SIGURÐUR THORODDSEN
Verkfræðilegur ráðunautur, F. V. R.
Verkfræðistofa Miklubraut 34
Reykjavík

GREINARGERÐ TIL RAFORKUMÁLASTJÓRA

UM

VIRKJUN HVÍTÁR

VIÐ TUNGUFELL

Reykjavík, nóvember 1961

SIGURÐUR THORODDSEN
Verkfræðilegur ráðunautur, F. V. R.
Verkfræðistofa Miklubraut 34
Reykjavík

GREINARGERÐ TIL RAFORKUMÁLASTJÓRA

UM

VIRKJUN HVÍTÁR

VIÐ TUNGUFELL

Reykjavík, nóvember 1961

Raforkumálastjóri,
Laugaveg 118,
Reykjavík.

Að beiðni yðar hefir hér á verkfræðistofu minni verið unnið að áætlunargerð um 100 MW virkjun í Hvítá við Tungufell. Þessu er nú lokið og eru niðurstöður sýndar hér á eftir í greinargerð í sex köflum og uppdráttum, er henni fylgja.

Um virkjunarstærð og fjölda vélasamstæðna höfum við farið eftir fyrirmælum yðar og óskum.

Svo stór virkjun, sem hér um ræðir, verður ekki hagkvæm nema að rennsli Hvítár verði miðlað jafnframt. Sú miðlun fæst í Hvítárvatni og hefir einnig verið gerð áætlun um kostnað við þá miðlun. Bæði var kostnaður áætlaður við þá miðlunargerð, sem hér var talin henta, og aðrar miðlunaraðgerðir í vatninu bæði meiri og minni og eru niðurstöður þeirra áætlunargerða sýndar í línuriti (9. blað).

Við áætlunargerðina var tekið tillit til þess, að varðveita verður Gullfoss, en hann myndar hluta af hinu virkjaða falli, og var gert ráð fyrir rennsli um hann 100 kl/s í 12 stundir á dag frá júníbyrjun fram í miðjan september, en á þeim tíma árs má heita, að allur ferðamannastraumur að honum falli.

Kostnaður við miðlunarvirki í Hvítárvatni, 475 Gl miðlun, nemur samkvæmt áætlunum kr. 140.000.000,-.

Kostnaður við sjálfar virkjunarframkvæmdirnar, ásamt háspennulínu til Reykjavíkur og móttökubúnaði þar, nemur kr. 1.117.000.000,-.

Heildarkostnaður er þannig kr. 1.257.000.000,-. Er þá ekki meðtalinn kostnaður við að auka vatn Hvítár með veitu úr Sandvatni. Þann kostnað höfum við ekki tekið með í þessa áætlun, sökum þess að við teljum að þeim aðgerðum megi fresta unz þörf er fyrir þær vegna orkuvinnsluþarfarinnar.

Okkur þótti rétt að gera á þessu stigi málsins ráð fyrir tvöfaldri háspennulínu, vegna öryggis. Ef á hinn bóginn er talið að einföld lína gefi nægilegt öryggi, má gera ráð fyrir að stofnkostnaður lækki um 70 millj. króna.

Eftir þeim gögnum, sem fyrir liggja, telst okkur til að áætla megi orkuvinnslu þessarar 100 MW virkjunar um 740 GWh/ári og er þá miðað við þurrasta vatnsár, sem komið hefir síðan mælingar í Hvítá hófust (1950/51). Er því vel athugandi, hvort ekki sé heppilegra að setja upp meiri vélaafl í orkuveri.

Kostnaður við unna kWh myndi verða 13,9 aur. í orkuveri og 17,9 aur. í viðtökuspennistöð, en hann er að sjálfsögðu háður þeim vaxtakjörum, sem sæta verður.

Hér er gert ráð fyrir að árleg útgjöld nemi 10% stofnkostnaðar.

Kostnaður sá, sem hér var nefndur, felur í sér allan byggingakostnað, tollar, skattar og skyldur meðtaldar.

Ef tollum og sköttum í sambandi við innflutning til virkjunarframkvæmdarinnar er sleppt, verða sambærilegar kostnaðartölur þessar:

Hvítárvatnsstífla	120 Mkr.
Virkjunarkostnaður með háspennulínu	902 "
Samtals	1022 Mkr.

Eins og yður er kunnugt er fullnægjandi rannsóknum ekki nærri svo langt komið, að unnt sé að hanna virkin endanlega og er vikið að því atriði í sérkafla hér á eftir.

Þrátt fyrir það má á þessu stigi máls fullyrða, að hér er um mjög hagstæða virkjun að ræða, bæði að því er varðar kostnað og eins hitt, að hún yrði með öllu laus við reksturstruflanir.

Virðingarfyllst

Sigurður Thoroddsen

E F N I S Y F I R L I T

Bls.

1 INNGANGUR 1

1.1 Almennt 1
1.2 Orkuvinnslugeta 2
1.3 Stofnkostnaður 2
1.4 Orkukostnaður 3
1.5 Áhrif tolla og skatta á stofnkostnaðinn 3
1.6 Áhrif virkjunarinnar á Gullfoss 3
1.7 Tafla yfir helztu mannvirki og einkennisstærðir virkjunarinnar 4

2 AFL OG ORKA 10

2.1 Afl Tungufellsvirkjunar 10
2.2 Orka Tungufellsvirkjunar 11
2.2.1 Rennsli og miðlun 11
2.2.2 Ferðamannarennsli um Gullfoss 12
2.2.3 Álagsforsendur - Samrekstur við stöðvar sem fyrir eru 14
2.2.4 Niðurstöður 16
2.2.5 Hvað niðurstöðurnar sýna 18

3 VIRKJUNARTILHÖGUN. LÝSING MANNVIRKJA 19

3.01 Yfirlit 19
3.02 Stíflur 19
3.02.1 Yfirfallsstífla 19
3.02.2 Aukastífla 20
3.02.3 Hvítárstífla 20
3.03 Inntak 22
3.04 Aðgerðir vegna síðari stækkunar 23
3.05 Jarðgöng, aðrennslisgöng 23
3.06 Sveiflusvelgur 24
3.07 Þrýstivatnspípur 24
3.07.1 Fyrri tilhögun, efri greining pípna 24
3.07.2 Síðari tilhögun, neðri greining pípna 25

Bls.

3.08 Orkuver og frárennslisgöng 25
3.09 Vélar og rafbúnaður stöðvar 27
3.09.1 Vatnsvélar 27
3.09.2 Rafalar 27
3.09.3 Tenging rafbúnaðar 28
3.09.4 10,5 kV tengivirki 29
3.09.5 Eiginnotkun stöðvar 29
3.09.6 Spennar 29
3.09.7 Útitengivirki 30
3.09.8 Stjórnklefi 30
3.10 Háspennulína 30
3.11 Viðtökubúnaður 31
3.12 Stöðvarvarðahús 32
3.13 Vegir 32

4 KOSTNAÐARÁÆTLUN 33

4.1 Inngangur 33
4.2 Kostnaðaryfirlit 35
4.3 Sundurliðuð kostnaðaráætlun 38

5 UNDIRBÚNINGSRANNSÓKNIR 48

5.1 Landmælingar 48
5.2 Jarðfræði 48
5.3 Byggingarefni 49
5.4 Vatnafræði 49

6 MIÐLUNARSTÍFLA VIÐ HVÍTÁRVATN 51

6.1 Inngangur 51
6.2 Lýsing stíflumannvirkja 51
6.3 Kostnaðaráætlun 54
6.4 Undirbúningsrannsóknir 55

UPPDRÆTTIR 1.- 15. blað
" 1.- 2. " Hvítárvatnsstífla

1 INNGANGUR

1.1 Almennt

Greinargerð þessi er um virkjun í Hvítá, sem raforkumálastjórnin nefnir Tungufellsvirkjun, en Tungufell heitir fell það, er sjálft orkuverið yrði sprengt inn í samkvæmt áætlun þessari.
Er nafnið því réttnefni.

Virkjun þessi nýtir fallið í Gullfossi og í Hvítá ofan hans og neðan. Brúttófallið er 126 m. Hæð Gullfoss er um 32 m eða nálega 1/4 heildarfallsins.

Virkjunartilhögunin er í stórum dráttum sú, að gerð er stífla ásamt inntaksmannvirkjum í Hvítá um 1 km neðan við ármót Búðarár, eða um 3 km ofan Gullfoss. Venjuleg vatnsborðshæð lónsins ofan stíflu þessarar er 240 m y. s. Frá inntakinu er vatnið leitt um næstum því lárétt jarðgöng, sem sprengd eru inn í hæðirnar austan Hvítár, að sveiflusvelg í syðri hluta Tungufells, skammt norðan býlanna Tungufells og Jaðars í Hrunamannahreppi. Frá þeim sveiflusvelg fer vatnið um þrýstivatnspípur að neðanjarðarorkuveri og þaðan um frárennslisgöng og skurð út í Hvítá aftur í Nautavík, nálega 4 km neðan við Gullfoss.

Afl virkjunarinnar er 100 MW í ástimpluðu afli rafala, skipt á fimm 20 MW samstæður.

Vatnsrennsli Hvítár verður jafnframt miðlað í Hvítárvatni, með því að gera miðlunarstíflu við suðurenda vatnsins, er nær yfir Hvítá og Jökulfallið.

Orku virkjunarinnar er gert ráð fyrir að leiða eftir tvírása 220 kV háspennulínu til viðtökustöðvar í nánd við Reykjavík, þaðan sem henni yrði síðan dreift til einstakra notenda. Lengd línunnar, talin um Hellisheiði, er um 103 km.

1.2 Orkuvinnslugeta

Með því 475 Gl netto-miðlunarrými sem stíflan við Hvítárvatn skapar, eins og hún er hugsuð í greinargerð þessari, og með veitingu vatns úr Sandvatni, er áætlað að virkjunin geti unnið 740 GWh í þurru vatnsári eins og 1950/51, sem er hið þurrasta á 11 ára mælingatímabili. Hér er átt við trygga orku eingöngu. Í svona þurru ári er um sáralitla afgangsorku að ræða, eða nálega 15 GWh, og veldur þar mestu um rennsli það, sem gert er ráð fyrir um Gullfoss að sumri til, vegna ferðamanna.

1.3 Stofnkostnaður

Stofnkostnaður þeirra mannvirkja, sem lýst er í þessari greinargerð, er áætlaður sem hér segir:

Tungufellsvirkjun	Kr.	886.000.000,-
Miðlunarstífla við Hvítárvatn	"	140.000.000,-
	Samtals kr.	1.026.000.000,-
Háspennulína og viðtökuspennistöð	"	231.000.000,-
	Alls kr.	1.257.000.000,-

Innifalið í ofangreindum tölum er upphæð fyrir ófyrirséðu, 20% af beinum kostnaði byggingarmannvirkja, og 15% af beinum kostnaði véla og rafbúnaðar. Þar ofan á er bætt 8% fyrir umsjónarkostnaði og loks er bætt 9,5% ofan á það fyrir vöxtum á byggingartíma.

Í stofnkostnaðinum eru meðtaldir allir tollar og skattar á innfluttu efni, vélum og búnaði til virkjunarinnar. Hins vegar eru þar ekki meðtaldar greiðslur fyrir vatns- og landsréttindi, né heldur skaðabætur neins konar.

Í áætluninni er gert ráð fyrir tvöfaldri háspennulínu til Reykjavíkur. Ef höfð er einföld lína með sömu flutningsgetu, lækkar stofnkostnaðurinn um nálega 70.000.000,- kr.

Í stofnkostnaðartölunum er ekki meðtalinn kostnaður við veitumann-

virki við Sandvatn í því skyni að veita vatni þaðan í Hvítá. Í tölunum um orkuvinnslugetu er hins vegar ávinningurinn af þessari veitu meðtalinn. Ber að hafa þetta í huga, þegar tölurnar hér á eftir um orkukostnað, eru metnar.

1.4 Orkukostnaður

Engin áætlun hefur verið gerð um árlegan rekstrarkostnað virkjunarinnar, en sé gert ráð fyrir að hann nemi 10% af stofnkostnaði og að orkuflutningstöp séu 5%, yrði orkukostnaðurinn:

Í orkuveri	13,9 aur/kWh
Í viðtökuspennistöð	17,9 "

1.5 Áhrif tolla og skatta á stofnkostnaðinn

Svo sem fyrr segir eru allir tollar og skattar af innfluttu efni, vélum og búnaði meðtaldir í stofnkostnaðaráætluninni. Áætlað er, að gjöld þessi nemi eftirtöldum upphæðum:

Tungufellsvirkjun	163,8	Mkr.
Miðlunarstífla við Hvítárvatn	20,4	"
Samtals	184,2	Mkr.
Háspennulína og viðtökuspennistöð	51,0	"
Alls	235,2	Mkr.

1.6 Áhrif virkjunarinnar á Gullfoss

Svo sem að framan er getið nýtir Tungufellsvirkjun fallið í Gullfossi, enda þótt það sé einungis um 1/4 af heildarfallhæð virkjunarinnar. Þess er áður getið, að stífla og inntaksmannvirki eru staðsett um 3 km ofan Gullfoss, að vatnið er leitt í jarðgöngum framhjá fossinum að orkuverinu syðst í Tungufelli, um 3,5 km sunnan fossins og þaðan í Hvítá aftur enn sunnar. Tilhögun virkjunarinnar er með öðrum orðum slík, að frá Gullfossi sjást engin virkjunarmannvirki af neinu tagi. Virkjunin hefur því að þessu leyti engin áhrif á fegurð Gullfoss.

Við áætlunargerðina var það sjónarmið þegar í upphafi lagt til grundvallar, að virkjunin mætti eigi rýra fegurð Gullfoss né gildi hans fyrir ferðamenn. Í samræmi við það er gert ráð fyrir að halda rennsli um fossinn að deginum yfir sumartímann. Í aðalstíflunni í Hvítá er hafður búnaður til að hleypa gegnum stífluna nægilegu rennsli, þannig að engin breyting sjáist á fossinum frá því sem nú er. Kostnaður við búnað þennan er meðtalinn í kostnaðaráætlun. Við ákvörðun á orkuvinnslugetu virkjunarinnar er og tekið tillit til þessa sumarrennslis um Gullfoss. Benda athuganir okkar til, að ekki sé neinum vandkvæðum bundið að sameina virkjun fallsins og varðveizlu Gullfoss og gildis hans fyrir ferðamenn.

1.7 Tafla yfir helztu mannvirki og einkennisstærðir virkjunarinnar

1.7.01 Rennslishættir

Afrennslissvæði	2.000 km^2
Mesta mælt flóð	2.000 kl/s
Meðalrennsli (1950-1958)	118 kl/s
Meðalrennsli í þurru vatnsári (50/51)	84 kl/s
Lægsta mánaðarmeðalrennsli (febr. 1955)	38 kl/s
Lægsta dagmeðalrennsli	30 kl/s
Q_{95}, ómiðlað	46 kl/s
Miðlunarrými í Hvítárvatni	475 Gl

1.7.02 Stíflulón

Venjulegt vatnsborð	240 m y.s.
Lægsta vatnsborð	236 m y.s.
Hæsta vatnsborð (Q = 4.000 kl/s)	243,5 m y.s.
Nýtilegur vatnsforði í stíflulóni	7,8 Gl

1.7.03 Undirvatn

Venjulegt vatnsborð	114 m y.s.
Hæsta mælt vatnsborð	118,5 m y.s.
Lægsta mælt vatnsborð	112,8 m y.s.
Árbotn	?

1.7.04 Fall

Heildarfall, venjulegt	126 m
" meðal	124 m
Nettofall	116 m

1.7.05 Stíflur

1.7.05.1 Miðlunarstífla við Hvítárvatn

Gerð og stífluefni	Jarðstífla með grjótvörn yfirfall úr steinsteypu
Lengd alstíflu	1080 m
Lengd yfirfalls	200 m
Botnrás, gerð	Steinsteypt göng
Botnrásarlengd	100 m
Botnrásarþverskurðarflatarmál	2 x 14,3= 28,6 m^2
Lokur	2 geiralokur 3 x 4 m^2
Mesta stífluhæð, alstíflan	16,5 m
Mesta stífluhæð yfirfalls	7 m
Miðlunarrými	475 Gl
Hæð á yfirfallsbrún	431 m y.s.
Hæð á alstíflubrún	434,5 m y.s.
Lægsta vatnsborð	422 m y.s.
Flutningsgeta yfirfalls	2000 kl/s
Hæsta vatnsborð (Q = 2000 kl/s)	433,8 m y.s.

