanir (Lu)	(m/s*)	Jöfnun (m/s)
15,6 - 24,1	150	$2 \cdot 10^{-5}$	
24,45 - 34,0	130	$2 \cdot 10^{-5}$	$1 \cdot 10^{-3}$
40,15 - 50,3	130	$2 \cdot 10^{-5}$	$4 \cdot 10^{-3}$
34,7 - 50,3	80	$1 \cdot 10^{-5}$	
25,2 - 50,3	70	$1 \cdot 10^{-5}$	$8 \cdot 10^{-4}$
16,1 - 50,3	160	$2 \cdot 10^{-5}$	$5 \cdot 10^{-4}$

\* Áætluð gildi miðað við að 1 Lu  $\approx 1,5 \cdot 10^{-7}$  m/s

Við fyrirhugað inntak (við VK-3) má reikna með að lektin sé af stærðargráðunni  $10^{-4}$  m/s á 3-19 m dýpi. Grunnvatnsborð er á um 45 m dýpi, svo mikil óvissa er í mati á lektinni. Ekki tókst að fylla VK-3 þegar dælt var í bilið 9-19 m þrátt fyrir að dælt væri  $4,6 \cdot 10^{-3}$  m<sup>3</sup>/s (4,6 l/s).

Við fyrirhugað stöðvarhús voru gerðar þrjár misjafnlega umfangsmiklar dæluprófanir. Eins og áður segir er talsverð óvissa í mati á lekt þar sem verulegar breytingar urðu á náttúrulegri grunnvatnshæð. Umfangsmesta prófunin stóð í tæplega fimm sólarhringa. Vegna skorts á fódurörum ("casing") var ekki hægt að dæla í "lekustu" holuna (VK-5) heldur varð að dæla í VK-4. Þetta var óheppilegt þar sem áhrif dælingar á grunnvatnshæð eru í réttu hlutfalli við rennsli. Auk þess var staðsetning mæliholanna ekki sem ákjósanlegust fyrir prófunina.

Samkvæmt pakkaraprófunum í VK-5 er lektin metin frá 50-700 Lu ( $10^{-5}$  -  $10^{-4}$  m/s). Í holu VK-5 var dælt 7,6 l/sek (rennslismæling) þegar verið var að prófa bilið frá 11,1 til 21,7, en holan fylltist ekki. Samkvæmt því er lektin á því bili meiri en 750 Lu og líklega yfir 1500 Lu (ca.  $2 \cdot 10^{-4}$  m/s).

Samkvæmt dæluprófunum er leiðnin á svæðinu milli VK-5, VK-4 og VK-2 áætluð  $0,4-1,0 \cdot 10^{-2}$  m<sup>2</sup>/s og lektin  $1-3 \cdot 10^{-4}$  m/s, (0,1-0,3 mm/s). Það skal ítrekað að talsverð óvissa er í þessu mati m.a. vegna hækkunar náttúrulegs grunnvatnsborðs.

Meðan á dæluprófun við botnrás stóð (dæling í VK-6 með VK-10 sem mæliholu) hækkaði grunnvatnsborð á svæðinu mjög ört eða um ca. 0,07 m/dag. Rennsli var einnig óreglulegt vegna dælubilana. Af þessum sökum er erfitt að meta lekt bergsins á svæðinu. Prófanir benda þó til þess að leiðnin í bólstraberginu sé á bilinu  $4 \cdot 10^{-2}$  til  $2 \cdot 10^{-1}$  m<sup>2</sup>/s og lektin sé  $2 \cdot 10^{-3}$  til  $1 \cdot 10^{-2}$  m/s (2-10 mm/s).

Leki á fermetra úr gryfjum við ca. 1,5 m vatnsdýpi er sýndur í töflu 10. Eins og áður segir eru allar gryfjurnar langt ofan við grunnvatnsborð. Það var því ekki hægt að meta lekt yfirborðslaga, einungis leka.

Tafla 10 Leki á fermetra úr gryfjum (QL/A).

	VJ-2	VJ-4*	VJ-5	VJ-6
QL/A ( $\text{m}^3/\text{s}/\text{m}^2$ )	$5 \cdot 10^{-5}$	$3 \cdot 10^{-5}$	$6 \cdot 10^{-6}$	$1 \cdot 10^{-4}$

\* Meðalrennsli inn í gryfju meðan dælt var úr henni.

### 6.5 Niðurstöður og ályktanir

1. Eins og komið er fram hér að framan er talsverð óvissa í mati á lekt vegna náttúrulegra breytinga í grunnvatnshæð og óreglu í dælingu. Þó skal reynt að áætla lekt einstakra berggerða en veruleg óvissa er í þessu mati.

Setmóberg	$1-3 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$
Túff/túffbreksía	$1-3 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$
Bólstrabreksía	$1 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$
Bólstraberg	$0,2-1 \cdot 10^{-2} \text{ m/s}$

2. Leki úr gryfjum er talsvert breytilegur eða frá  $6 \cdot 10^{-6}$ -  $1 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$  á fermetra. Mestur er lekin í VJ-6 sem er í harðnaðri túffbreksíu, en lægstur í VJ-5 sem er í túffbreksíu með óreglulegum silt og malarlinsum (jökulruðningi).
3. Áður en vinna við útboðsgögn hefst þarf að gera frekari prófanir til að meta lekt bergsins á stöðvarhússtæðinu. Það mat á lekt sem hér er gerð grein fyrir er engan veginn nægilega nákvæmt til að byggja útboðsgögn á. Æskilegast væri að gera tvíþólprófun, þ.e. að dæla vatni upp úr holu og niður í aðra. Dæluholuna a.m.k. þarf að bora með höggbor. Umhverfis holurnar þarf mæliholur, sjá nánar "Sultartangavirkjun. Dæluþrófanir. Greinargerð JI-80/06".

Ekki verður hér lagt mat á hvort frekari prófana er þörf við fyrirhugað inntak og á stíflustæðum, en óvissan í mati á lekt á þessum svæðum er mjög mikil.

## 7 SAMANTEKT

### 7.1 Niðurstöður og ályktanir

Almenn jarðfræði. Berggrunnur svæðisins einkennist af gosmóbergi sem er fjölbreytilegt að gerð. Þannig mynda "fínustu" berggerðirnar (túff og túffbreksía) gjarnan hjúp eða kápu utan um "grófari" berggerðirnar (bólstrabreksíu, bólstra- og kubbaberg) sem eru í kjarna viðkomandi gosmyndunar. Víða einkum í lögðum svo og milli gosmyndana klæðir setmóberg (jökulberg) gosmóbergið. Kollar berggrunnsins eru víðast án lausra jarðlaga en í lögðum eru þau jafnan þykk eða allt að 20 m. Gjóskuríkur foksandur er þar í mestum mæli.

Landslag, opnur í berggrunn og magn díla í bergi er lagt til grundvallar á skiptingu gosmóbergsins í 3 einstakar gosmyndanir: 1) Lænufellsmýndun, 2) Sigöldumýndun og 3) Vatnsfellsmýndun.

- 1) Lænufellsmýndun er elst, nær dílalaus, og er túff/túffbreksía mest áberandi í opnum en myndunin er samsett úr öllum berggerðum og víða þakin setmóbergi (jökulbergi) í lögðum. Flest mannvirki verða staðsett í þessari myndun.
- 2) Sigöldumýndun liggur á hluta Lænufellsmýndunar. Hún er smádílótt og er bólstrabreksía og bólstraberg ríkjandi. Norðurhluti aðalstíflu u.þ.b. frá suðurbakka Vatnsfellsskurðar ásamt botnrás verða staðsett í þessari myndun.
- 3) Vatnsfellsmýndun er stakdílótt og er túff/túffbreksía mest áberandi í opnum en allar berggerðir til staðar. Þessi myndun kemur lítið við sögu mannvirkja Vatnsfellsvirkjunar nema e.t.v. við flóðvar.

Brotalínur eru lítið áberandi. Samkvæmt loftmyndum eru meginstefnur þeirra nálægt N-S og A-V, en aðeins sjást þrjár slíkar á sjálfu mannvirkjasvæðinu, þ.e. í veituskurði og beggja megin hans. Eðli þessara austlægu brota er óþekkt.

Skipan og gerð jarðlaga. Kjarnaborun og gryfjugerð eru lykilatriðin í nákvæmnistúlkun á skipan og gerð jarðlaga. Cobraborun gefur lágmarksþykkt lausra jarðlaga og er túlkuð með hliðsjón af ofanrituðu. Sú tilraunaloftborun sem gerð var með hamar og drif uppi (top hammer) gaf ekki góða raun. Þrátt fyrir bortæknilega erfiðleika og mjög breytilega kjarnaheimtu má segja að skipan og gerð jarðlaga sé í meginatriðum þekkt þó nákvæmni þar að lútandi sé mismunandi. Þetta liggur í dreifingu borhola og breytileika í berggerðum hvað varðar samlímingu og þar af leiðandi kjarnaheimtu svo og óreglulegri útbreiðslu einstakra berggerða sem ávallt fylgir hrúgujarðfræði móbergssvæða.

Jarðlög á svæði Vatnsfellsvirkjunar skiptast í tvær megingerðir:

Laus jarðlög, ríkjandi gjóskuríkur foksandur með gjósku og malarlögum, en staðbundnari hnellingamöl og jökulruðningur í litlum mæli eru jafnframt til staðar.

Föst jarðlög;

1) Setmóberg (jökulberg).

2) Gosmóberg en þar koma einkum tvær myndanir við sögu eins og fyrr getur. Sú eldri nefnd Lænufellsmyndun og er ríkjandi á mannvirkjarsvæðinu og sú yngri nefnd Sigöldumyndun (sbr. aðrennslisskurður Sigölduvirkjunar).

1. Setmóberg (jökulberg) er yfirleitt skammflutt og fremur lítið núin mylsna úr fínni berggerðum móbergsmýndananna sem ísaldarjökullinn hefur fært um set og klínt utan á gosmóbergið. Samsetning og eiginleikar þess eru því svipaðir og fínustu berggerðir gosmóbergsins en lagskipting áberandi meiri svo og ósamlímd malar- og sandlög.

2. Gosmóberginu er skipt í þrjár berggerðir í samræmi við eiginleika:

- a) Túff/túffbreksíu með kornastærðir sandur-möl, basaltgler ríkjandi og breytileg samlíming. Brúnað (palagónítiserað) er vel samlímt en óbrúnað (svart) eða ferskt illa samlímt.
- b) Bólstrabreksíu þar sem bólstrabrot eru ríkjandi með túff/túffbreksíu sem millimassa. Samlíming lítil enda yfirleitt ferskt.
- c) Bólstraberg samsett úr meira og minna samfelldum geislustuðlum bólstrum með glerríku yfirborði ásamt staðbundnu og oft óreglulegu kubbabergsívafi sérstaklega í neðsta hluta viðkomandi myndunar.

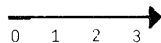
Á mynd 8 (snið A-A) hér að framan koma fram allar jarðlagagerðir sem að ofan getur og þar sést því best uppbygging eða hlutur þeirra í jarðlagastaflanum.

