

ORKUSTOFNUN

RAFORKUDEILD

NOKKRAR ATHUGASEMDIR UM  
JARDFRÆÐI Í VATNSFELLSVEITU

EFTIR

HAUK TOMASSON

OG

BIRGI JÓNSSON

OS-ROD-7413

GERT FYRIR  
LANDSVIRKJUN

JÚNÍ 1974

ORKUSTOFNUN

RAFORKUDEILD

NOKKRAR ATHUGASEMDIR UM  
JARDFRÆÐI Í VATNSFELLSVEITU

EFTIR

HAUK TOMASSON

OG

BIRGI JONSSON

os-ROD-7413

GERT FYRIR  
LANDSVIRKJUN

JÚNÍ 1974

## Efnisyfirlit

1. Lýsing jarðlaga í jarðfræðiskýrslum
2. Jarðvatn
3. Lýsing jarðlaga í Vatnsfellsskurði
4. Samræmi milli útboðsgagna og reynslu
5. Erfiðleikar verktaka við gröft lausra jarðlaga
6. Erfiðleikar við gröft í bergi

## 1. Lýsingar jarðlaga í jarðfræðiskýrslum

Í jarðfræðiskýrslum þeim sem skrifaðar voru vegna Þórisvatnsmiðlunar og fylgdu með útboði sem útboðsgögn, eru lýsingar á jarðlögum Vatnsfellsskurðar og öðrum jarðfræðilegum aðstæðum, sérstaklega lýsing á hegðun jarðvatns í og við vatnið. Skýrslurnar eru þrjár: Þórisvatn, geological report, volume I og II, gefin út í febrúar 1970 og Supplement to volume II gefið út í september 1970. Allar eru skýrslurnar unnar af jarðfræðingum Orkustofnunar.

Í þeim er jarðmyndunum skipt í tvennt, annars vegar eru eldgosamyndanir merktar F eða V en hins vegar setmyndanir merktar L. Hverri þessara myndana var síðan skipt í þrennt, merkt 1 til 3. Í sambandi við gröft skurðarins úti í vatni koma helst 2 þessara myndana fyrir. Það er myndun  $F_1$  og  $L_3$ . Að öðru leyti koma allar skilgreindar myndanir fyrir í skurðinum.

Eftirfarandi lýsing á  $F_1$  og  $L_3$  myndununum er tekið orðrétt úr Þórisvatn, geological report vol. II bls. 3.5.

"The F member is genetically comparable to lava flows, but due to melt water the magma has solidified into pillow lava, sand or in most cases mixture of both".

"The F member is divided into 3 units, i.e.  $F_1$ ,  $F_2$ , and  $F_3$ . Unit  $F_1$  is a pillow lava with a regular pillow structure and basaltic veins. Lenses of finegrained sand and sand fillings in interstices between pillows occur in this unit. Unit  $F_2$  is a mixture of pillows and sand and basaltic veins. It is intermittent between the units  $F_1$  and  $F_3$ , the latter mostly being sand. There are absolutely no sharp boundaries between these three units and they merge into one another".

"The tricone drilling speed is very variable in the F units. In the pillow lava the drilling speed is very low or 1-2 m per hour. The drilling speed increases with increasing sand content and is commonly about 15 m per hour in  $F_3$ ".

"Permeability for the F units is very high..... The pillow lava is obviously much more permeable than sand. Most tests are performed above ground water level and this can influence the results as to get a lower permeability than the actual one. We do not know whether this influences the tests for all rock types, but there is no reason to assume this as the pore space differs very much from pillow lava to sand".

"The L member is subdivided into three units  $L_1$  to  $L_3$ . The unit  $L_1$  is defined as sand, not penetrated by Borro soundings but yields no core in core drilling".

"The  $L_2$  unit is sand, penetrated by Borro soundings. This sand is both postglacial and glacial. The postglacial sand is loose with seismic velocity 300 m/sec. Some consolidation is in the glacial sand and it has a higher seismic velocity. The defined boundary between the units  $L_1$  is only related to mechanical properties. The Borro soundings stop on the finer grained, harder layers which are not necessarily the same from one sounding to another.

