

BESSASTAÐAÁRVIRKJUN
Likantilraunir

ORKUSTOFNUN STRAUMFRÆÐISTÖÐ
NEA HYDRAULIC LABORATORY
REYKJAVIK ICELAND

ÚTLÁN
Bókasafn Orkustofnunar



BESSASTAÐAÁRVIRKJUN
Likantilraunir

UNNIÐ FYRIR
RAFMAGNSVEITUR RÍKISINS

Björn Erlendsson

Gestur Gunnarsson

Jónas Eliasson

OS SFS-7602

Júlí 1976

E f n i:	bls.
1. Inngangur	1
1.1 Umboð	1
1.2 Tilgangur prófunar	1
1.3 Helstu stærðir	2
1.4 Líkan og val kvarða	2
1.5 Prófunaráætlun	4
2. Athuganir	5
2.1 Almenn lýsing á hegðun rennslis við fyrstu athugun í Líkani I	5
 Líkan II	
Tafla I, hraði í stútopi, Líkan I	8
Tafla II, " " " " II	9
2.2 Tilraunir með kanalbylgjur	11
3. Tilraunir með ís	13
4. Ýmsar athuganir	15
5. Niðurstöður	16

Myndir:

- Mynd 1 Afstöðumynd
" 2 "
" 3 Yfirlitsmynd, líkanstaðsetn. í S.F.S.
" 4 Stútop, rennslisstefnur
" 5 Stöðvarinntak
" 6 "
" 7 Líkan í smiðum
" 8 Stútop, líkan I
" 9 Líkan I. Fullt rennsli, efri vatnshæð
" 10 " " " " , neðri "
" 11 " " Hálft " , efri "
" 12 " " " " , neðri "
" 13 Líkan II. Fullt rennsli, efri vatnshæð
" 14 " " " " , neðri "
" 15 " " Hálft " , efri "
" 16 " " " " , neðri "
" 17 Hringiða. Lág vatnsstaða, Líkan II
" 18 Líkan I. Straummælir í stöðu X
" 19 Hringiða í horni X, Líkan II
" 20 " " " " " "
" 21 Ís byrjar að pakkast, Líkan II
" 22 " " " setjast á inntak, líkan II
" 23 Ís byrjar að stinga sér
" 24 " " " " "

1. INNGANGUR

1.1 Umboð

Um miðjan febrúar 1976 fólu Rafmagnsveitur ríkisins Straumfræðistöð Orkustofnunar prófanir á inntaksvirkni vegna fyrirhugaðrar Bessastaðaárvirkjunar, en sú virkjun samanstendur af í fyrsta lagi ýmsum miðlunarvirkjum á Fljótsdalsheiði og í öðru lagi vatnshverflasamstæðum í þar til gerðu stöðvarhúsi við Valþjófsstað (Mynd 1 og 2) og hvorutveggja samtengt með jarðgöngum eða að hluta þrýstipípu úr stáli, þó mun á þessu stigi málsins ekki vera fullráðið, hver háttur verið hafður þar á.

Gerðar voru tilraunir með 2 líkön byggð á teikningum Verkfræðistofunnar Hönnunar, hið seinna minnkuð útgáfa af því fyrra.

Af hálfu hönnuða hafði Leifur Benediktsson verkfræðingur umsjón með tilraununum. Af hálfu eigenda hafði Ólafur Jensson verkfræðingur umsjón með tilraununum, og einnig heimsótti Ágúst Halblaub vélstjóri og fulltrúar Verkfræðistofunnar Vermis Straumfræðistöðina meðan tilraunir stóðu yfir. Að tilraunum loknum er ástæða til að þakka öllum þessum aðilum fyrir gott samstarf.

1.2 Tilgangur prófunar

- a. Athugun á straumfræðieiginleikum inntaksstúts úr steinsteypu samvkæmt uppdrætti nr. 74600-3.08 frá verkfrst. Hönnun h.f. Rvík. Mynd 3)
- b. Athugun á hugsanlegu innsogi lofts gegnum sama stút við lága vatnstöðu í miðlunarlóni og mesta hugsanlegu álagi á hverflum.
- c. Mælingar á bylgjum er verða til í aðrennslisskurði við snöggar álagsbreytingar á veitukerfinu, en sem mörgum er kunnugt eru nútima samtengd rafveitukerfi þannig úr garði gerð eða munu verða í næstu framtíð, að ein aflstöð eða fleiri geti tekið við álagi af annarri. Aðgerðum þessum er stjórnað með tölvubúnaði, og eru framkvæmdar nánast á augnabliksbroti þannig að hinn almenni notandi verður ekki var við skiptingu nema sem smá blikki á ljósi sínu. Það er því ljóst að þekking á bylgjumyndun þessari getur verið nokkurs virði einkum við snögga álagsaukningu.

d. Síðan var íspökkun í aðrennslisskurði við inntaksstút athuguð og hve mikil lækkun sé leyfilegⁱ/miðlunararlóni án þess að veruleg hætta sé á því að lagisbrot skolist niður í þrýstivatnspípuna (eða)jarðgöngin) bætt inní rannsóknaráætlun. En ef slikt gerðist f verulegum mæli þyrfti ekki að spyrja að leikslokum. En aftur á móti hefur þekking á þessu atriði tölverð áhrif á orkuvinnslugetu fyrirhugaðrar virkjunar, mælt í kilówattstundum.

1.3 Helstu stærðir

Rennsli	6,8 - 6,9 m ³ /s vél
Afl hverfils	34 MW
Afl rafals	35 M.V.A.
Fallhæð netto	561 - 570 m
Hæðarm. í lóni	8,5 (9)
Fjöldi véla	2

1.4 Líkan og val kvarða

Líkan af aðrennslisskurði var gert úr steinsteypu þar sem hlutföll allra innri mála voru að sjálfsögðu látin fylgja þeim hlutföllum, sem fyrirhuguð eru í hinu áformaða mannvirki. Einning var gert líkan úr Acrylplasti af inntaksvirkni þar sem fylgt var sömu hlutfallareglu og viðgerð skurðarins (mynd 7 og 8).

Ofan skurðar ver gerð jöfnunarþró þar sem vatni var veitt í gegnum 300 mm víða plastpípu. Frá inntaksvirkni var lögð 160 mm við plastpípa niður í aðalfrárennslisrennu og á enda þeirrar pípu komið fyrir renniloka 80 mm viðum, til stillingar á vatnshæð í likani. Heildarlengd 160 mm pípunnar var 14,5 m þ.e. 2 st. 6 m lengdir + 2 st. beyggjur (sjá mynd 5). Við val kvarða voru eftirtalin sjónarmið ráðandi.

a) Straumfræðileg eftirlíking samkv. Froudes líkanlögmáli.

$$\frac{V_r}{a_r \cdot L_r} = 1$$

þar sem v = hraði
 a = hröðun
 L = lengd
 og r táknað viðkomandi stærð í

hlutfallinu; Líkan
 Náttúra

b) Óveruleg áhrif vegna samloðunar

p.e. $\frac{v \cdot D}{v}$ 2500

þar sem v = hraði
 v = hreifiloðun
 D = dýpi

c) Óveruleg áhrif vegna yfirborðsspennu

f) Viðráðanlegt verð

Þegar framangreind atriði voru höfð að leiðarljósi og það efni sem til ráðstöfunar var tekið til athugunar, kom í ljós að hentugt væri að nota plastpípu með innra þvermálinu 160 mm í stað hringsniðsins 2500 mm, í hinu náttúrulega inntaksvirkni þannig að lengdarkvarðinn s var $\frac{160}{2500}$ eða s = 1:15,6

Froudes lögmál gefur eftirfarandi kvarðahóp:

lengd og breidd	1:15,6
hraði	1:15,6 ~ 1:3,95
tími	1:15,6 ~ 1:3,95
rennsli	1:15,62,5 ~ 1:965,8
rými	1:15,6 ³ ~ 1:3818,3

1.5 Prófunaráætlun

Við gerð prófunaráætlunar voru eftirtöld atriði ákveðin:

- a) Rennsli 7 l/s og 16 l/s, sem svarar til $7 \cdot 965,8 = 6761$ l/s:
 $16 \cdot 965,8 = 15453$ l/s eða sem svarar til einn eða tveir hverflar undir fullu álagi.
- b) Vatnshæð: Upprunapunktur (0 punktur) við mælingu var ákveðinn botn í stútopi, kóti 601 m y.s. Ákveðið var við líkan I að prófa í fyrsta lagi vatnshæð 0,35 m og í öðru lagi vatnshæð 0,25 m, en við 0,25 m nam vatnshædin 0,225 m eða nam við efri brún á sama bita eins og stúturinn var þá orðinn. Það sem réði þessu vali á vatnshæð var mat manna að þegar vatnshæð stæði ofar en 0,35 m (5,46 m) væri ekki hætta á innsogi lofts eða niðurskoluun iss. Einnig má segja að fjárhags- og smíðatæknileg atriði hafi ráðið þarna nokkru um.
- c) Breytileg vatnshæð:
Ákveðið var að prófa innsog lofts og niðurskoluun iss á þann hátt að vatnshæð var stillt í 0,35 m, síðan lækkuð mjög hægt, fylgst með atburðarásinni og það er þótti áhugavert fest á kvíkmyndafilmu.
- d) Bylgjur í aðrennslisskurði
Bylgjuhæð og tíðni var ákveðið að athuga á þann hátt að vatnshæð var haldið stöðugri í 0,35 m við rennsli 16 l/s, síðan var rennsli frá mælikeri rofið samtímis því að 80 mm renniloka var snögglokað, þá mynduðust bylgjur skráðar á sírita. Bæði var mæld hæð og tíðni bylgjunnar. Á sama hátt voru bylgjur mældar við snögga opnun.
- e) Straumlínur í stúti
Ákveðið var að setja grind úr grönum stálvír fyrir stútopið og festa í hana þræði til þess að kanna hegðun vatnsstraumsins gegnum stútinn (sjá mynd 8).

2. ATHUGANIR

2.1 Almenn lýsing á hegðan rennslis við fyrstu athugun í líkani I

Við fyrstu athugun var líkan gert samkv. uppdrætti nr. 74600-3.08. Sú gerð inntaksins var nokkuð minnkuð útgáfa af upphaflegri hugmynd, og varð þessi gerð til eftir nokkrar vangaveltur og straumfræðilega útreikninga. Höfuðástæðan fyrir að þessi gerð var valin til prófunar fyrst, var að frekari minnkun var unnt að gera án þess að smiða nýtt líkan, og stækkuðu útgáfunni mátti sleppa alveg ef þessi reyndist nógu vel. Botnþvermál í skurði 8:15,6 = 0,513 m, einkenndist rennsli við þær aðstæður mjög af stöðugri hringiðumyndun við horn X (Mynd 4), samfara hlutfallslega minni straumhraða þeim megin í opinu. Þræðirnir sýndu einnig mun óreglugri straum á sama stað. Orsök hringiðunnar einmitt á þessum stað, er hægt að rekja til beygjunnar á skurðinum (tvær 15° beygjur frá beinni línu 10 og 30 m frá stútopi. Það sem þarna á sér stað er hið vel þekkta lögmál tregðunnar þ.e. vatnsborðið stendur örlítið hærra við þann skurðbakkann (Y) sem fjær er miðpunktí beygjunnar og af skiljanlegum ástæðum rennur vatnið yfir að hinum bakkanum (X) í skurðbotninum og afleiðinin verður hreingstreymistilhneigung á yfirborðinu sem endar í hringiðu við hornið X. Bretting gefur upp að yfirborðshæðarmunur í beygju sem þessari sé

$$h_2 - h_1 = \frac{v_m^2}{g} \ln \frac{r_1}{r_2}$$

sem gerir í okkar tilfelli við 16 l/s og dýpi 0,35 m

$$v_m = 0,076 \text{ m/s}$$

$$\Delta h = \frac{0,076^2}{g} \ln \frac{2,81}{2,16}$$

$$\Delta h = 0,000155 \text{ m eða } 0,155 \text{ mm}$$

sem gerir í hinum fullgerða skurði $0,155 \cdot 15,6 = 1,42 \text{ mm}$. Af framangreindu má sjá, ef miðað er við sama rennsli, að áhrif beygjunnar minnka með auknu dýpi eða orðað á annan hátt minnkandi vatnshraði.

Bretting gefur upp eftirfarandi lágmarksvatnshæð fyrir "vel afrúnaða stúta"

$$h_{\min} = 1,5 \frac{v^2}{2g}$$

sem gerir í okkar tilfelli (líkan I)

$$Q = 16 \text{ l/s}$$

$$v = 0,1677 \text{ m/s (hraði í stútopi)}$$

$$h_{\min} = 1,5 \frac{0,1677^2}{2g}$$

$$h_{\min} = 0,00215 \text{ m eða } 2,55 \text{ mm sem gerir í náttúrunni}$$

$$1,15 \cdot 15,6 = 33,54 \text{ mm}$$

Og ef engin straumstútur væri hafður þá er samkv. Bretting

$$h_{\min} = 3,5 \frac{v^2}{2g}$$

$$v = 0,8 \text{ m/s (meðalhraði í stútopi)}$$

$$h_{\min} = 3,5 \frac{0,8^2}{2g}$$

$$h_{\min} = 0,114 \text{ m eða } 114 \text{ mm sem gerir í náttúrunni}$$

$$114 \cdot 15,6 = 1178 \text{ mm eða } \underline{1,18 \text{ m}}$$

Þarna er greinilegt svigrúm til málamiðlunar, en hún mun helst liggja í því að minnka stútopið að flatarmáli.