Tafla 11 sýnir á einfaldaðan hátt jarðlög, berggerðir, eiginleika, gosmyndanir og áætlaða vinnsluhæfni sundurliðað m.t.t. mannvirkjahluta. Laus jarðlög og túff/túffbreksíuna ásamt setmóberginu þarf að fjarlægja í mestum mæli. Lausu jarðlögin eru auðgrafin, túff/túffbreksían er rippanleg og graftarhæf að hluta en hana þarf að sprengja þar sem samlíming er umtalsverð svo og meginhluta setmóbergsins (jökulbergsins). Bólstrabreksíu og bólstraberg með kubbabergsívafi þarf hins vegar lítið að hreyfa en það ætti að mestu að vera rippanlegt og graftarhæft m.a. með straumvatni.

TAFLA 11 Jarðlög, berggerðir og eiginleikar á mannvirkjastæðum.

Mannvirki	A Laus jarðlög	B Setmóberg (jökulberg)	C Túff- túffbreks.	D Bólstra- breksla	E Bólstra- og kubbaberg	Gos- myndun	Athugasemdir um vinnsluhættu
Stöðvarhússtæði	2-3	3 44(1,2)	1 63(1,2)	0	0	LM	A auðgrafið B sprengja nema efstu metrar líkl. ripanlegir C sprengja að mestu
Pípuleið	1	2	3	0	0	LM	A auðgrafið B sprengja nema efstu metrar líkl. ripanlegir C sprengja að mestu
Inntak og aðrennslisskurður	1	0 ?	3 27(1)	1 0(0,7)	0?	LM	A auðgrafið C ripanlegt og graftarhaft nema kringum inntak D ripanlegt og graftarhaft
Stíflustæði og botnrás	2	0 ?	3 16(0,5)	1 3(0,5)	1 3(0,8)	LM+SM	A auðgrafið C ripanlegt og graftarhaft D+E að mestu ripanlegt
Frárennslisskurður	3	1	1	1	?	LM	A auðgrafið með straumvatni B+C sprengja að mestu E graftarhaft með straumvatni

Skýringar og athugasemdir:



Vaxandi magnhlutfall  
lausra jarðlaga og berggerða á hverju svæði  
44(1,2): Vegið RQD (vegið meðal Q)

LM = Lænufellsmyndun  
SM = Sigöldumyndun

Grunnvatn og mat á lekt jarðlaga. Á svæðinu milli Þórisvatns og Krókslóns (Sigöldulóns) er halli grunnvatns til suðvesturs og vesturs. Vegna leka úr Þórisvatni í grunnvatnsgeyminn og rennslis úr honum á svæði Vatnsfellsvirkjunar mælist grunnvatnshallinn mestur á þessum tveimur svæðum (0,04) en annars er hann innan við 0,01.

Grunnvatn hækkaði um 1-2 m á tímabilinu júlí til október (ca. 3 mán.) vegna leka úr Þórisvatni, hækunar í Krókslóni og óvenjumikillar úrkomu. Við náttúrulegar aðstæður hefði grunnvatn á hinn bóginn lækkað.

Á virkjunarsvæðinu er halli grunnvatns til vesturs (0,04). Fyrir neðan svonefnt haft III í frárennslisskurðarlægðinni skerst grunnvatnsflöturinn og lindir spretta fram úr Sigöldumynun og Lænufellsmyndun einnig en neðan yfirborðs, þ.e. í lausu jarðlögunum.

Falskt og staðbundið grunnvatn er til staðar í farvegi Vatnsfells-skurðar í kringum stíflustæðið. Líklegast er hér um hreint leysingavatn að ræða, sem rennur ofan á þéttu jökulbergs- eða setmóbergslagi sem klæðir a.m.k. hluta af fyrirhuguðum lónbotni. Vatn þetta sígur ofan í lausu jarðlögin sem mynda botn farvegarins og þaðan niður í berggrunninn, sbr. hitamælingar í borholum á stíflustæði. Hiti þessa falska vatns mælist um 1°C en náttúrulegur grunnvatnshiti er um 2°C. Falskt grunnvatn er einnig í djúpu setfylltu lægðinni á leið frárennslisskurðar en haft IV heldur því uppi svo og þétt lög í setlægð-



inni, að öllum líkindum setmóberg (jökulberg) á gosberginu.

Öll mannvirki frá miðri pípuleið og þar fyrir austan verða ofan náttúrulegs grunnvatnsborðs en hæð þess er á bilinu 510 til 530 m y.s. Mannvirki þar fyrir vestan, neðri hluti pípuleiðar, stöðvarhús og frárennslisskurður verða á hinn bóginn neðan náttúrulegs grunnvatnsborðs. Á leið frárennslisskurðar er þó ólíklegt að sá hluti skurðleiðar sem verður í bergi hafts IV nái grunnvatnsborði, sbr. VK8 er þurr í 493,5 m y.s.

Mjög hröð svörun sem fram kom í borholum þegar vatni var hleypt á Vatnsfellsskurð s.l. október gaf ótvírætt til kynna mikla lekt jarðlaga enda hefur vatnsrof undanfarinn áratug náð að grafa niður í lekustu berggerðina sem er bólstraberg.

Mat á lekt berggrunns byggist á pakkara- og dæluprófunum í borholum og gryfjum. Sérstök áhersla var lögð á fyrirhugað stöðvarhússtæði en grunnur þess mun ná allt að 30 m niður fyrir náttúrulegt grunnvatnsborð. Jafnframt var lekt metin á svæði aðrennslisskurðar og stíflustæði. Tæknileg vandamál ásamt óstöðugu grunnvatnsborði valda óvissu í lektarmatinu en reynt var að taka tillit til þess eins og frekast var unnt. Út frá dælingum á gryfjur fæst ekki lektarmat vegna þess hve þær eru langt ofan grunnvatnsborðs. Þess í stað er reiknaður leki á flatareiningu.

TAFLA 12 Niðurstöður lektarmælinga

Dæluprófanir

Mannvirki	leiðni $m^2/s$	lekt $m/s$	Ríkjandi berggerð
Stöðvarhússtæði	$0,4-1,0 \cdot 10^{-2}$	$1-3 \cdot 10^{-4}$	Setmóberg og túff/túffbr.
Stífla og botnrás	$0,4-2 \cdot 10^{-1}$	$0,2-1 \cdot 10^{-2}$	Bólstraberg
Aðr.sk.inntak		$\sim 10^{-4}$	Túff, túff- og bólstrabr.

Leki úr gryfjum á stíflustæði og við flóðvar er talsvert breytilegur eða frá  $10^{-6}$  til  $1 \cdot 10^{-4} m^3/s/m^2$ .

Lekt berggerða má áætla út frá tiltækum prófunum sem eru ýmsum annmörkum háðar eins og getið hefur verið. Þannig er stærðargráða lektar súa sama í setmóbergi (jökulbergi) túffi, túff- og bólstrabreksíu ( $1-3 \cdot 10^{-4} m/s$ ) en allt að tveimur stærðargráðum meiri í bólstraberginu

( $0,2-1 \cdot 10^{-2}$  m/s) eða allt að því eins há og mælt hefur í botnkarga Tungnaárhraunsins THi á svæði Sultartangastíflu.

## 7.2 Framhald rannsókna og undirbúningur

Frekari rannsókna er þörf áður en að vinnslu útboðsgagna kemur. Í anda þessarar skýrslu eru það einkum eftirfarandi átta atriði sem ýmist þarf að kanna betur eða þau hafa ekki verið könnuð enn:

- 1) Gerð lausra jarðlaga á svæði frárennslisskurðar, t.d. með sýnabor Vita- og Hafnarmálastofnunar.
- 2) Kjarnaborun á; a) stíflustæði á myndanaskilum Lænufellis- og Sigöldumyndunar og e.t.v. milli borhola VK6 og 9, b) leið aðrennslisskurðar fyrir austan VK13, c) leið frárennslisskurðar, fyrir austan VK8 þar sem laus jarðlög hylja berggrunninn. Þar mætti e.t.v. slá tvær flugur í einu höggi með því að staðsetja sýnatökuborholu á þessum slóðum.
- 3) Frekari könnun með stórri jarðýtu, t.d. á svæði myndanaskila við suðurbakka Vatnsfellsskurðar á stíflustæði svc og beinar vinnslu-prófanir e.t.v. samfara frekari efnisrannsóknum.
- 4) Nákvæmniskortlagning á lónstæði til könnunar á þekju þéttra jarðlaga (jökul- eða setmóbergs). Jarðýta eða kröftug grafa nauðsynleg. Borun gæti síðar komið til álita.
- 5) Könnun á hentugra brúarstæði nær hafti III með Cobabor og síðan e.t.v. kjarnabor eða jarðýtu (kröftugri gröfu).
- 6) Grautunartilraun á stíflustæði. Óvissa ríkir um hvaða bortækni hentar best. Eiginleikar bólstrabergsins eru loftborun ekki í hag þó gæti hamar ofan í holu og froða (stabilizer) reynst vel. Hjólakrónuborun með geli kemur einnig til álita.
- 7) Frekari prófanir til að meta lekt bergsins á stöðvarhússtæði eru nauðsynlegar. Tvíþólprófun mun henta best, þ.e. hringdæling milli hola. Höggborshola(ur) fyrir borholudælu og loftborsholur (hamar ofan í holu) þarf til slíkra prófana. Þessar prófanir væri hægt að framkvæma í tengslum við borun brunnhola vegna graftar á stöðvarhúsgrunni. Lektarprófanir á stílfustæði í tengslum við grautunartilraunir eru æskilegar.
- 8) Vinna þarf haft IV niður með sprengingum, rippun og vatnsreftri til að lækka grunnvatnsborð í setfylltu lægðinni á leið frárennslisskurðar (milli hafta III og IV) áður en stöðvarhúsgrunnur verður grafinn.

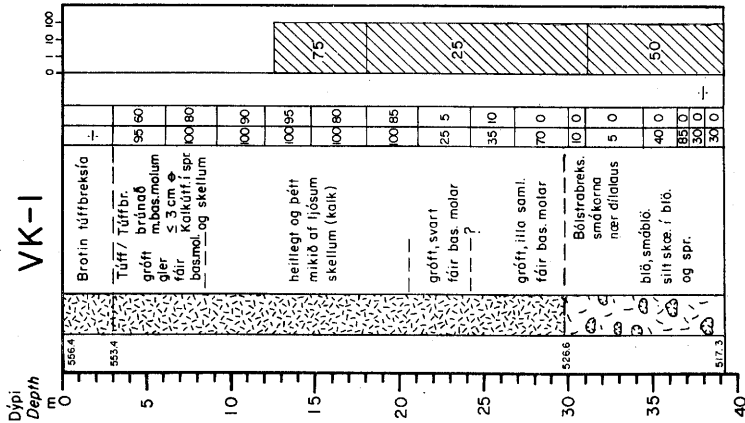
Ekki þarf að framkvæma alla ofanritaða rannsóknarþætti samtímis. Eru það einkum liðir 6 og 7 sem bíða mega þangað til búið er að taka ákvörðun um byggingu virkjunarinnar enda langkostnaðarsamastir.