1.7.05.2 Alstífla í Hvítá ofan við Gullfoss

Gerð og stífluefni	Jarðstífla með grjótvörn
Lengd	400 m
Mesta hæð	34 m
Botnrás, gerð	Steinsteypt göng
Botnrásarlengd	100 m
Botnrásarþverskurðarflatarmál	57,1 m^2
Botnlokur, nálarlokar	2 stk Ø 2,5 m
" varalokur, töflulokur	2 stk 3 x 3 m^2

1.7.05.3 Yfirfallsstífla

Gerð og stífluefni	Steinsteypt stífla
Lengd	300 m
Mesta hæð	5 m
Yfirrennslisgeta	4000 kl/s

1.7.05.4 Aukastífla

Gerð og efni	Jarðstífla með grjótvörn
Lengd	200 m
Mesta hæð	4 m

1.7.06 Vatnsvegir

1.7.06.1 Inntak

Lengd á inntaksskurði	130 m
Botnbreidd á inntaksskurði	16 m
Hliðarfláar á inntaksskurði	1 : 0,5
Mesta dýpi inntaksskurðs	19 m
Hæð á þröskuldi	220 m y.s.
Inntaksop	2 x 10 x 6 m^2 = 120 m^2
Ristar	Upphitaðar
Vatnshraði í opi	0,87 m/s
Loka	1 stk hjólloka 6,5 x 6,5 m^2

1.7.06.2 Aðrennslisgöng

Gerð	Göng fóðruð steinsteypu
Lengd	6030 m
Lögun	Hæð = breidd, hálfhringshvelfing
Þverskurðarflatarmál	37,5 m^2
Botnhalli frá 220 til 198,6 m	3,55°/oo
Mesti vatnshraði Q = 102,5 kl/s	2,73 m/s
Falltap, Q = 102,5 kl/s	0,91°/oo
Falltap Q_{90} = 92,2 kl/s	0,74°/oo

1.7.06.3 Sveiflusvelgur, efri

Gerð	Lóðréttur sívalningur sprengdur upp úr bergi, steinsteypufóðraður, framlengdur með stálbelg
Þvermál	19,6 m
Þverskurðarflatarmál	300 m^2
Botnhæð	217,4 m y.s.
Venjulegt vatnsborð	233,5 m
Hæsta vatnsborð	264,4 m
Lægsta vatnsborð	219,4 m

1.7.06.4 Þrýstivatnsgöng

Gerð	Stálfóðruð göng
Fallgöng, vídd	Ø 4,95 m
" lengd	85 m
Greinipípur, fjöldi	5
" " vídd	Ø 2,65 m
" " samanlögð lengd	140 m

1.7.06.5 Sveiflusvelgur, neðri

Gerð	Hellir, steinsteypufóðr.
Flatarmál	435 m^2
Hæð	22 m
Botnhæð	107,2 m y.s.
Venjulegt vatnsborð	114,6 m y.s.
Hæsta vatnsborð	122,7 m y.s.

1.7.06.6 Frárennslisgöng

Gerð og lögun	Eins og aðrennslisgöng, steinsteypufóðruð
Lengd	550 m

1.7.06.7 Frárennslisskurður

Gerð	Sprengdur, ófóðraður
Lengd	120 m
Botnbreidd	9 m
Flái á bökkum	0,33 : 1
Mesta dýpt	20 m

1.7.07 Orkuver

Gerð	Neðanjarðarstöð

1.7.07.1 Vatnsvélar

Tegund	Francis með lóðréttum ás
Fjöldi	5
Nettofall, venjulegt	116 m
Afl (116 m, 20,5 kl/s)	28.400 hö
Snúningshraði	375 sn/mín

1.7.07.2 Rafalar

Afl	25 MVA
cosφ	0,8
Spenna	10,5 kV

1.7.07.3 Spennar

Fjöldi samstæðna	2
Afl hvorrar samstæðu	62,5 MVA
Tegund spenna	Einfasa
Afl hvers einfasa spennis	20,8 MVA
Forspenna	10,5 kV
Eftirspenna	220 : $\sqrt{3}$ + 5% kV
Varaspennar	1

1.7.08 Háspennulína

Spenna	220 kV
Lengd	103 km
Rásir	2

1.7.09 Viðtökuspennistöð

Fjöldi spennasamstæðna	2
Afl hvorrar samstæðu	62,5 MVA
Tegund spenna	Einfasa
Afl hvers spennis	20,8 MVA
Forspenna	$220 : \sqrt{3} \pm 16\%$ kV
Eftirspenna	33 kV
Spennustilling	Undir álagi
Varaspennir	1

2 AFL OG ORKA

2.1 Afl Tungufellsvirkjunar

Í áætlun þessari er - skv. fyrirmælum raforkumálastjórnarinnar - reiknað með 100 MW ástimpluðu afli rafala í stöðinni, er skiptist á fimm 20 MW vélasamstæður. Af þessu afli er - einnig í samráði við raforkumálastjórnina - gert ráð fyrir, að 50 MW fari til að mæta álagi frá stórum iðnaðarnotanda, og sé það álag jafnmikið allan ársins hring. Hin 50 MW-in færu svo til svonefndra "almennra" nota. Í orkumagnsathugunum þeim, sem fram hafa farið, var fyrst gert ráð fyrir að þessi síðarnefndu 50 MW starfi með 70% ársálagsstuðli (um 6000 h/ári nýtingartíma), eða svipuðum ársálagsstuðli og almenna notkunin hefur verið sem heild. Þetta svarar til 438 GWh/ári í stóriðnað og 305 GWh í almenna notkun, eða samtals 743 GWh. Til þess að unnt sé að vinna þetta orkumagn í þurru vatnsári eins og 1950/51, þarf 462 Gl miðlunaruppistöðu í Hvítárvatni.

Ennfremur var athugað hver áhrif það hefði á miðlunaruppistöðuna í Hvítárvatni, ef almenna orkuvinnslan væri aukin, þannig að stöðin ynni alls 800 og 850 GWh/ári, svarandi til 8000 og 8500 h/ári nýtingartíma. Með þeim hætti starfaði þessi 100 MW stöð sem hrein grunnstöð.

Við viljum í þessu sambandi benda á, að vel kemur til mála að setja meira en 100 MW upp í Tungufellsvirkjun. Eins og minnst verður á hér á eftir, mætti fá meiri orku út úr virkjuninni með stærri geymi í Hvítárvatni. En auk þess kemur vel til greina að hanna virkjunina fyrir lægri álagsstuðul en 70%. Jafnvel þótt orkuvinnslan væri eitthvað aukin frá því sem hér er gert ráð fyrir jafnhliða því sem virkjunin væri gerð aflmeiri, yrði aðalatriðið í slíkri ráðstöfun þó að fá toppafl, þ.e. lægri álagsstuðull. Hve hátt ber að fara með aflið umfram ca. 100 MW er þó fyrst og fremst fjárhagsatriði, er þarf nánari athugunar við en hér hefur verið gerð, enda var virkjunarstærðin 100 MW fyrir þessa áætlun fyrirfram ákveðin af raforkumálastjórninni.

2.2 Orka Tungufellsvirkjunar

2.2.1 Rennsli og miðlun

Rennsli Hvítár um Gullfoss hefur verið mælt síðan sumarið 1949, eða í 11 vatnsár, þótt eigi hafi ennþá verið unnið úr mælingunum lengur en til 1. sept. 1958, eða í 8 vatnsár.

Á þessu tímabili var rennslið áberandi minnst vatnsárið 1950/51. Það sama ár var og rennsli annara vatnsfalla á Suðvesturlandi og raunar í öðrum landshlutum einnig það minnsta, sem mælzt hefur. Þetta vatnsár, 1950/51, er lagt til grundvallar orkumagnsathugununum; það er notað sem "ákvarðandi vatnsár" fyrir orkuvinnslugetuna. Þetta er að vísu hið þurrasta vatnsár, sem mælzt hefur, en á hinn bóginn er mælingatímabilið svo stutt, að þurrari vatnsár koma örugglega fyrir, enda þótt líkur bendi til að það sé sjaldgæft.

Ekki er í athugun þessari reiknað með annarri miðlun en þeirri, er fæst með miðlunaruppistöðu í Hvítárvatni.

Með geymi í Hvítárvatni er einungis hægt að hafa stjórn á þeim hluta rennslisins um Gullfoss, sem þaðan að ofan kemur, nánar tiltekið á rennslinu um miðlunarstíflustæðið. Við athugun á miðlunarþörf og á rekstri uppistöðunnar í Hvítárvatni er því nauðsynlegt að þekkja einnig rennslið þar. Síritari hefur verið við Hvítá ofan við Ábóta um 3 ára skeið, en lykill að rennslinu er enn eigi tilbúinn, svo að enn liggja engar rennslisskýrslur fyrir um Hvítá við mynni Jökulfallsins.

Að svo stöddu varð því að áætla rennslið þar. Var það gert hér með því að margfalda rennslið um Gullfoss með ákveðnum hlutfallstölum. Þessar hlutfallstölur eru breytilegar eftir árstíðum; hæstar á vetrum en lægstar á vorin. Vegið ársmeðaltal þeirra, þ.e. árshlutfallið var haft 0,6, sem er hlutfallið milli vatnasviða Hvítár við mynni Jökulfallsins og við Gullfoss. Að öðru leyti eru hlutfallstölurnar áætlaðar með hliðsjón af rennslisskýrslum annara vatnsfalla hér sunnanlands, sem fyrir liggja. Getur hér vitanlega nokkru skeikað og þurfa þessir útreikningar því endurskoðunar við þegar meira er vitað um rennsli Hvítár ofan við Ábóta. Það er þó álit okkar,

að slík endurskoðun muni ekki breyta niðurstöðum stórvægilega.

Í áætlun þessarri er gert ráð fyrir að stífla Árbrandsá við útrennsli hennar úr Sandvatni og veita vatni hennar um farveg Sandár yfir í Hvítá. Engar mælingar eru til á rennslinu úr Sandvatni, og verður hér enn að byggja á áætlunum. Var reiknað með eftirfarandi:

Vetrarmánuðina janúar - apríl að báðum meðtöldum er ekki reiknað með neinu viðbótarvatni úr Sandvatni.
Aðra mánuði ársins er heildarrennslið úr Sandvatni reiknað út frá rennsli Hvítár um Gullfoss með því að margfalda hið síðarnefnda með hlutfalli vatnasviðanna. Ekki er þó allt það rennsli, sem þannig er reiknað, viðbót, þar eð innifalið í því er rennsli Sandár, sem þegar er komið með í Hvítá við Gullfoss. Til þess að fá viðbótina er hið reiknaða rennsli úr Sandvatni margfaldað með nýtingartölum, sem einnig verður að áætla. Tölur þessar eru hæstar vor og haust en lægstar um mitt sumar,þegar (núverandi) Sandá er vatnsmest. Ekki þótti ástæða til að fara að svo stöddu nákvæmar í sakirnar en að reikna mánaðameðaltal þessa viðbótarrennslis, þar eð mikil útjöfnun þess fæst í Hagavatni og Sandvatni, og svo er hitt, að hér er hvort sem er um áætlun að ræða.

Í þessarri áætlun um viðbótarrennsli úr Sandvatni getur vitanlega skeikað nokkru frá réttu lagi, þar sem bæði verður að áætla sjálft rennslið úr Sandvatni og það, hve mikill hluti þess er raunveruleg viðbót við Hvítá. Við teljum þó að hér hafi verið fremur farið varlega í sakirnar en hitt. Þess er og að gæta, að viðbótin úr Sandvatni er tiltölulega lítill hluti þess vatns, sem virkjunin nýtir, þannig að heildarniðurstöður breytast eigi stórvægilega þótt nokkur skekkja kunni að vera í áætluninni um þessa viðbót. Einnig þessa reikninga þarf að endurskoða þegar meira er vitað um rennsli Árbrandsár og Sandár.

2.2.2 Ferðamannarennsli um Gullfoss

Eins og kunnugt er er náttúrufegurð Gullfoss víðfræg og er fossinn því mikið sóttur heim af ferðamönnum yfir sumartímann. Í öllum umræðum á undanförnum árum um virkjun Gullfoss og fallsins í

Hvítá ofan hans og neðan, höfum við haldið fram því sjónarmiði að virkjuninni beri að haga svo, að náttúrufegurð Gullfoss og gildi hans fyrir ferðamenn rýrni eigi við virkjun. Í samræmi við þetta grundvallarsjónarmið var frá upphafi gert ráð fyrir að vatn rynni um Gullfoss að degi til yfir sumartímann, þegar helzt er von ferðamanna þangað. Þetta var ekki hugsað þannig að vatni væri hleypt á fossinn fyrir einstaka ferðamannahópa, stutta stund í einu, heldur var ætlazt til að ferðamaður, sem kemur að Gullfossi á sumardegi eftir virkjun, verði eigi var neinna breytinga á eða við fossinn frá því sem nú er.

Til þess að svo megi verða þarf að renna um fossinn eftir virkjun svipað vatn og nú fyrir virkjun að degi til yfir ferðamannatímann. Nú er rennsli Hvítár um Gullfoss að sumri til að sjálfsögðu allbreytilegt. Eftirfarandi tafla sýnir meðalrennsli einstakra sumarmánaða á tímabilinu 1/9´50 - 31/8 ´58:

Rennsli Hvítár um Gullfoss að sumri til.
Meðalrennsli mánaða, kl/s

	Mest	Meðaltal	Minnst
Júní	192	151	119
Júlí	202	149	109
Ágúst	226	129	86
September	157	102	79

Það var nokkurt álitamál hversu mikið vatn skyldi renna um fossinn vegna ferðamanna, og hversu lengi það skyldi renna á degi hverjum. Í slíkum efnum er fátt um fyrirmyndir. Við Niagarafossana á landamærum Bandaríkjanna og Kanada, þar sem líkt stendur á, er fastákveðið að um helmingur náttúrulegs rennslis skuli renna um fossana vegna ferðamanna, "meðan dagur er á lofti". Við Gullfoss eru aðstæður þær sem kunnugt er, að dagur er á lofti að heita má allan sólarhringinn fyrri hluta sumars. Á hinn bóginn koma langflestir ferðamenn að fossinum einhvern tíma á tímabilinu frá kl. 10-22, eða á 12 stunda tímabili. Var því gengið út frá 12 stunda rennsli á dag sem meginreglu, en jafnframt var athugað hvaða áhrif það hefði, ef rennslistíminn væri lengdur nokkuð, sbr. síðar. Ferðamannatíminn var talinn 1/6 - 15/9 ár hvert. Utan þess tíma var ekki gert ráð fyrir neinu ferðamannarennsli um Gullfoss.

Um sjálft rennslismagnið er það að segja, að eftir myndum af Gullfossi að dæma virðist hann fara að láta nokkuð á sjá ef rennslið fer undir 100 kl/s. Það liggur þó í hlutarins eðli, að hér er eigi um skörp mörk að ræða. Sem meginreglu var því gengið út frá 100 kl/s, en athugað var hver áhrif það hefði, ef rennslið væri aukið í 120 kl/s.

Forsendur þær um ferðamannarennsli um Gullfoss, sem gengið er út frá í orkumagnsathugununum, eru því þessar:

A. Sem meginforsendu er gengið út frá 100 kl/s 12 h á dag á tímabilinu 1/6 - 15/9. Utan þess tíma ekkert ferðamannarennsli. Sé eigi nægilegt rennsli í Hvítá til að anna þessu ásamt orkuvinnslunni viðkomandi dag, er það sem á vantar tekið úr geyminum í Hvítárvatni.

B. Athuguð voru einnig áhrif þess að ferðamannarennslið væri 120 kl/s í þann tíma dag hvern, sem sýnt er hér að neðan:

1/6 - 30/6	kl 07-01	morguninn eftir	= 18 h/d
1/7 - 15/8	kl 07-24		= 17 h/d
16/8 - 15/9	kl 07-22		= 15 h/d

Hér er einnig gert ráð fyrir, að tæmt sé úr geymi til að halda þessu rennsli, ef á þarf að halda.

C. Sama og B ef nægilegt rennsli er í ánni, svo að ekki þarf að tæma úr geymi. Þurfi þess, er rennslið um fossinn fyrst lækkað í allt að 100 kl/s í 12 h á dag, eins og í A.
Hins vegar gengur ferðamannarennslið fyrir fyllingu á geyminn.

Loks var til samanburðar athugað hvernig útkoman yrði, ef ekkert ferðamannarennsli væri um Gullfoss.

2.2.3 Álagsforsendur. - Samrekstur við stöðvar sem fyrir eru

Eins og þegar er á minnst er gert ráð fyrir 50 MW álagi frá stórum iðnaðarnotanda, jafnt allan ársins hring (100% ársálagsstuðull). Gert er ráð fyrir, að Tungufellsvirkjun ein sjái um þetta álag, en að aðrar stöðvar á kerfinu eigi þar engan hlut að.

Varðandi þau 50 MW sem eftir eru af afli virkjunarinnar, þá er gert ráð fyrir að þau vinni einungis raforku til "almennra" nota. Tekin eru til athugunar þrjú tilfelli með mismunandi mikilli almennri orkuvinnslu, eins og sýnt er í töflunni hér á eftir:

	I	II	III
Konstant orkuvinnsla, GWh	438	438	438
"Almenn" orkuvinnsla, GWh	305	362	412
Heildarorkuvinnsla, GWh	743	800	850
Ársálagsstuðull "alm." orkuvinnslu, %	70	83	94
Ársálagsstuðull stöðvar í heild, %	85	92	97

Gert er ráð fyrir sömu skiptingu hinnar "almennu" orkuvinnslu á daga ársins og almenna notkunin hefur sem heild. Fyrir þeirri skiptingu er gerð grein í skýrslu raforkumálastjórnarinnar "Orkumagn Hestvatnsvirkjunar og samrekstur rafstöðvanna á Suðvesturlandi" eftir Jakob Björnsson, dags. marz 1961.

Þessi síðasttalda forsenda þýðir, að um orkuvinnslu er Tungufellsvirkjunin látin sjá um sig sjálfa eingöngu. Það er hvorki gert ráð fyrir að rafstöðvar eða miðlunarlón annars staðar á kerfinu aðstoði hana, né heldur að hún aðstoði aðra hluta kerfisins, enda þótt hún sé að sjálfsögðu tengd við þá og starfi í samvinnu við þá. Hinar rafstöðvar kerfisins sjá þá fyrir notkun Áburðarverksmiðjunnar og fyrir þeim hluta hinnar almennu notkunar sem eftir er.