Slikt var gert í þessu ákveðna tilfelli og síðan athugaðar straumlinur í stútinum með hjálp þráða. Þegar þetta er skoðað á myndum 9-12 sést að hliðapræðirnir liggja nokkuð beinir aftur og endarnir nálægt stúlhliðunum, e.t.v. nær en búast hefði mátt við. Þetta bendir ótvírætt til þess að tiltölulega líf til hluti streymisins liggi með hliðunum. Þetta má sjá á mynd nr. 4. Þar hafa verið dregnar upp straumlinur merktar X og Y, í þann feril er þráðirnir hefðu legið um ef um

jafndreift streymi hefði verið að ræða. Einnig er á myndina dregin þverlína merkt L. Ef samhengið milli þráðanna og línu Y er athugað sést að þræðirnir fylgja hinni hugsuðu línu aftan við línu L. En lína L er einmitt dregin þar sem stúturinn var skorin sundur og úr varð líkan II. Þræðirnir fylgja ekki eins vel línu X. Það mun vera vegna áhrifa frá hringiðu. Ef þeir eru athugaðir vandlega sést að tveir þeirra eru saman tvinnadír nálægt endanum.

Að þessu athuguðu fór fram athugun á hringiðumyndun og straumhæð í líkani I til þess að hafa til viðmiðunar við líkan II. Niðurstöður straumhraðamælinga er að finna í töflu I. Þær niðurstöður eru ræddar þar sem sambærilegar niðurstöður í líkani II eru teknar til meðferðar.

Líkan II

Hér að framan hefir verið lýst því, hvernig það, sem kallað hefir verið líkan II varð til, eða m.ö.o. hvaða sjónarmið réði ferðinni. Næst liggur fyrir að athuga hvaða augum reiknistokkur vor lítur á málið.

Þá er samkv. Bretting h í beygjunni við 16 l/s, skurðbotn 0,36 m og dýpi 0,35 m

$$v_m = 0,1 \text{ m/s}$$

$$r_1 = 2,24$$

$$r_2 = 2,73$$

$$\Delta h = \frac{0,1^2}{g} \ln \frac{2,73}{2,24}$$

$\Delta h = 0,0002$ eða 0,2 mm sem gerir í náttúrunni $0,2 \cdot 15,6 = 3,12$ mm
eða hlutfallsleg aukning frá Líkani I er nemur

$$\frac{0,2}{0,15} = 1,33$$

hvað á sinn hátt er í samræmi við niðurstöður prófananna þar sem iðan var mun snarpari en í Líkani I og einnig óstöðugri.

T A F L A 1

Hraði í stútopi líkan I

Q l/s	H _c cm	v _x m/s	v _m m/s	v _y m/s	Ath.
16	35	0,106	0,132	0,110	v _{xm} = 0,105,6 m/s
"	34,5	0,113	0,132	0,113	v _{mn} = 0,1322 m/s
"	35	0,105	0,136	0,106	v _{ym} = 0,1112 m/s
"	35	0,102	0,133	0,114	
"	35	0,102	0,131	0,113	
16	21	0,151	0,172	0,151	v _{xm} = 0,1496 m/s
16	21	0,150	0,166	0,152	v _{mm} = 0,1683 m/s
16	21	0,148	0,167	0,155	v _{ym} = 0,1526 m/s
16	25	0,122	0,446	0,124	v _{xm} = 0,12525
16	25	0,126	0,147	0,124	v _{mm} = 0,1465
16	25	0,125	0,146	0,129	
16	25	0,128	0,147	0,125	v _{ym} = 0,1255
7	35	0	0,064	0,055	
7	35	0	0,064	0,055	
7	25	0,057	0,075	0,068	
7	25	0,060	0,075	0,068	
7	21	0,070	0,086	0,081	
7	21	0,070	0,086	0,085	

Í öllum tilfellum var notuð skrúfa nr. 5 nema við 7 l/s þá var notuð skrúfa 1 vegna mjög lítils straumhraða.

T A F L A II

Hraði í stútopi, líkan II

Q l/s	H_c cm	v_x m/s	v_m m/s	v_y m/s	
16	35	0,152	0,163	0,165	Skrúfa 5
"	"	0,151	0,165	0,162	$v_{xm} = 0,1555$ m/s
"	"	0,161	0,165	0,159	$v_{mm} = 0,1645$ m/s
"	"	0,158	0,165	0,159	$v_{ym} = 0,1623$ m/s
16	22,5	0,225	0,220	0,216	Skrúfa 5
"	"	0,225	0,227	0,218	$v_{xm} = 0,2215$ m/s
"	"	0,212	0,220	0,218	$v_{mm} = 0,2250$ m/s
"	"	0,224	0,233	0,230	$v_{ym} = 0,2205$ m/s
7	35	0,073	0,081	0,083	Skrúfa 1
"	"	0,073	0,081	0,081	$v_{xm} = 0,0726$ m/s
"	"	0,072	0,083	0,079	$v_{mm} = 0,0816$ m/s
					$v_{ym} = 0,0810$ m/s
7	22,5	0,072	0,080	0,083	Skrúfa 5
"	"	0,072	0,080	0,087	$v_{xm} = 0,0717$ m/s
"	"	0,072	0,081	0,083	$v_{mm} = 0,0805$ m/s
"	"	0,071	0,081	0,083	$v_{ym} = 0,0840$ m/s

í öllum tilfellum var notuð skrúfa 5 nema við $Q = 7$ l/s og $H = 35$ cm
þá var notuð skrúfa 1 vegna mjög lítils straumhraða.

Tafla II sýnir niðurstöðu straummælinga í líkani II. V_m er hraðinn í miðjunni, V_x og V_y er hraðinn í hlið x og hlið y. Hraðinn er tekinn á hlutfallslega sama stað og í líkani I, þ.e. í þeim punktum, sem skipta skurðbreiddinni í þrennt.

Niðurstöður straummælinganna í töflu II sýna að straumurinn inní opið er tiltölulega jafn. Munurinn á straumhröðum er innan við 10%. Aðal-munurinn liggar í að hraðinn í x hliðinni er heldur minni en í y hliðinni. Ber því saman við að áhrifa beygjunnar gætir lítilsháttar. Myndir 13, 14, 15 og 16 sýna legu þráðanna í líkani II. Lega þeirra sýnir að straumurinn nýtir stútinn betur en áður.

Niðurstöður úr líkani I sýna sömu eiginleika. Áhrif beygjunnar virðast svipuð.

Mælingarnar sýna að straumhraði rétt framan við stútop er um 50% hærri en meðalstraumhraðinn í skurðinum við háu vatnshæðina, en 45% við þá lægri.

Við athugun á straumnum kom í ljós rólegt hringstreymi á svæðinu yfir stútnum. Tilhneiting til hringiðumyndunar var mest í horni x, og þar gat myndast iða með um 1 sm (15 sm) djúpri skál. Hringiðan varð aldrei það stór að hún dragi loft, en ein og ein loftbóla, um 1 mm í þvermál eða innan við það slapp þó niður, þegar iðan var sterkust. Iðan var mjög óstöðug, kom og fór í óreglulegum takti, og mjög auðvelt var að hafa áhrif á hana með því að trufla yfirborðsstrauminn. Greinilega kom í ljós að ef straumnum var beint til annarar hliðarinnar jókst iðan, og kom þá fram í þeirri hlið, sem straumnum var beint frá, en slík eru áhrif beygjunnar, hún beinir straumnum örlítið frá hlið x og þá kemur hringiðan þar.

Hringiðan var athuguð við mismunandi vatnsstöðu. Vatnsstaðan reyndist ekki hafa nein veruleg áhrif á myndun og eiginleika iðunnar. Hættan á að iðan dragi loft jókst hins vegar með lækkandi vatnsstöðu. Er hér vafalaust um að kenna vaxandi straumhraða með lækkandi vatnsstöðu

og svo því að langur snúningshali liggur frá hringiðunni inní stútinn. Á mynd nr. 17 má sjá hvernig þessi snúningshali liggur inní stúrinn. Á mynd 19 má sjá hvernig litarefni sem látið er berast á yfirborðinu sogast niður með hringiðunni í tiltölulega afmörkuðum straumi. Á myndinni má einnig sjá hvernig snúningshali hringiðunnar leystist upp á móts við miðjann stút.

Komist var að raun um að óhætt er að lækka vatnsborð niður í kóta 605 m y.s. án þess að hætta skapist á að inntakið dragi loft gegnum hringiðuna.

2.2 Tilraunir með kanalbylgjur.

Þegar snöggar breytingar eru gerðar á rennsli veldur það öldugangi í skurðinum. Öldugangurinn getur brotið upp íshelluna og hrannað upp ís við inntakið. Til þess að meta þennan þátt rennslisins voru gerðar tilraunir með kanalbylgjur, hæð þeirra, sveiflutími og dempun mæld.

Bylgjurnar verða mestar við snögg opnun og lokun. Hvað telst snögg opnun eða lokun í þessu sambandi fer eftir sveiflutíma kanalbylgjunnar. Ef sveiflutíminn er T sek. telst opnunin snögg ef tíminn er minni en $T/4$. Lengri opnunar og lokunartími lækkar bylgjuna verulega.

Tilraunirnar voru gerðar með því að opna eða loka fyrir rennsli svo snögglega fyrir rennsli gegnum stútinn að hæsta bylgja fékkst. Bylgjan var síðan mæld á sírita við stútinn.

Tilraunirnar voru gerðar með rennsli 16 l/sek (fullt álag). Þær í líkani I (stór stútur) og II (minni stútur) í líkani I var vatnshæð 0,35 m (604,9 m y.s.) og í líkani II 0,35 m (606,5 m y.s.)

Eftirfarandi sveiflutímar mældust.

	Líkan I	Líkan II
Opnun	18.4 (72,7)	20.4 (80.6)
Lokun	16.8 (66.4)	15.0 (59.2)
Meðaltal	17.6 (69.6)	17.7 (69.9)
Tafla	Sveiflutímar í sek.	

Skurðurinn er 7,1 m (110,8 m) á lengd. Nú má sjá að meðalsveiflutími er jafnlangur í líkani I og II, hann svarar til meðalbylgjuhraða.

$$C = 4L/T = 1,61 \text{ m/s} (6,34 \text{ m/s})$$

Útreiknaður ölduhraði er 1,49-1,70 m.s. (5,9 - 6,7 m/s)

Eftirfarandi hæðir mældust

	Líkan I	Líkan II
Opnun	0,025 (0.39)	0,025 (0,39)
Lokun	0,023 (0,36)	0,020 (0,31)
Meðaltal	0,024 (0,38)	0,023 (0,35)
Tafla	Hæðir kanalbylgju í metrum.	

Útreiknaðar bylgjuhæðir eru rétt innanvið 0.016 (0.25) metra. Hér mælast þær hærri því ysti kaflinn í skurðinum er dálitið trektлага. Athygli skal þó vakin á því, að umræddar bylgjuhæðir eru heildarhæðarbreyting vatnsborðsins. Útslag frá kyrrstöðu er um helmingi minna.

Dempun þessarar öldu mældist nokkuð misjöfn. Yfirleitt höfðu öldurnar lækkað um helming eftir 5-6 sveiflur, en fór niður í 4. Venjulega voru þær alveg horfnar eftir 15-16 sveiflur, en fór niður í 13. Miðað við 15 sveiflur myndi bylgjan vera 4,5 mín (17,4 mín.) að deyja út. Sá tími verður að teljast hæfilega stuttur til þess, að lítil hætta sé á að bylgjan magnist við endurteknar álagsbreytingar, þar eð gera má ráð fyrir að tíminn milli verulegra álagsbreytinga sé heldur lengri en þetta.

Skylt er þó að geta þess að mæling á dempun sem þessari er verulega ó öruggari en á öðrum liðum vegna þess að Reynolds tala er ekki sú sama í líkani og fyrirmynnd.

3. Tilraunir með ís.

Athugað var hvernig ís hagaði sér við inntakið. Að fyrstu athugun lokinni var ákveðið í samráði við hönnuði og eigendur að kanna þetta nánar. Tilraunir voru þá gerðar með hvernig ís hrannast upp við stútopið. Til tilraunanna voru notaðar flögur úr vaxblöndu með sömu eðlisþyngd og ís. Meðalþykkt á jökum var 1 sm (15,6 sm) og meðalstærð um 6 sm (100 cm).

Ísinn á lóninu getur orðið mikið þykkari (ca. 1 m) en sá sem hér var notaður. Sá ís sem hér var notaður, 15 sm þykkur, brotnar hins vegar auðveldlega upp og hrannast meira en þykkari ísinn. Ís þynnist og brotnar upp fyrr en ella í skurðum þar sem rennsli er undir. Ætla má því, að á vorin þegar lítið er í lóninu geti íshellan á skurðinum brotnað í jakar þegar hún er orðin nægilega þunn, og jakarnir síðan borist að inntakinu.

Ef slíkt skeður, stöðvast jakarnir við inntakið. Ef vatnshæðin í lóninu er nægilega mikil og straumhraðinn lítill, halda jakarnir sig á yfirborðinu, en þegar straumhraðinn fer yfir visst gildi, V_c þá byrja ystu jakarnir í þekjunni að skríða inn undir hana og ísinn að hrannast upp. Fyrir enn meiri straumhraða þykknar hrönnin og stíflar loks inntakið. Slikt gæti haft í för með sér að ekki næðist meira vatn úr lóninu fyrr en leysing hefði hækkað í því aftur og vélar stöðvuðust á meðan.

Samkvæmt heimildarriti 2 er V_c fundinn af líkingunni

$$F_c = \frac{V_c^2}{2g \frac{\Delta \rho}{\rho} t} = 0.58$$

Hér er

- g : þyngdarhröðun
- ρ : Eðismassi íss
- $\Delta \rho$: Mismunur á eðismassa íss og vatns
- t : ísþykkt 1 sm (15 sm)

Við útreikning fæst

$$v_c = 0.1 \text{ m/s} (0.4 \text{ m/s})$$

Hraðinn í aðrennslisskurðinum fer uppi 0.15 m/s (0.6 m/s) við lægstu vatnsstöðu. Til þess að ís hrannist ekki við þennan hraða þarf ísinn að vera 2,1 sm (33 sm) á þykkt.

Ef ís nær að hrannast upp við inntakið þykknar hrönnin unz ákveðinni þykkt er náð. Þessi þykkt getur þó ekki orðið meiri en 36% af dýpinu samkvæmt heimildarriti 2, þá stíflast skurðurinn, þar má enn fremur finna, að þykkt hrannarinnar ætti að vera um þrefold ísþykktin við hraðann 0.15 m/s (0.6 m/s) eða fullt álag.