Unit  $L_3$  is related to  $L_2$ , but is only deposited in lakes, mainly in Þórisvatn. Its near shore properties are practically the same as for  $L_2$  but it usually contains some diatomaceous earth. At a greater depth, i.e. 30-40 m, it contains much diatomaceous earth together with airborne volcanic ash. This material can easily be excavated with most kinds of excavation instruments. Down to 15 m depth its properties are that of sand, mostly fine grained sand, both for excavation and stability. Below 15 m, and especially below 30 m, the material has some cohesion due to the presence of diatomaceous earth".

Í umræðum um setlögin á vatnsbotninum hafa orðin "soft sediments", í "supplement to vol. II" verið nokkuð tíðrædd. Orðið "sediments" nær bæði yfir setberg og laus setlög í ensku. Svo að ekki færi á milli mála að þarna væri ekki setberg, heldur laus setlög þá var orðið "soft" sett framan við "sediments". Þetta er sama myndun og var

í hefti II kölluð  $L_3$  og hefur þá eiginleika sem þar er lýst. Á Exh. 2.03 í Þórisvatn, geol. report eru línurit yfir botnsýni úr Þórisvatni og sýni tekin úr borholu VF-11 sem boruð var í fjörunni austan Vatnsfells. Sýna línuritinn magn mélu, leirs og fínsands í setlögnum.

## 2. Jarðvatn

Í Þórisvatn, geol. report, supplement to vol. II er minnst á að jarðvatn vestan Vatnsfells sé langtum lægra á svæðinu en áður var talið. Jarðvatnsborð er sýnt í borholusniði fyrir 0-7 (Exh. 6) og á breyttri útgáfu af jarðvatnskorti yfir Vatnsfellssvæðið.

"The permanent ground water table in the bedrock west of Vatnsfell is much lower than thought before, as the holes drilled last year did not reach deep enough. Therefore the northwestern part of the ground water map in the geol. report (Exh. 3.06, vol. II) is incorrect. A renewed copy of this map, based on information from the drilling done this year accompanies the present report as Exh. 10".

Í jarðfræðiskýrslu "Þórisvatn, geological report, volume I er rakin jarðsaga Þórisvatns. Þar eru leiddar að því líkur að vatnsborðið hafi verið um 12 m lægra en í dag áður en hraun stífluðu fyrir útrennsli þess við Þórisós.

## 3. Lýsing jarðlaga í Vatnsfellsskurði

Mjög góðar opnur fengust í jarðlögin  $L_2$  og  $L_3$  við gröft skurðarins. Skurðurinn fór í gegnum 2 djúpar lautir sem fullar voru af setum. Þessi set voru; talin neðanfrá og upp úr: Mórena sumsstaðar, yfir henni var sandur, nokkuð grófur, síðan kom fokjarðvegur (mold) um

0.5-1.0 m að þykkt. Í honum var ljóst öskulag úr Heklu, að öllum líkindum  $H_4$ . Ofan á þessu kom svo fínn sandur með öskulögum. Allur þessi sandur er í raun aska úr gosum á Veiðivatnasvæðinu.

Það sem kom upp við gröft úti í vatninu sýndi að um sömu lagskiptingu væri að ræða þar. Megnið af lausa sandinum er Vatnaölduvíkur en undir honum er fokmold sem nær sennilega út á rúmlega 12 m dýpi, en hún myndaðist á þurru, þegar vatnsborð var lægra. Neðst er svo sandur eða möl í þunnu lagi af breytilegri samsetningu. Þar undir er svo bólstraberg,  $F_1$  myndun.

#### 4. Samræmi milli útboðsgagna og reynslu

Öll atriði sem máli skipta í sambandi við gröft í vatninu komu skýrt fram í jarðfræðiskýrslunum. En þau eru: 1) samsetning sandsins sem að mestu er aska úr Vatnaöldum; kornastærð var ekki vel þekkt en allavega var sagt að hann innihéldi eitthvað af fínum sandi og jafnvel silti. 2) moldarlag gat verið út á 12 m dýpi. 3) vatnsleiðni botnefna var mikið minni en undirliggjandi bergs. 4) jarðvatnshæð var langt undir vatnsbotni.

#### 5. Erfiðleikar verktaka við gröft lausra jarðlaga

Samkvæmt lýsingu staðarstjóra Páls Ólafssonar gekk gröftur á lausu setunum um það bil helmingi hægar að meðaltali en verktaki hafði reiknað með í áætlunum. Tækið sem grafið var með var dragskófla og af gerðinni 71-RB með 17.4 tonna togkrafti. Ekki verður annað sagt en að þessir erfiðleikar hafi komið öllum aðilum á óvart.