Ástæðan til þess að gengið var út frá þessarri forsendu í stað þess að athuga samrekstur allra stöðvanna, eins og gert var í Hestvatnsathugununinni, er fyrst og fremst sú, að Tungufellsvirkjun er það mikil viðbót við kerfið og hefur svo góða miðlunaraðstöðu, að lítt hugsanlegt er að hún byggi orkuvinnslu sína að marki á miðlun annars staðar í kerfinu, svo sem Hestvatnsvirkjunin varð að gera. Miklu fremur mætti reikna með að hún gæti hjálpað öðrum hlutum kerfisins. Slíkt kemur þó varla til greina svo að neinu nemi fyrr en allstór virkjun að mestu án miðlunarmannvirkja kemur til. Ef slík

virkjun yrði gerð eftir Tungufellsvirkjun þarf að gera sams konar samrekstrarathugun og gerð var í Hestvatnsáætluninni og lýst er í áðurnefndri greinargerð raforkumálastjórnarinnar.

Annað sem mælir með að hafa þennan hátt á er að rennslisupplýsingar um Hvítá við mynni Jökulfallsins svo og Árbrandsár skortir ennþá, og er því tæplega enn tímabært að fara mjög nákvæmlega í sakirnar. Hér var dagur notaður sem grundvallartímaeining í stað klukkustundar í Hestvatnsathuguninni.

2.2.4 Niðurstöður

2.2.4.1 Miðlunarþörf. Eftirfarandi tafla sýnir, hve stór miðlunargeymirinn í Hvítárvatni þarf að vera, í Gl, til þess að tryggja í þurru vatnsári, eins og 1950/51, orkuvinnslu skv. töflunum hér að framan, við mismunandi forsendur um ferðamannarennsli:

	Orkuvinnsluforsenda		
	I	II	III
Ferðamannarennsli	(743 GWh/a)	(800 GWh/a)	(850 GWh/a)
A (100 kl/s í 12 h/d)	462	608	801
B	620	.	.
C	462	.	.
Ekkert	440	579	706

Ekki þótti ástæða til að reikna miðlunarþörfina fyrir B og C við 800 og 850 GWh/a orkuvinnslu. B eykur miðlunarþörfina verulega þegar við 743 GWh/a og myndi gera það enn meir við 800 og 850 GWh/a. C eykur að vísu ekki miðlunarþörfina við 743 GWh/a og væntanlega heldur ekki að ráði við 800 GWh/a, en hins vegar örugglega við 850 GWh/a, því þá nær geymirinn ekki lágmarki fyrr en árið eftir (í apríl 1952 hefði stöðin verið komin í fulla orkuvinnslu þá).

Þessar niðurstöður eru einnig sýndar á línuriti (10. blað).

2.2.4.2 Vatnsjöfnuður. Eftirfarandi töflur sýna hvernig vatn það, er rennur um stíflu virkjunarinnar í vatnsári eins og 1950/51, er fengið og hversu það notast:

Forsenda A um ferðamannarennsli
(100 kl/s í 12 h/d 1/6 - 15/9)

	743 GWh/a		800 GWh/a		850 GWh/a	
Öflun vatnsins:	Gl	%	Gl	%	Gl	%
Náttúrulegt ársvatn Hvítár	2650	78,3	2650	74,2	2650	70,7
Úr Sandvatni	486	14,4	486	13,6	486	13,0
Netto-töppun úr Hvítárvatni	246	7,3	437	12,2	608	16,3
Samtals	3382	100,0	3573	100,0	3744	100,0
Notkun vatnsins:						
Konstant orkuvinnsla	1591	47,1	1591	44,7	1591	42,2
"Almenn" orkuvinnsla	1109	32,8	1316	36,7	1499	40,2
Orkuvinnsla samtals	2700	79,9	2907	81,4	3090	82,4
Ferðamenn	462	13,6	462	12,9	462	12,4
Tapað flóðvatn	220	6,5	204	5,7	192	5,2
Samtals	3382	100,0	3573	100,0	3744	100,0

Ekkert ferðamannarennsli

	743 GWh/a		800 GWh/a		850 GWh/a	
Öflun vatnsins:	Gl	%	Gl	%	Gl	%
Náttúrulegt rennsli Hvítár	2650	84,5	2650	84,1	2650	80,0
Úr Sandvatni	486	15,5	486	15,4	486	14,6
Netto-töppun úr Hvítárvatni	0	0	15	0,5	179	5,4
Samtals	3136	100,0	3151	100,0	3315	100,0
Notkun vatnsins:						
Konstant orkuvinnsla	1591	50,6	1591	50,7	1591	48,2
"Almenn" orkuvinnsla	1109	35,4	1316	41,6	1499	45,0
Orkuvinnsla samtals	2700	86,0	2907	92,3	3090	93,2
Ferðamenn	0	0	0	0	0	0
Tapað flóðvatn	436	14,0	244	7,7	225	6,8
Samtals	3136	100,0	3151	100,0	3315	100,0

2.2.5 Hvað niðurstöðurnar sýna

1. Eins og línuritið og töflurnar bera með sér eru áhrifin af ferðamannarennsli skv. forsendu A (100 kl/s 12 h/d 1/6 - 15/9) á stærð geymisins í Hvítárvatni ekki mjög mikil fyrr en orkuvinnslan er komin upp í 800-850 GWh/ári, en aukast ört úr því. Þetta á rót sína í því, að við svona mikla orkuvinnslu nær miðlunartímabilið yfir tvo vetur og sumarið á milli.
   Með forsendu B um ferðamannarennslið eru áhrifin meiri, en við teljum þá forsendu óþarflega stranga; fossinn heldur gildi sínu fullkomlega þótt eigi séu gerðar meiri kröfur en skv. forsendu A.

2. Meginárif ferðamannarennslisins eru þau, að netto-töppunin úr Hvítárvatni eykst, þ.e. að staða geymisins í lok vatnsársins (ágústlok) er lægri en vera myndi án þess. Í þessu er fólgin áhætta ef tvö slæm vatnsár skyldu koma í röð. Hins vegar er ástæða til að ætla, að líkurnar á tveim vatnsárum í röð jafnþurrum og 50/51, séu sáralitlar, svo að þessi áhætta er eigi stórvægileg. Í athugun þessarri var vatnsbúskapur geymisins rakinn áfram eftir lok vatnsársins 1950/51, til þess að ganga úr skugga um að hann fylltist aftur og að geymisþörfin yrði eigi enn meiri síðar. Fylling fékkst í síðasta lagi í marz 1953.

3. Athugunin bendir til að hægt sé að sameina virkjun Gullfoss því að varðveita náttúrufegurð hans yfir sumartímann án þess að til verulegs óhagræðis sé fyrir virkjunina. Þetta myndi annaðhvort krefjast nokkru hærri miðlunarstíflu í Hvítárvatn, eða þá að miðlunarstíflan er höfð sú sama en fórnað smávægilegum hluta af orkuvinnslugetu virkjunarinnar fyrir sumarrennslið um fossinn.

4. Töflurnar sýna, að enda þótt netto-töppun sé nokkur úr Hvítárvatni fer samt hluti vatnsins til spillis sem flóðvatn, jafnvel í þurru ári eins og 50/51. Þetta stafar af því, að miðlunaruppistaðan er staðsett alllangt frá virkjuninni og hefur því engin áhrif til miðlunar á rennslið af svæðinu þar á milli. Hér er því um óhjákvæmilegt tap að ræða.

3 VIRKJUNARTILHÖGUN, LÝSING MANNVIRKJA

3.01 Yfirlit (2. blað)

Gert er ráð fyrir að stífla Hvítá þar sem hún fellur í grunnum gljúfrum um 1000 m neðan við Búðarárós, en það er um 3 km ofan við Gullfoss. Farvegur Hvítár er þarna í 210 m hæð y.s. og verður krónuhæð stíflunnar í 244 m h.y.s., en hæð yfirfallsstíflu, sem gerð er í gömlum farvegi Hvítár vestar, verður 240 m y.s.

Með stíflum þeim, er hér eru ráðgerðar, fæst lón með ríflegu dægurmiðlunarrými.

Inntak verður við Hvítárstífluna og þaðan aðrennslisgöng suður eftir Tungufelli um 6030 m leið að sveiflusvelg, sem staðsettur verður ofan við Nautavík. Þaðan verða fallpípur að neðanjarðarorkuveri og frárennslisgöng 630 m löng og 120 m skurður út í Hvítá við Nautavík, en hún er tæpum 4 km neðan við Gullfoss.

Venjuleg vatnshæð er þar 114 m svo að með virkjun þessari fæst 126 m bruttófallhæð.

Gert er ráð fyrir að setja upp í orkuverinu 100 MW í fimm vélasamstæðum.

3.02 Stíflur

3.02.1 Yfirfallsstífla (3. blað)

Eins og áður gat um verður yfirfallsstífla úr steinsteypu gerð í gömlum farvegi Hvítár, sem er um 1500 m í NV frá aðalstíflustæðinu.

Stíflan verður þar á klöpp, sem þó er þarna talin hulin 1-3 m þykku sand- og malarlagi. Farvegurinn er ekki nægilega breiður fyrir yfirfallið, sem ráðgert er að verði 300 m langt. Verður því sprengdur farvegur að og frá yfirfallinu.

Með þessari lengd á yfirfalli má ætla að vatnsborðshæð hækki ekki yfir 3,5 m í mestu flóðum, sem vatnamælingadeild raforkumálastjóra hefir áætlað 4000 kl/s (1000 ára flóð).

Hér er rétt að minnast á það, að Tungufellsvirkjun verður ekki gerð nema að um leið verði framkvæmd stór miðlun í Hvítárvatni. Með henni miðlast allverulega rennsli Hvítár og Jökulfalls, sem við miðlunarstífluna við Hvítárvatn afvatna 1223 km^2 af 2000 km^2 vatnasviði Hvítár í virkjunarstaðnum. Að vísu er gert ráð fyrir að veita Árbrandsá um Sandá í Hvítá, en að sjálfsögðu verður með þeim virkjum séð fyrir flóðaafrennsli niður í Tungufljót eins og nú á sér stað.

Þegar þess er einnig gætt, að flóð í Hvítá getur ekki verið samfara norðanátt, en í þeirri átt stendur upp á stífluna frá stíflulóninu, hefir verið talið tryggt að áætla krónuhæð alstíflu virkjunarinnar 244 m eða aðeins 0,5 m yfir mesta áætlað flóðborð sbr. það er áður sagði.

Farvegur sá, sem tekur við vatni frá yfirfallsstíflunni, veitir því í Hvítá um 1,5 km neðan við Hvítárstífluna.

3.02.2 Aukastífla (3. blað)

Milli yfirfallsstíflu og Hvítárstíflu er annar gamall farvegur Hvítár og er það sund svo lágt, að þar þarf aukastíflu. Það verður alstífla. Sú stífla verður um 200 m löng og mesta hæð hennar verður um 4 m.

Ráðgert að hér verði jarðstífla með grjótvörn.

3.02.3 Hvítárstífla (3. blað)

Stífla verður gerð í Hvítá, eins og fyrr sagði, 1000 m neðan við Búðará. Það verður alstífla, en þó með botnrásargöngum.

Þau botnrásargöng eru gerð í því skyni að halda vatni frá meðan á stíflubyggingu stendur og jafnframt til þess, að vatni verði hægt að hleypa framhjá stíflunni í Gullfoss.

Stíflustæðið er talið gott og vísast um það til jarðfræðiyfirlits þess, sem þessari greinargerð fylgir, eftir Þorleif Einarsson, jarðfræðing.

Lengd stíflunnar verður um 400 m og mesta hæð hennar um 34 m.

Stíflan verður jarðstífla, með moldarkjarna, sem varin er sand- og malarsíum og grjóti í hliðarfláum.

Gerð stíflunnar er sniðin samkvæmt stíflupversniði er R. S. LaRusso mælti með að nota þarna.

Stíflukrónan verður 10 m breið og halli hliðarfláa grjótvarna eins vatns- og loftmegin 1 : 1,75.

Grjótið fæst í nægilegu magni úr sprengingum fyrir ýmsum mannvirkjum virkjunarinnar, jarðgöngum, inntaksskurðum o. fl.

Hliðarfláar kjarnans verða 0,33 : 1 og þykkt hans efst 4,5 m. Kjarninn verður úr fokmold, sem þarna er nærtæk og í nægilega miklu magni. Gert er ráð fyrir að dreifa fokmoldinni í 30 cm þykkum lögum og þjappa þau með kindafótavölturum.

Undir kjarnan verður klöppin þéttuð, bæði með flatarinnspýtingu og steinsteypulagi ofan á hana eftir því sem þurfa þykir. Jafnframt verður gerð djúpbergþétting undir stíflumiðjunni. Þessar botnþéttingar taka til þess svæðis, sem er undir kjarna og síum.

Sand og malarsíur verja kjarnan. Nægileg ársetlög eru í hinum gömlu farvegum Hvítár, er fyrr voru nefndir. Kornasamsetning þessa ársets hefir þó ekki enn verið rannsökuð.

Eins og áður gat um verða gerð botnrásargöng um 200 m löng í vinstri bakka árinnar í því skyni að halda vatni frá stíflugerðinni.

Verður sprengd opin renna í náttúrlega lægð, sem þarna verður í landslaginu. Sú renna verður einnig byrjun á inntaksskurði virkjunarinnar. Síðan verða gerð göng úr steinsteypu í rennuna, með þaki yfir.

Göngin sjást á 4. blaði. Þau eru 8 m breið og 8 m há. Hvelfingin yfir þau hefir 4 m geisla, þverskurðarflatarmálið er 57 m^2.

Hér fer á eftir tafla yfir mestu flóð, sem mælzt hafa við virkjunar-

staðinn síðan mælingar hófust, í mánuðunum apríl - des. (dags-meðalrennsli):

Apríl	770 kl/s	Sept.	202 kl/s
Maí	438 "	Okt.	298 "
Júní	326 "	Nóv.	341 "
Júlí	315 "	Des.	580 "
Ágúst	327 "		

Teljum við göng þessi fullnægjandi til þess að halda vatni frá stíflu-gerðinni, án þess að bráðabirgðastíflukostnaður verði úr hófi fram, sbr. einnig það er síðar segir um aðrennslisgöng virkjunarinnar.

Við efri enda ganganna verður fals fyrir varalokuplanka og einnig eru þeir falsar hugsaðir til þess að setja í þá grófristar síðar meir, því ráðgert er að stíflugerð lokinni að setja tappa neðst í göngin og koma þar fyrir lokum í því skyni að hleypa vatni niður farveginn til þess að Gullfoss fái sitt vatn um ferðamannatímann að sumri til. Lokarnir verða svonefndir "nálar"-lokar. Verður á þeim fjarstýring frá orkuverinu. Þeir verða tveir og er gert ráð fyrir, að þeir geti hleypt fram 150 kl/s við lægstu vatnsstöðu í inntakslóni.

Ofan við þessa loka verður komið fyrir vökvastýrðri töfluloku til vara.

Botnrásargöngin hafa jafnframt því hlutverki að gegna að skola út framburði frá inntaki virkjunarinnar.

3.03 Inntak

Inntaksskurður verður gerður inn í vinstri bakka árinnar, þvert á hann, því sem næst samsíða stífluásnum. Eins og fyrr sagði kemur sá skurður út úr botnrásarrennunni en verður þó talsvert grynnri, þannig að um 8 m hár stallur myndast þar. Dýpi á inntaksþröskuld verður við venjulegt vatnsborð 20 m , en við lægstu vatnsstöðu í inntakslóni 16 m.

Inntaksopið verður tvískipt, með lóðréttum stöpli í miðju; hvert op verður 10 m hátt og 6 m breitt, svo að ristarflötur verður 120 m^2 og inntakshraði í jarðgöngin um 0,87 m/s, því að mesta vatnsnotkun

er ráðgerð $5 \cdot 20,5 = 102,5$ kl/s.

Gert er ráð fyrir að nota sömu falsa fyrir ristar og varalokuplanka.

Inntakið er venjulegt og verður því ekki frekar lýst hér. Gert er ráð fyrir að ristar verði með útbúnaði til upphitunar. Lokan verður hjólloka. Gert verður hús yfir lokuvélar og loftháfur verður neðan við lokuna.

3.04 Aðgerðir vegna síðari stækkunar

Ofan við inntakið og samhliða inntaksskurðinum verður sprengd önnur renna, þar sem gera má nýtt inntak, verði virkjunin síðar stækkuð. Verður hún það víð, að nægja ætti stækkun upp í virkjun, er notaði ásamt þeirri, sem hér um ræðir, 280 kl/s.

Fyrir enda þessarar rennu eru steyptir hliðarveggir, miðstöpull og botn, svo að þar megi koma fyrir bogalokum þegar til framkvæmda kemur.

3.05 Jarðgöng, aðrennslisgöng

Aðrennslisgöngin verða 6030 m að lengd frá inntaki að sveiflusvelg, sem staðsettur verður í Tungufelli ofan við Nautavík og vestan Dimmugrófar, sem er misgengislægð, er liggur því sem næst í suður frá Gullfossi og þverar því göngin.

Í láréttri mynd verða þau með beygjum frá inntaki og við sveiflusvelg, en bein þar á milli.

Þverskurðarflatarmál ganganna, sem hér er gert ráð fyrir að verði fóðruð með steinsteypu, verður 37,5 m^2. Þau verða 6,4 m breið í botn og jafnhá með 3,2 m löngum geisla í hvelfingu.