Hér virðist því öllu óhætt, en þetta segir þó ekki alla söguna því ísinn getur náð að festast á grindinni vegna niðurstreymis að opinu. Til þess að athuga þetta voru tilraunirnar gerðar.

Í tilraununum var látin lítil breiða af jökum fyrir framan stútopið, og breiðan stöðvuð þar með oilplötu til að líkja eftir því að ofan við stútinn væri fullpakkaður ís. Síðan var vatnsborðið lækkað og hegðun íssins skráð. Ennfremur voru teknar myndir (nr. 21, 22, 23, 24) og einnig 16 mm kvíkmynd.

Helstu atriði sem komu fram voru þessi

Vatnshæð

kóti m y.s. Athugasemdir

606.45	Enginn hreyfing á ísnum
605.45	Einn og einn jakki sporreisist í hringiðu
605.15	Jakar byrja að hrannast upp
604.95	Meiri hrönnun, ísinn verður kvíkur
604.85	Ísinn stingur sér og festist á grindina.

Vatnsborð 604.85 er rétt við efri brún á stútopi, sem næst sama hæð og lægri vatnshæðin í straumtilraununum. Þegar ís er á skurðinum virðist því ekki mega fara neðar með vatnsborðið en svo að neðra borð íssins nemi við 604.70. Sé hrannarþykktinni (0.4 m) bætt hér við, verður að telja eðlilegt að ekki sé farið neðar með vatnsborð en 605 m y.s.

4. Ýmsar athuganir

Meðan líkantilraunir stóðu yfir voru gerðar ýmsar athuganir á rennsli og rennsliseiginleikum, sem ekki voru hluti verkefnisins. Þeirra er aðeins lauslega getið hér, því ekkert af þessum atriðum er talið hafa neina úrslitabýðingu.

Samsöfnun á rusli við inntak.

Rusl, sem flýtur að inntakinu hefur tilhneigingu til að safnast í hringiðuna í horni x. Þegar það er orðið nágilega mikið fer hringiðan að hafa tilhneigingu til að draga það niður á ristina. Ágúst Halblaub vakti athygli okkar á að aðstaða til hreinsunar við inntakið er nokkuð erfið, engin aðstaða til að koma fyrir framhjáhlupslokum, og skurðurinn djúpur niður að vatnsfleti þegar lítið er í.

A þessu stigi málsins er ekki unnt að sjá, hvort óþægindi geta skapast af þessu í rekstri eða ekki, það fer eftir því, hvort tilhneiting verður til að rusl berist í skurðinn eða ekki. Sé álitin hætta á að slikt verði í einhverju magni þyrfti að koma fyrir aðstöðu til ruslhreinsunar í þessu horni, nema hreinsivagn verði gerður fyrir grindina alla.

Loftpípa við loku

Þegar lokað er fyrir rennslið sogast loft innum pípuna og göngin tæmast af vatni. Þegar þau eru fyllt aftur leitar loftið út um pípuna. Síðasta loftið hefur tilhneigingu til að fara út í gusum og taka með sér talsvert vatn, jafnvel gat borið á vatnshöggum í pípunni ef lokan var opnuð snöggt.

Auðvelt er að gera við þessu með því að opna lokuna mjög lítið meðan göngin eru að fyllast, og draga lokuna ekki upp fyrr en vatn er farið að standa uppí loftpípuna. Samt sem áður verður að telja reft að hafa loftpípuna úr góðu efni (ekki blikk eða plaströr) og láta hana enda einhversstaðar þar sem vatn má skvettast út.

Kraftar á loku.

Lokan sogast mikið niður, þegar verið er að lyfta henni upp þegar rörið er tómt. Athygli vélaverkfræðinga var vækin á þessu, en ekki þótti ástæða til frekari aðgerða í bili. Líkanið er hins vegar geymt með tilliti til þess að kraftmælingar megi framkvæma seinna.

5. Niðurstöður

Óhætt er að gera inntakið með botnbreidd í skurði 5,6 m og inntakið að öðru leyti samkv. mynd 5. Sparnaður við þessa tilhögun mun vera um 16 Mkr. frá upphaflegri áætlun.

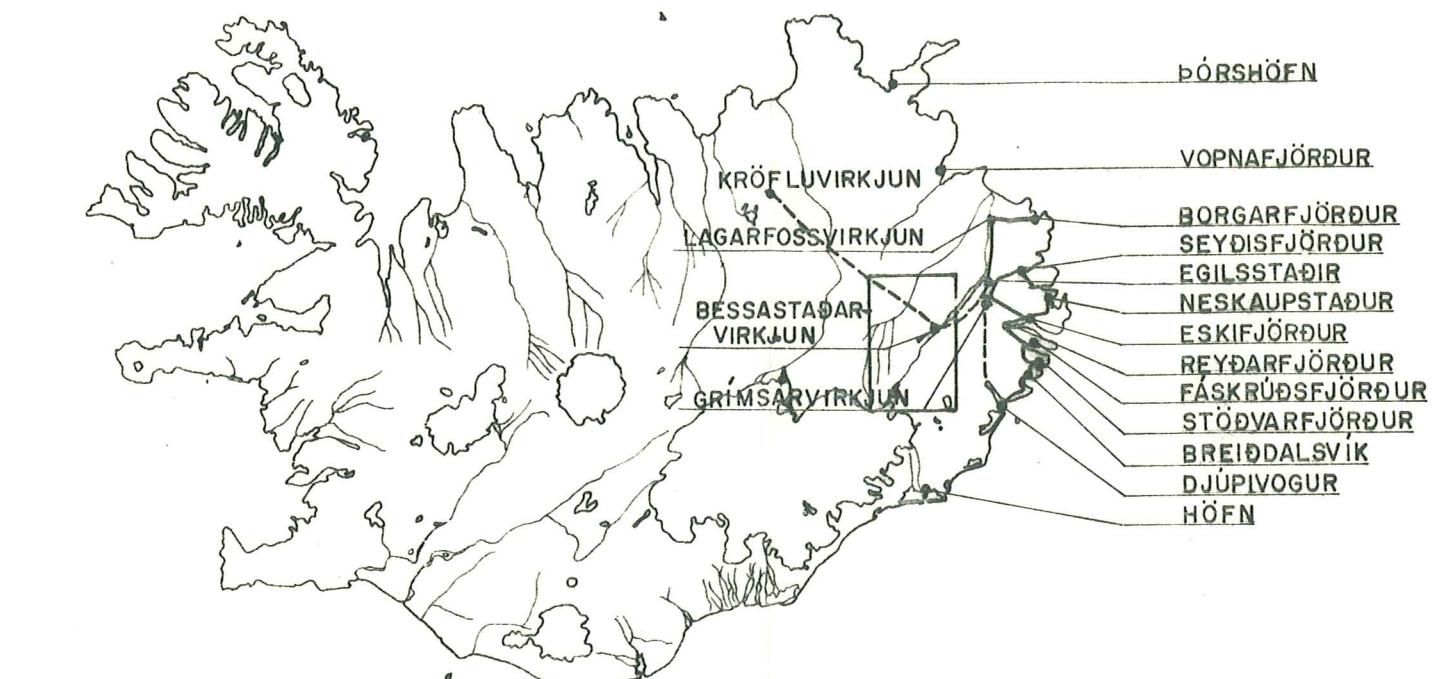
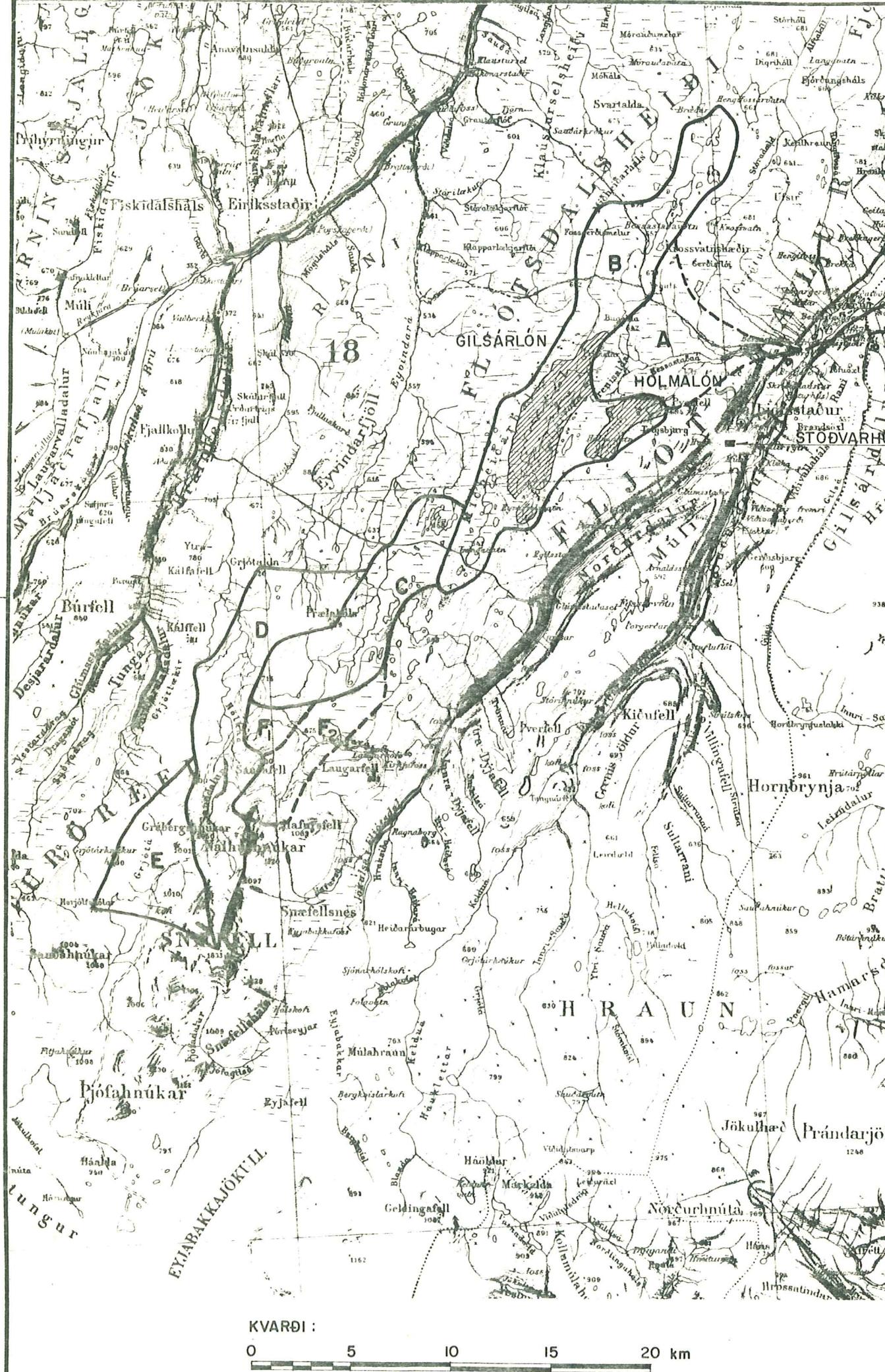
Hringiðumyndun er nokkur í vinstra horni inntaksins, þegar horft er frá Hólmalóni og í átt að inntaki. Loftinnsogun er hættulaus ef vatnsborð er ekki lækkað niður fyrir 605 m y.s.

Rennsli er jafnt innum inntakið, nema þar sem hvirfilstraums frá hringiðunni gætir. Áhrifa hans gætir lítið aftan við miðjan stút.

Við álagsbreytingar sem taka styttri tíma en u.p.b. 20 sek. myndast kanalbylgja í inntaksskurðinum. Bylgjan verður mest 0,4 m, hefur um 70 sek sveiflutíma og deyr út á u.p.b. 15 sveiflutínum.

Þunnur ís hefur tilhneigingu til að hrannast upp við inntakið ef vatnshæð fer niður fyrir 605.5 m y.s. Ef farið er niður fyrir 605.0 m y.s. getur ísinn stíflað inntaksristina.

Áður en endanlega er gengið frá vinnuteikningum ber að taka atriðin rusl við inntak, loftpípu og straumkrafta á loku upp til nánari yfirvegunar.