VIÐAUKI 1

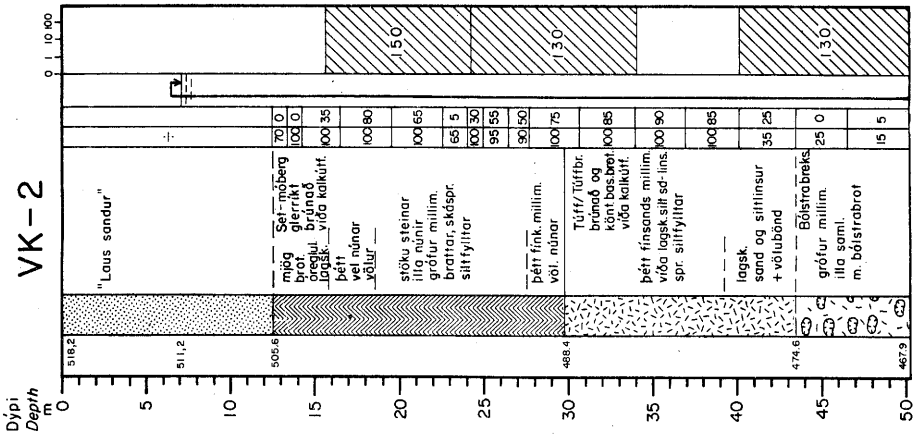
Borholusnið VK- 1 til 15, VL- 1 til 5 og VC- 180 til 199

VOD.MJ-856-PP  
83.10.1336.EK  
bil

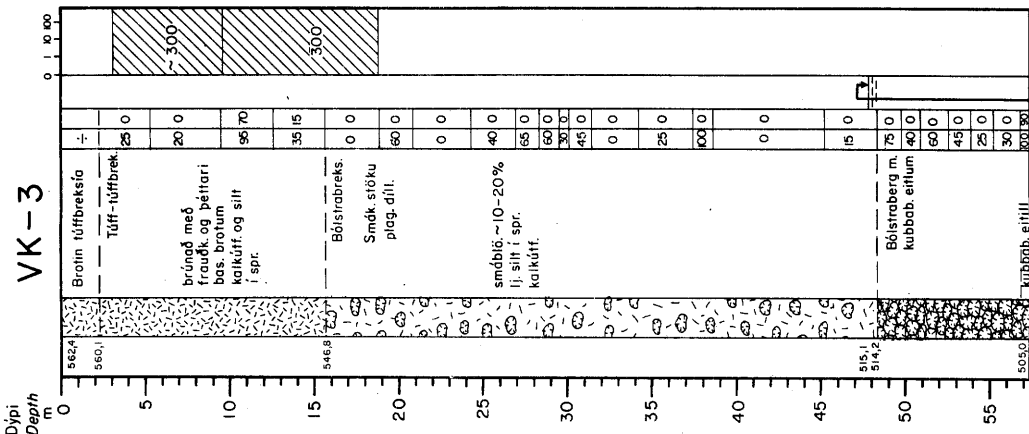
HED	Elevation	GREINING	CLASSIFICATION	Kjarni/Core%	RDD	JVB	PERME-	LEKT
							ABILITY	LU



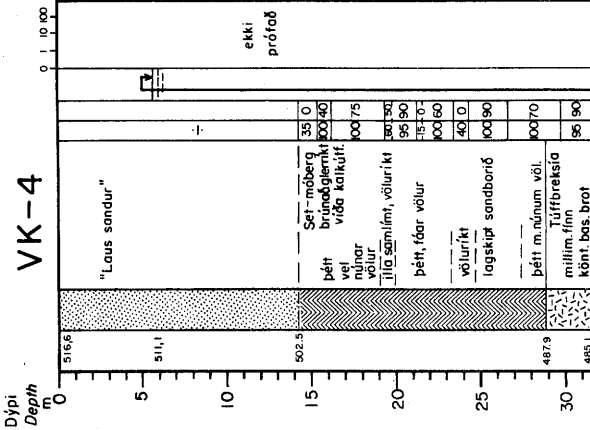
HED	Elevation	GREINING	CLASSIFICATION	Kjarni/Core%	RDD	JVB	PERME-	LEKT
							ABILITY	LU



HED	Elevation	GREINING	CLASSIFICATION	Kjarni/Core%	RDD	JVB	PERME-	LEKT
							ABILITY	LU



HED	Elevation	GREINING	CLASSIFICATION	Kjarni/Core%	RDD	JVB	PERME-	LEKT
							ABILITY	LU



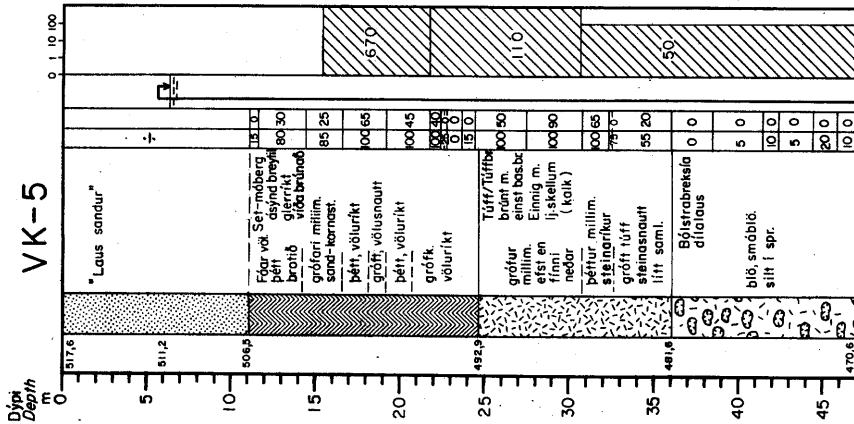
# VATNSFELLE SVIRKJUN

## Snið af borholum VK-1 til VK-4

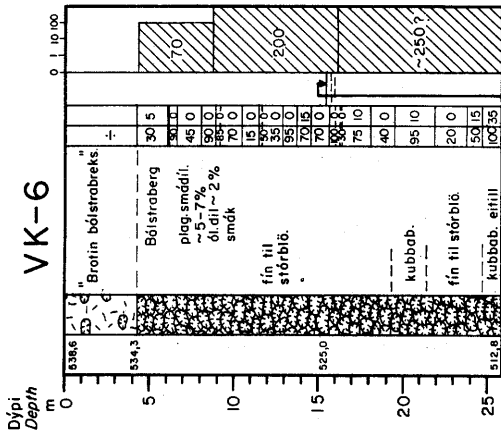
Sýringar sjá bl. 3  
Staðsetning sjó mynd 6

VOD.Mt.856.PP  
183.10.1338.EK  
bl.2

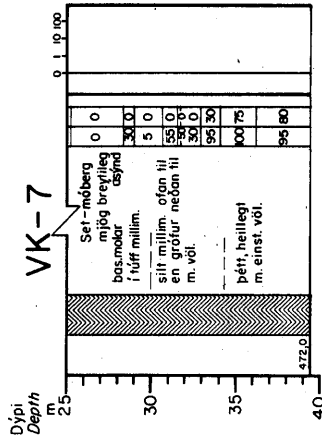
HEÐ	GREINING CLASSIFICATION	Kjarni/Core %	ROD	JVB GWT	LEKT PERME- ABILITY LU
-----	----------------------------	---------------	-----	------------	---------------------------------



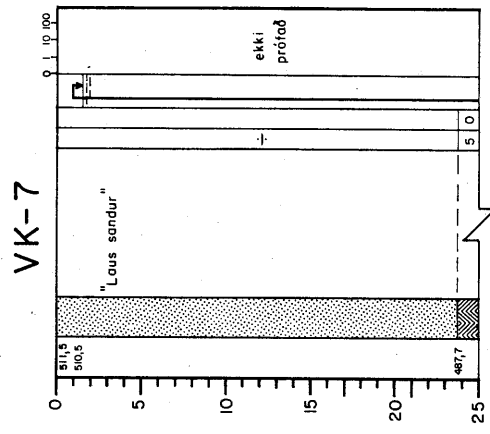
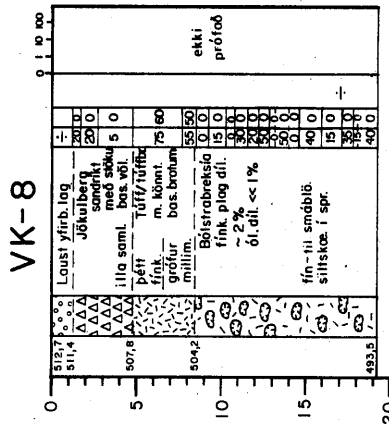
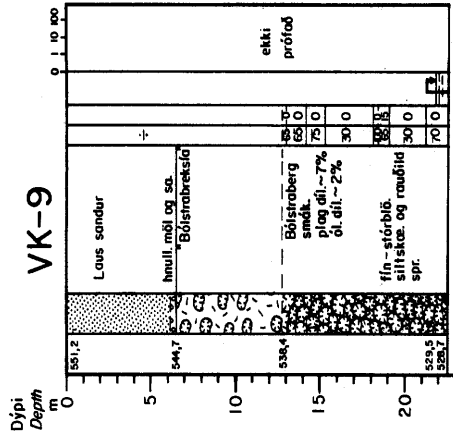
HEÐ	GREINING CLASSIFICATION	Kjarni/Core %	ROD	JVB GWT	LEKT PERME- ABILITY LU
-----	----------------------------	---------------	-----	------------	---------------------------------



HEÐ	GREINING CLASSIFICATION	Kjarni/Core %	ROD	JVB GWT	LEKT PERME- ABILITY LU
-----	----------------------------	---------------	-----	------------	---------------------------------



HEÐ	GREINING CLASSIFICATION	Kjarni/Core %	ROD	JVB GWT	LEKT PERME- ABILITY LU
-----	----------------------------	---------------	-----	------------	---------------------------------



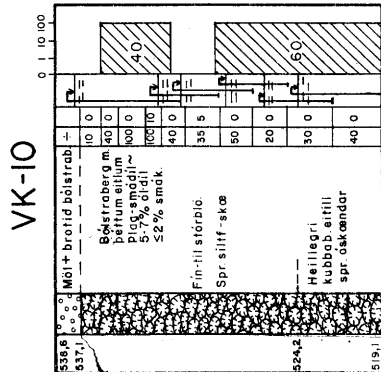
VATNSFELLSVIRKJUN

Snið af borholum VK-5 til VK-9

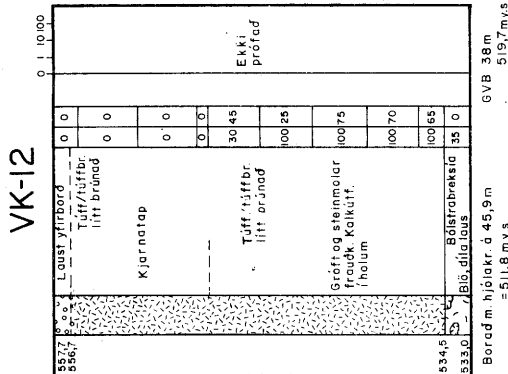
Skýringar síð bl. 3  
Staðsetning síð myndir 5 og 6

VOD-MJ-856, PP.  
83.10.1338 Sy J.  
bl. 3

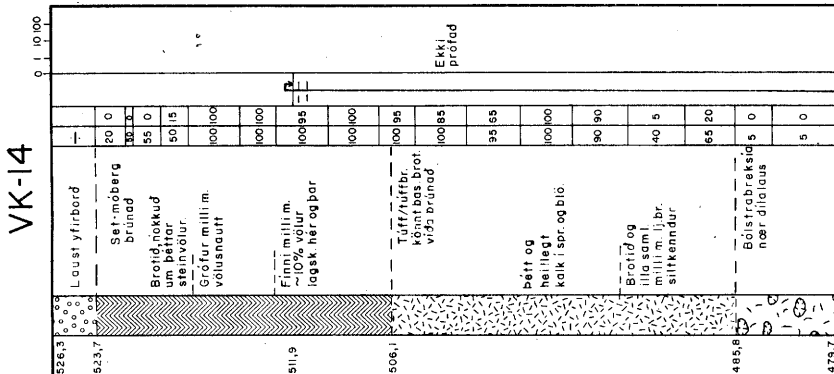
HEÐ	Elevation	GREINING	CLASSIFICATION	Kjarni/Core %	RÖÐ	JVB	PERME-	LEKT
							ABILITY	LU