Göngin fara inn með botnhæð 220 m y.s. og verða með jöfnum $3,55^{o}/oo$ halla að sveiflusvelgnum, en þar er botn þeirra í 198,6 m hæð y.s. Þau munu liggja í svonefndum Gullfossjarðlögum nema syðst, þar sem þau liggja í Brúarhlaðabrexíunni. Í Gullfossjarðlög-

unum skiptast á basaltlög og sandsteinslög, og verður ekki frekar um sagt hér, þar eð nákvæm vitneskja er ekki fyrir hendi um legu þeirra, enda hafa engar boranir farið fram.

Hér er um göng að ræða, sem eru 6 km löng og þægilegt er að gera hjálpargöng inn í til þess að stytta flutning á grjótinu. Höfum við gert ráð fyrir, að fyrstu aukagöngin verði við Illagil og þar gert ráð fyrir poka með útskolun til þess að hirða og skola burt framburð, er inn í göngin kann að berast. Þessi hjálpargöng geta einnig komið að notum sem varaframhjárennsli meðan á byggingu Hvítárstíflu stendur. Gert er ráð fyrir enn einum hjálpargöngum.

Í áætlun er gert ráð fyrir, að ekki þurfi að nokkru ráði að styrkja hvelfingu ganganna meðan á byggingu stendur.

3.06 Sveiflusvelgur (Fyrri tilhögun 7. blað. Síðari tilhögun 13. blað)

Eins og fyrr sagði er sveiflusvelgurinn, sá efri, staðsettur í Tungufelli ofan við Nautavík og vestan við Dimmugróf. Svelgurinn er $\emptyset$ 19,6 m víður hólkur, sprengdur upp úr fjallinu, fóðraður allur með steinsteypu. Tenging hans við aðrennslisgöngin er um þrengri háls. Hann er einnig steinsteypufóðraður. Sveiflan, sem vatnið getur tekið með þessu flatarmáli á svelgnum, $\emptyset$ 19,6 m eða 300 m^2, er svo há, að svelginn verður að framlengja upp úr berginu. Er sú framlenging hér ráðgerð sem stálbelgur, sem stendur í þéttirauf í stalli efst í steinsteypufóðri sprengda svelgsins.

3.07 Þrýstivatnspípur

3.07.1 Fyrri tilhögun, efri greining pípna (7. blað)

Vélasamstæður verða sem fyrr segir fimm. Er hér gert ráð fyrir að greina rennsli til þeirra við efri svelginn og leiða vatn til hverrar samstæðu fyrir sig með sérstakri pípu.

Undir svelgnum og frá honum eru aðrennslisgöngin greind í fimm göng, sem ráðgert er að stálfóðra með $\emptyset$ 265 cm víðum stálpípum,

en steinsteypt verður milli stálfóðurs og bergs. Greiningin er tekin út úr hálfhring og mynda greinarnar 45° horn á milli sín innbyrðis þar, en sveigjast síðan hver að annarri, nema sú í miðið, og verða samsíða er kemur að lokahúsi um 14 m sunnan við svelginn. Er þar 10 m fjarlægð á milli pípna frá miðju til miðju, en það er einmitt fjarlægð milli vélasamstæðu c/c í orkuveri.

Lokahúsið er sprengdur hellir í fjallinu, fóðraður með steinsteypu í hólf og gólf, 50,5 m á lengd, 7,5 m á breidd og 9 m hár. Loki er á hverri pípu Ø 265 cm. Eru það hraðlokar sjálflokandi. Í húsinu verður 12 tonna krani á rennibraut til að nota við uppsetningu á lokunum og til viðgerða á þeim.

5 m víð aðkeyrzlugöng verða að lokahúsinu, lengd þeirra verður um 170 m. Verður halli á þeim frá húsinu.

Fallpípurnar verða teknar með beygju, í lóðréttu plani, frá lokunum og síðan lóðrétt niður að annarri beygju, sem sveigir þær inn í orkuverið að öðrum lokum, sem þar eru ráðgerðir.

Fallpípurnar eru stálpípur í steypuhjúp, sem liggur milli bergs og þeirra í sprengdum göngum. Þær eru Ø 265 cm víðar.

Frá hverri fallpípu er loftháfur úr stáli; verða þeir leiddir upp um sérstök þar til gerð göng, lóðrétt upp úr miðju lokahúsinu, upp úr jörðu og upp fyrir efsta vatnsborð í sveiflusvelgnum. Ekki er gert ráð fyrir að fóðra þau göng, en þeim verður lokað efst og neðst, en mannop verða, svo að hægt sé að skoða göng og loftháfa.

3.07.2 Síðari tilhögun, neðri greining pípna (13. blað)

Hér er gert ráð fyrir lóðréttum fallgöngum, stálfóðruðum og greiningu inn á vélar að neðanverðu. Uppdrátturinn skýrir sig sjálfur.

3.08 Orkuver og frárennslisgöng (6. og 8. blað)

Orkuverið verður neðanjarðar. Gólf í vélasal er í 119,8 m hæð um 18 m sunnan við lokahúsið, sem fyrr var nefnt. Það liggur allt í svonefndri Brúarhlaðabrekksíu, en það er brúngrýti, palagonít, allfornt. Vísast um það til jarðfræðigreinargerðar.

Í orkuverinu verða fimm vélasamstæður á lóðréttum ás. Francis vatnshjól 28400 ha 375 sn/mín er nota 20,5 m^3/s og rafali samása

25 MVA; $\cos\varphi = 0,8$; 10,5 kV. Hér er gert ráð fyrir ϕ 190 cm hraðloka við hverja vatnsvél.

Sograsir vatnsvélanna eru stálfóðraðar að hluta, efst. Sograsirnar enda í sameiginlegum sveiflusvelg, sem er 435 m^2 að flatarmáli. Útbúnaður er til þess að loka megi sograsunum. Sveiflusvelgurinn er allhár, eða 22 m. Kemur það til af því, að neðanvatn virkjunarinnar er háð allmiklum sveiflum. Venjulegt vatnsborð er talið vera í 114 m hæð, en það lækkar í lágrennsli niður í 112,8 m og í mestu mældu flóðum hefir það orðið í 118,5 m hæð.

Frá sveiflusvelgnum, úr austurenda hans, verða frárennslisgöng, steinsteypufóðruð og jafnvíð aðrennslisgöngum og einslaga þeim, 37,5 m^2 að þverskurðarflatarmáli. Þau taka sveig strax við svelginn, en eru síðan bein út í Hvítá við Nautavík.

Loftháfur er frá svelgnum, beint upp á yfirborð. Samband milli svelgs og orkuvers er um göng í 123,8 m hæð. Þau göng verða jafnframt notuð til að taka inn nýtt loft handa orkuverinu.

Orkuverið er venjulegt, traditionelt. Verður rými fyrir aflvélar og þann búnað sem þeim fylgir, komið fyrir á þremur hæðum í aðalhúsinu. Utan við aflvélahlutann og í beinu framhaldi af honum, verður uppsetningarbás á efri hæð, en í kjallara þar undir verða geymslur og verkstæði. Gólf uppsetningarbássins verður lægra en gólf í vélasal, enda er gert ráð fyrir, að þar verði gert við spenna einnig. Annars verður þessi uppsetningarbás eins konar anddyri, sem komið er inn í í beinu framhaldi af aðkeyrslugöngunum.

Frá anddyrinu verður vélasalurinn á hægri hönd. Stjórnklefi beint fram og rými fyrir spenna og 10,5 kV virki á vinstri hönd. Kjallarar verða undir stjórnklefa og spenna- og 10,5 kV virkisrými.

Í spennarými eru skápar fyrir 6 spenna. Gert er ráð fyrir, að hinn sjöundi, þ.e. varaspennirinn, verði geymdur í afkima út úr aðkeyrslugöngum nálægt orkuverinu.

Orkuver, öll rými þar, aðkeyrslugöng og svelgur verða fóðruð með

steinsteypu í hólf og gólf.

Að öðru leyti vísast til uppdrátta.

3.09 Vélar og rafbúnaður stöðvar

3.09.1 Vatnsvélar

Eins og þegar er á minnst var stærð virkjunarinnar, 100 MW í ástimpluðu afli rafala, ákveðin af raforkumálastjórninni. Fjöldi véla var og ákveðinn í samráði við raforkumálastjórnina.

Helztu einkenni vatnsvélanna í stöðinni verða sem hér segir:

Fjöldi	5
Fyrirkomulag	Lóðréttur ás
Tegund	Francis
Nettofall, normalt	116 m
Ástimplað afl	28 400 hö
Nýtni við ástimplað afl	0,895
Vatnsnotkun við ástimplað afl og 116 m nettofall	20,5 kl/s
Snúningshraði	375 sn/mín

Gera má ráð fyrir að yfirlesta megi vatnsvélarnar nokkuð, væntanlega allt að 10%, ef um vélar frá reyndum og viðurkenndum framleiðendum er að ræða.

3.09.2 Rafalar

Helztu einkenni rafalana eru:

Ástimplað afl	25 MVA
Nýtni við ástimplað afl	0,96
Cos φ	0,8
Fasafjöldi	3
Tíðni	50 Hz
Spenna	10,5 kV
Snúningshraði	375 sn/mín
Fyrirkomulag	Lóðréttur ás

Með tilliti til þess að stöðinni er einnig ætlað að vinna raforku til almennra nota, og svo til þess að fara varlega í sakirnar, var gert ráð fyrir $\cos\varphi = 0,8$. Við viljum benda á, að vel kemur til mála að hanna rafalana fyrir hærri $\cos\varphi$, t.d. 0,9. En þá verður að sjá kerfinu fyrir nauðsynlegu launafli á annan hátt, og er það fyrst og fremst kostnaðaratriði hvað bezt er í því efni. Þetta þarf nánari athugunar við en hér er gerð.

Sjálfsagt er að hanna rafalana fyrir allháan kælivatnshita, t.d. 20°C. Með því að kaldara kælivatn mun auðfengið, fæst á þann hátt visst umframafl innbyggt í rafalana. Þá er þess að vænta að á tímum mesta álags megi reka rafalana með hærri $\cos\varphi$ en 0,8. Ætti þetta hvort tveggja að gefa nægilega yfirlestunarmöguleika á rafalana til að mæta því sem vatnsvélar geta gefið umfram ástimplun.

3.09.3 Tenging rafbúnaðar

Á uppdrætti á 11. blaði er sýnd einlínutengimynd stöðvarinnar. Svo sem sú mynd ber með sér eru safnteinar stöðvarinnar 10,5 kV megin, en orkan spennt upp í flutningsspennuna, 220 kV, í tveimur spennasamstæðum. Hver þeirra um sig er gerð úr 3 einfasa spennum, með einn til vara fyrir þær báðar.

10,5 kV tengivirkið er innanhúss. Það ásamt spennunum er í sérstöku rými við enda vélasalarins, svo sem áður var lýst.

Frá háspennuhlið spennanna liggja strengir eftir aðkeyrslugöngunum í útitengivirkið, sem með þessum hætti verður lítið og einfalt; einungis endarofar flutningsrásanna og tengirofi milli þeirra til þess að hægt sé að nota báðar spennasamstæðurnar þótt önnur rásin sé úti.

Þessi tenging á rafbúnaði stöðvarinnar, með safnteina 10,5 kV megin var valin fremur en "blokktengingin" (þar sem hver rafali er beint tengdur við sinn spenni, en safnteinar eru háspennumegin), vegna þess að

1. Hún er væntanlega ódýrari, sökum þess hve vélasamstæður eru margar í stöðinni.

2. Með þessum hætti getur mestallt tengivirkið verið innanhúss, sem ætti að veita aukið rekstraröryggi, einkanlega að vetri til.

Helzti galli þessarar tengingar, hátt skammhlaupsafl, ætti ekki að koma að sök hér vegna smæðar kerfisins.

3.09.4 10,5 kV tengivirki

Tengivirkið er með tvennum safnteinum, aðalteinum og hjálpar- eða varateinum. Má tengja þessa teina saman með sérstökum aflrofa.

Hver rafali er tengdur virkinu gegnum aflrofa og teinrofa. Eins og einlínutengimyndin sýnir má tengja framhjá aflrofanum og taka hann úr sambandi án þess að viðkomandi rafali stöðvist. Er þá teinatengirofinn notaður sem aflrofi fyrir rafalann á meðan.

Æskilegast hefði verið að hafa allt 10,5 kV tengivirkið innilukt í stálskápum, en framleiðandi (AEG) réði frá því og ráðlagði "opið" tengivirki.

Til mála hefði komið að nota eina safnteina, t.d skipt í tvo helminga með teinrofa á milli. Slíkt hefði sparað stofnkostnað, en gefið minna öryggi og minni sveigjanleika í rekstri. Með tilliti til mikilvægis stöðvarinnar þótti því rétt að gera ráð fyrir tvennum teinum.

3.09.5 Eiginnotkun stöðvar

Eiginnotkun stöðvar er tekin frá safnteinunum gegnum tvo 1 MVA spenna, 10,5/0,4 kV, sem vinna inn á 400 V tengivirki, innilukt í stálskápum. Auk þess er einn 0,5 MVA spennir, 10,5/11 kV, sem fæðir 11 kV línu að Hvítárstíflu.

Gert er ráð fyrir 500 kVA dísilsamstæðu til vara í orkuveri.

3.09.6 Spennar

Spennasamstæður eru tvær. Hvor um sig er 62,5 MVA að afli; gerð

úr 3 einfasa spennum, 20,83 MVA hver, $10,5/\frac{230}{\sqrt{3}}$ kV. Einn spennir er hafður til vara fyrir báðar samstæðurnar. Verða því alls 7 einfasa spennar.

Spennarnir, sem settir eru neðanjarðar, yrðu vatnskældir. Rétt er að hanna þá fyrir nokkru hærri kælivatnshita en búast má við í rekstri og fá þannig nokkurt afl umfram ástimplun, svarandi til þess sem fyrir er í vatnsvélum og rafölum.

3.09.7 Útitengivirki

Eins og fyrr segir eru safnteinar virkjunarinnar innanhúss, 10,5 kV megin. Í útivirki eru einungis aflrofar fyrir útfarandi flutningsrásir og tengirofi á milli þeirra, ásamt tilheyrandi teinrofum; ennfremur spennu- og straummælispennar, eldingavarar og loks tengiþéttar og sperrispólur fyrir burðartíðnisamband eftir háspennulínunni.

3.09.8 Stjórnklefi

Stjórnklefi virkjunarinnar er neðanjarðar, til hliðar við vélasal, svo sem sýnt er á uppdráttum. Í honum er komið fyrir stjórnpúlti ásamt töflum með mælum og liðum og öðrum nauðsynlegum búnaði. Þar er og endabúnaður fyrir burðartíðnisambandið eftir háspennulínunni.

3.10 Háspennulína

Gert er ráð fyrir tvírása 220 kV línu frá virkjuninni. Í kostnaðaráætlun er gert ráð fyrir, að línan sé byggð á stálmöstrum með sína rásina hvoru megin á mastrinu. Við höfum reiknað með að endastöð línunnar yrði í nágrenni Reykjavíkur. Lengd hennar, talin um Hellisheiði, er um 103 km.

Hver rás um sig getur flutt allt afl virkjunarinnar, en með verri nýtni.

Rétt er að taka fram, að orkuflutningurinn frá virkjuninni hefur enn einungis hlotið lauslega athugun. Vandkvæðalaust er að flytja allt afl virkjunarinnar um eina 220 kV rás. Vegna þess hve stöðin yrði stór hluti af heildarafli rafstöðva á Suðvesturlandi, höfum við þó gert ráð fyrir tveim rásum, af öryggisástæðum. Vel má vera að heppilegra þætti að byggja tvær einrása línur í stað einnar tvírása, enda þótt slík tilhögun yrði dýrari. Enginn samanburður hefur heldur verið gerður á mismunandi masturstegundum fyrir línu þessa í því skyni að ákveða heppilegustu hönnun hennar. Spennan, 220 kV, var valin með tilliti til þess, að ætla má að það verði í framtíðinni spennan á orkuflutningskerfinu frá stórvirkjununum á Suðvesturlandi. Vel kemur til mála að nota lægri spennu í fyrstu, en hækka hana síðar meir. Er það mál, sem nánari athugunar þarf við.

3.11 Viðtökubúnaður

Á einlínutengimyndinni er sýndur sá hluti rafbúnaðar í viðtökuenda línunnar, sem ætla má að yrði í eigu virkjunarinnar ef öll orka hennar væri seld stórum iðnaðarnotanda í heildsölu. Allur frekari rafbúnaður þar tilheyrði þá væntanlega viðkomandi verksmiðju. Nú er gert ráð fyrir að hluti orkunnar fari til almennra þarfa. Fer þá rafbúnaður í viðtökuenda eftir því, hversu tengingu línunnar við þær aðveitustöðvar hinnar almennu notkunar sem reistar munu verða í nágrenni bæjarins í framtíðinni, verður háttað, en um það er ekkert vitað sem stendur. Ætla má þó, að spenna á safnteinum þeirra stöðva verði einmitt 33 kV. Margt mælir því með að draga mörk þar sem einlínumyndin endar; telja þar orkuflutningi lokið, en láta allan frekari rafbúnað og kostnað við hann tilheyra orkudreifingunni. Þetta sjónarmið er lagt til grundvallar hér.

Í samræmi við það er rafbúnaður sá sem sýndur er í viðtökuenda línunnar að mestu hinn sami og 220 kV megin í orkuverinu. Hér er einnig gert ráð fyrir tveimur spennasamstæðum, er hver um sig inniheldur þrjá 20,83 MVA einfasa spenna. Munurinn er helzt sá, að umsetningshlutfall viðtökuspennanna er $\frac{200}{\sqrt{3}}/33$ kV, og að þeir eru með búnaði til sjálfvirkrar spennustillingar undir álagi.