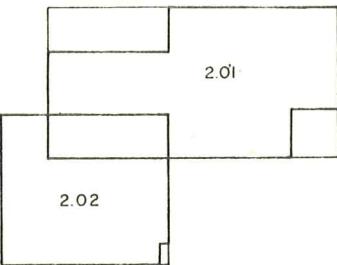
STÆRD VATNASVIÐA

BEINT ADRENNSLI LÓNA VATNASVIÐ	B	87 km ²	SAMTALS	87 km ²
ÞÓRISSTAÐARKVÍSLÁRVEITA	C	46 km ²	II	133 km ²
HÖLKNAÐARVEITA	D	57 km ²	II	190 km ²
GRJÓTÁRVEITA	E	26 km ²	II	216 km ²
(LAUGARÁRVEITA EFRI	F ₁	7 km ²	II	223 km ²
(LAUGARÁRVEITA NEÐRI	F ₂	26 km ²	II	242 km ²

Mynd 1

ORKUSTOFNUN
BESSASTAÐAÁRVIRKJUN

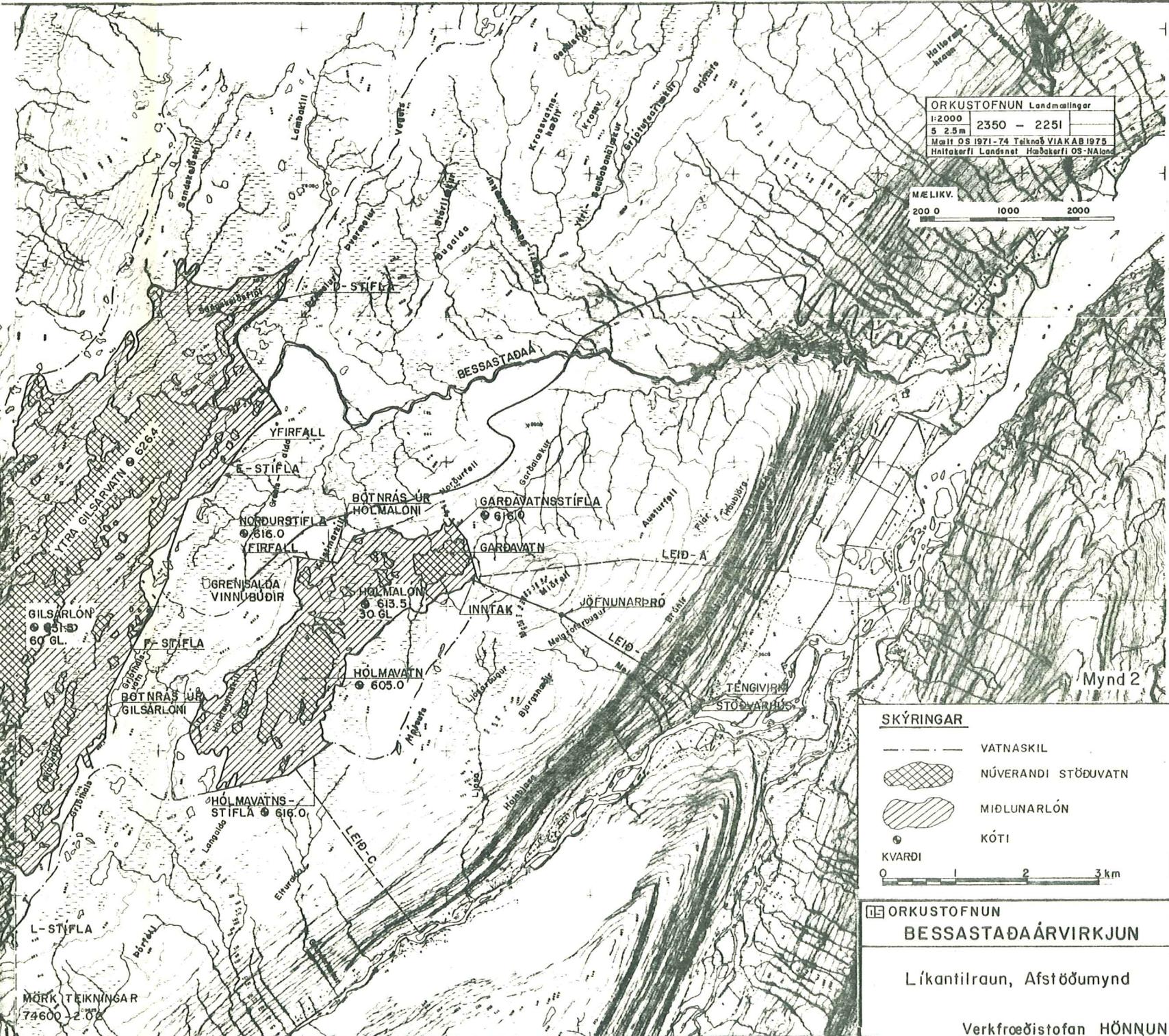
Líkantilraun, Afstöðumynd



INNBYRÐIS AFSTAÐA TEIKNINGA
74600 2.01 OG 2.02

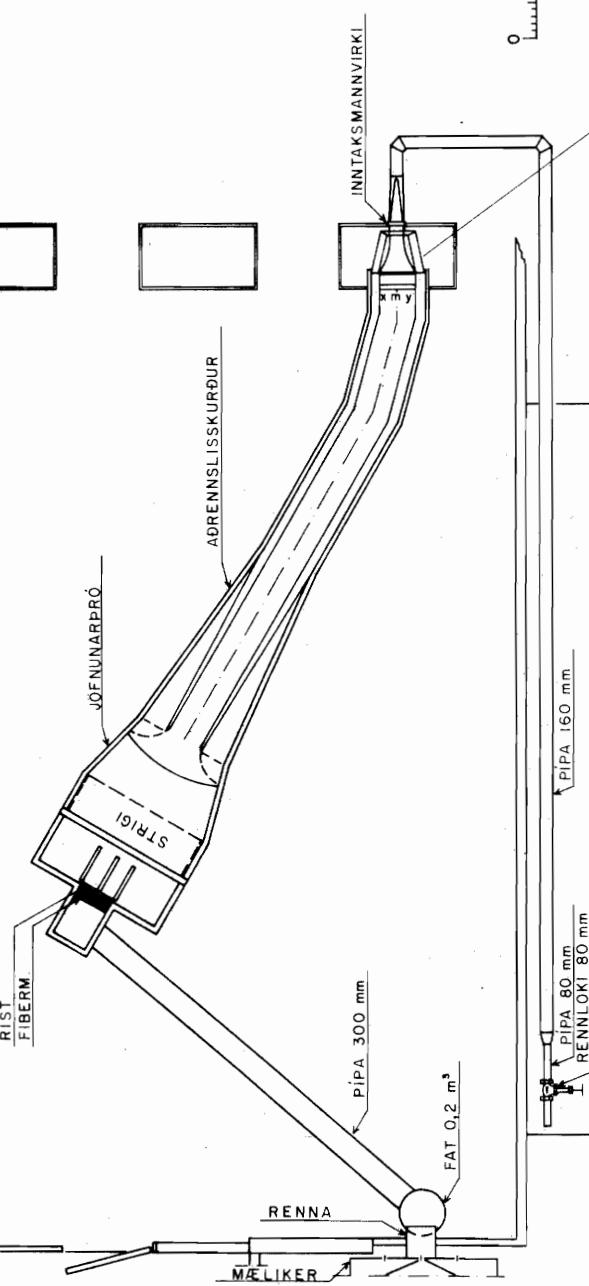


MÖRK TEIKNINGAR 74600 - 2.02

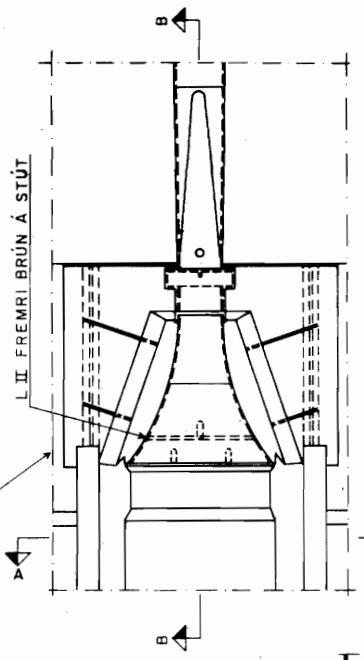


VERKSTÆÐI

SKRIFSTOFA O.FL.