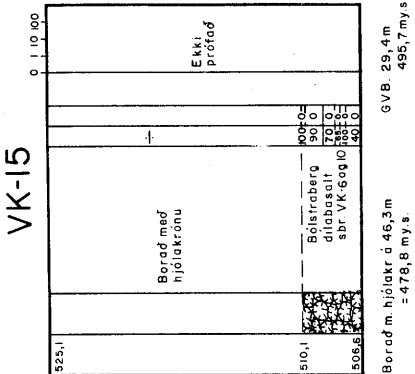
HEÐ	Elevation	GREINING	CLASSIFICATION	Kjarni/Core %	RÖÐ	JVB	PERME-	LEKT
							ABILITY	LU



HEÐ	Elevation	GREINING	CLASSIFICATION	Kjarni/Core %	RÖÐ	JVB	PERME-	LEKT
							ABILITY	LU



HEÐ	Elevation	GREINING	CLASSIFICATION	Kjarni/Core %	RÖÐ	JVB	PERME-	LEKT
							ABILITY	LU

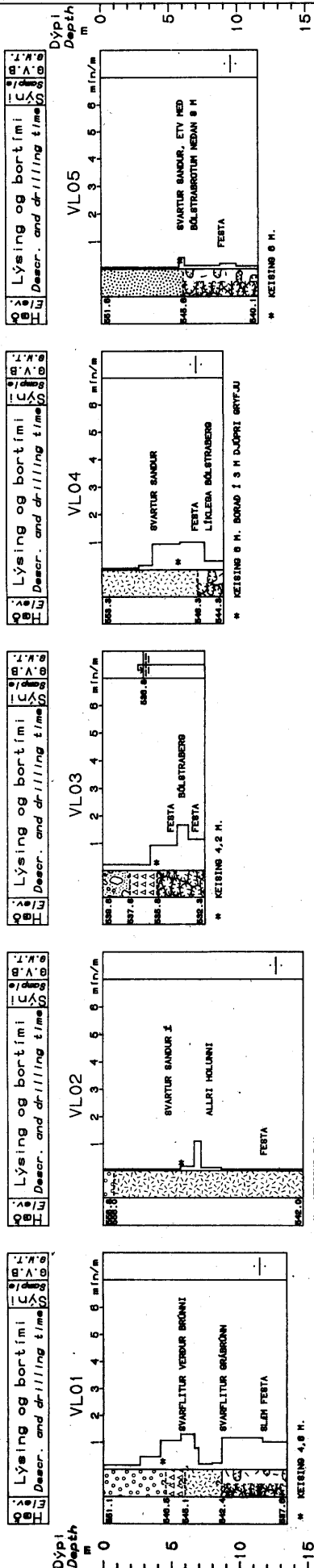


- SKÝRINGAR
- Laust yfirborð
  - Sandur eða fin mól
  - Jökulberg
  - Set-moberg ("Jökulberg")
  - Tuff/Tuffbreksia
  - Bolstrabreksia
  - Bolstraberg
  - Óviss jarðlagaskil
  - Jarðlagaskil
  - Hóla þurr

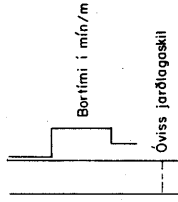
# VATNSFELLSVIRKJUN

Sníð af borholum VK-10 til VK-15

Staðsetningar sjá mynd 6



SKÝRINGAR:



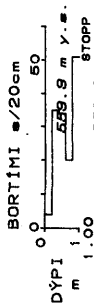
Aðrar skýringar, sjá bl. 3  
 Staðsetning, sjá mynd 6

VOD-MJ-856 BK  
 83.12.1696 T  
 LOFTBORSHÖLUR VÍÐ  
 STÍFLUSTÆÐI VATNSFELLSVIRKJANAR

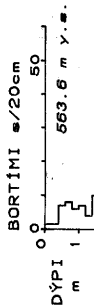


VC180

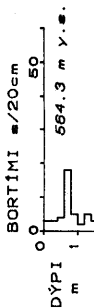
MELUR



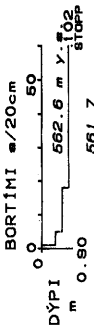
VC181



VC182



VC183



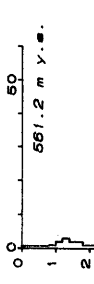
VC184

MELUR



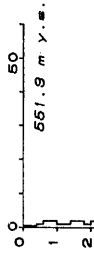
VC185

FOKSANDUR



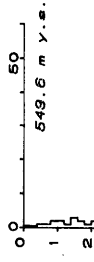
VC186

SANDUR



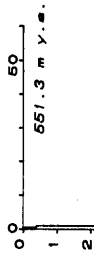
VC187

SANDUR



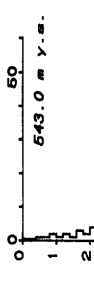
VC188

SANDUR



VC189

SANDUR



Belti: Borinn hefur farið einu gættu þessu á milli tífunda (60 sek/20 sm). Engin áveðin fyrirstaða. Fastur borin getur verið neðar.

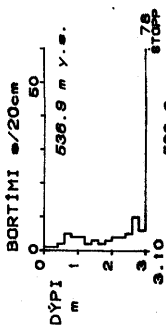
Stöpp: Borinn hefur náðast stöðvast. Fyrirstaða er þó ekki málga afmarkað og óvinnileg. Borinn hefur ekki einu og þegar hann stöðvast á klöpp eða viðlika.

Fasti: Borinn stöðvast. Mjög áveðin fyrirstaða. Borinn hefur náðast stöðvast. Stöðvast er málga afmarkað og óvinnileg. Fastur er ekki þýðað með því að klöpp (því t.d. veris stöð gætt).