3.12 Stöðvarvarðahús

Í áætluninni hefur verið gert ráð fyrir kostnaði vegna íbúða fyrir starfsmenn orkuversins, en uppdrættir hafa ekki verið af þeim gerðir.

3.13 Vegir

Ekki fer hjá því að vegi þurfi að gera, bæði á virkjunarstað, milli orkuvers og stíflu og eins af Hreppavegi að orkuverinu.
Kostnaður við þetta er tekinn með í áætluninni.

4 KOSTNAÐARÁÆTLUN

4.1 Inngangur

Kostnaðaráætlun, sem hér fer á eftir, er með sama sniði og fyrri áætlanir okkar, byggðar á reynslu okkar við margháttaða mannvirkjagerð annars vegar og þeim upplýsingum um verð á vélum og áhöldum, er okkur hefir tekizt að afla okkur á svo skömmum tíma, er við höfum haft til áætlunargerðarinnar. Ná þær upplýsingar til vatnsvéla og búnaðar þeirra, loka, rafala og rafbúnaðar. Upplýsingar þessar höfum við fengið frá þýzku firmunum B. Maier, Brackwede og Algemeine Elektrische Gesellschaft fyrir vinsamlega milligöngu umboðsmanna þeirra hér, Bræðranna Ormssona.

Að því er varðar lokubúnað við inntak, miðlunarstíflu við Hvítárvatn og nálaloka í botnrás við Hvítárstíflu liggja enn ekki fyrir upplýsingar um verð og höfum við áætlað það.

Um áætlun á kostnaði við vegagerð er stuðst við meðalverð vega og byggt þar á upplýsingum vegamálastjórnarinnar. Engar mælingar fyrir vegum hafa farið fram.

Áætlanirnar ná ekki til greiðslu kostnaðar vegna vatnsréttinda, landsspjalla eða annara skyldra hluta. Þær ná heldur ekki til mannvirkja í því skyni að veita Sandá og Árbrandsá í Hvítá, en ekki liggja enn fyrir landslagsuppdrættir, sem slíka áætlun mætti byggja á.

Að venju er í áætlununum bætt við liðum vegna ófyrirséðra hluta, umsjónarkostnaði og vaxtatapi á byggingatíma. Þessir liðir eru áætlaðir sem hundraðshlutar af kostnaði.

Vegna ófyrirséðra hluta er þetta 20% á byggingakostnaði, en 15% á vélum og rafbúnaði. Þykir sanngjarnt að hafa hærri hundraðshluta vegna byggingahlutans, þar sem fleira er þar ókunnugt og nokkur óvissa ríkir um ýmsar aðstæður vegna skorts á rannsóknum.

Vegna umsjónarkostnaðar er hundraðshlutinn 8 og vegna vaxtataps $9\frac{1}{2}$ og er þá gert ráð fyrir að mannvirkinu verði lokið á 3 árum.

Áætlun sú um byggingamannvirkin, er hér fer á eftir, er miðuð við gerð þeirra, að því er varðar stöðvarhúsvirkin, eins og hún er sýnd á uppdráttum nr. A-2262 til A-2265, 12. til 15. blað. Þar er gert ráð fyrir skiptingu þrýstivatnspípunnar að neðanverðu, en lokar upp við efri sveiflusvelginn eru engir.

Fer hér á eftir fyrst samantekin áætlun til yfirlits, en síðan sundurliðaðar áætlanir um hina ýmsu hluta mannvirkjanna.

Í samræmi við ósk raforkumálastjórnarinnar höfum við athugað hver myndi verða kostnaður virkjunarinnar, ef tollar og skyldur væru frá dregnar. Niðurstöður þess er að finna í inngangi.

Áætlun var einnig gerð um hina tilhögunina (uppdr. A-2246 - A-2248 og A-2242, 2., 6., 7. og 8. blað) með efri skiptingu pípunnar og lokum þar efra einnig. Þykir ekki ástæða til að taka hana upp hér, en nægja að segja frá niðurstöðutölum hennar. Hún reyndist kr. 12.500.000,- dýrari.

4.2 Kostnaðaryfirlit

4.2.1 Orkuver

4.2.1.1 Byggingarmannvirki

Stífla í Hvítá með botnrás	Kr.	71.458.000,-
Yfirfallsstífla og aukastífla	"	14.587.000,-
Inntak	"	15.140.000,-
Aðgerðir vegna síðari stækkunar	"	12.845.000,-
Aðrennslisgöng	"	196.336.000,-
Sveiflusvelgur	"	13.371.500,-
Þrýstivatnsgöng	"	15.475.000,-
Orkuver og neðri sveiflusvelgur	"	58.328.000,-
Frárennslisgöng	"	27.444,000,-
Útivirki og snyrting umhverfis	"	1.250.000,-
Starfsmannaíbúðir	"	3.300.000,-
Vegagerð	"	3.250.000,-
Innréttingar á vinnustað	"	7.500.000,-
Byggingarmannvirki beinn kostnaður	Kr.	440.258.500,-
Ófyrirséð, um 20%	"	87.741.500,-
Samtals	Kr.	528.000.000,-
Umsjónarkostnaður, um 8%	"	42.000.000,-
Samtals	Kr.	570.000.000,-
Vextir á byggingartíma, um 9,5%	"	54.000.000,-
Heildarkostnaður byggingarvirkja	Kr.	624.000.000,-

4.2.1.2 Vélar og rafbúnaður stöðvar

Vatnsvélar	Kr.	43.670.000,-
Krani o.fl.	"	17.500.000,-
Rafalar	"	53.850.000,-
Aðalspennar	"	20.800.000,-
220 kV búnaður	"	20.150.000,-
10,5 kV tengivirki	"	6.470.000,-
Annar rafbúnaður í stöð	"	14.050.000,-
Uppsetningarkostnaður	"	15.800.000,-
Vélar og rafbúnaður í stöð, beinn kostnaður	Kr.	192.290.000,-
Ófyrirséð, um 15%	"	28.710.000,-
Samtals	Kr.	221.000.000,-
Umsjónarkostnaður, um 8%	"	18.000.000,-
Samtals	Kr.	239.000.000,-
Vextir á byggingatíma, um 9,5%	"	23.000.000,-
Heildarkostnaður véla og rafbúnaðar í stöð	Kr.	262.000.000,-
Heildarkostnaður byggingarmannv.	Kr.	624.000.000,-
" " véla og rafb. í stöð	"	262.000.000,-
Heildarkostnaður orkuvers	Kr.	886.000.000,-

4.2.2 220 kV tvírása háspennulína Tungufell - Reykjavík (103 km)

Beinn kostnaður	Kr.	123.600.000,-
Ófyrirséð, um 15%	"	18.400.000,-
Samtals	Kr.	142.000.000,-
Umsjónarkostnaður, um 8%	"	11.000.000,-
Samtals	Kr.	153.000.000,-
Vextir á byggingartíma, um 9,5%	"	15.000.000,-
Heildarkostnaður háspennulínu	Kr.	168.000.000,-

4.2.3 Viðtökuspennistöð

Spennasamstæður		Kr.	24.470.000,-
220 kV rafbúnaður		"	16.770.000,-
Annar rafbúnaður		"	2.130.000,-
Uppsetningarkostnaður		"	3.000.000,-
Beinn kostnaður		Kr.	46.370.000,-
Ófyrirséð, um 15%		"	6.630.000,-
	Samtals	Kr.	53.000.000,-
Umsjónarkostnaður, um 8%		"	4.300.000,-
	Samtals	Kr.	57.300.000,-
Vextir á byggingartíma, um 9,5%		"	5.700.000,-
Heildarkostnaður viðtökuspennistöðvar		Kr.	63.000.000,-

Heildarkostnaður orkuvers		Kr.	886.000.000,-
" "	háspennulínu	"	168.000.000,-
" "	viðtökuspennistöðvar	"	63.000.000,-
Heildarkostnaður orkuvers og orkuflutningsbúnaðar		Kr.	1.117.000.000,-

4.3 Sundurliðuð kostnaðaráætlun

	Ein.	Ein. verð kr.	Magn	Verð kr.	Kr.
4.3.01 Hvítárstífla					
.01.1 Stífla					
Sprengingar	m^3	250	2.000	500.000.-	
Kjarni úr fokmold	m^3	70	92.000	6.440.000,-	
Sand- og malar - síur	m^3	175	29.000	5.075.000,-	
Grjót í fyllingu (fláa)	m^3	70	232.000	16.240.000,-	
Bergþétting:					
borun	m	570	7.500	4.275.000,-	
efja	m^3	4600	1.500	6.900.000,-	
Frekari frágangur á klöpp	l.s.			820.000,-	40.250.000,-
.01.2 Botnrás					
Sprengingar	m^3	125	19.400	2.425.000,-	
Steinsteypa	m^3	1100	5.550	6.105.000,-	
Steypustyrktarstál	t	13200	550	7.260.000,-	
Stálfóður í göng	t	35000	16	560.000,-	
2 nálarlokar og 2 rennilokar og krani í botnrásarhús	l.s.			7.300.000,-	
Plankaloka, gróf-rist og ýmis annar frágangur	l.s.			1.200.000,-	
Mótasmíði:					
hvelfd mót	m^2	420	2.700	1.134.000,-	
bein mót	m^2	260	2.400	624.000,-	26.608.000,-
.01.3 Bráðab.stíflur					
Stíflur og dælur	l.s.			4.600.000,-	4.600.000,-
Flyt:					71.458.000,-

	Ein.	Ein. verð kr.	Magn	Verð kr.	Kr.
Fl.:					71.458.000,-
4.3.02 Yfirfallsstífla					
Gröftur	m^3	25	25.000	625.000,-	
Sprengingar	m^3	150	15.500	2.325.000,-	
Steinsteypa	m^3	1100	6.450	7.095.000,-	
Mótasmíði	m^2	330	7.450	2.458.500,-	
Steypustyrktarstál	t	13200	75	990.000,-	
Steypuskila-þéttingar	m	1000	150	150.000,-	13.643.500,-
4.3.03 Aukastífla					
Gröftur	m^3	25	3.800	95,000,-	
Kjarni úr fokmold	m^3	70	3.250	227.500,-	
Sand- og malarsíur	m^3	175	1.000	175.000,-	
Grjót í fyllingu	m^3	70	3.000	210.000,-	
Slitlag	m^3	80	700	56.000,-	
Steypulag	m^2	120	1.500	180.000,-	943.500,-
4.3.04 Inntak					
Sprengingar	m^3	125	46.400	5.800,000,-	
Steinsteypa	m^3	1100	2.100	2.310.000,-	
Mótasmíði	m^2	260	2.700	702.000,-	
Steypustyrktarstál	t	13200	105	1.386.000,-	
Ristar	l.s.			1.500.000,-	
Inntaksloka	l.s.			1.750.000,-	
Ýmislegt	l.s.			166.000,-	
Varaloka	l.s.			1.500.000,-	15.114.000,-
Flyt:					101.159.000,-

	Ein.	Ein. verð kr.	Magn	Verð kr.	Kr.
Fl.:					101.159.000,-
4.3.05 Inntak v/ stækkunar					
Sprengingar	m^3	125	72.000	9.000.000,-	
Steinsteypa	m^3	1100	1.950	2.145.000,-	
Steypustyrktarstál	t	13200	90	1.188.000,-	
Mótasmíði	m^2	260	1.700	442.000,-	
Ýmislegt annað				70.000,-	12.845.000,-
4.3.06 Aðrennsl-isgöng					
Sprengingar í jarðgöngum	m^3	330	280.000	92.400.000,-	
Sprengingar í hjálpargöngum	m^3	330	8.000	2.640.000,-	
Steinsteypa	m^3	1300	59.700	77.610.000,-	
Mótasmíði	m^2	100	103.000	10.300.000,-	
Steypustyrktarstál	t	13200	480	6.336.000,-	
Loftræsting og dælur	l.s.			2.350.000,-	
Stál- og timbur-styrkingar	l.s.			4.700.000,-	196.336.000,-
4.3.07 Sveiflu-svelgur m. hjálpargöng.					
Sprengingar í svelg	m^3	330	12.600	4.158.000,-	
Sprengingar í hjálpargöngum	m^3	330	8.600	2.838.000,-	
Gröftur í hj. göngum	m^3	25	4.300	107.500,-	
Steinsteypa	m^3	1300	2.100	2.730.000,-	
Mótasmíði, hvelfd mót	m^2	420	2.600	1.092.000,-	
Steypustyrktarstál	t	13200	30	396.000,-	
Stálbelgur	t	35000	50	1.750.000,-	
Ýmislegt annað	l.s.			300.000,-	13.371.500,-
Flyt:					323.711.500,-

	Ein.	Ein. verð kr.	Magn	Verð kr.	Kr.
Fl.:					323.711.500,-
4.3.08 Fallpípur					
Sprengingar	m^3	400	5.000	2.000.000,-	
Steinsteypa	m^3	1300	1.750	2.275.000,-	
Stálpípur	t	35000	320	11.200.000,-	15.475.000,-
4.3.09 Orkuver m. aðkeyrslugöngum og svelg					
Sprengingar v/orkuvers	m^3	360	34.500	12.420.000,-	
Sprengingar v/aðkeyrsluganga	m^3	330	18.600	6.138.000,-	
Sprengingar v/aðkeyrsluskurðs	m^3	125	4.200	525.000,-	
Gröftur v/ " "	m^3	25	4.000	100.000,-	
Steinsteypa í orkuver og svelg	m^3	1250	8.300	10.375.000,-	
Steinsteypa í aðkeyrslugöng	m^3	1300	3.600	4.680.000,-	
Mótasmíði:					
hvelfd mót í orkuver og svelg	m^2	420	4.200	1.764.000,-	
bein mót í orkuver og svelg	m^2	260	9.500	2.470.000,-	
aðkeyrslugöng, venjul. mót	m^2	260	1.000	260.000,-	
aðkeyrslugöng, notkun stálmóta	m^2	100	6.600	660.000,-	
Steypustyrktarstál	t	13200	605	7.986.000,-	
Lagfæring á klöpp	l.s.			700.000,-	
Styrkingar úr stáli, dælun	l.s.			3.050.000,-	
Hiti og loftræsting	l.s.			3.500.000,-	
Loka í svelg með lyftiútbúnaði	l.s.			600.000,-	
Ýmislegt annað	l.s.			3.100.000,-	58.328.000,-
Flyt:					397.514.500,-

	Ein.	Ein. verð kr.	Magn	Verð kr.	Kr.
Fl.:					397.514.500,-
4.3.10 Frárennslisgöng					
Spreng. í göngum	m^3	330	25.500	8.415.000,-	
" í skurði	m^3	125	28.000	3.500.000,-	
Gröftur í skurði	m^3	25	5.000	125.000,-	
Steinsteypa	m^3	1300	10.700	13.910.000,-	
Mótasmíði	m^2	100	9.000	900.000,-	
Steypustyrktarstál	t	13200	45	594.000,-	27.444.000,-
4.3.11 Útivirki					
Undirstöður, ofaníburður o. fl.	l.s.			500.000,-	500.000,-
4.3.12 Umhverfi					
Snyrting	l.s.			750.000,-	750.000,-
4.3.13 Starfsm.-íbúðir					
Starfsmannahús	l.s.			3.300.000,-	3.300.000,-
4.3.14 Vegagerð					
Vegir á virkjunarstað og til sambands við Rvík	km	250000	13	3.250.000,-	3.250.000,-
4.3.15 Innréttingar á vinnustað					
Innrétt. á vinnustað	l.s.			7.500.000,-	7.500.000,-

Byggingarvirki, beinn kostnaður	Kr.	440.258.500,-
Ófyrirséð, um 20%	"	87.741.500,-
	Samtals Kr.	528.000.000,-
Umsjónarkostnaður, um 8%	"	42.000.000,-
	Samtals Kr.	570.000.000,-
Vextir á byggingartíma, um 9,5%	"	54.000.000,-
Byggingarvirki, kostnaður alls	Kr.	624.000.000,-

4.3.16 Vatnsvélar, kranar o.þ.h.

		Kr.	Kr.
.16.1	Fimm Francis-vatnsvélar með lóðréttum ás, hver um sig 28400 hö við 116 m nettofall, 375 sn/mín, ásamt snigilhúsum, hraðlokum, gangráðum og öðrum búnaði	43.670.000,-	
.16.2	Einn 65 tonna krani í vélasal með tilheyrandi	2.500.000,-	
.16.3	Ýmisl. búnaður, pípulagnir fyrir olíu og vatn; áhöld til uppsetningar á vélum og á verkstæði	15.000.000,-	61.170.000,-

4.3.17 Rafvélar og rafbúnaður í stöð

.17.01	Fimm rafalar með lóðréttum ás, hver 25 MVA 10,5 kV; cosφ=0,8, 50 Hz 375 sn/mín, ásamt segulmögnunarvélum, pendilrafala; kæli, kolsýruslökkvibúnaði, afsegulmögnunarbúnaði, gæzlubúnaði eftir venju og öðru tilh.	53.850.000,-	
.17.02	Koparleiðslur (teinar) frá rafölum að 10,5 kV tengivirki og frá því að spennum	1.300.000,-	
.17.03	10,5 kV tengivirki, með tvöföldum safnteinum, ásamt aflrofum, teinrofum, spennu- og straummælispennum og öðru tilheyr.	6.470.000,-	
.17.04	Rafbúnaður fyrir eiginnotkun stöðvar, þar á meðal 2 spennar 10,5/0,4 kV, 1 MVA hvor, með sjálfvirkri spennustillingu undir álagi; 1 spennir 10,5/11 kV, 0,5 MVA, einnig með sjálfvirkri spennustillingu undir álagi; 1 spennir 11/0,4 kV, 0,5 MVA, 1 spennir 400/32 V, 500 kVA, fyrir ristahitun; 400 V tengivirki fyrir eiginnotkun, í stálskápum	2.100.000,-	