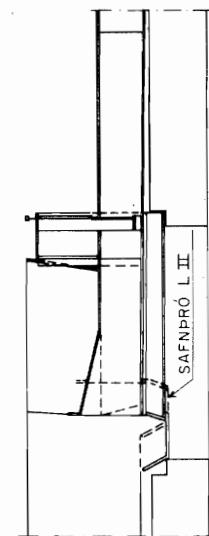


0 1 2 3 4 5 m
1:100

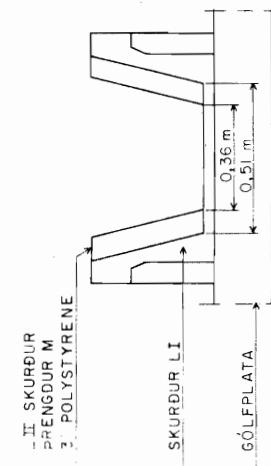


Mynd 3

0 0,2 0,4 0,6 0,8 1,0 m
1:25



S N I D B - B



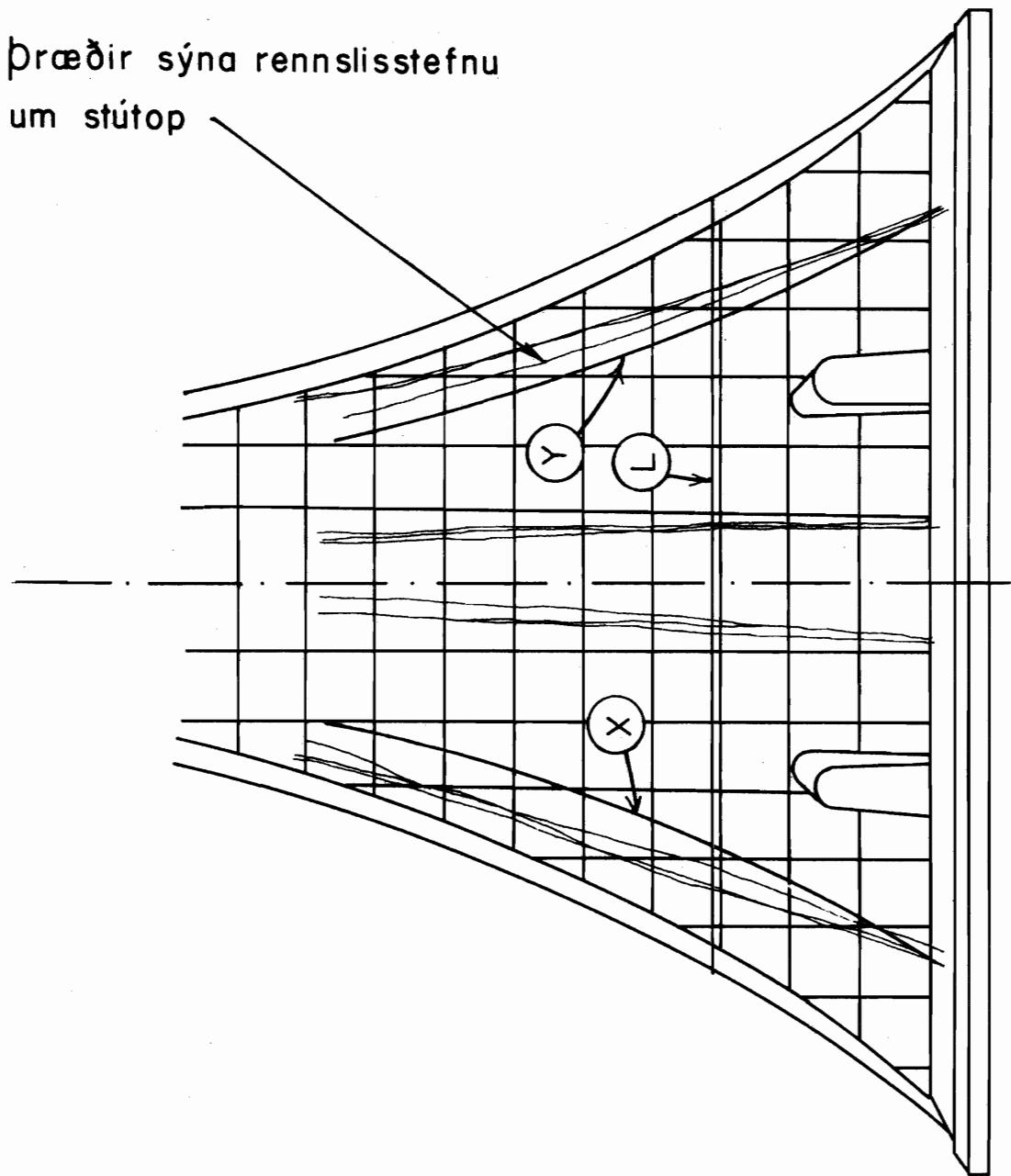
S N I D A - A

BESSASTADAARVIRKJUN LÍKAN
YFIRLITSMYND
76024 G Gnd Tm 62 Tr 41
ORS-4 B-195 Fn 1454 9

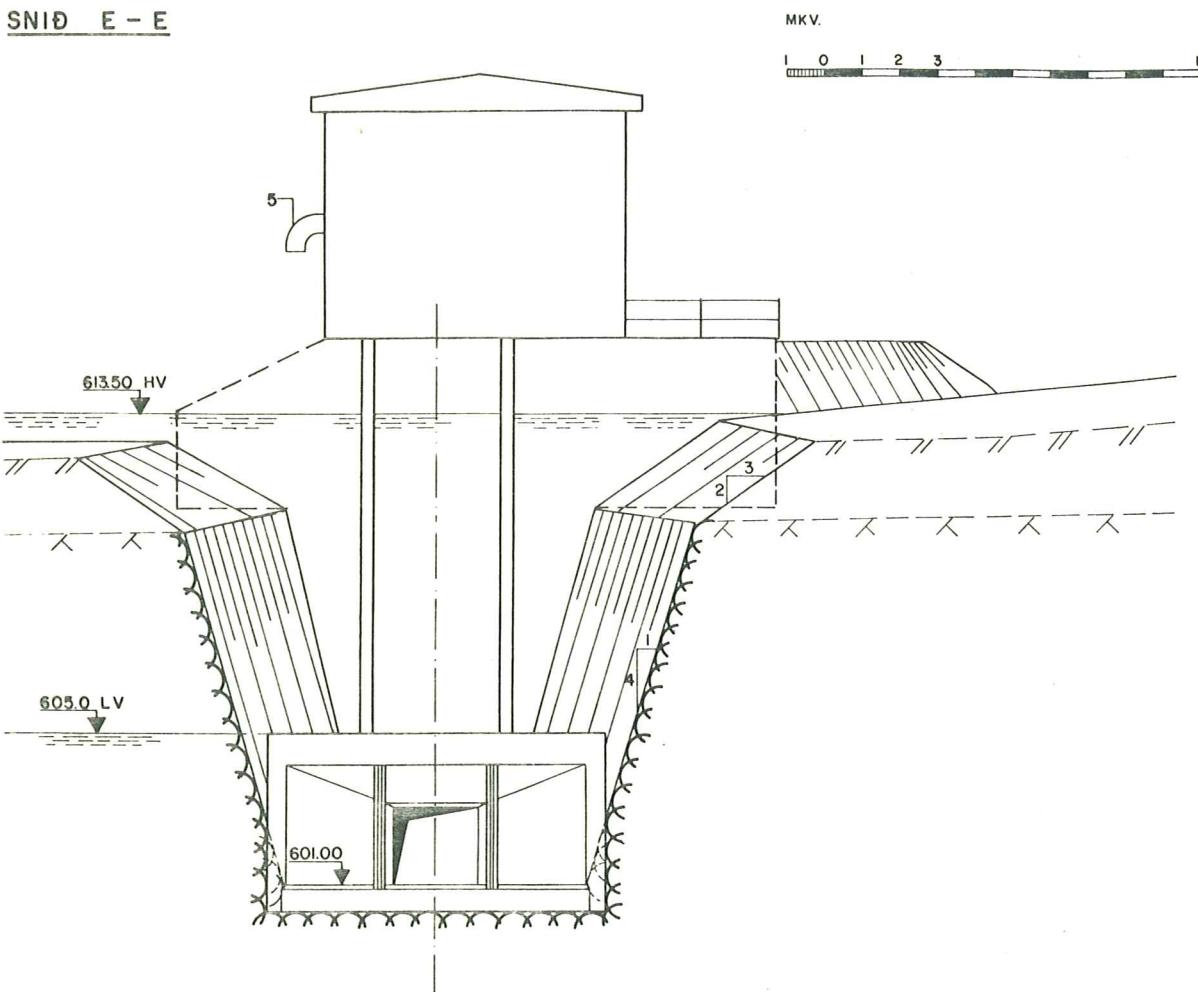


Mynd 4

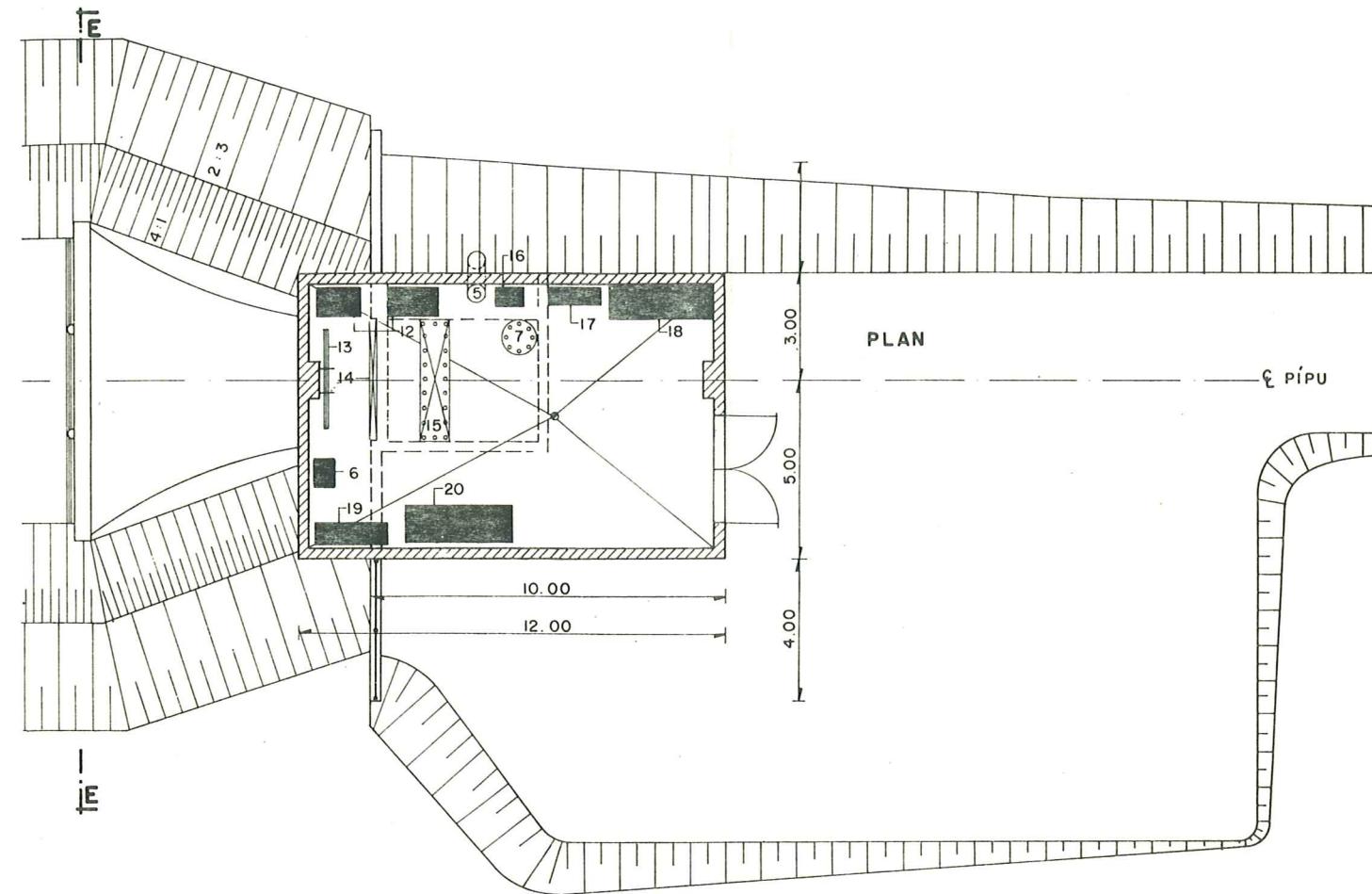
þræðir sýna rennslisstefnu
um stútop



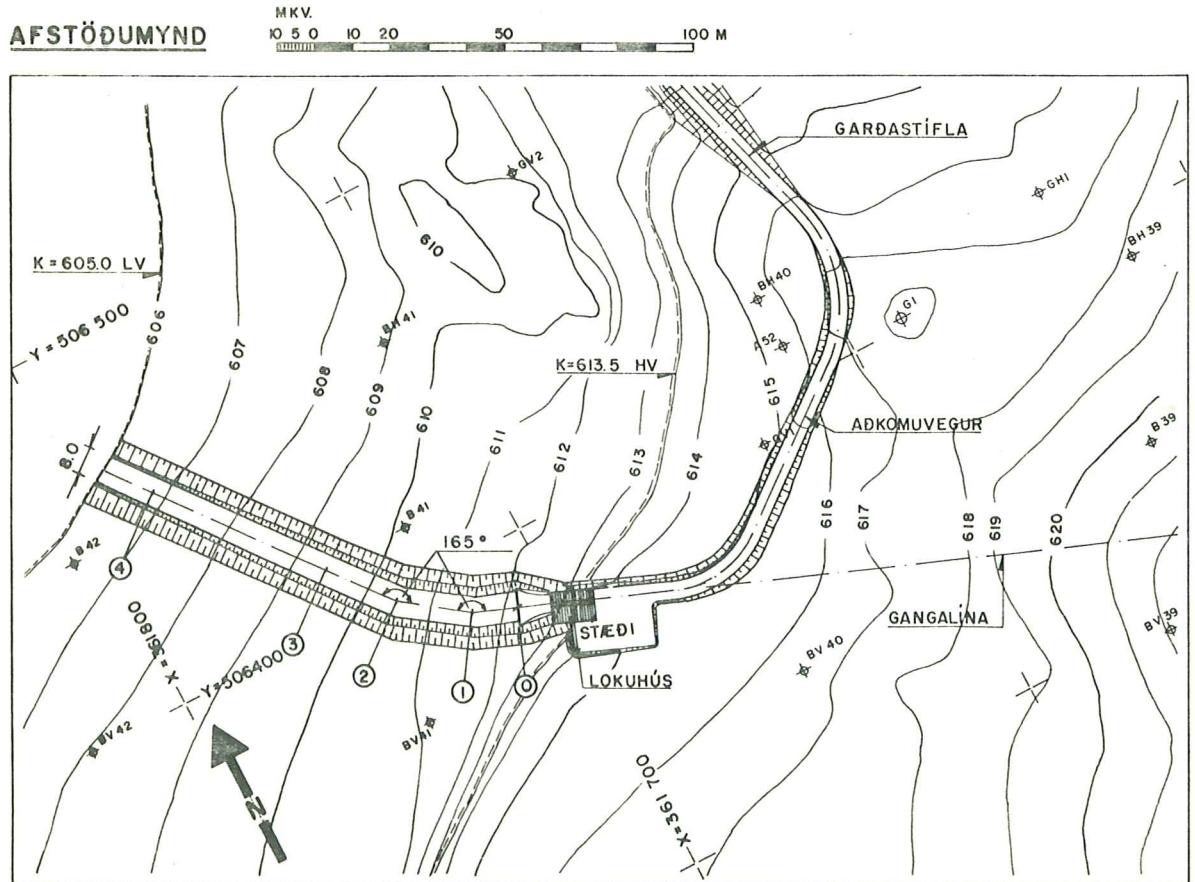
SNÍÐ E - E



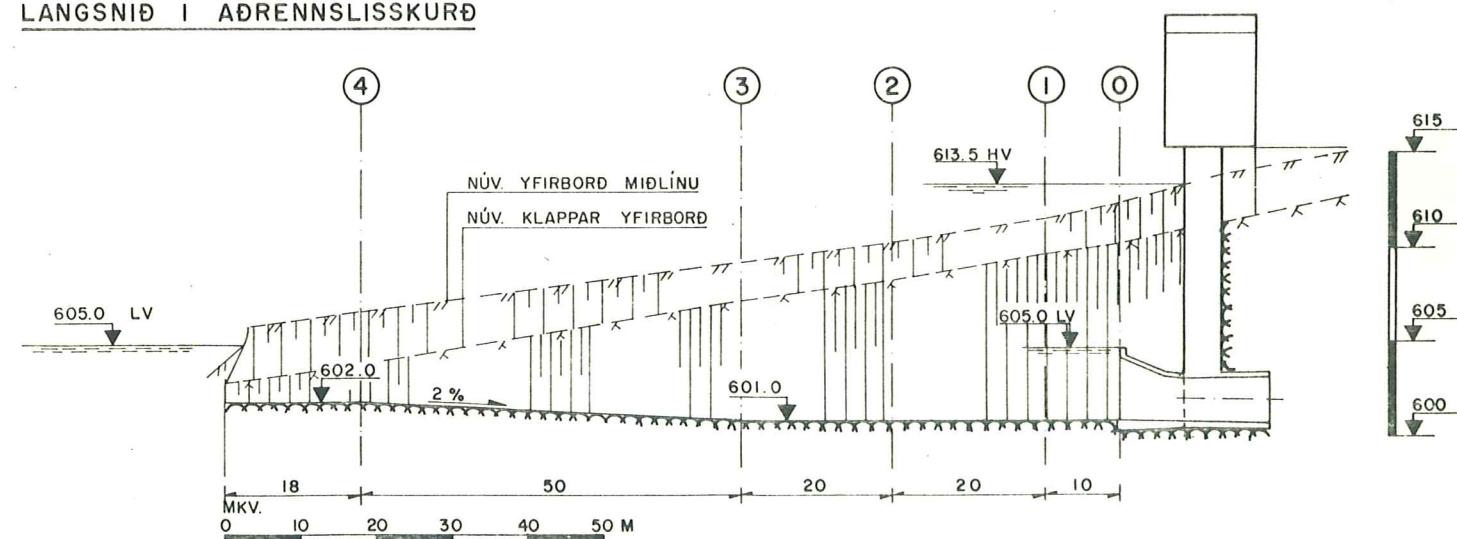
SNÍÐ C - C



AFTÖÐUMYND



LANGSNIÐ I AÐRENNSLISSKURÐ



SKÝRINGAR

- 1. FALS FYRIR NEYÐARLOKU
- 5. LOFTRÖR
- 7. GÖLFHLERI
- 12. OLÍUDÉLA
- 13. NEYÐARLOKUR
- 14. HLERI FYRIR NEYÐARLOKUR
- 15. HLERI FYRIR AÐALLOKUR
- 16. VIFTA FYRIR LOFTSKIFTISTOKK
- 17. RAFMAGNSOFN
- 18. SPENNUBREYTIR
- 19. STJÓRNÆKTI
- 20. MÆLABÚNADUR