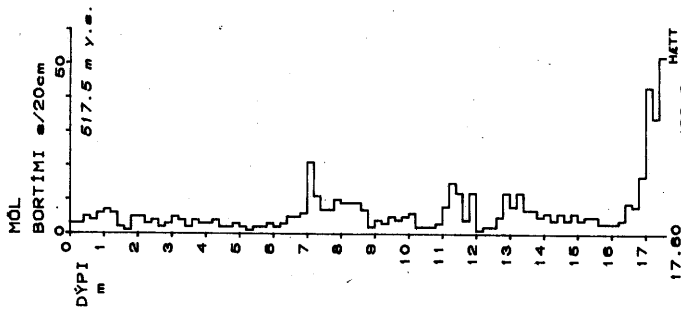
Staðsetning sjá mynd 7

VOD-MJ-856 PP  
84.01.0056/01 T  
VATNSFELLSVIRKIJUN  
COBRASNID 1988

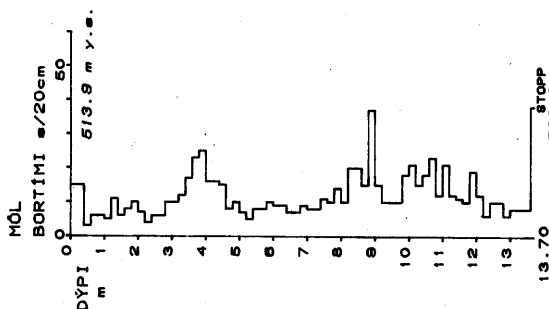
VC190



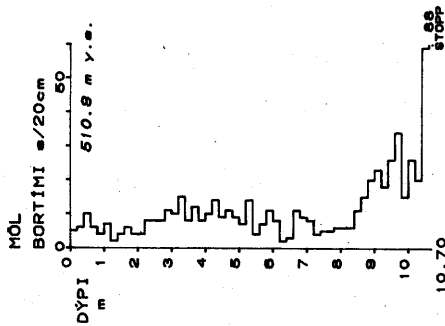
VC191



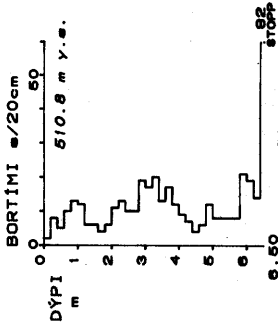
VC192



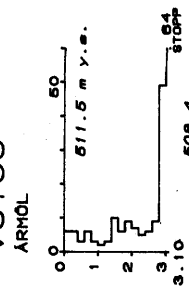
VC193



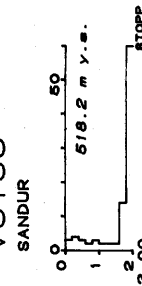
VC194



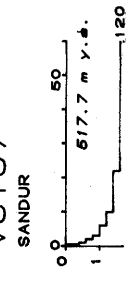
VC195



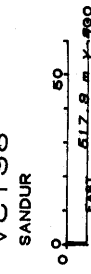
VC196



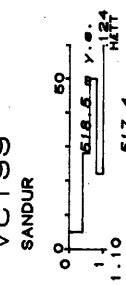
VC197



VC198



VC199



VOD-MJ-856 PP  
84.01.0056/02 T  
VATNSFELLSVIKJUN  
COBRANID 1983

Staðsetning sjá mynd 7

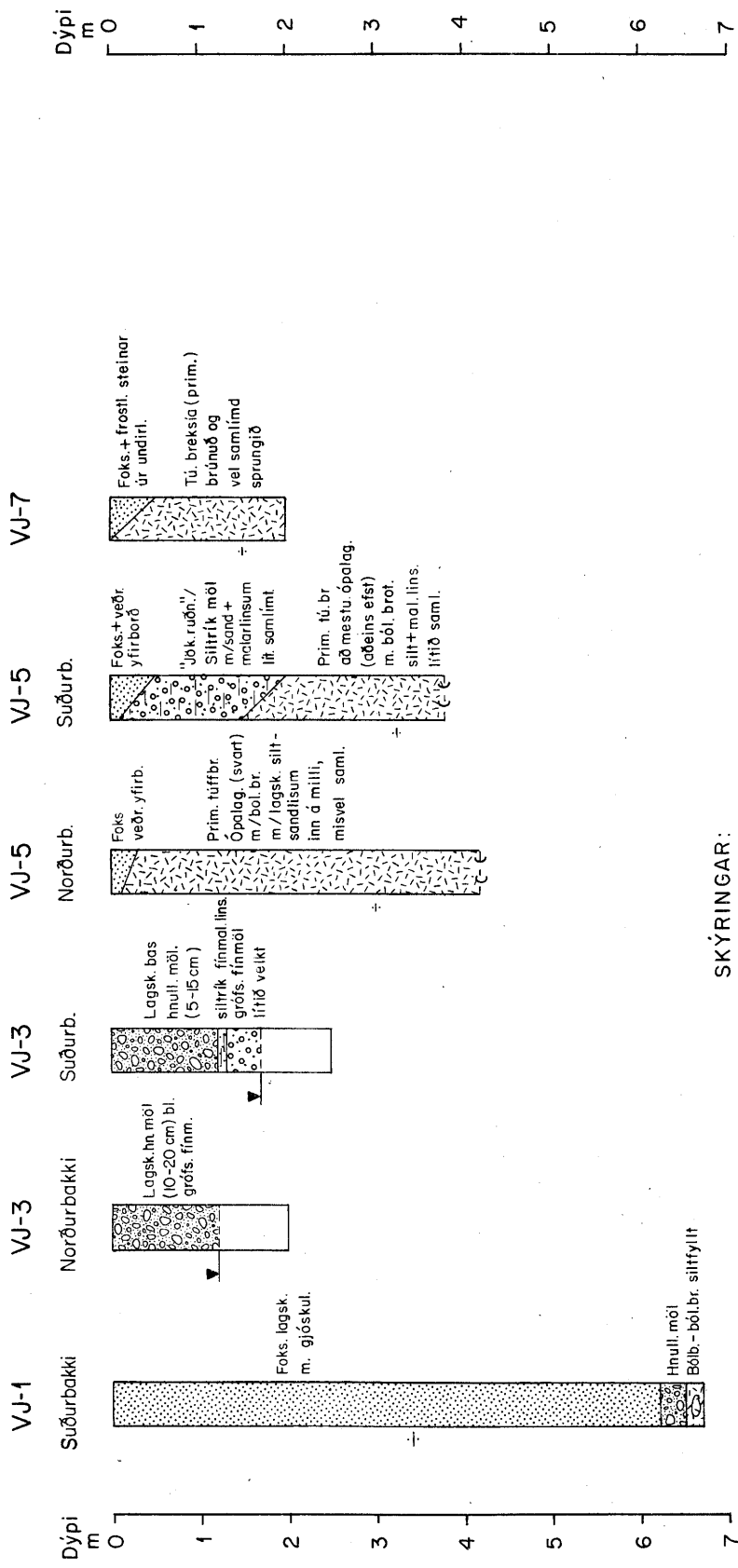


VIÐAUKI 2

Könnunargryfjur VJ- 1 til 7

# VATNSFELLSVIRKJUN

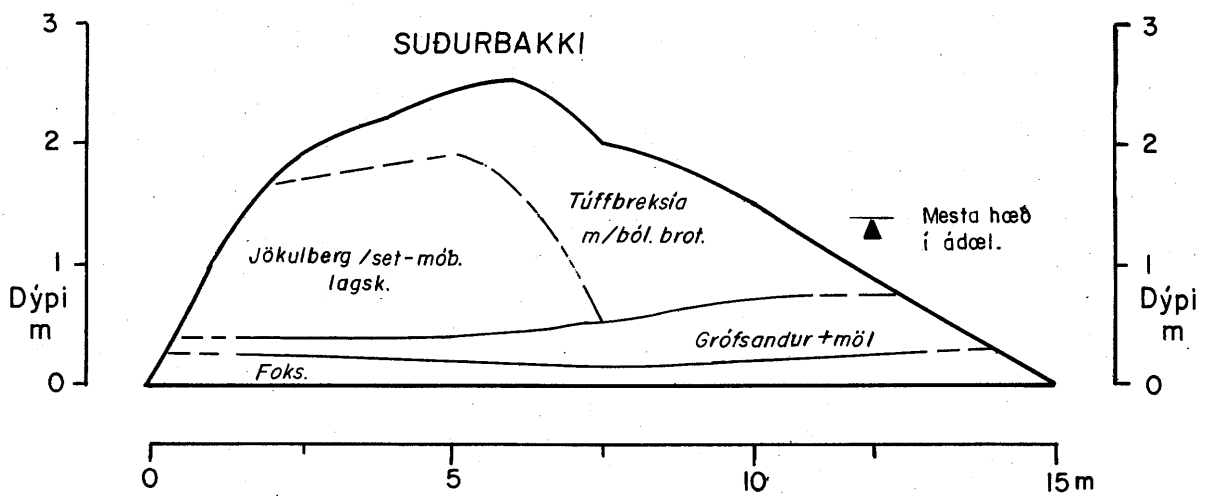
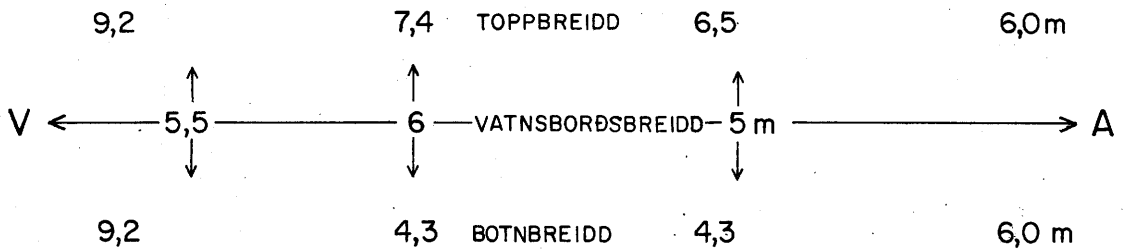
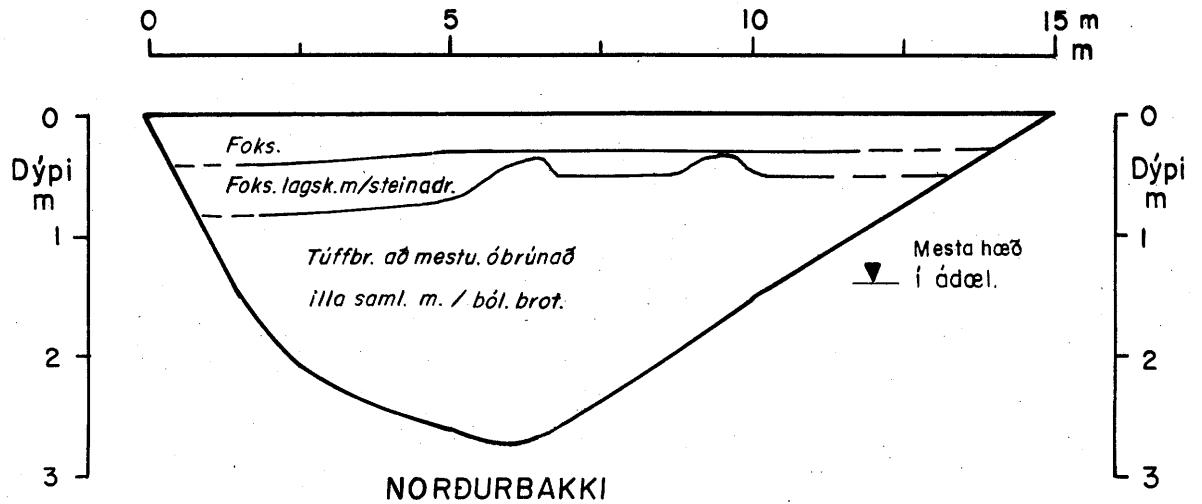
## Könnuargryfjur VJ-1,3,5 og 7