		Kr.	Kr.
.17.05	11 kV háspennulína frá orkuveri að Hvítárstíflu	1.100.000,-	
.17.06	Stýri- og verndarbúnaður, þar á meðal búnaður í stjórnklefa; jarðtengivið-nám rafala; liðavörn fyrir rafala, stöðvarnotkun; aðal-spenna og háspennulínu, ásamt tilheyrandi stýri- og mælistrengjum og öðru tilh.	3.120.000,-	
.17.07	Vara- og dísilsamstæða, með 500 kVA rafala, 400/230 V, $\cos\varphi = 0,8$ og 16 strokka dísilmótor (V-laga), 640 hö, 1500 sn/mín, ásamt öllum nauðsynlegum búnaði og með húsi	3.400.000,-	
.17.08	Þrýstiloftsbúnaður, þ.e. þjappa, leiðslur, kútar o.þ.h., fyrir 10,5 og 220 kV rofa	480.000,-	
.17.09	Rafgeymar og hleðslutæki, ásamt tilheyrandi	500.000,-	
.17.10	Búnaður fyrir burðartíðni-samband eftir háspennu-línunni, þar á meðal sím-tæki, sendar, strengir, sperrispólur, tengiþéttar, tengitæki milli þéttis og strengs, og annar tilheyr-andi búnaður	1.050.000,-	
.17.11	Aðalspennasamstæður, hver 62,5 MVA, með 6 einfasa spennum. 20,8 MVA; $220 : \sqrt{3} + 5\%/10,5$ kV, ásamt kælum (olíu-vatns-kælar með þvingaðri hring-rás); olíukútum, gæzlu-búnaði og öðru tilheyrandi, svo og með 1 varaspenni	20.800.000,-	

		Kr.	Kr.
.17.12	220 kV búnaður, þar á meðal aflrofar, teinrofar; 2×500 m langar strengja-samstæður frá spennum í útivirki; spennu- og straummælispennar, eld-ingavarar; einangrar, vírar, klemmur og annað tilheyr-andi (undirstöður eru taldar með byggingarmann-virkjum)	20.150.000,-	
.17.13	Raflögn í stöðina og lýsing úti við	1.000.000,-	115.320.000,-
Vélar og rafbúnaður stöðvar samtals, óuppsett		Kr.	176.490.000,-
Uppsetningarkostnaður		"	15.800.000,-
Vélar og rafbúnaður, beinn kostnaður		Kr.	192.290.000,-
Ófyrirséð, um 15%		"	28.710.000,-
		Samtals Kr.	221.000.000,-
Umsjónarkostnaður, um 8%		"	18.000.000,-
		Samtals Kr.	239.000.000,-
Vextir á byggingartíma, um 9,5%		"	23.000.000,-
Heildarkostnaður véla og rafbúnaðar		Kr.	262.000.000,-

4.3.18 Háspennulína

Tvöföld (tvírása) háspennulína á stálmöstrum, 220 kV, frá orkuveri til viðtökustöðvar í nánd við Reykjavík. Lengd 103 km.

Beinn kostnaður

103 km á 1.200.000,- kr/km	Kr.	123.600.000,-
Ófyrirséð, um 15%	"	18.400.000,-
	Samtals Kr.	142.000.000,-
Umsjónarkostnaður, um 8%	"	11.000.000,-
	Samtals Kr.	153.000.000,-
Vextir á byggingartíma, um 9,5%	"	15.000.000,-
Heildarkostnaður háspennulínu	Kr.	168.000.000,-

4.3.19 Viðtökuspennistöð

.19.1	Tvær aðalspennasamstæður; hver 62,5 MVA, með 6 einfasa spennum 20,8 MVA; 220 : $\sqrt{3}$ ± 16%/33 kV, með sjálfvirkri spennustillingu undir álagi, ásamt kælum (olíu- vatnskælar, með þvingaðri hringrás), olíukútum, gæzlubúnaði og öðru tilheyrandi, svo og með 1 varaspenni	24.470.000,-
.19.2	220 kV búnaður í viðtökustöð, þar á meðal aflrofar; leinrofar; spennu- og straummælispennar, eldingavarar, einangrar, vírar, klemmur, stálbitar, undirstöður	16.770.000,-
.19.3	Stýri- og verndarbúnaður, þar á meðal búnaður í stjórnklefa; stýri- og mælistrengir og liðavörn fyrir spennasamstæðuna	700.000,-

		Kr.	Kr.
.19.4	Búnaður fyrir burðartíðni-samband um háspennulínuna (hinn sami og í orkuveri, sjá .17.10)	1.050.000,-	
.19.5	Þrýstiloftsbúnaður fyrir 220 kV rofana	380.000,-	43.370.000,-
Uppsetning			3.000.000,-
Beinn kostnaður viðtökuspennistöðvar		Kr.	46.370.000,-
Ófyrirséð, um 15%		"	6.630.000,-
		Samtals Kr.	53.000.000,-
Umsjónarkostnaður, um 8%		"	4.300.000,-
		Samtals Kr.	57.300.000,-
Vextir á byggingartíma, um 9,5%		"	5.700.000,-
Heildarkostnaður viðtökuspennistöðvar		Kr.	63.000.000,-

5 UNDIRBÚNINGSRANNSÓKNIR

5.1 Landmælingar

Af virkjunarsvæðinu sjálfu eru til uppdrættir í mælikvarða 1:2000 með 2 m hæðalínum. Uppdrættirnir eru að því leyti ófullkomnir, að þeir ná ekki til alls þess svæðis, sem fer undir vatn ofan við stíflurnar. Þyrfti því að bæta við þessa uppdrætti að þessu leyti. Eins þarf að mæla nánar ána um stíflustæðið og við útrás frárennslisganga. Hins vegar eru engir uppdrættir til af Sandvatni, Sandá og Árbrandsá, sem hægt væri að byggja á áætlanir um veitumannvirki, er veiti Árbrandsá um Sandvatn og Sandá í Hvítá, en fyrir því er gert ráð í áætlunargerð þessari. Þau mannvirki þarf þó ekki að framkvæma þegar í byrjun og ekki fyrr en orkuþörfin kallar til, en uppdrætti þessa þarf að gera og mun enda lokið við sjálfa mælinguna.

5.2 Jarðfræði

Á síðastliðnu sumri hefir Þorleifur Einarsson jarðfræðingur unnið að rannsóknum á virkjunarsvæðinu og hefir hann búið til skýrslu um þær og fylgja henni jarðfræðiuppdrættir. Vísast til þeirra gagna.

Jarðboranir hafa engar verið gerðar enn og verður slík könnun ekki gerð fyrr en á sumri komanda. Að vísu gefa Hvítárgljúfur ágætar upplýsingar um jarðlög á virkjunarsvæðinu, en þó eru jarðlög þar ekki svo regluleg, að komist verði hjá því að gera nokkrar borholur á jarðgangaleið og í stöðvarhússtæði til þess að kanna legu jarðlaganna og eiginleika þeirra.

Jafnframt þarf að gera boranir á stíflustæðunum og kanna þar eins og venja er til leka o. fl. Dýpi á klöpp í stíflustæðum yfirfallsstíflu og aukastíflu er ókannað.

5.3 Byggingaefni

Kanna þarf magn og eiginleika byggingaefnis til hlítar.

Nægilegt magn af hæfri fokmold, að því er talið er, er nærtækt.

Væntanlega er efni í steinsteypu og sand- og malarsíur í eldri farvegum Hvítár, vestan við stíflustæðið í henni, en þetta þarf að rannsaka nánar með sýnishornatökum.

Grjót í vörn á stíflurnar er sjálfsagt gott úr sprengingum jarðganga, en einnig það þarf að kanna.

5.4 Vatnafræði

Eins og sagt var hér að framan eru til rennslismælingar í Hvítá um 11 ára bil, en enn hefir ekki verið unnið úr 3 síðustu ára mælingum. Það þarf að sjálfsögðu að gera. Jafnframt þarf að fá nánari vitneskju um vatnsborðsbreytingar við útrás frárennslisganga við Nautavík, en nú er fyrir hendi. Er talið að sveiflur þar á vatnsborði hafi numið frá 112,78 m til 118,44 m eða alls 5,66 m mest síðan vatnsrennslismælingar hófust og eins er til sögn um enn meiri vatnsborðshæð, er átt hafi sér stað í kringum síðustu aldamót. Er rétt að athuga af hverju þessar miklu vatnsborðssveiflur kunni að stafa og kanna í því skyni farveg árinnar neðan við virkjunarsvæðið til þess að ganga úr skugga um, hvort ekki megi breyta honum þar til þess að draga úr vatnsborðshækkununum.

Þá þarf þegar í stað að hefja mælingar á rennsli Sandár og Árbrandsár svo að upplýsingar um það liggi fyrir, þegar að því kemur að mannvirki þarf að gera til að veita vatni þaðan yfir í Hvítá.

6 MIÐLUNARSTÍFLA VIÐ HVÍTÁRVATN

(Uppdrættir nr. A-2249, -2250, 1. og 2. blað)

6.1 Inngangur

Í sambandi við athuganir á virkjunum í Hvítá hafa verið gerðar áætlanir um miðlunarstíflur við Hvítárvatn í því skyni að miðla vatni Hvítár og Jökulfalls, en án þeirrar miðlunar verður ekki um hagkvæma stórvirkjun í Hvítá að ræða.

Á uppdráttum þeim, sem hér fylgja, er gert ráð fyrir yfirfalli í 431,0 m hæð yfir sjó eða um 11 m hækkun á vatnsborði Hvítárvatns. Gert er ráð fyrir að nýta 9 m vatnsborðsmun en það gefur 475 Gl miðlun, og að lægsta vatnsborð verði 422,0 m.

Með þeirri miðlun, sem samkvæmt kostnaðaráætlun okkar myndi kosta kr. 140.000.000.-, myndi orkuvinnslugeta Hvítárvirkjana aukast um allt að 1000 GWh á ári frá því, sem væri, ef um enga miðlun væri að ræða. Þetta er að vísu ekki nákvæm áætlun um orkuvinnslugetu, heldur gróf nálgun, en samkvæmt henni má ætla, að verð á miðluninni sé milli 1 og 2 aura á hverja unna kWh, og verður það að teljast mjög hagstætt verð.

Auk þess að gera áætlun um þessa stífluhæð höfum við gert áætlun um miðlunarstíflu með yfirfall í hæð 426, 435, 438 og 440.
Fæst með þessu allgott yfirlit yfir miðlunarkostnað í Hvítárvatni við mismikla hækkun þess, sbr. línurit um þetta efni er hér fylgir.

Það er álit okkar, að óumflýjanlegt sé að ráðast í miðlunarvirki við Hvítárvatn jafnhliða eða skömmu á eftir virkjunarframkvæmdum í Hvítá, annars staðar en við Hestvatn.

6.2 Lýsing stíflumannvirkja

Um jarðfræðilegt yfirlit vísast til skýrslu G. Kjartanssonar og Hauks Tómassonar jarðfræðinga.

Stíflan liggur eftir morenuhryggjum, en undir þeim er blágrýti. Í farvegi Jökulfalls er blágrýtið bert og í farvegi Hvítár er mjög grunnt á það, innan við 2 m. Loks er klöppin því sem næst ber í farvegi þeim, sem yfirfallsstíflan er ráðgerð í.
Klapparyfirborð er markað inn á uppdráttinn, 1. blað, þar sem vitað er um það samkvæmt borunum, sem gerðar hafa verið.

Gerðar hafa verið lekaprófanir í borholunum og sýndu þær, að morenurnar eru all þéttar eftir að komið er niður fyrir efsta veðraða lag þeirra, sem er þunnt, innan við 1-2 m. Reyndist leka-tala morenunnar 10^{-4} til 10^{-5} cm/s, og er það í samræmi við þær forsendur, sem gerðar voru við hönnun stíflunnar.

Klöppin undir morenunni hefir aftur á móti reynzt allmiklu lekari og vísast þar um til skýrslu Hauks Tómassonar jarðfræðings.

Enn verður að geta þess, að klöppin á yfirfallsstíflustæðinu er all-grópin og sundurlaus. Hún er um 9,6 m þykk. Efstu 2,2 m hennar eru mjög gropnir, en neðri hluti hennar all þéttur. Undir klöppinni reyndist völuberg.

Fyrir yfirfallsstíflunni og hliðarveggjum að yfirfallinu er grafið og sprengt niður í klöppina. Neðan við yfirfallið er gerð svunta til varnar botninum, en yfir það er gerð 4,2 m breið vegbrú, því að eins og síðar verður vikið að, tekst Kjalvegur af við miðlunargerð þessa og verður því að leggja hluta hans eftir stíflunni.

Stíflan er, að frátaldri yfirfallsstíflunni, sem að sjálfsögðu er úr steinsteypu, jarðstífla með síum og grjótvörð að venju, og er aðal-uppistaðan í henni morena, samþjöppuð með þyngstu gerð vibrations-þjappara. Er þessi stíflugerð valin í samráði við R.S.LaRusso verkfræðing hjá Harza. Sést gerð hennar á 2. blaði og er hún þar höfð mismunandi eftir því hvort stíflan stendur á morenu eða klöpp eins og í árfarvegunum. Vísast til þeirra mynda og verður stíflunni ekki frekar lýst hér, nema hvað gerð skal grein fyrir krónuhæð stíflunnar.

Samkvæmt greinargerð vatnamælingadeildar raforkumálastjóra er mesta flóð (1000 ára flóð) talið geta orðið 2000 kl/s. Með þeirri

lengd yfirfallsins, sem hér er ráðgerð, 200 m, myndi slíkt flóð hækka vatnsborð í lóninu upp í 433,8 m. Hér er ályktað út frá þeirri reynslu, að flóð getur aðeins komið í sunnanátt. Má því telja tryggt að hafa yfirhæð stíflukrónu yfir þetta vatnsborð 0,7 m, enda þótt aðdragandi vinds í norðanátt, en henni fylgir kuldi, sé 14 km. Nokkuð eykur það öryggi líka, að út um botnrásina mun hægt að láta renna um 300 kl/s að ótaldri hinni miklu vatnsborðsstækkun Hvítárvatns, sem draga myndi mikið úr flóðum.

Botnrás verður gerð í stífluna í farvegi Hvítár. Er hún í því skyni gerð að hleypa fram vatni eftir þörfum þegar miðla þarf vatni. Jafnframt kemur hún að góðum notum við smíði stíflunnar, sem göng fyrir vatn, sem hleypa þarf framhjá virkjunum.

Gerð botnrásarinnar sést á öðru blaði. Það verða steinsteypt göng og eru göngin tvenn. Er þá hægt að hleypa vatni niður um stífluna í gegnum önnur göngin þó að viðgerð þurfi að fara fram í hinum. Hluti ganganna, næst lokunum verður stálfóðraður. Lokurnar verða geiralokur, en auk þess verða falsar fyrir varalokuplanka ofan við lokurnar og við inntak og neðri enda ganganna.

Göngin verða í byrjun gerð það löng, að þau nægi við þá mestu hækkun stíflunnar, sem við teljum til greina koma.

Yfir lokunum verður lokuhús, einangrað og upphitað.

Í því skyni að tryggja öruggan og hagkvæman rekstur miðlunarinnar teljum við óhjákvæmilegt að vörður verði að staðaldri á staðnum. Verði að sjálfsögðu síma og/eða radiosamband milli staðarins og virkjananna neðar við ána. Þessa vegna höfum við í kostnaðaráætlun gert ráð fyrir þeim kostnaði, er íbúðarhús miðlunarvarðar muni nema. Raforka verður einnig að vera fyrir hendi. Verður það í byrjun leyst á hagkvæmasta hátt með tveimur smáum dísilsamstæðum, þar af annari til vara.

Eins og áður var á minnst rofnar Kjalvegur við uppistöðugerðina. Er hér gert ráð fyrir að vegur verði á stíflukrónunni, en þá þarf að brúa Jökulfallið og leggja veg að þeirri brú og frá henni til sambands við Kjalveg norðar. Í kostnaðaráætlun er tekið tillit til þessa.

Eins er í áætluninni sérstakur liður fyrir grjótvörn á morenuásana norðan við og samhliða stíflunni. Að vísu er nokkurt grjót í morenunni, en ekki er víst að það verði nægilegt til landvarnar jafnharðan og vatnið brýtur ásana niður, er það tekur að mynda nýja strandlínu.

Aftur á móti tekur kostnaðaráætlunin ekki til kostnaðar skaðabóta vegna landsspjalla eða vatnsréttinda, en sem kunnugt er eyðilegst með uppistöðugerðinni aðal afréttarland Biskupstungnamanna.
Auk þess mun sæluhús Ferðafélags Íslands verða að flytjast.