SJÁ EINNIG TEIKN. NR. 74600 - 3.08

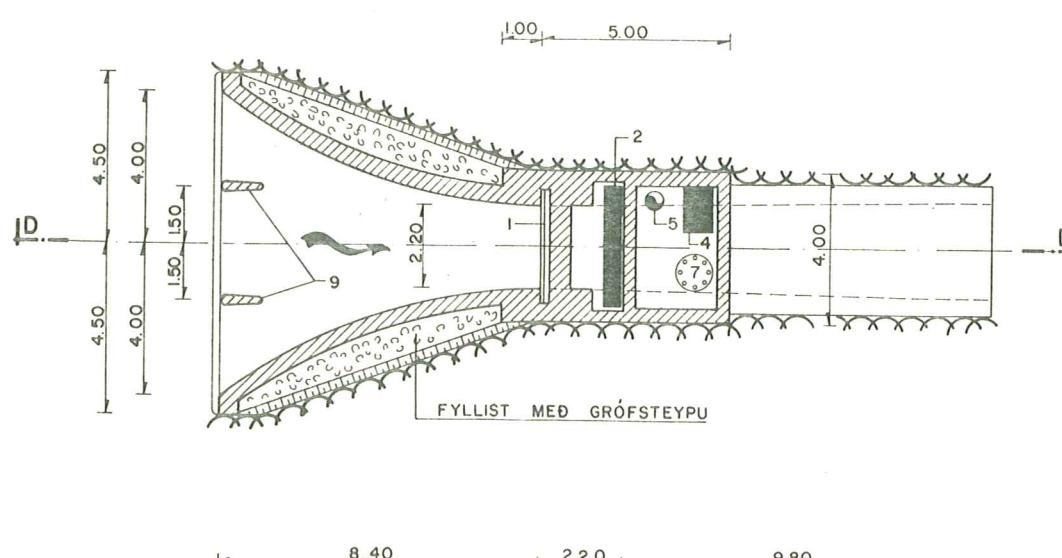
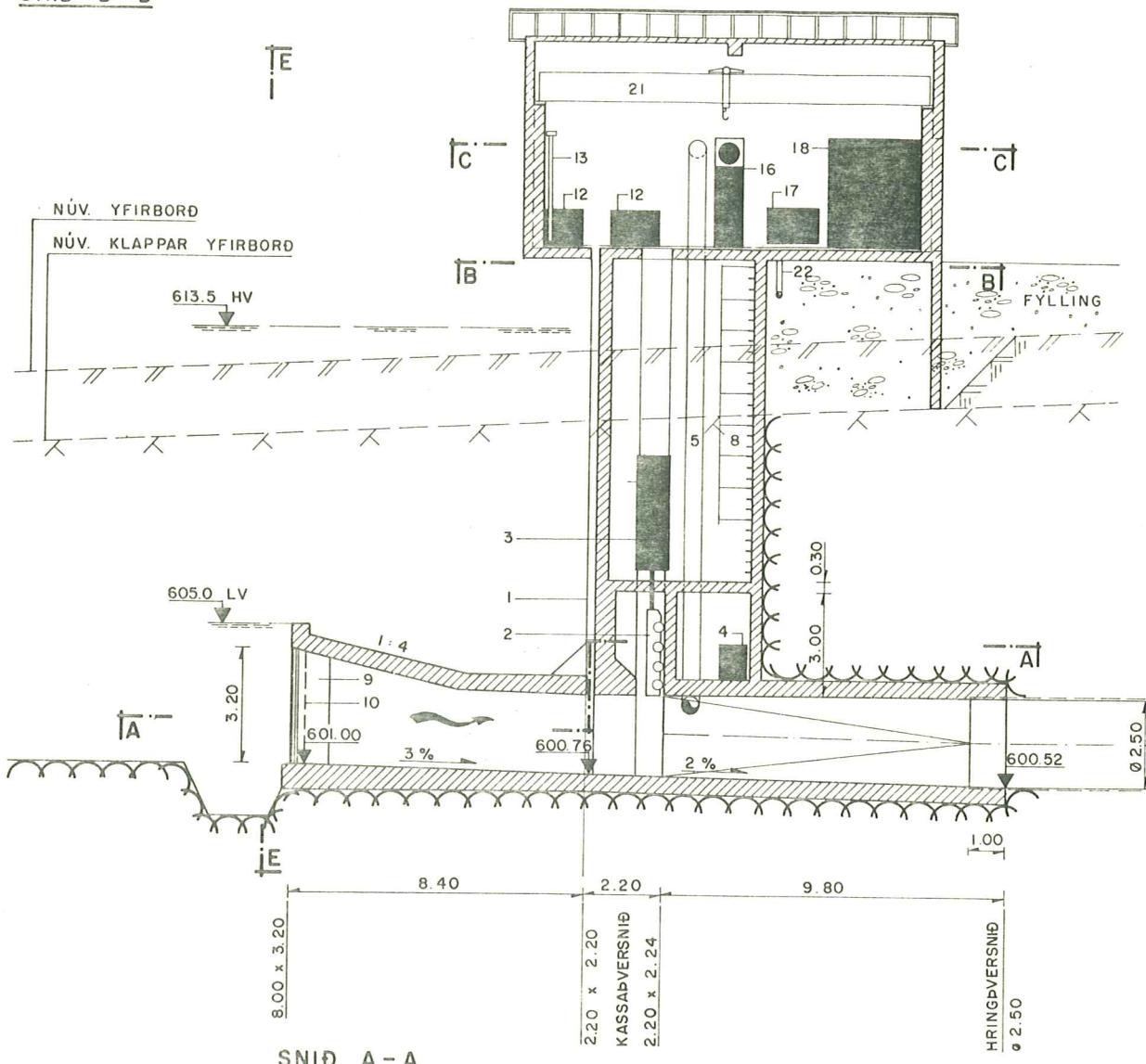
Mynd 5

ÖLL ÓNEFD MÁL ERU Í METRUM

ORKUSTOFNUN
BESSASTAÐAÁRVIRKJUN

Líkantilraun, Stöðvarinntak

SNIÐ D - D

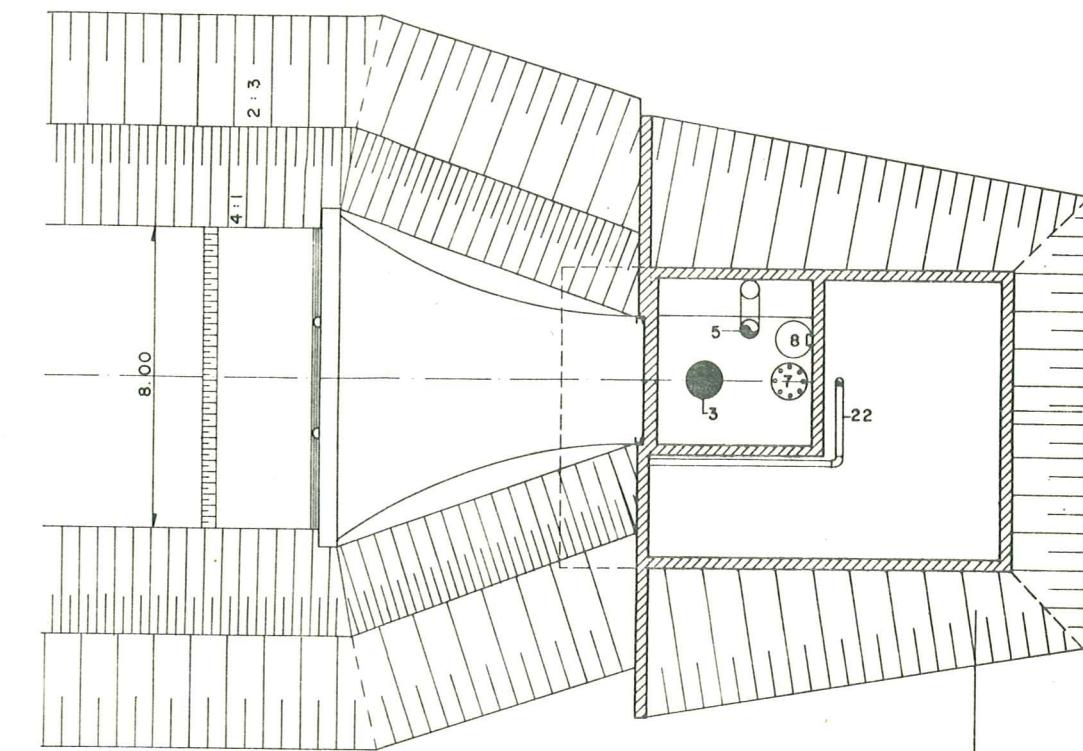


LÉTT ÞAKGRIND MED BÁRUÁKLÆDNINGU
EINANGRUN OFAN Á ÞAKPLÓTU
LOFTPLATA 15 CM. BYKK
VEGGIR 20 CM. BYKKIR MED 5 CM. PLAST-
EINANGRUN OG PÜSSNINGU AÐ INNAN
EINA

GOLFPLATA 20 CM. BYKK
GOLFILÖGN AM.K 6 CM. MED VATNSHALLA
AÐ NIÐURFALLI

VEGGIR Í STOKK 40 CM. BYKKIR
ÓEINANGRADIR

SNIÐ B - B



SKÝRINGAR:

1. FALS FYRIR NEYÐARLOKU
2. ADALLOKA 2.50 x 300 M, M/ÞÉTTINGU
3. TJAKKUR FYRIR ADALLOKA
4. DÆLA
5. LOFTRÖR d = 0.50
6. HITUN
7. GOLFHLERI, d=1.00, BOLTAÐUR NIÐUR
8. STIGI
9. STRAUMLÍNLAGA SÚLUR
10. RUSLAGRIND
11. HITUN FYRIR RUSLAGRINDUR
12. OLIÐDÆLA
13. NEYÐARLOKUR 2.80 x 3.00m
14. HLERI FYRIR NEYÐARLOKUR
15. HLERI FYRIR ADALLOKUR
16. VIFTA FYRIR LOFTSKIFTI Í STOKK