Staðsetning sjá mynd 7

VOD-MJ-856-PP  
83.10.1502-IS

### VATNSFELLSVIRKJUN Könnunargryfja VJ-2

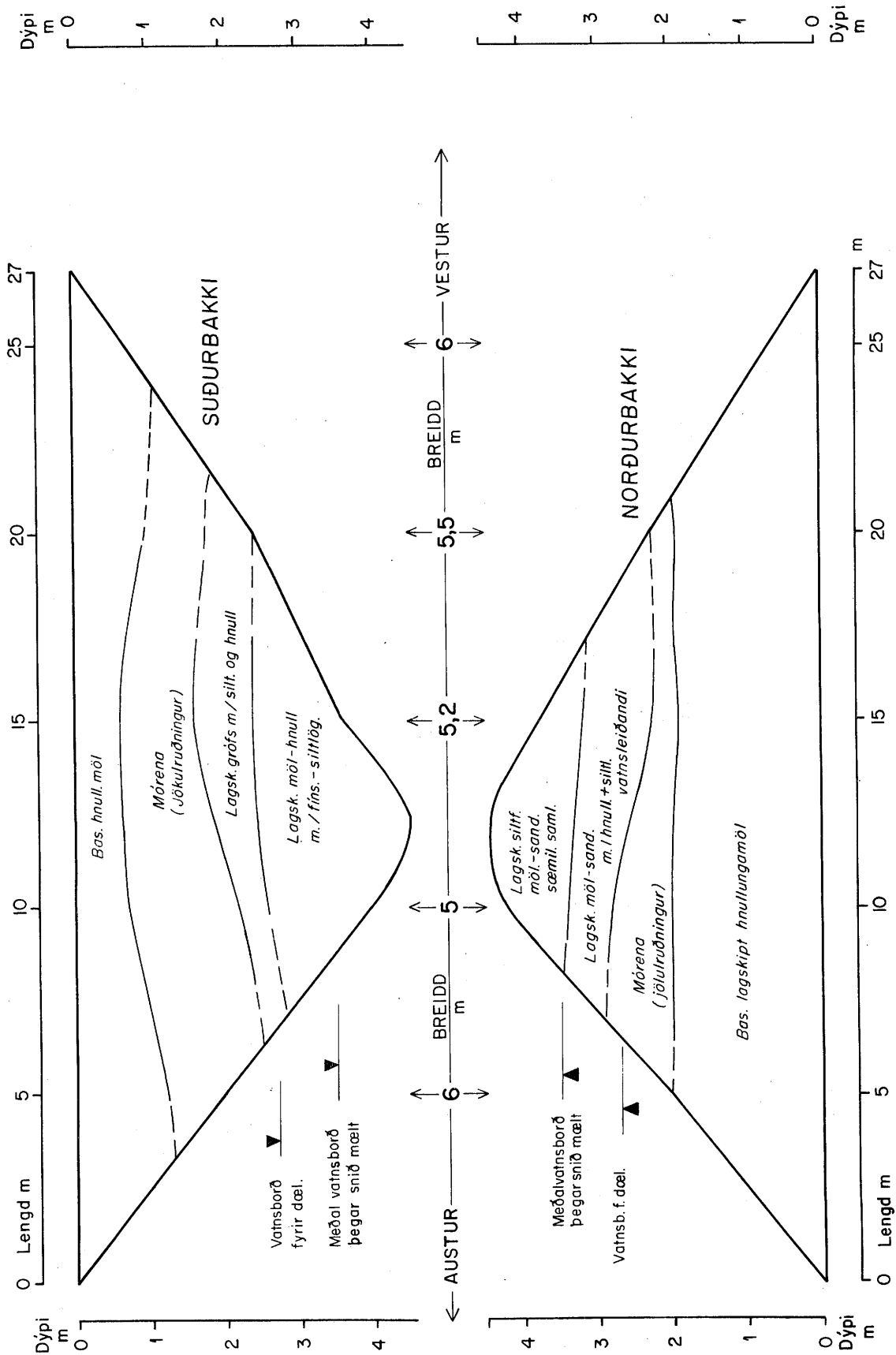


Staðsetning sjá mynd 7

# VATNSFELLSVIRKJUN

Könnunargryfja VJ-4

VOD-MJ-856-PP  
83.10.1503-IS



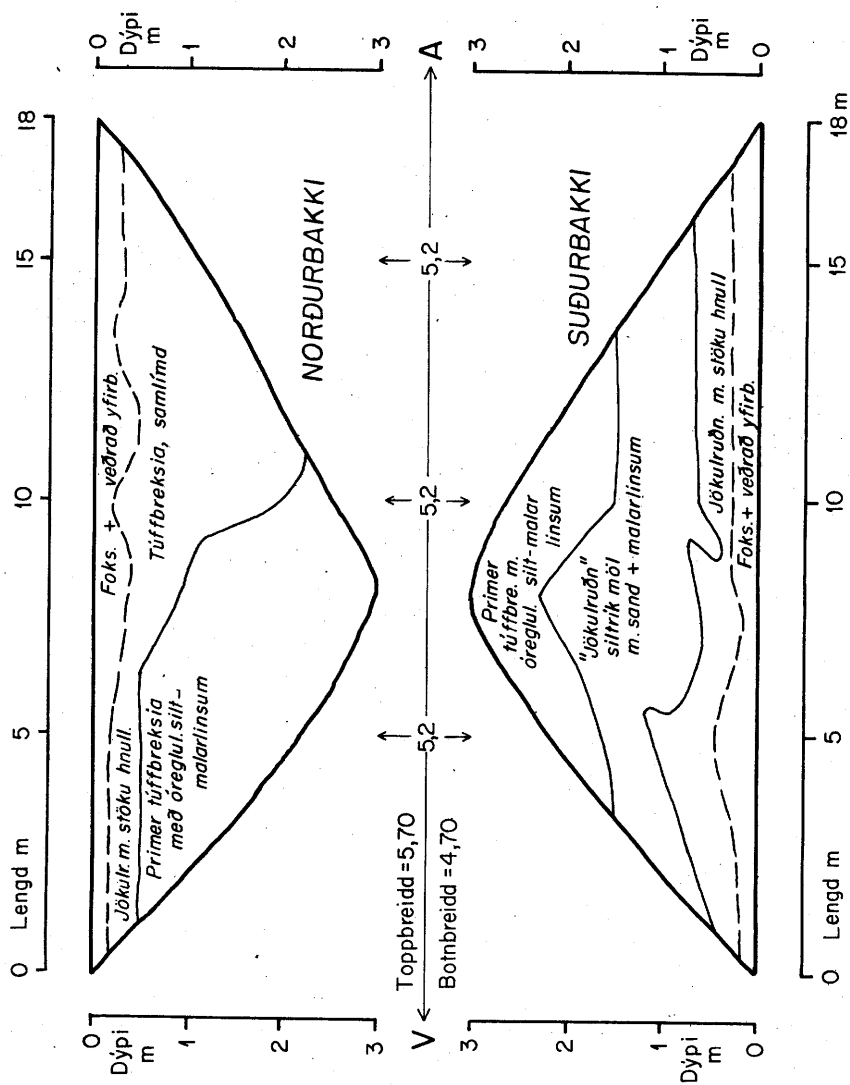
Staðsetning sjá mynd 7



VOÐ-MJ-856-PP  
83.10.1497-IS

# VATNSFELLSVIRKJUN

## Könnunargryfja VJ-5

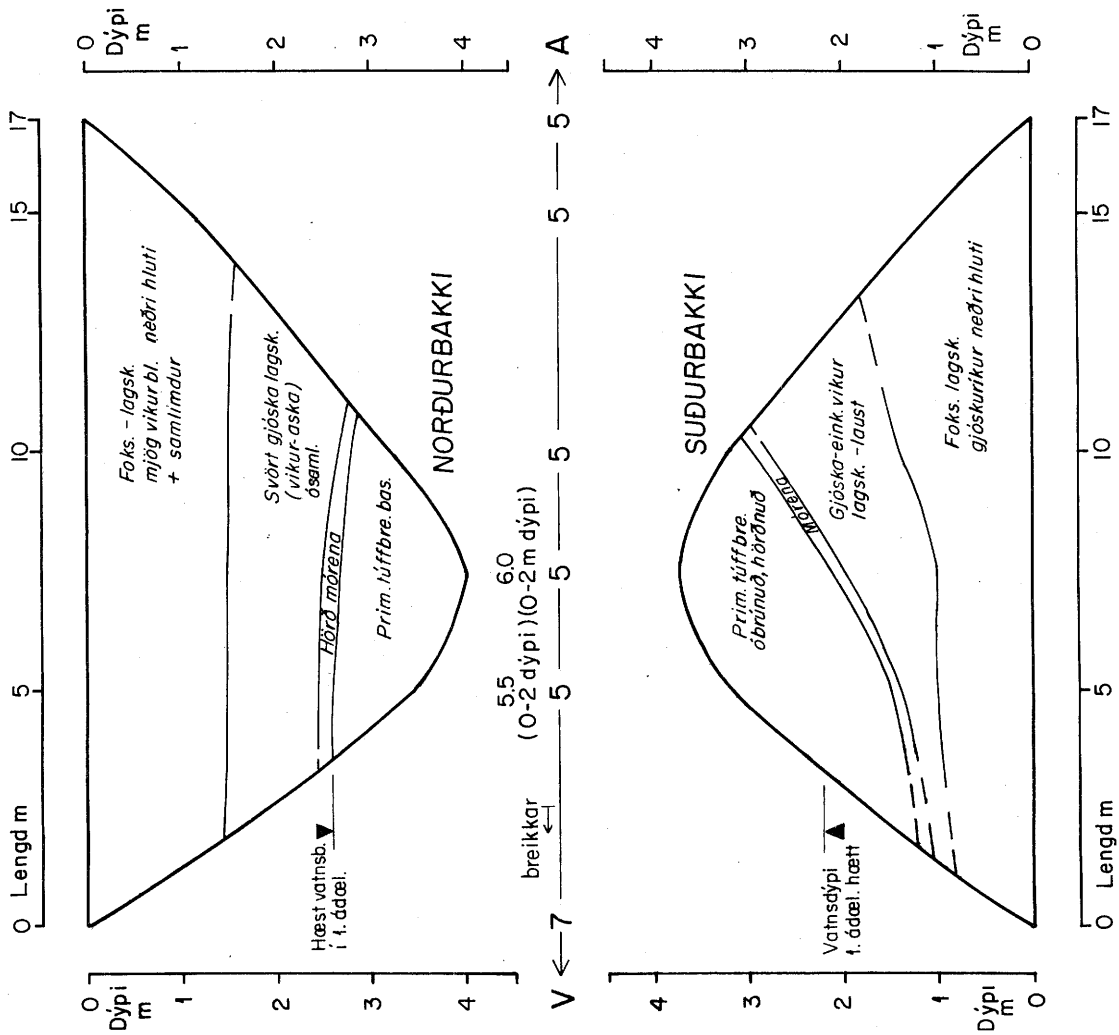


Staðsetning sjá mynd 7

VOD-MJ-856-PP  
83.10.1501-IS

# VATNSFELLSVIRKJUN

## Könnunargryfja VJ-6



VIÐAUKI 3

Hnit og hæðir VK-, VC-, og VL-hola, VJ-gryfja og linda.

**ORKUSTOFNUN**

VATNSORKUDEILD

B4.01.16 GHV

**KJARNABORUN**

VATNSFELLSVIRKJUN 1983

BLAD 01

Kjarnaholur

Hnitakerfi: Lambert		Hæð	Nafn	Dýpt	Rotn-	Hæð
X-hnit	Y-hnit	á	punkts	holu	koti	á
(m)	(m)	Jörd		(m)	(m y.s.)	röri
		(m y.s.)				(m)
550086.4	410811.2	556.4	VK1	39.10	517.3	557.38
550207.3	410797.9	518.2	VK2	50.30	467.9	518.86
550048.3	410831.5	562.4	VK3	57.40	505.0	563.53
550198.9	410734.3	516.6	VK4	31.50	485.1	516.81
550197.7	410749.6	517.6	VK5	47.00	470.6	518.68
549747.2	411255.8	538.6	VK6	25.80	512.8	538.71
550256.5	410769.3	511.5	VK7	39.50	472.0	512.12
551433.1	409922.8	512.7	VK8	19.20	493.5	513.58
549767.0	411468.2	551.2	VK9	22.50	528.7	551.40
549749.7	411235.0	538.6	VK10	19.50	519.1	538.78
549553.6	410867.2	557.0	VK11	28.40	528.6	557.31
549786.8	410999.5	557.7	VK12	45.90	511.8	558.42
550211.8	410783.7	566.6	VK13	28.60	538.0	566.90
550171.1	410789.9	526.3	VK14	46.60	479.7	527.56
550337.5	411202.3	525.1	VK15	46.30	478.8	526.01

**ORKUSTOFNUN**  
**VATNSORKUDEILD**  
 84.01.20 PP

**COBRABORUN**  
**VATNSFELLSVIRKJUN 1983**  
 COBRAHOLUR BLAD 02

Hnitakerfi: Lambert		Hæð	Nafn	Dýpt	Botn-	Athugasemd
X-hnit	Y-hnit	a	punkts	holu	koti	
(m)	(m)	Jörd		(m)	(m y.s.)	
		(m y.s.)				
549346.1	410890.0	559.9	VC180	1.00	558.9	STOPP
549377.8	410866.2	563.6	VC181	2.60	561.0	STOPP
549407.9	410853.6	564.3	VC182	2.80	561.5	FAST
549442.7	410850.4	562.6	VC183	0.90	561.7	STOPP
549465.8	410854.7	560.2	VC184	1.00	559.2	STOPP
549657.6	411494.8	561.2	VC185	4.70	556.5	STOPP
549750.5	411473.9	551.9	VC186	3.60	548.3	FAST
549832.8	411456.9	549.6	VC187	5.60	544.0	FAST
549767.6	411466.8	551.3	VC188	4.50	546.8	STOPP
549920.8	411460.5	543.0	VC189	4.90	538.1	FAST
549979.6	411457.4	536.9	VC190	3.10	533.8	STOPP
550323.9	410989.3	517.5	VC191	17.60	499.9	HATT
550293.0	410960.6	513.9	VC192	13.70	500.2	STOPP
550276.6	410949.5	510.9	VC193	10.70	500.2	STOPP
550260.6	410935.5	510.8	VC194	6.50	504.3	STOPP
550244.3	410921.8	511.5	VC195	3.10	508.4	STOPP
550222.7	410903.5	518.2	VC196	2.00	516.2	STOPP
550202.9	410765.2	517.7	VC197	1.70	516.0	FAST
550205.2	410781.0	517.9	VC198	0.63	517.3	FAST
550210.8	410826.6	518.5	VC199	1.10	517.4	HATT

**HATT:** Borinn hreyfist en sensur það hæst, að hann fer yfir sett tímamörk (60 sek/20 cm). Engin ákvedin fyrirstada. Fastur botn setur verið nedar.

**STOPP:** Borinn hefur nánast stöðvast. Fyrirstada er þó ekki mjös afmörkuð og greinileg. Borinn hefur ekki eins og þesar hann stöðvast á klöpp eða vidlika.

**FAST:** Borinn stöðvast. Mjös ákvedin fyrirstada. Borinn hefur og slærar. Stöðvast sjarnan snögglega, þarf ekki að þáða að komið sé niður á klöpp (sæti t.d. verið stórt strjót).