6.3 Kostnaðaráætlun

Miðlunarstífla við Hvítárvatn

Yfirfallshæð 431 m y.s. Nothæf miðlun 475 Gl

Jarðstíflur	Ein.	Ein. verð kr.	Magn	Verð kr.	Kr.
Gröftur	m^3	40	77.500	3.100.000.-	
Fylling: morena	m^3	80	203.000	16.240.000.-	
Sand- og malarsíur	m^3	175	53.300	9.327.000.-	
Grjót í fláavörn	m^3	175	36.000	6.300.000.-	
Steinsteypulag ofan á klöpp í farvegum	l.s.			3.300.000.-	38.267.000.-
Yfirfallsstífla					
Gröftur	m^3	25	20.000	500.000.-	
Sprengingar	m^3	150	7.500	1.125.000.-	
Steinsteypa	m^3	1100	12.100	13.310.000.-	
Mótasmíði, hvelfd	m^2	420	1.800	756.000.-	
" bein	m^2	260	4.400	1.144.000.-	
Steypustyrktarstál	t	13200	95	1.254.000.-	
Steinsteypa í brú	m^3	1200	550	660.000.-	
Mótasmíði í brú	m^2	260	2.150	559.000.-	
Steypustyrktarstál í brú	t	13200	80	1.056.000.-	
Frágangur, handrið, niðurföll, málning o.fl.	l.s.			500.000.-	
Steypuskilaþéttingar	m	1000	220	220.000.-	
Bergþéttingar, borun og sementsefja	m	1700	1.300	2.210.000.-	23.294.000.-
Flyt:					61.561.000.-

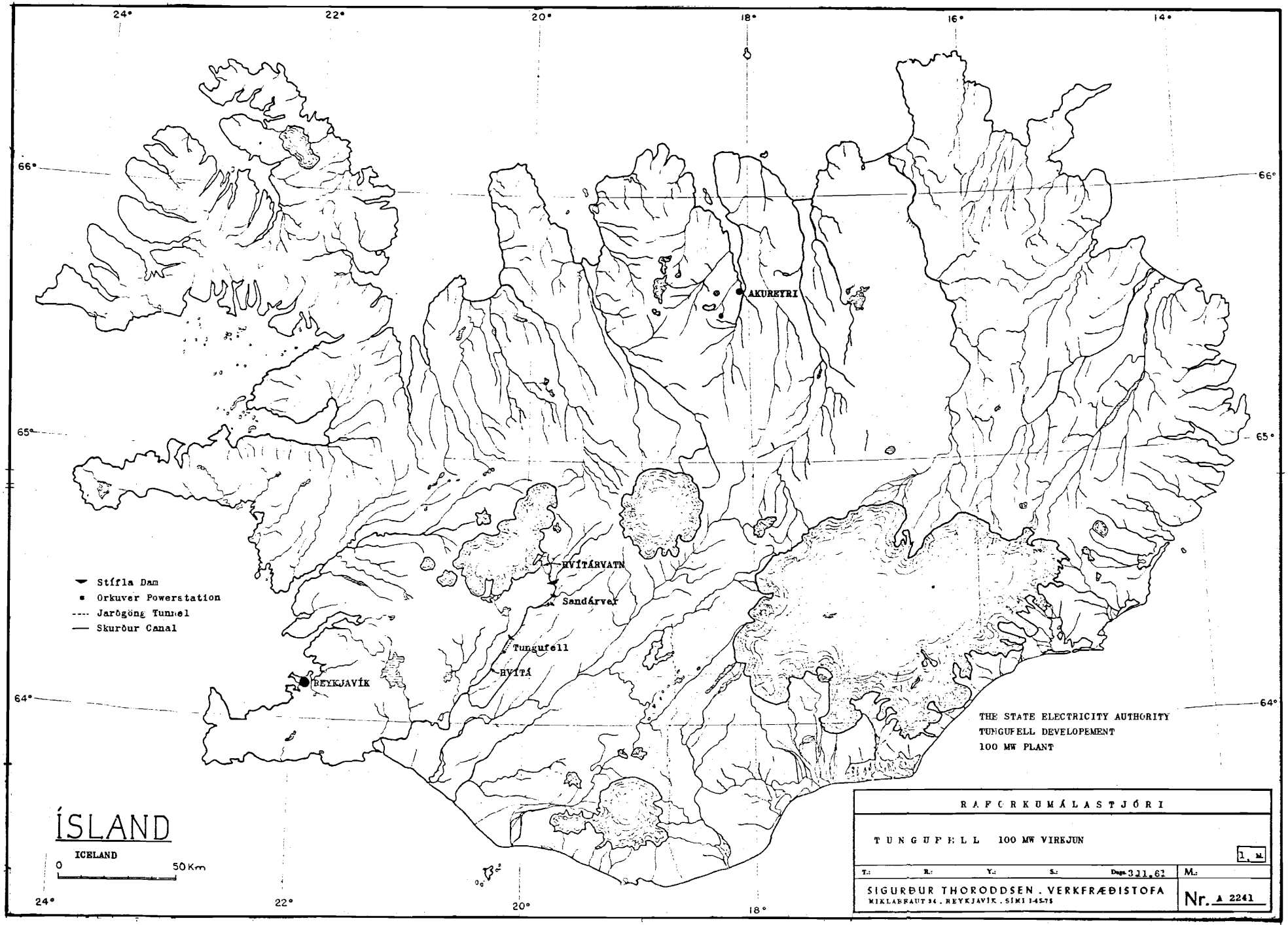
	Ein.	Ein. verð kr.	Magn	Verð kr.	Kr.
Botnrás Fl.:			:		61.561.000.-
Sprenging	m^3	150	3.700	555.000.-	
Steinsteypa	m^3	1100	6.900	7.509.000.-	
Mótasmíði, hvelfd	m^2	420	2.900	1.218.000.-	
" bein	m^2	260	4.800	1.248.000.-	
Steypustyrktarstál	t	13200	690	9.108.000.-	
Stálfóðring	t	25000	38	950.000.-	
Steypuskilaþéttingar	m	1000	280	280.000.-	
Lokur, geiralokur 2 stk. þar með 2 stk. 30 kW dísilsamst.	l.s.			1.800.000.-	
Innrétting og frágangur á lokuhúsi o. fl.	l.s.			500.000.-	
Dýpkun farvegs neðan við botnrás	m^3	40	5.000	200.000.-	23.366.000.-
Bráðabirgðastíflur og dælun					
Bráðabirgðastíflur og dælur í Hvítá				5.000.000.-	
Bráðabirgðastíflur í Jökulfall				2.000.000.-	7.000.000.-
Vegabætur, lausleg áætlun					
Brú á Jökulfall vegna Kjalvegar, sem breytist og 10 km langur vegur að og frá henni	l.s.			6.000.000.-	6.000.000.-
Starfsmannahús					
Íveruhús f. gæzlum.	l.s.			1.650.000.-	1.650.000.-
Innréttingar á vinnustað	l.s.			4.000.000.-	4.000.000.-
			Beinn kostnaður		103.579.000.-
			Ófyrirséð um 15%		15.421.000.-
				Samtals	119.000.000.-
			Umsjónarkostnaður 8%		9.500.000.-
					128.500.000.-
			Vextir á byggingatíma 9%		11.500.000.-
				Kostnaður alls Kr.	140.000.000.-

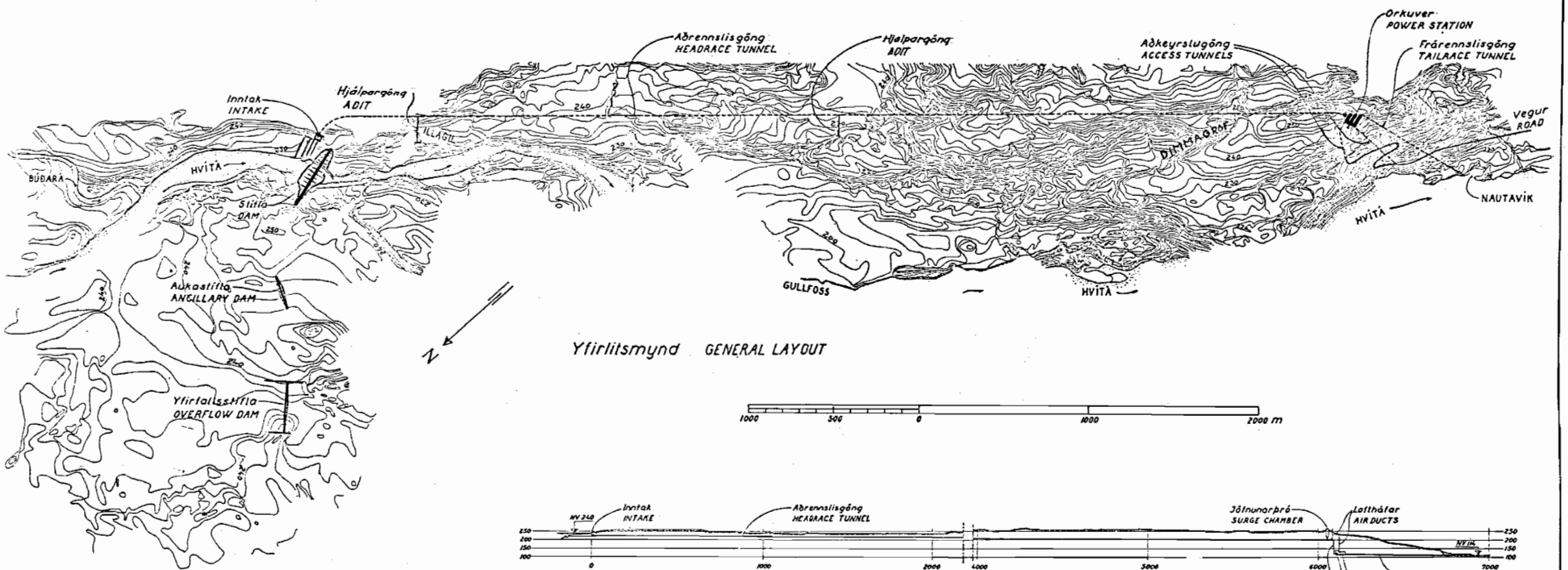
6.4 Undirbúningsrannsóknir

Uppdrættir af stíflustæðinu eru fyrir hendi í mælikvarða 1 : 5000 með 2 1/2 m hæðalínum. Má það telja fullnægjandi, eins og landslagi er þarna háttað.

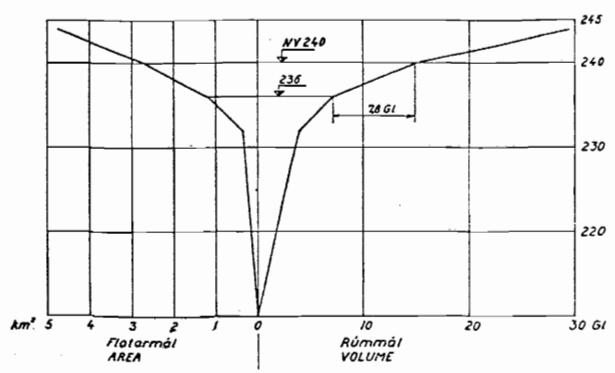
Fram hafa farið boranir á stíflustæðinu og verður gerð skýrsla þar um innan tíðar. Okkur hafa verið gefnar munnlegar upplýsingar um árangur af borununum og lekaprófunum, sem þar hafa verið gerðar. Hefir Haukur Tómasson jarðfræðingur látið okkur fylgjast með þessum rannsóknum jafnóðum og þær hafa verið framkvæmdar.

Þá hafa verið tekin sýnishorn af morenunni á stíflustæðinu og eiginleikar þeirra rannsakaðir. Þær rannsóknir þarf þó að gera víðtækari, en telja má að þessar rannsóknir sem nú hafa verið nefndar séu fullnægjandi til þess að unnt sé að ganga frá endanlegri hönnun stíflunnar.


24°
22°
20°
18°
16°
14°
66°
65°
64°
AKUREYRI
HVÍTÁRVATN
Sandárver
Tungufell
HVÍTÁ
REYKJAVÍK
Stífla Dam
Orkuver Powerstation
Jarðgöng Tunnel
Skurður Canal
ÍSLAND
ICELAND
0
50 Km
THE STATE ELECTRICITY AUTHORITY
TUNGUFELL DEVELOPEMENT
100 MW PLANT
RAFORKUMÁLASTJÓRI
TUNGUFELL 100 MW VIRKJUN
1. M.
T.: R.: V.: S.: Dags. 3.11.62
M.:
SIGURÐUR THORODDSEN . VERKFRÆÐISTOFA
MIKLABRAUT 34 . REYKJAVÍK . SÍMI 14575
Nr. A 2241



Lausleg áætlun um lónrými
APPROX. VOLUME OF PONDAGE



5 Vélar. Hver: 5 UNITS. EACH:

Túrbína:	Nettófall	116 m	NET HEAD
TURBINE	Virkjað rennsli	20,5 kl/s	FLOW
	Afl	28400 hö. HP	POWER
	Snúningshraði	375 sn/min. R.P.M.	SPEED
Rafall:	Afl	25 MVA	POWER
GENERATOR	cos φ	0,8	p.f.
	Spenna	10,5 kV	VOLTAGE
	Snúningshraði	375 sn/min. R.P.M.	SPEED

Hæðatölur eru í metrum.
ELEVATIONS IN METERS.

THE STATE ELECTRICITY AUTHORITY

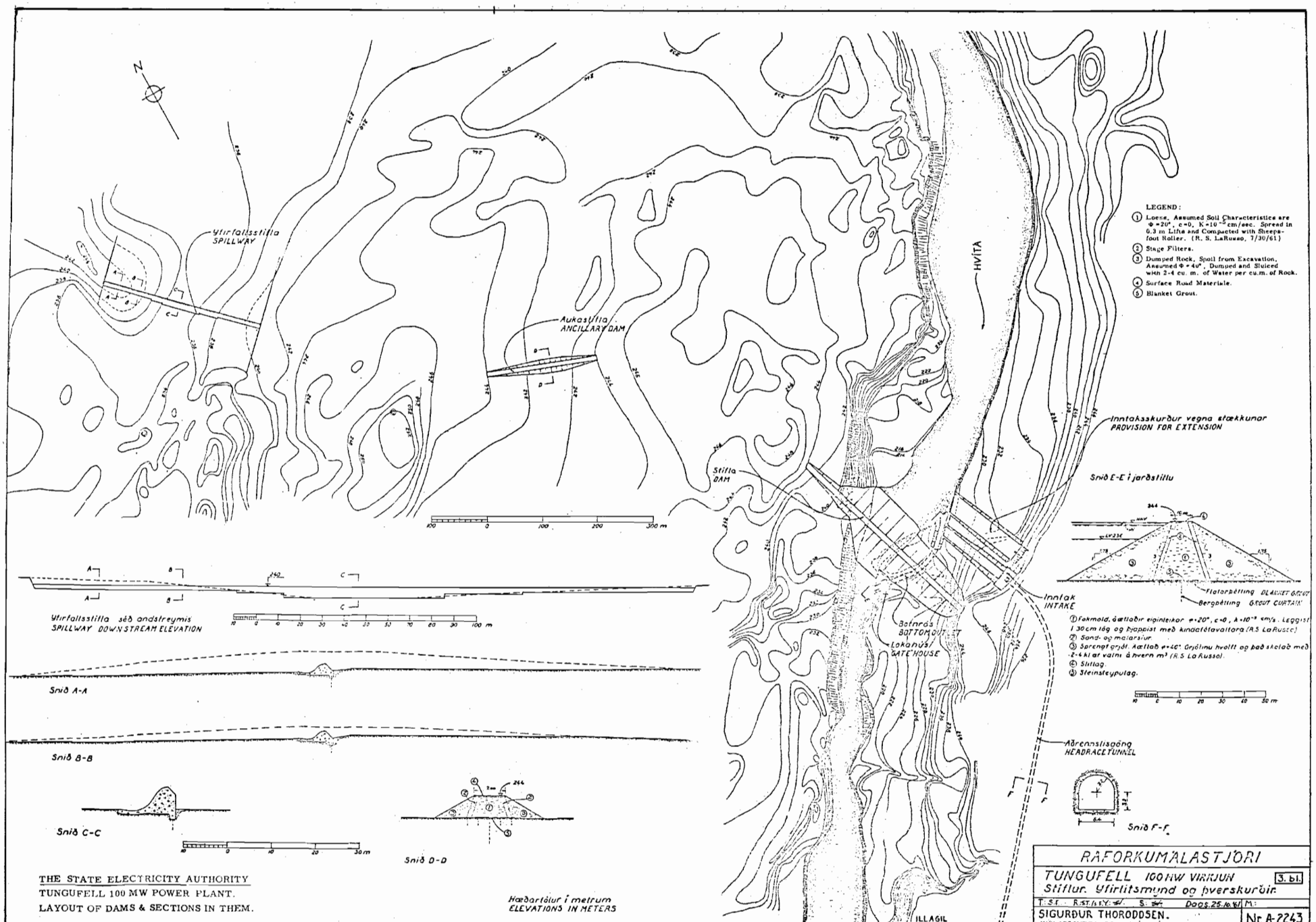
TUNGUFELL 100 MW POWER PLANT.
GENERAL LAYCUT.

RAFORKUMÁLASTJÓRI

TUNGUFELL 100 MW VIRKJUN
Yfirlitsmynd 2. bl

T.: S.F. R.: ST./S.F. Y: S: Dags. 24.10.'61

SIGURÐUR THORODDSEN. VERKFRÆÐISTOFA Nr. A-2242



LEGEND:

1. Loess. Assumed Soil Characteristics are $\Phi = 20°$, $c = 0$, $K = 10^{-5}$ cm/sec. Spread in 0.3 m Lifts and Compacted with Sheepsfoot Roller. (R. S. LaRusso, 7/30/61)
2. Stage Filters.
3. Dumped Rock, Spoil from Excavation. Assumed $\Phi = 40°$, Dumped and Sluiced with 2-4 cu. m. of Water per cu.m. of Rock.
4. Surface Road Materials.
5. Blanket Grout.