Tvær skýringar hafa komið fram á þessum erfiðleikum. Annarsvegar að þrýstifallið í gegnum botninn valdi þessu; er það skýrt í skýrslum

Dr. Gunnars Sigurðssonar. Hinsvegar að "dilatancy" í setinu valdi þessu. (Rúmmálsaukning „pora“ við röskun). Dr. Ragnar Ingimundarson hefur komið fram með þá skýringu eftir viðræður við breska sérfræðinga.

Dr. Gunnar Sigurðsson og Ístak hafa gert tilraunir með áhrif undirþrýstings á styrkleika sands og fundið að þetta atriði getur aukið styrkleika mikið. Til þess að bera tilrauna niðurstöður saman við aðstæður í Þórisvatni voru settir pisometrar niður í setlöginn þar og mældur þrýstingur þar á mismunandi dýpi í setlögnum. Niðurstöður þeirra mælinga eru í skýrslum frá Rannsóknastofnun byggingariðnaðarins eftir Hákon Ólafsson verkfræðing.

Eflaust hefur gegnumrennsli niður í gegnum setlög, þar sem minni þrýstingur er undir, áhrif í þá átt að pakka sandinum saman. Samt sem áður má sjá í skýrslu Hákonar Ólafssonar (des. 1973) að mest allt þrýstifallið er í þunnu lagi eða lögum (sennilega áður nefnd fokmold), sem er neðarlega í setbunkanum, og ætti þetta því að hafa hverfandi áhrif á efri hlutann af setinu. Á línuritum 5 til 8 í skýrslu Hákonar Ólafssonar (des. 1973) sést hvernig vatnsþrýstingur breytist með dýpi. Á línuriti 5 sést að nær allt þrýstifallið er á örþunnu lagi í ca. 562.5 m y.s. til tæplega 562 m y.s. (vatnsbotn í 564.5), og ættu þá efstu metrararnir af setinu (fyrir ofan 562.5 m y.s.) að vera lausir samkvæmt þessari kenningu. Jafn illa virtist samt ganga að grafa þennan hluta. Svipað var uppi á teningunum á línuriti 7, en þar ættu 4 efstu metrararnir að vera lausir, þar sem eðlileg aukning er á vatnsþrýstingnum þar niður á 559 m y.s. dýpi.

Skýring Ragnars Ingimundarsonar í skýrslu frá feb. 1974 um að greftrunarerfiðleikarnir séu vegna dilatancy virðist mjög sennileg. Samkvæmt bréfi frá G. E. Green við Imperial College hafa Hollendingar lent í svipuðum erfiðleikum vegna dilatancy í fínum og þökkuðum sandi, og er þar þó ekki um undirþrýsting að ræða vegna lágs jarðvatnsborðs og sandkornin þar eru örugglega ávalari en köntótt korn öskunnar og vikursins í Þórisvatni. Þar sem setið í Þórisvatni er úr mjög köntuðum kornum og skerhornið er hátt hlýtur rúmmálsaukning „pora“ að



verða óvenjumikil við röskun, svo að negatípur „poru“ þrýstingur gæti haldið setinu mjög vel saman uns þrýstingurinn hefði jafnað sig.

## 6. Erfiðleikar við gröft í bergi

Ekki var nema hluti af erfiðleikum verktakans vegna lausu setanna. Drjúgur hluti erfiðleikanna var vegna vinnslu bólstrabergsins, sem sprengja átti, en sprengingar virðast að verulegu leyti hafa mistekist. Sumarið 1972 voru boraðar 9 holur til þess að gera sér grein fyrir hversu sprengingar höfðu tekist. Skrifuð var skýrsla um þá borun 1972 og fylgir hér með aðalatriði hennar:

„Þau atriði, sem helzt geta að gagni komið til ákvörðunar á því, hvort bergið sé sprengt eru: 1) Kjarnaheimtur, sem í sprengdu bergi eru væntanleg mun minni er í ósprengdu. Má þá bera fengna kjarnaheimtur saman við fyrri kjarnaheimtur í borunum í samskonar bergi á þessu svæði. 2) Brot í kjarna, sem eru flest gömul með leirfyllingum á brotflötum í ósprengdu bergi, en alveg fersk þar sem berg er sprungið. Með þetta tvennt í huga hafa borholurnar í skurðstæði verið greindar og reynt að finna út hversu mikið bergið er sprengt.