**ORKUSTOFNUN**

VATNSORKUDEILD

84.01.16 GHV

**LOFTBORUN**

VATNSFELLSVIRKJUN 1983

BLAD 03

Loftborsholur a stíflustæði

Hnitakerfi: Lambert		Hæð	Nafn	Þykt	Botn-	Athugasemð
X-hnit	Y-hnit	a	punkts	holu	koti	gerð Þegar
(m)	(m)	Jörd		(m)	(m y.s.)	hætt var
		(m y.s.)				ad bora
549727.5	411181.1	551.1	VL1	13.50	537.6	
549784.3	411046.4	556.8	VL2	14.80	542.0	
549742.8	411223.3	539.8	VL3	7.50	532.3	
549786.8	411365.5	553.3	VL4	9.00	544.3	
549759.4	411469.3	551.6	VL5	11.50	540.1	

**ORKUSTOFNUN**

VATNSORKUDEILD

84.01.16 GHV

**GRYFJUGERÐ**

VATNSFELLSVIRKJUN 1983

BLAD 04

Könnunarsryfjur

Hnitakerfi: Lambert		Hæð	Nafn
X-hnit	Y-hnit	a	punkts
(m)	(m)	Jörd	
		(m y.s.)	
549792.7	411472.8	551.0	VJ-1
549784.3	411361.7	555.5	VJ-2
549740.8	411236.6	538.7	VJ-3
549741.6	411220.3	539.9	VJ-4
549793.4	411003.5	557.7	VJ-5
549414.7	410868.5	564.3	VJ-6
550029.4	410805.4	563.8	VJ-7

**ORKUSTOFNUN**

VATNSORKUDEILD

84.23.01 PP

**LINDIR**

VATNSFELLSVIRKJUN 1983

LINDIR VATNSFELL/PORISVATN

BLAD 05

Hnitakerfi: Lambert

X-hnit (m)	Y-hnit (m)	Hæð á Jörd (m y.s.)	Athugasemd
---------------	---------------	---------------------------	------------

Vatnsfellsliófur

550082.38 411039.18 520.13

Mzlt 22. Júlí 1983

550174.47 411012.04 512.27

Lznufell

550885.05 408837.74 504.82

Mzlt 22. sept. 1983

550912.62 408839.38 504.70

550912.13 408834.48 504.48

550867.88 408834.35 502.10

550799.82 408842.25 504.32

550837.84 408652.93 502.38

Flekavík

544285.23 411629.73 556.58

Mzlt 11. okt. 1983

544027.18 411923.47 566.15

Vid Fellsendavötn

546612.08 408299.79 534.22

Mzlt 31. okt. 1983

Mzlt var vid efstu mörk linda.





VIÐAUKI 4

Berggæðamat

## BERGGÆÐAMATSKERFIÐ

Borkjarninn var sprungugreindur samkvæmt kerfi sem notað er á Orkustofnun við virkjunarrannsóknir til þess að meta eiginleika og gæði bergs til jarðgangagerðar. Greiningin felst í því að meta fjölda sprungna, stefnu þeirra og lögun, áferð sprunguflata og magn og gerð sprungufyllinga í berginu út frá sprungum í kjarnanum. Gefnar eru einkunnir í tölum sem síðan eru settar inn í jöfnu ásamt fleiri þáttum, og þannig reiknuð talan (einkunnin) "Q" sem kalla má "berggæði". Talan Q er fall eftirfarandi sex þátta:

RQD (rock quality designation): Hlutfall samanlagðrar lengdar kjarnabúta > 10 cm af viðkomandi bili borholunnar (í raun sprungufjöldi).

Jn (joint set number): Fjöldi sprungukerfa.

Jr (joint roughness number): Lögun og áferð sprunguflata.

Ja (joint alteration number): Gerð og þykkt sprungufyllinga.

Jw (joint water reduction factor): Vatnsprýstingsáhrif á sprungur og berg (grunnvatnsástand í berginu).

SRF (stress reduction factor): Spennuástand í berginu.

$$\text{Jafnan er: } Q = \text{RQD}/\text{Jn} \times \text{Jr}/\text{Ja} \times \text{Jw}/\text{SRF}$$

Þess ber að geta að í raun heitir talan Q fullu nafni "index for the determination of the tunnelling quality of a rockmass". Berggæðamatskerfi þetta er því hannað m.t.t. jarðgangagerðar og talan Q notuð til að bera saman berggerðir og jarðlög og áætla styrkingarþörf í jarðgöngum í viðkomandi bergi. Einnig er rétt að benda á, að kerfið er erlent að uppruna og enn hefur notagildi þess ekki verið fullreynt við þær jarðfræðilegu aðstæður sem algengastar eru á Íslandi og frábrugðnar aðstæðum víðast erlendis. Nú þegar er þó vinna við aðlögun kerfisins að íslenskum aðstæðum orðin allnokkur og frekari stöðlun mun væntanlega fara fram á næstu árum samfara aukinni jarðgangagerð vegna vega- og virkjanaframkvæmda.

## ÚRVINNSLA OG NIÐURSTÖÐUR

Með hliðsjón af fenginni reynslu varðandi notkun á berggæðamatskerfinu hjá VOD og frumherjunum (Barton, N. o.fl. 1974), þótti eðlilegast að festa þau gildi sem koma inn í Q-matið. Meðfylgjandi tafla sýnir þá fasta m.t.t. berggerða.

### BERGGERÐIR OG GILDI EINSTAKRA ÞÁTTA Í Q-MATI

BERGGERÐIR	RQD	Jn	Jr	Ja	Jw	SRF
Setmóberg (jökulberg)	Samkvæmt mælingum	9	1,5	2	*0,5-1,0	2,5
Túff/ túffbreks.	á kjarna en þó aldrei	9	1,5	2	0,5-1,0	2,5
Bólstra- breksía	læggra en 10	17	3	1	0,5-1,0	2,5
Bólstra- berg		14	4	1	0,5-1,0	2,5

\* Jw er breytilegt en það ræðst af lekt jarðlaga og afstöðu þeirra m.t.t. grunnvatnsborðs (stöðvarhússt. 0,5, inntak og aðrenslisskurður 1,0, stíflustæði 0,66).

Ekki þykir ástæða til að koma hér á framfæri þeim 23 sprungugrein-  
ingarblöðum sem unnin voru á vettvangi í sambandi við berggæðamatið en  
í staðinn birt meðfylgjandi tafla.

Q-GILDI Í VK-KJARNABORHOLUM

Stöðvarhússtæði

Holu- heiti	Hæðarbil m y.s.	Þykkt m	Q-gildi	Berggerð
VK2	505,6-503,9	1,7	$*10/9 \times 1,5/2 \times 0,5/2,5 = 0,2$	Setmóberg
VK2	503,9-488,4	15,5	$55/9 \times 1,5/2 \times 0,5/2,5 = 0,9$	Setmóberg
VK2	488,4-484,2	4,2	$83/9 \times 1,5/2 \times 0,5/2,5 = 1,4$	Túff/túffbr.
VK4	502,4-501,2	1,2	$*10/9 \times 1,5/2 \times 0,5/2,5 = 0,2$	Setmóberg
VK4	501,2-487,8	13,4	$73/9 \times 1,5/2 \times 0,5/2,5 = 1,2$	Setmóberg
VK4	487,8-485,0	2,8	$83/9 \times 1,5/2 \times 0,5/2,5 = 1,4$	Túff/túffbr.
VK5	506,5-505,9	0,6	$*10/9 \times 1,5/2 \times 0,5/2,5 = 0,2$	Setmóberg
VK5	505,9-493,2	12,7	$35/9 \times 1,5/2 \times 0,5/2,5 = 0,6$	Setmóberg
VK5	493,2-481,6	11,6	$54/9 \times 1,5/2 \times 0,5/2,5 = 0,9$	Túff/túffbr.
VK14	523,7-518,2	5,5	$*10/9 \times 1,5/2 \times 1/2,5 = 0,3$	Setmóberg
VK14	518,2-509,9	8,3	$98/9 \times 1,5/2 \times 1/2,5 = 3,3$	Setmóberg
VK14	509,9-506,1	3,8	$99/9 \times 1,5/2 \times 0,5/2,5 = 1,7$	Setmóberg
VK14	506,1-496,3	9,8	$83/9 \times 1,5/2 \times 0,5/2,5 = 1,4$	Túff/túffbr.

Inntak og aðrennslisskurður

Holu- heiti	Hæðarbil m y.s.	Þykkt m	Q-gildi	Berggerð
VK1	553,4-538,4	15,0	$75/9 \times 1,5/2 \times 1/2,5 = 2,5$	Túff/túffbr.
VK3	560,1-553,0	7,1	$*10/9 \times 1,5/2 \times 1/2,5 = 0,3$	Túff/túffbr.
VK3	553,0-546,8	6,2	$43/9 \times 1,5/2 \times 1/2,5 = 1,4$	Túff/túffbr.
VK3	546,8-535,3	11,5	$*10/17 \times 3/1 \times 1/2,5 = 0,7$	Bólstrabreks.
VK13	565,1-538,0	27,1	$*10/9 \times 1,5/2 \times 1/2,5 = 0,3$	Túff/túffbr.

Frárennslisskurður

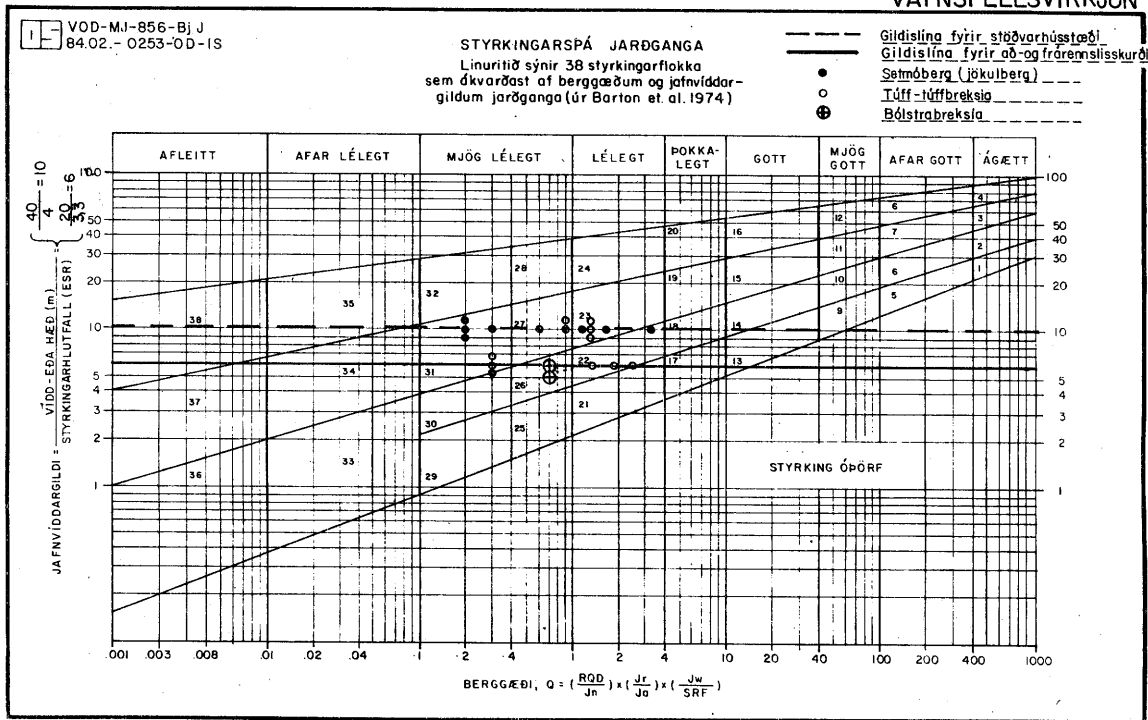
Holu- heiti	Hæðarbil m y.s.	Þykkt m	Q-gildi	Berggerð
VK8	511,4-507,8	3,6	*10/9 x 1,5/2 x 1/2,5 = 0,3	Setmóberg ("jökulberg")
VK8	507,8-504,2	3,6	58/9 x 1,5/2 x 1/2,5 = 1,9	Túff/túffbr.
VK8	504,2-493,5	10,7	*10/17x 3/1 x 1/2,5 = 0,7	Bólstrabreks.