ÖLL ÓNEFND MÁL ERU Í METRUM

17. RAFMAGNSOFN
18. SPENNUBREYTIR
19. STJÓRNTEKİ
20. MÆLABÚNAÐUR
21. KRANI
22. FRÁRENNSLISLÖGN.

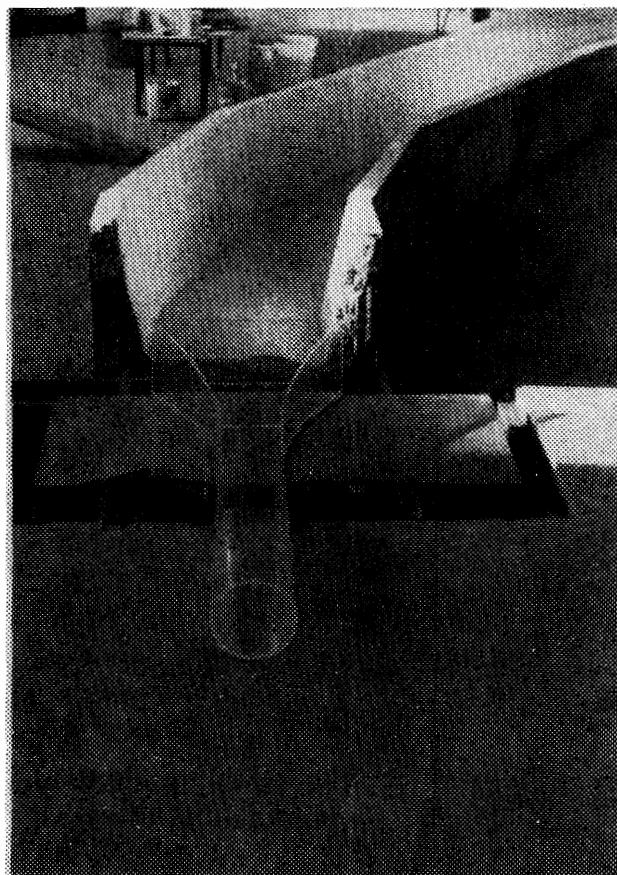
MKV.
1 0 1 2 3 10 M

Mynd 6

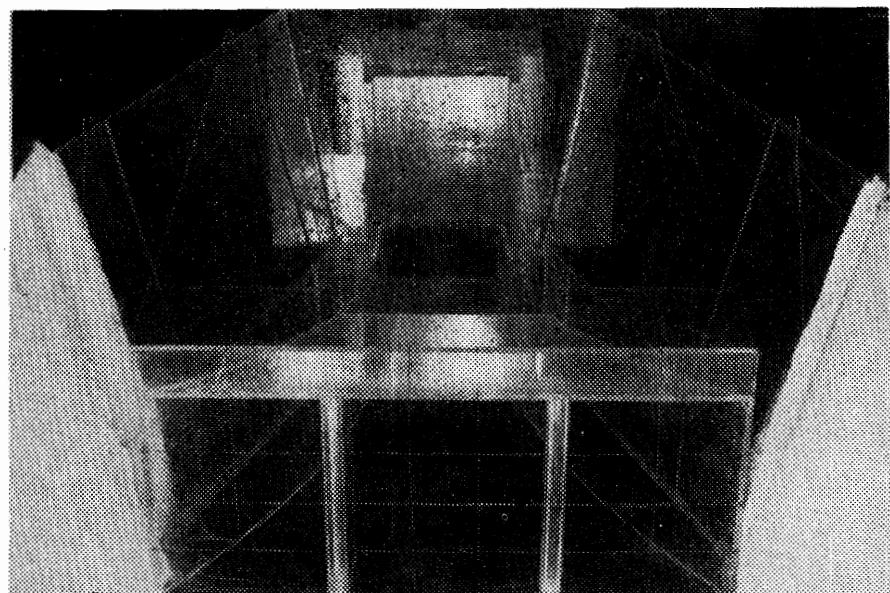
SNIÐ C - C, E - E, SJÁ TEKN. 74600-3.08

ORKUSTOFNUN
BESSASTAÐAÁRVIRKJUN

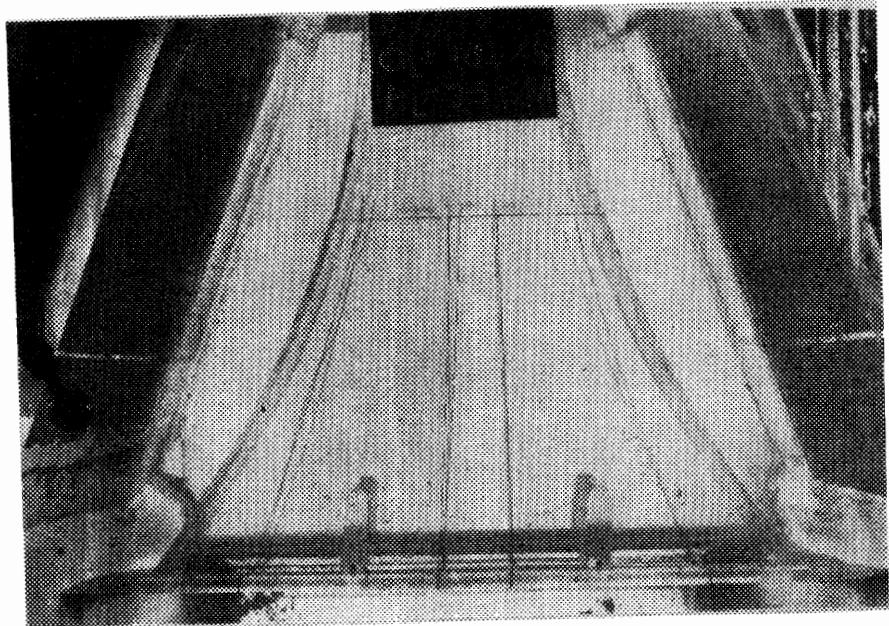
Líkantilraun, Stöðvarinntak



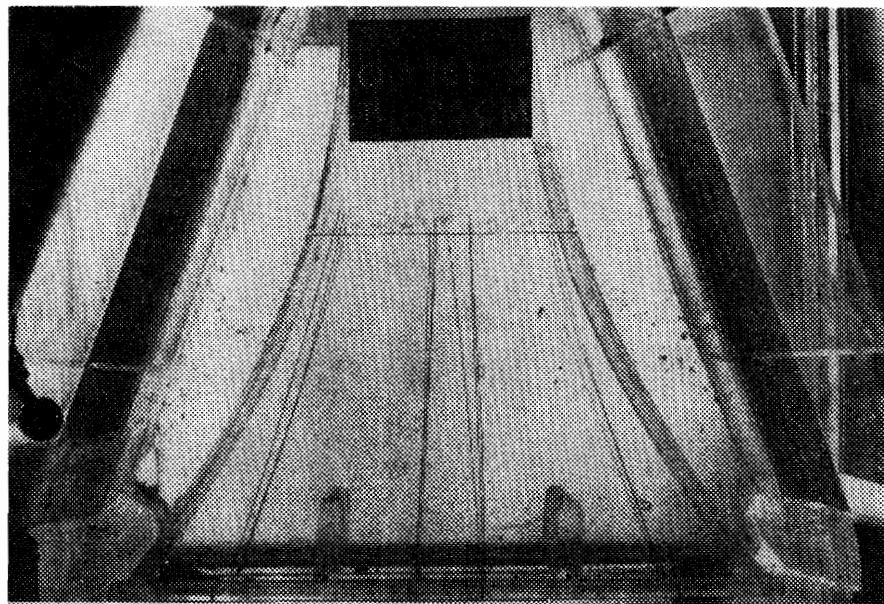
Mynd nr. 7. Líkan í smiðum



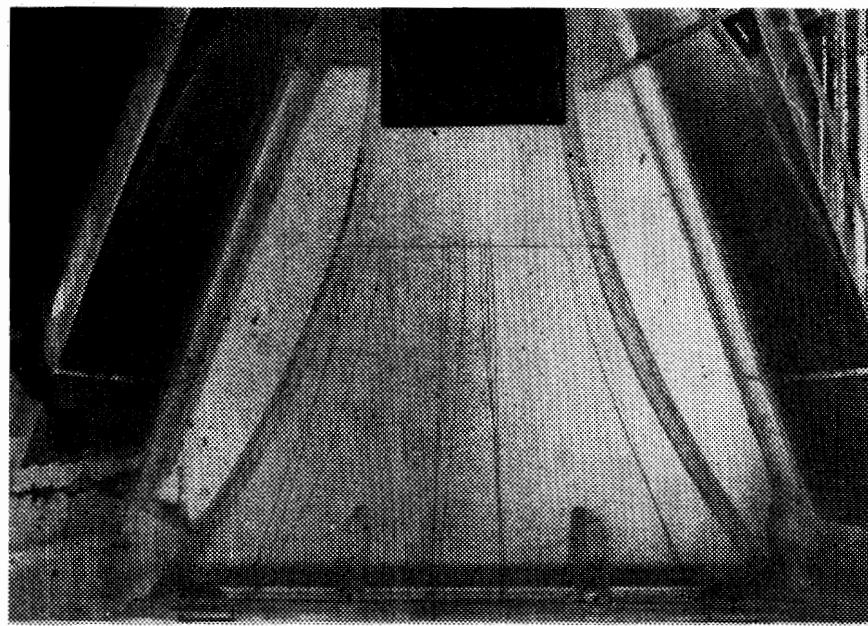
Mynd nr. 8. Stótop, líkan I



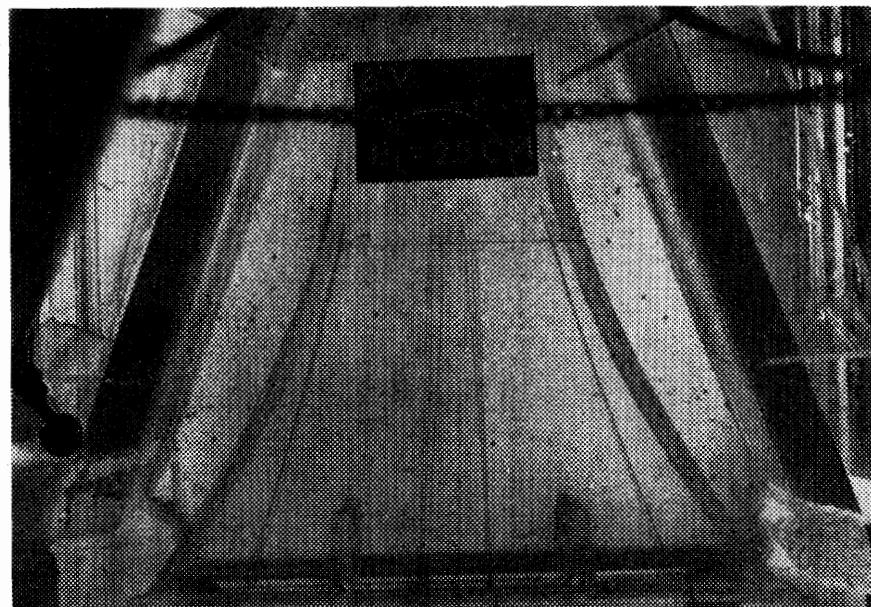
Mynd nr. 9. Líkan I. Fullt rennsli, efri vatnshæð



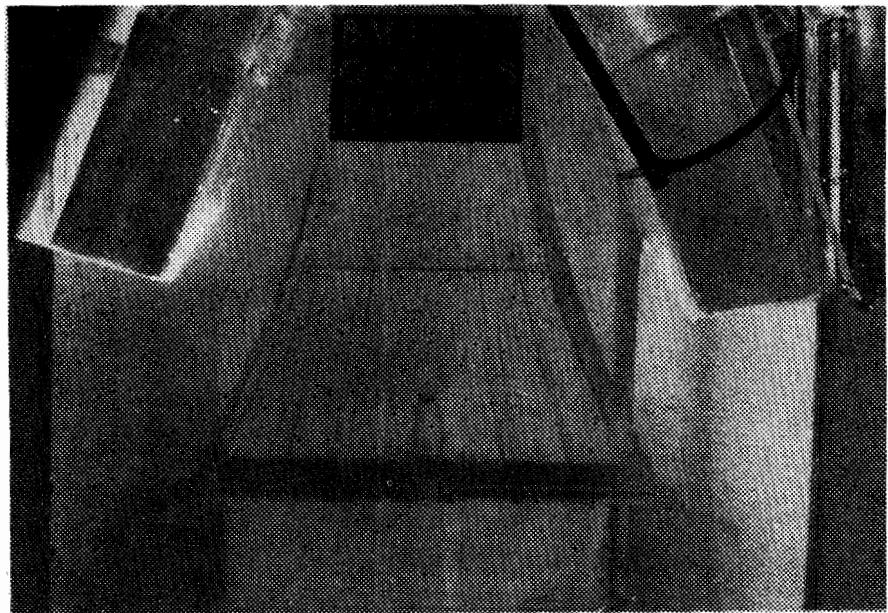
Mynd nr. 10. Líkan I. Fullt rennsli, neðri vatnshæð



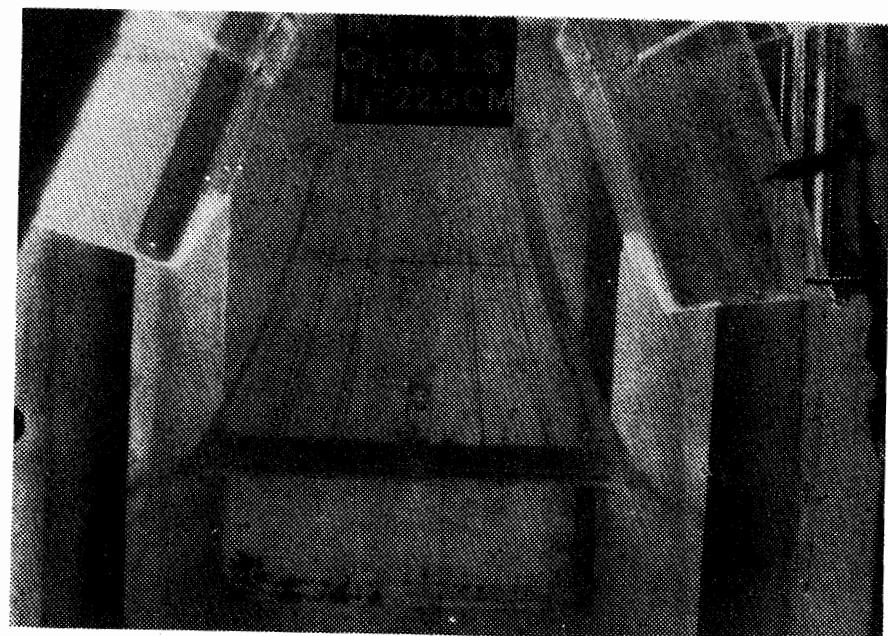
Mynd nr. 11. Líkan I. Hálft rennsli, efri vatnshæð



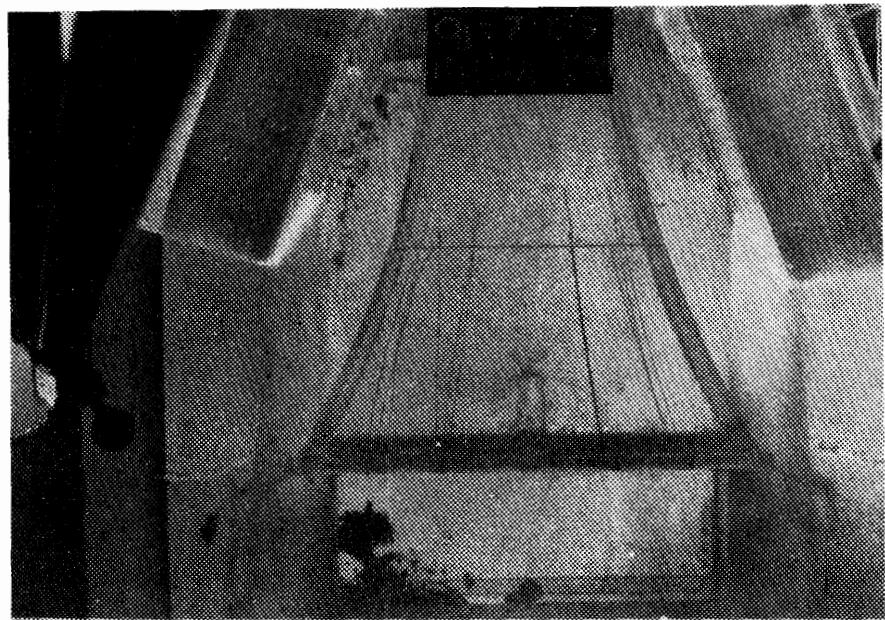
Mynd nr. 12. Líkan I. Hálft rennsli, neðri vatnshæð



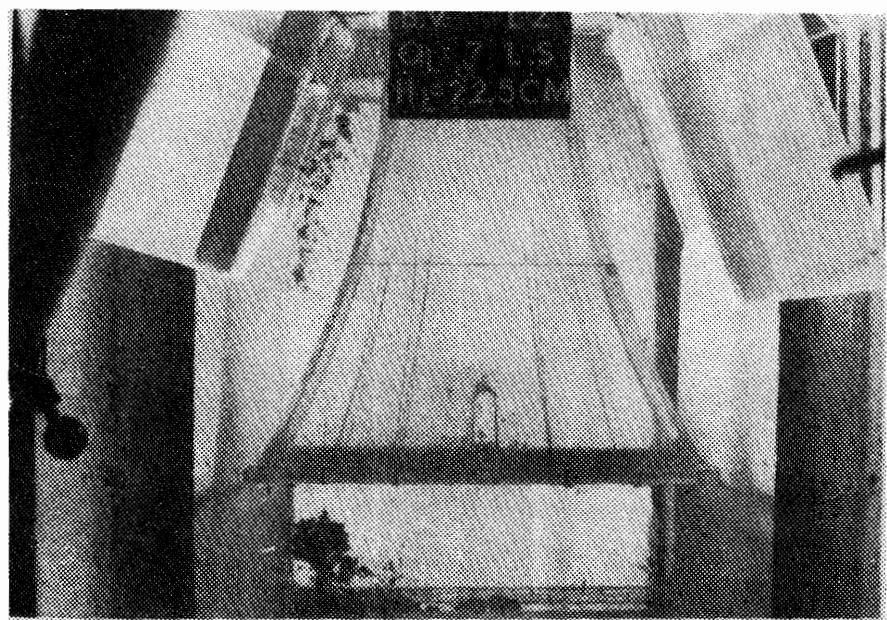
Mynd nr. 13, Líkan II, Fullt rennsli, efri vatnshæð



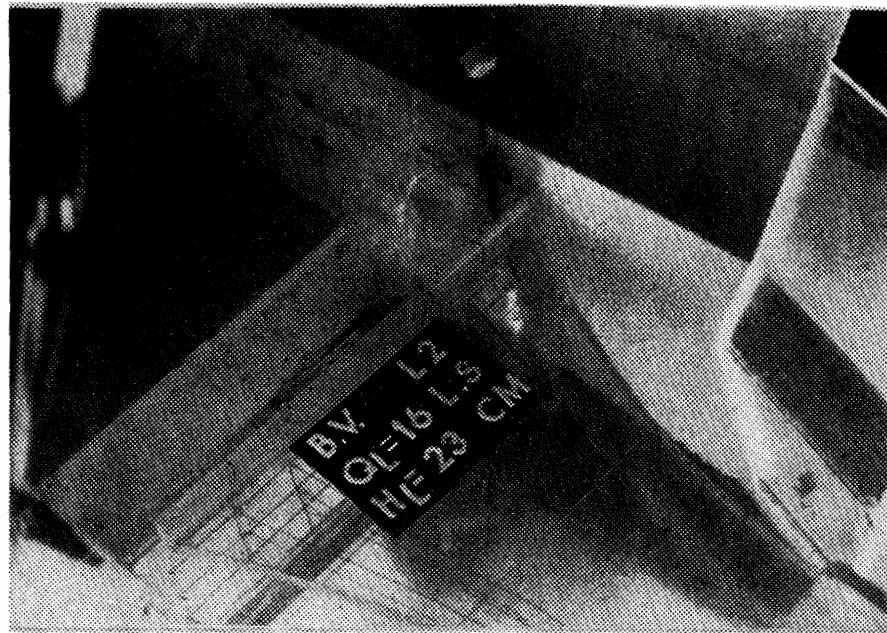
Mynd nr 14. Líkan II. Fullt rennsli, neðri vatnshæð