Borholurnar eru eftirfarandi og er sýnd stöð þeirra í lengd og fjarlægð frá miðlínu.

Hola	stöð	fjarlægð frá miðlínu	ath.
SP-1	364	1,3 H	Bólstraberg, sprungið niður í 10.5
SP-2	390	1,3 H	Bólstraberg, sprengdar gætir niður í 11.5
SP-3	356	2,7 V	Bólstraberg, sprungið niður í 11.0m
SP-4	390	5,7 H	Bólstraberg, kannski aðeins sprengt í 10.8
SP-5	335		Bólstraberg, sprengt í 11.0
SP-6	416	0,2 V	Rétt hjá SP-9, virðist allt sprungið
SP-7	464		Bólstraberg, sprengt í 11.0 m
SP-8	405	1,3 H	Bólstraberg, sprengt í 12 m
SP-9	417	1,3 H	Bólstraberg, sandríkt, varla sprung-

Kjarnaheimtur í þessum holum eru yfirleitt góðar og ekki frábrugðnar því sem gerðist í holum boruðum í samskonar berg áður á þessum stað. En 3 holur voru boraðar í sviðaðri jarðfræðilegri aðstöðu við rannsóknarboranir 1970., þ.e. 0-7 út í vatninu og 0-4 og 0-15 við ströndina. Þó er einn greinilegur munur hvað þetta snertir þ.e. að flestar SP holurnar hafa litlar kjarnaheimtur í efstu 1-2 m eða niður á 11 m dýpi en í gömlu holunum var ekki sjáanleg tilhneiging til lélegri kjarnaheimtu efst. Á þessu sama bili er kjarninn mikið brotinn yfirleitt og mikið um fersk brot þar sem kjarnaheimta er best. Þetta bil hefur því yfirleitt brotnað eitthvað upp við sprengingarnar.

Fyrir neðan þetta er bergið yfirleitt heillegt að sjá og kjarnaheimtur góðar. Þó má þar á einstaka stað sjá brot í kjarna, sem útskýra má sem brot eða smáfleyga af brotnu bergi. Þetta er þó ekki svo mikið að hægt sé að kalla bergið sprungið.

Ein hola SP-4 er boruð utan við skurðlínu. Þessi hola sker sig ekki að ráði úr öðrum holum og bendir til þess að sprenginga gæti lítið.

Hola SP-6 gæti verið rétt hjá sprengiholu. Þar er kjarni mjög lítill og sýnir sú hola hvers vænta má í borun í vel sprengdu bergi.

Í öllum holunum er bergið greint sem bólstraberg. Í sumum kemur fyrir sandur, sem skýra má sem sandlinsur eða að borað er niður á milli bólstra".

Verktaki vill skýra þessa erfiðleika með því að sog í gegnum sprengdan massann hafa endurpakkað efnið. Þessi skýring virðist nokkuð langsótt og er ekki bent á neitt sem styður hana. Eðlilegast virðist að skýra mistökin í sprengingum vegna þrengsla sem nokkuð almennt hafa myndast í plastpípum efst í berginu. Þessi þrengsli eru væntanlega vegna rennslis niður með pípum og fyllingu holrúmsins milli pípu og bergs sem megnað hefur að aflaga pípunar nóg til þess að hvellhetta komst ekki niður fyrir og sprenging leiddi heldur ekki niður fyrir.

Er þetta í fullu samræmi við reynslu verktakans og reynslu af greftri á þurru bak við varnargarð þar sem búið var að sprengja bólstrabergið, en þar þurfti allt að rippa. Þar kom ekki til greina sog.

Ein borholanna sem boruð var 1972 reyndist í sprungnu bergi (SP-6). Það berg hafði ekki endurpakkast þótt ár væri liðið frá því að sprengt var. Ekki eru okkur kunnugt um neinn jarðfræðilegan "process" sem límt getur laust berg á stuttum tíma nema þá við hátt hitastig. Um það er alls ekki að ræða hér.