Stíflustæði

Holu- heiti	Hæðarbil m y.s.	Þykkt m	Q-gildi	Berggerð
VK6	534,3-512,8	21,5	*10/14 x 4/1,0 x 0,66/2,5 = 0,8	Bólstraberg
VK10	537,1-528,7	8,4	*10/14 x 4/1 x 0,66/2,5 = 0,8	Bólstraberg
VK11	554,7-547,0	7,7	22/9 x 1,5/2 x 0,66/2,5 = 0,5	Túff/túffbr.
VK11	547,0-531,8	15,2	*10/9 x 1,5/2 x 0,66/2,5 = 0,2	Túff/túffbr.
VK12	556,7-548,6	8,1	*10/9 x 1,5/2 x 0,66/2,5 = 0,2	Túff/túffbr.
VK12	548,6-534,5	14,1	50/9 x 1,5/2 x 0,66/2,5 = 1,1	Túff/túffbr.
VK12	534,5-533,0	1,5	*10/17 x 3/1 x 0,66/2,5 = 0,5	Bólstrabreks.

Aths: \* RQD sett fast (10%) þar sem RQD-gildin eru 0% - <10% skv. mælingum á kjarna.

Sundurliðun töflunnar ræðst af staðsetningu einstakra mannvirkjahluta á sama hátt og í kafla 4. Sérhverri holu er skipt í ákveðin bil en það fer einkum eftir berggerð og "stökkbreytingu" í heilleika (RQD). Þannig er um að ræða ákveðna samantekt til einföldunar, sjá nánar borholusnið í viðauka 1.



Á meðfylgjandi mynd eru dregin saman þau Q-gildi sem fram koma í töflunni hér á undan. Þau eru flokkuð eftir berggerðum og mannvirkja-staðsetningu. Á stöðvarhússtöði er svið berggæða 0,2-3,3. Setmóbergið spannar allt sviðið en túff/túffbreksían mjög þröngan hluta þess (0,9-1,4). Vegin meðaltalsgildi beggja berggerðanna í heild eru á hinn bóginn nánast þau sömu eða um 1,2. Á skurðleiðum er svið berggæða heldur þrengra eða 0,3-2,5. Túff/túffbreksían spannar allt sviðið og sver sig í ætt við setmóbergið hér á undan hvað það varðar. Bólstrabreksían er eðlilega bundin við sama gildið eða 0,7. Vegið meðaltalsgildi túff/túffbreksiunnar er herra eða 1,1. Berggæðin eru þó mun lægri á skurðleiðunum en stöðvarhússtöði og næsta nágrenni.

Til að koma í veg fyrir mistúlkun er rétt að geta þess hér að styrkingarhlutfallið (ESR) á línuritinu er í samræmi við hæstu ESR-gildin sem gefin eru upp í frumheimildinni, þ.e. námugöng sem eru opin tíma-bundið. Þar sem Vatnsfellsvirkjun er ekki jarðgangavirkjun heldur gryfju- og skurðavirkjun er ESR-gildið mun herra, jafnvel >10 sinnum, sem þýddi að gildislínurnar væru stærðargráðu lægri en fram kemur á línuritinu.

VIÐAUKI 5

Grunnvatnshæð og hiti



ORKUSTOFNUN  
Vatnsorkudeild

GRUNNVATNSMÆLINGAR  
I BÖRHÖLUM

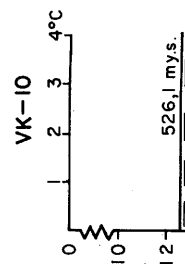
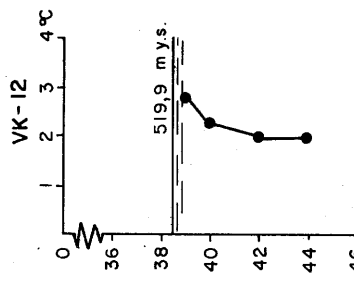
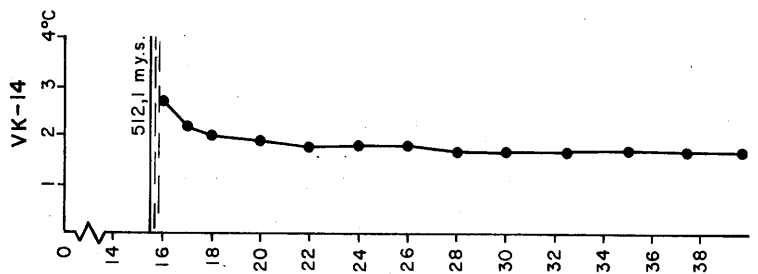
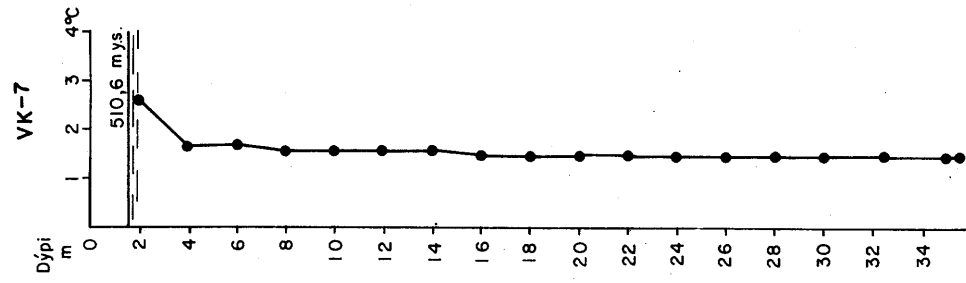
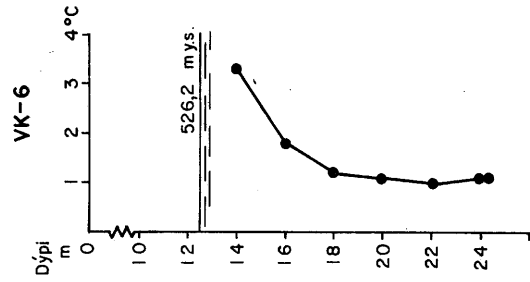
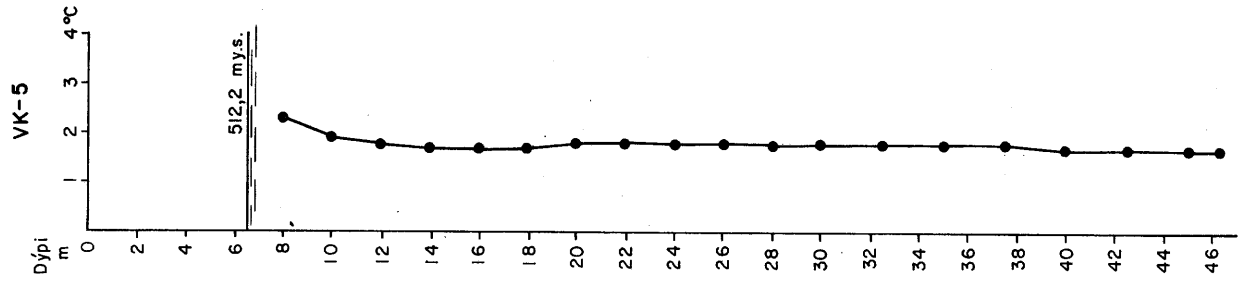
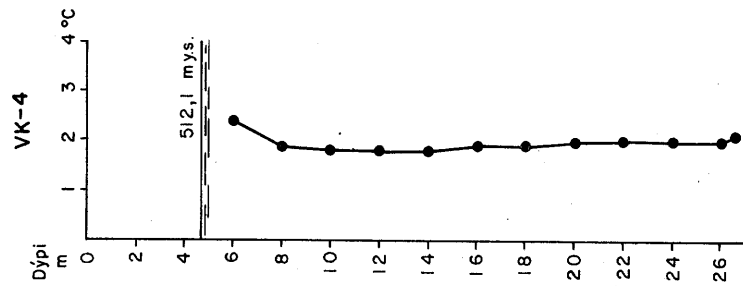
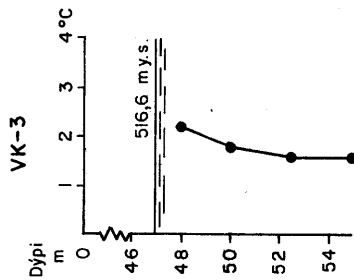
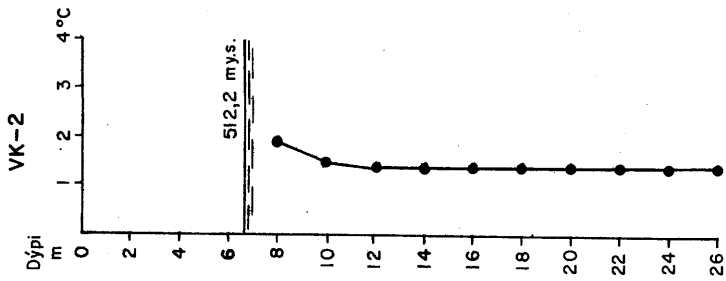
Mælt:  
Unnid: KGE

VATNSFELLSVIKJUN

1984-02-27

Dags, mál- indar	HEITI HÖLU/GRUNNVATNSBORD ■ y.s.										
	VK2	VK3	VK4	VK5	VK6	VK7	VK9	VK10	VK12	VK14	VK15
83.07.27	511.22	515.09	511.08	511.19							
83.08.29		516.08			525.03			524.94			
83.08.31	511.97	516.16	511.87	511.89	525.17	510.47	529.47	525.08	519.85	511.86	
83.09.01					525.24		529.44	525.14	519.55		
83.09.02	511.99	516.21	511.89	511.91	525.31	510.48	529.43		519.46	511.88	
83.09.12							529.34				
83.09.14					526.17			526.06	519.87		
83.09.15	512.24	516.60	512.12	512.15		510.57				512.10	
83.10.05		515.59		512.30		510.61	Purr		520.51	512.26	
83.10.06		517.42		512.84			Purr		520.69	512.80	
83.10.07		517.47		512.95		511.29	529.36		520.79	512.91	503.49
83.10.08		517.30		512.80		511.12	529.38		520.86	512.76	503.49
83.10.10		517.25		512.66		511.00	529.39		521.00	512.62	503.52
83.10.12		517.26		512.64		510.91	529.35		521.05	512.61	503.57
83.10.13		517.30		512.65		510.92	529.36		521.05	512.62	503.62
83.10.14		517.28		512.63		510.89	529.35		521.10	512.60	503.66
83.10.19		517.97		513.37			529.58		521.21	513.32	503.80
83.10.20		518.05		513.45			529.84		521.42	513.42	503.83
83.10.21		518.17		513.53			530.06		521.53	513.51	503.81
83.10.22		518.10		513.45		511.47	530.22		521.72	513.42	503.86
83.10.27		517.96		513.23			529.88		521.67	513.24	503.87
83.10.28		518.06		513.37			529.96		521.77	513.34	503.96
83.11.01		518.10		513.36			530.00		521.86	513.36	504.01
83.11.03		518.18		513.36			530.03		521.97	513.45	504.08
83.11.11		518.24		513.51			530.21		522.00	513.51	504.17
83.11.17		517.72		512.97			529.62		521.75	512.96	504.19

VOD-MJ-856-PP  
83.12.1692.0D



VATNSFELLSVIRJUN  
Hitamælingar í  
borholum dagana  
14. og 15. 9.'83