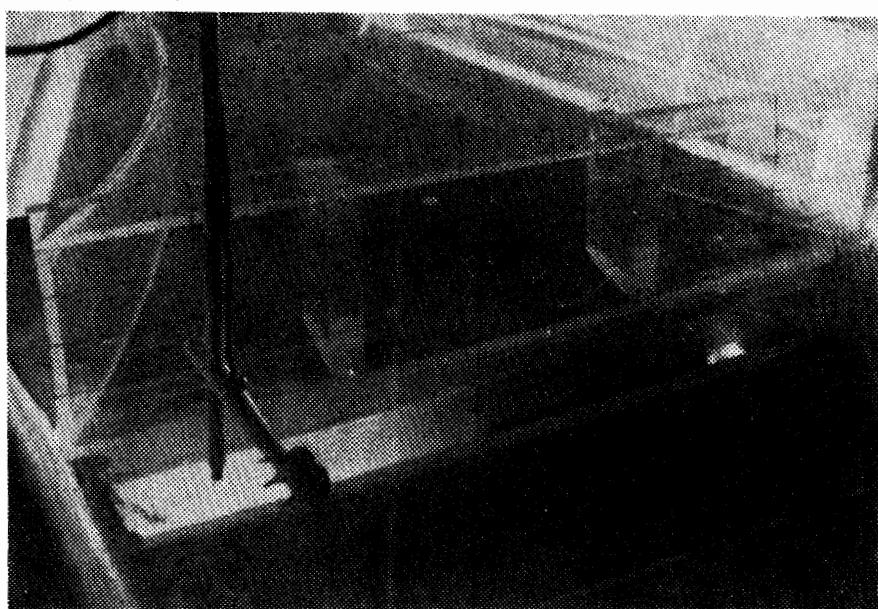
Mynd nr. 15. Likan II, hálft rennsli, efri vatnshæð



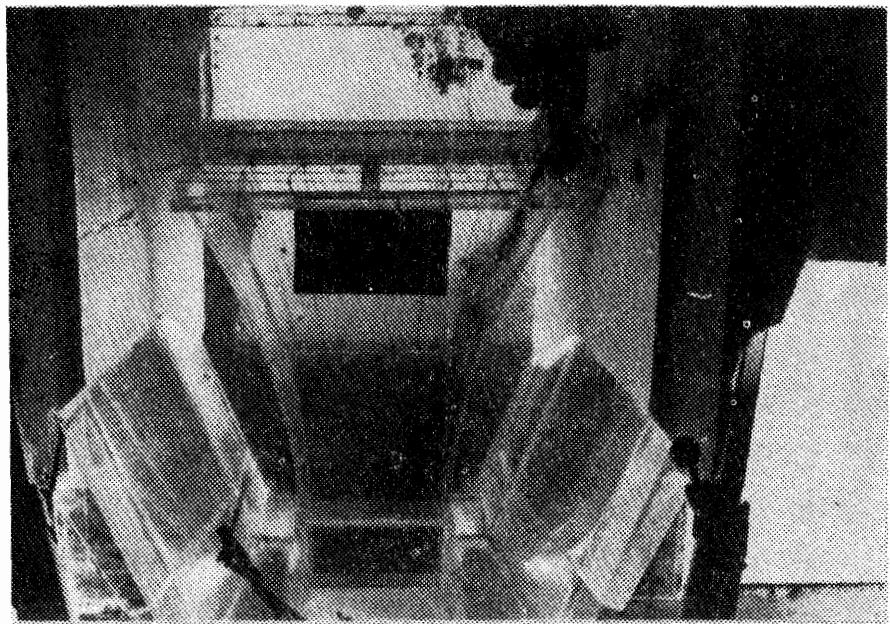
Mynd nr. 16. Likan II, hálft rennsli, neðri vatnshæð



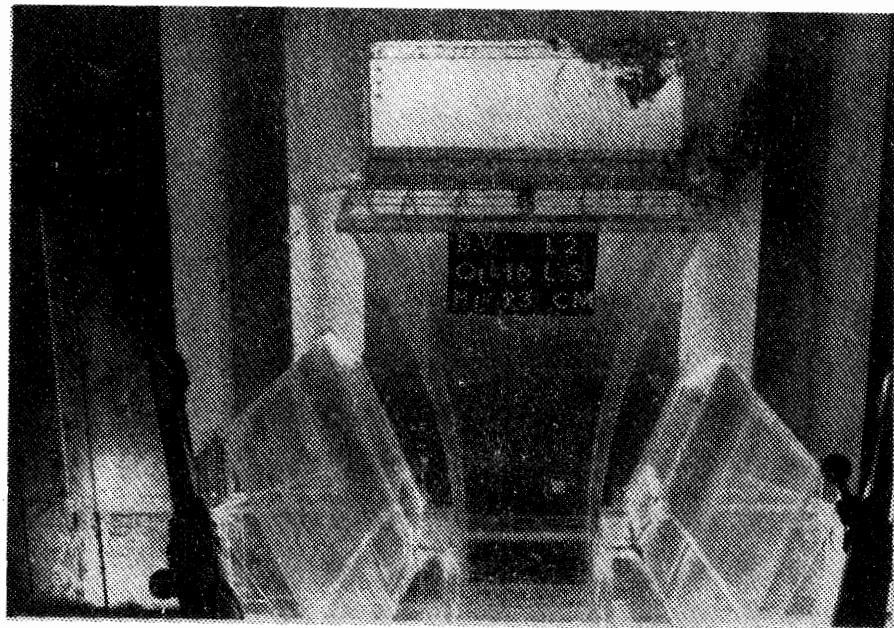
Mynd nr. 17. Hringiða. Lág vatnsstaða, líkan II



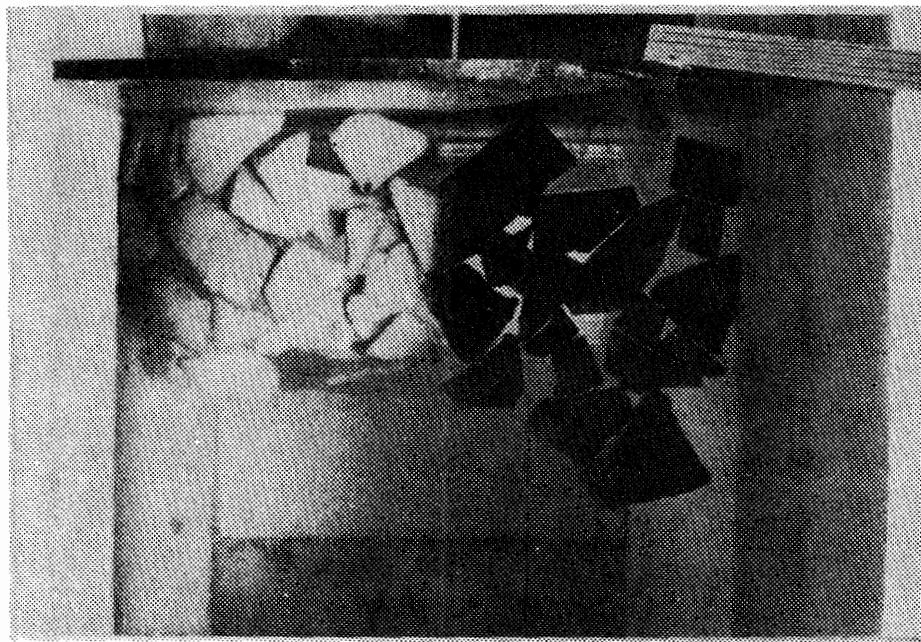
Mynd nr. 18. Líkan I. Straummaðir í stöðu x



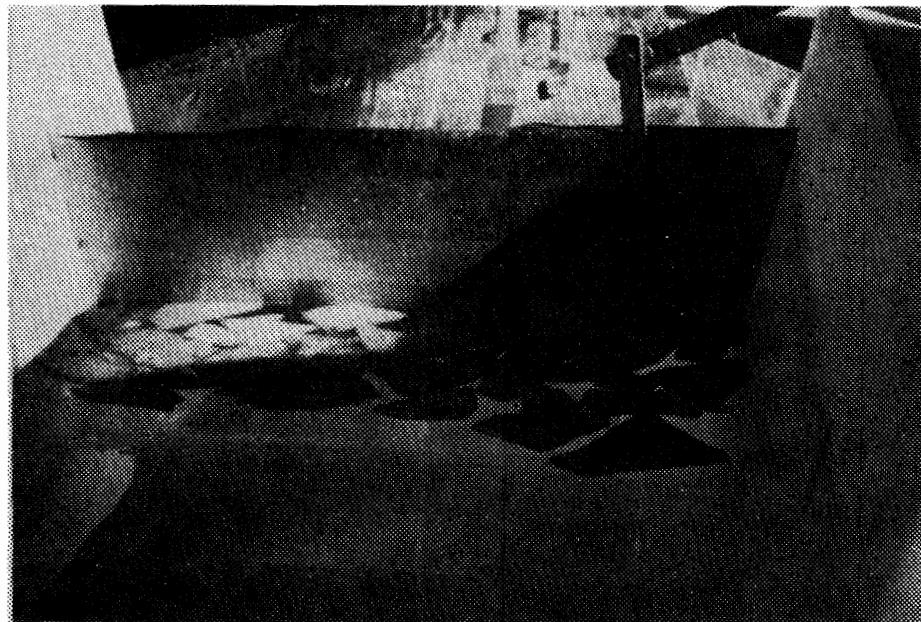
Mynd nr. 19. Hringiða í horni x, líkan II



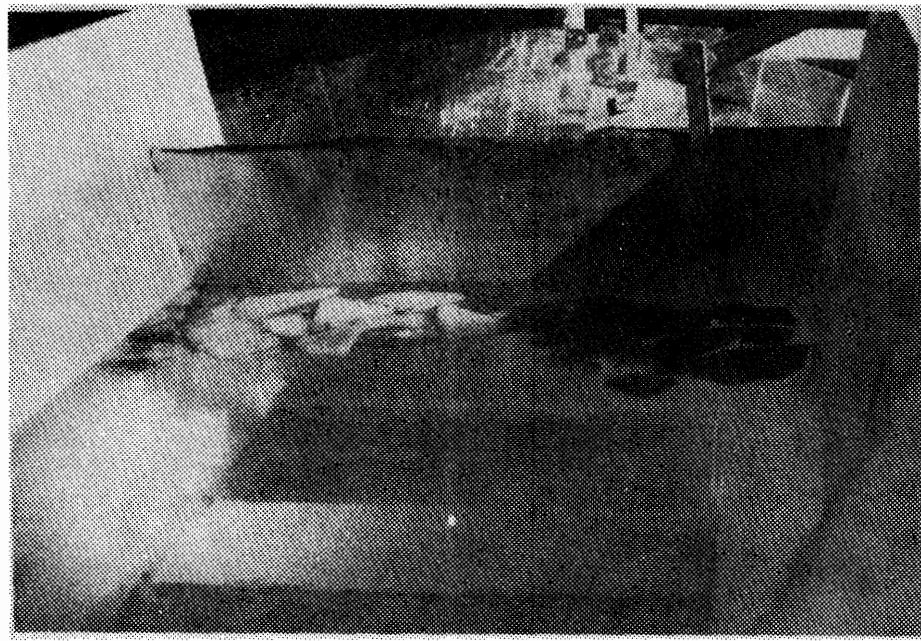
Mynd nr. 20. Hringiða í horni x, líkan II



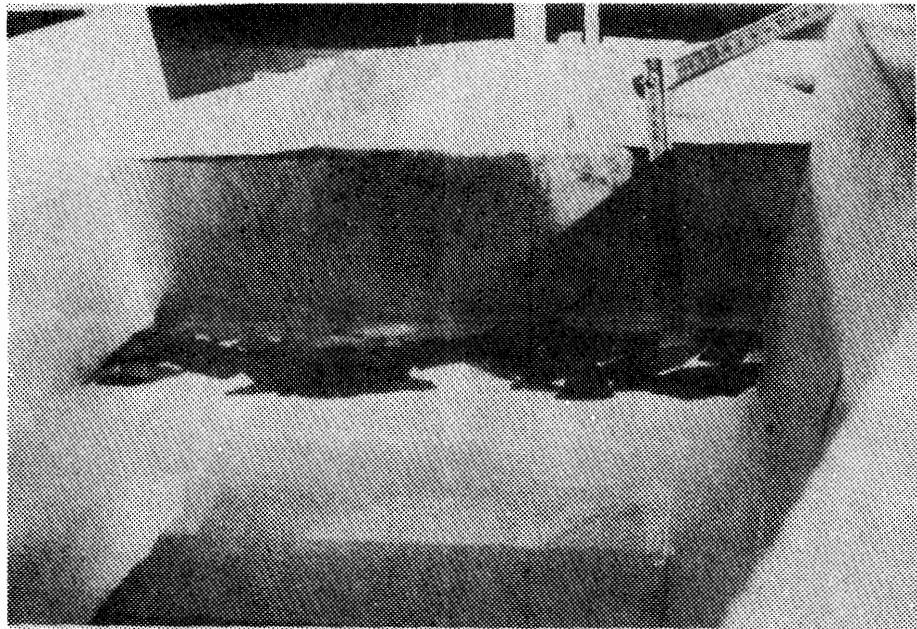
Mynd nr. 21. Is byrjar að pakkast, líkan II



Mynd nr. 22. Is byrjar að setjast á inntak, líkan II



Mynd nr. 23. Is byrjar að stinga sér



Mynd nr. 24. Is byrjar að stinga sér