1. Fokmold, áætlaðir eiginleikar $\Phi = 20°$, $c = 0$, $K = 10^{-5}$ cm/s. Leggist í 30 cm lög og þjappist með kindatétavaltara (R.S. LaRusso)
2. Sand- og malarsíur.
3. Sprengt grjót. Áætlað $\Phi = 40°$. Grjótinu hvolft og það skolað með 2-4 kl af vatni á hvern m³ (R.S. LaRusso).
4. Slitlag.
5. Steinsteypuþil.

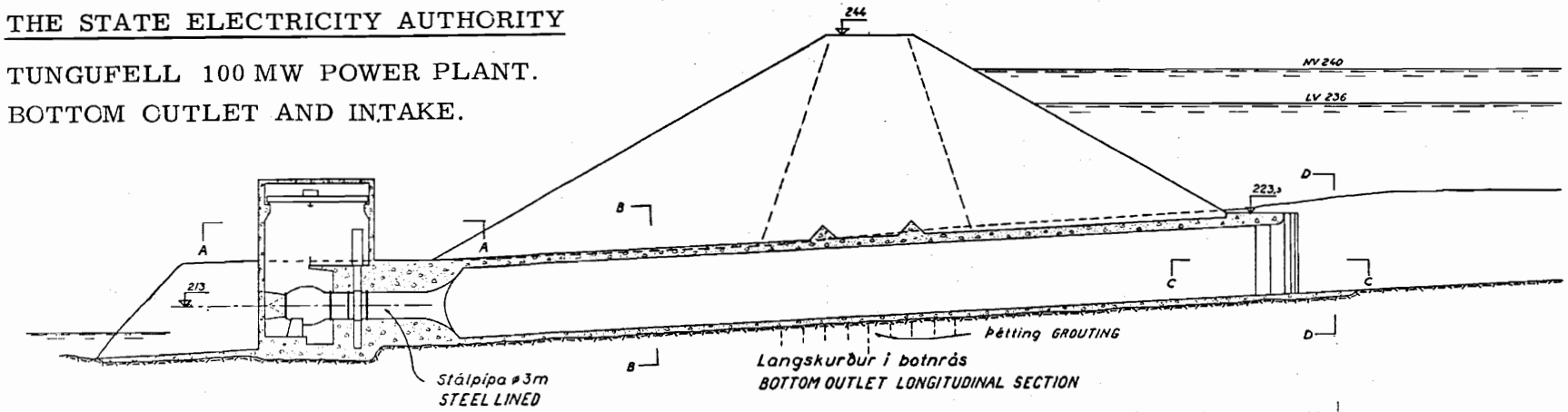
THE STATE ELECTRICITY AUTHORITY
TUNGUFELL 100 MW POWER PLANT.
LAYOUT OF DAMS & SECTIONS IN THEM.

Hæðartölur í metrum
ELEVATIONS IN METERS

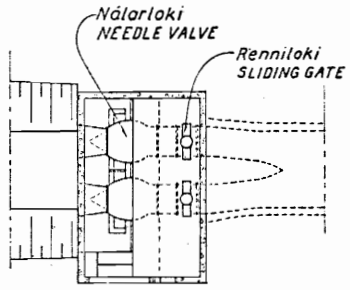
RAFORKUMÁLASTJÓRI
TUNGUFELL 100 MW VIRKJUN 3. bl.
Stíflur. Yfirfallsmund og þverskurðir.
T.S.F. R.ST./S.E.Y. S: Dags. 25.10.61 M:
SIGURÐUR THORODDSEN.
VERKFRÆÐINGUR. REYKJAVÍK. SÍMI 1-45-75
Nr. A-2243

THE STATE ELECTRICITY AUTHORITY

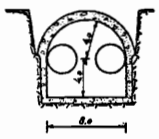
TUNGUFELL 100 MW POWER PLANT.
BOTTOM OUTLET AND INTAKE.



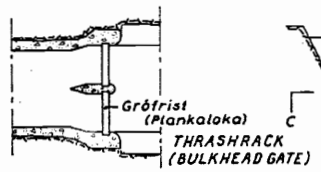
Langskurður í botnrás
BOTTOM OUTLET LONGITUDINAL SECTION



Snið A-A

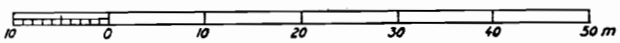


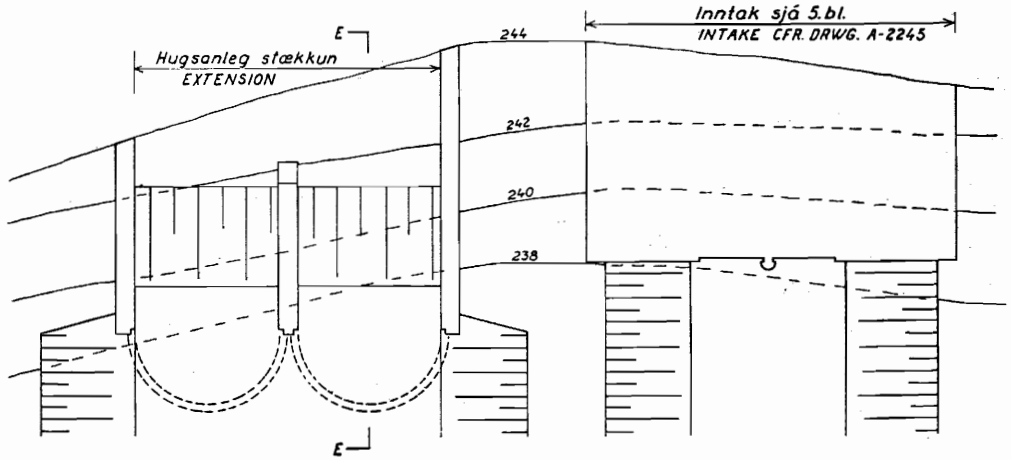
Snið B-B



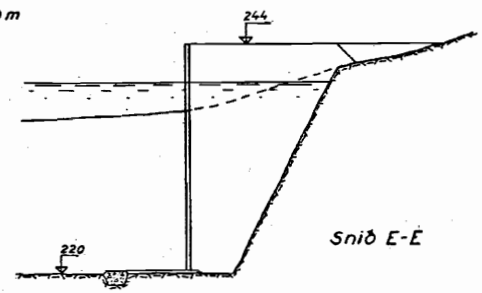
Snið C-C

Snið D-D





Grunnmynd af inntaki PLAN OF INTAKE AND PROVISION FOR EXTENSION



Snið E-E

RAFORKUMÁLASTJÓRI

TUNGUFELL 100 MW VIRKJUN
Botnrás og inntak

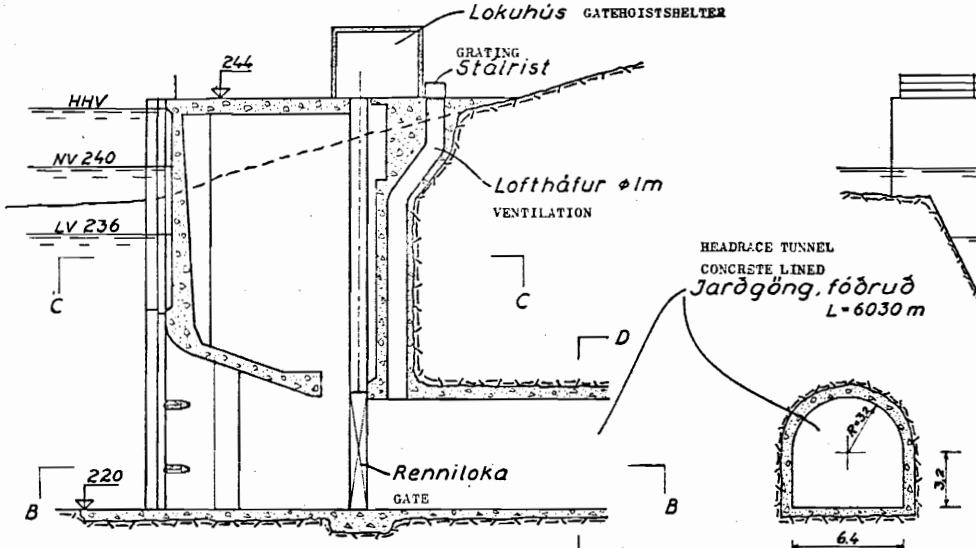
4. bl.

T.: S.F. R.: Y.: S.T. S.: Dags. 24.10.'61

SIGURÐUR THORODDSEN. VERKFRÆÐISTOFA

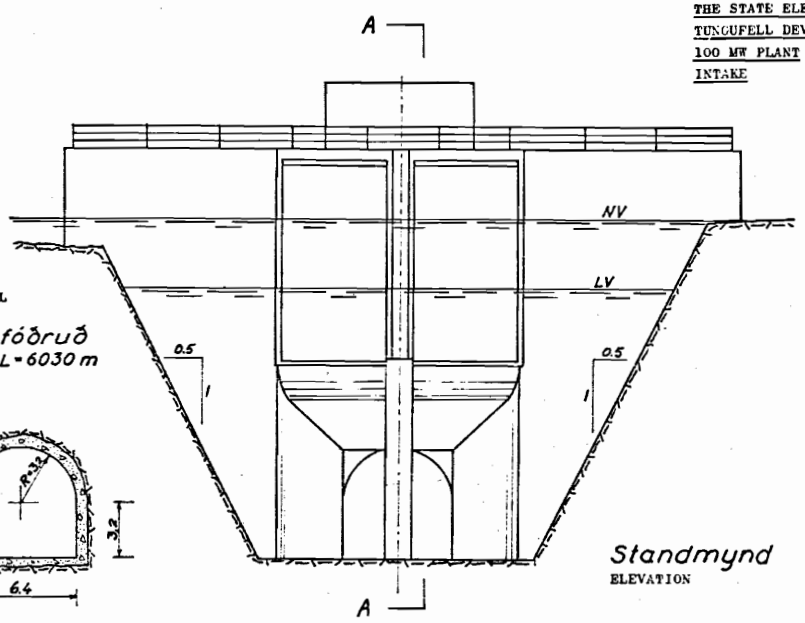
Nr. A-2244

THE STATE ELECTRICITY AUTHORITY
TUNGUFELL DEVELOPEMENT
100 MW PLANT
INTAKE

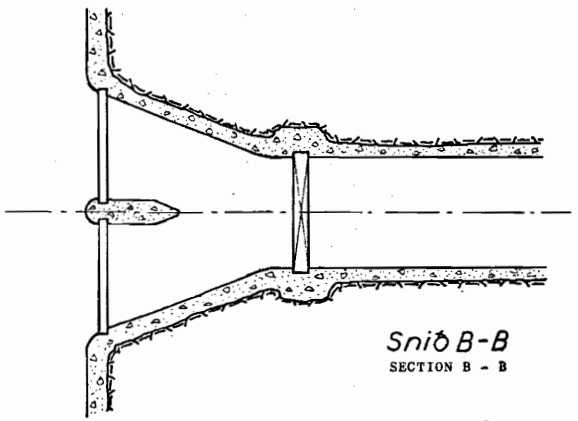


Snið A-A
SECTION A - A

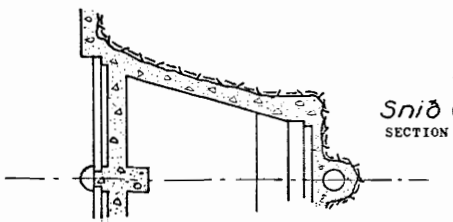
Snið D-D
SECTION D - D



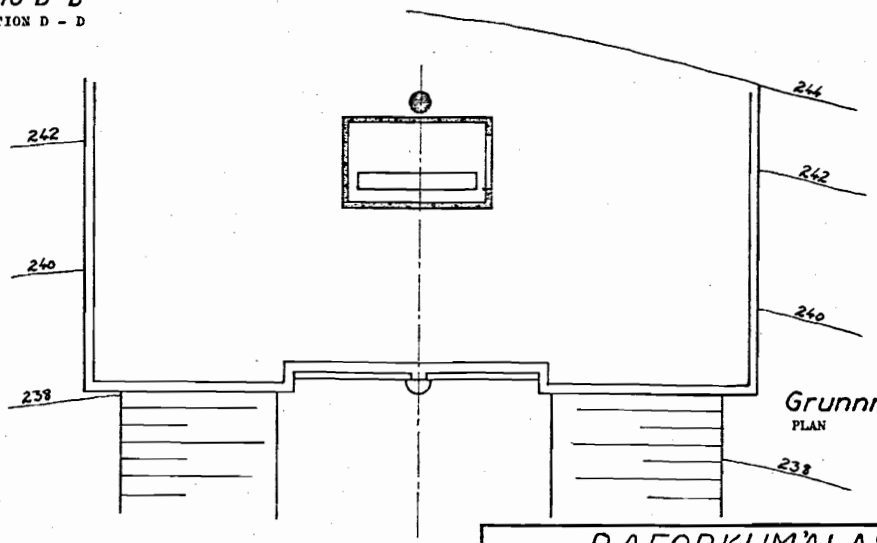
Standmynd
ELEVATION



Snið B-B
SECTION B - B

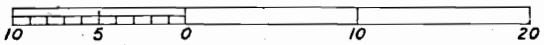


Snið C-C
SECTION C - C



Grunnmynd
PLAN

ELEVATION IN METRES



Breytt:	Breytt:	Breytt:

RAFORKUMÁLASTJÓRI

TUNGUFELL 100 MW VIRKJUN

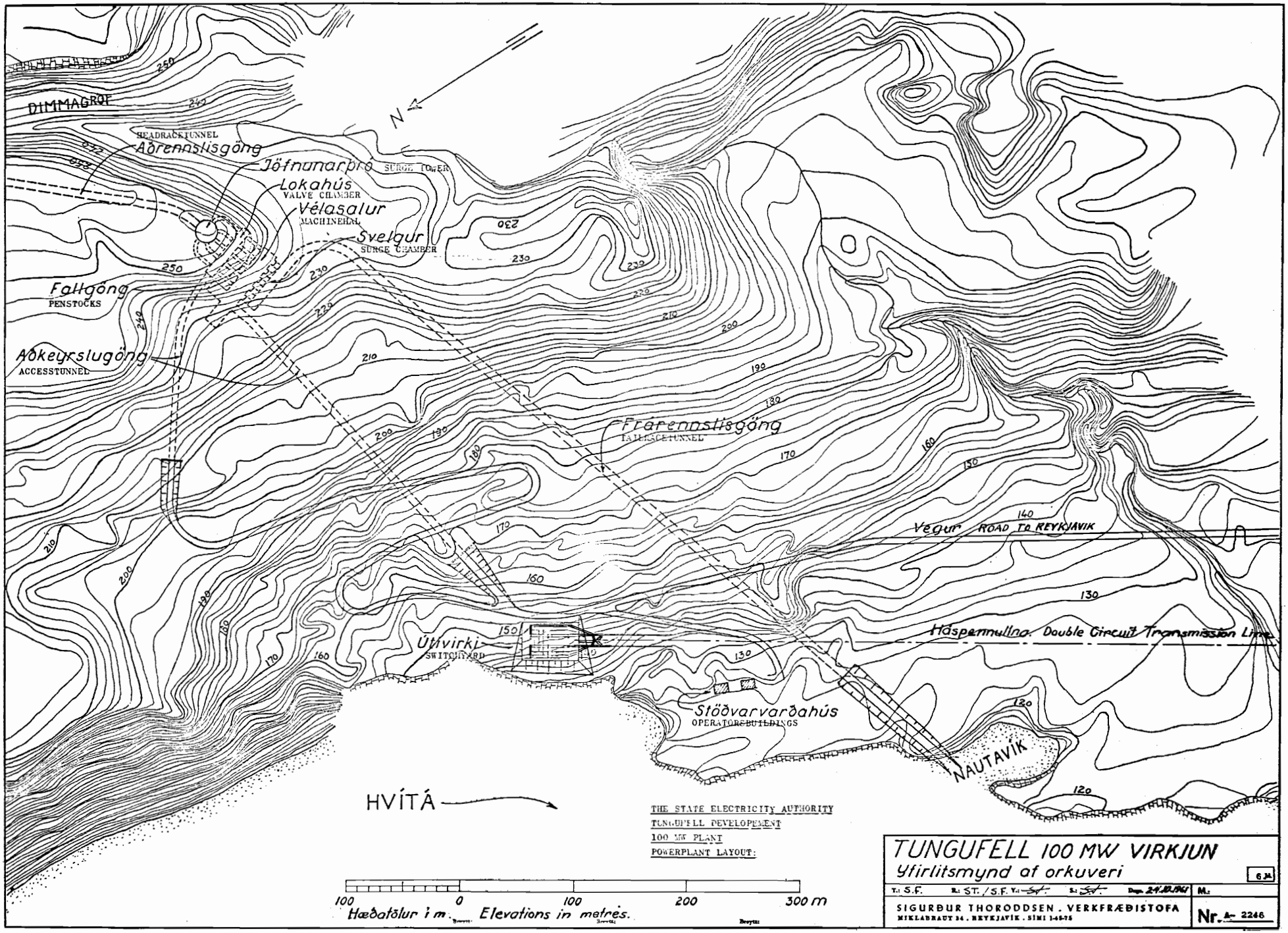
Inntak

5. bl.

T.: S.F. R.: Y.: S.: S/- Dags. 24.10.'61 M.:

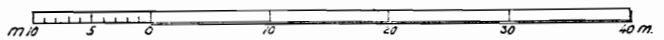
SIGURÐUR THORODDSEN . VERKFRÆÐISTOFA
MIKLABRAUT 34 . REYKJAVÍK . SÍMI 14575

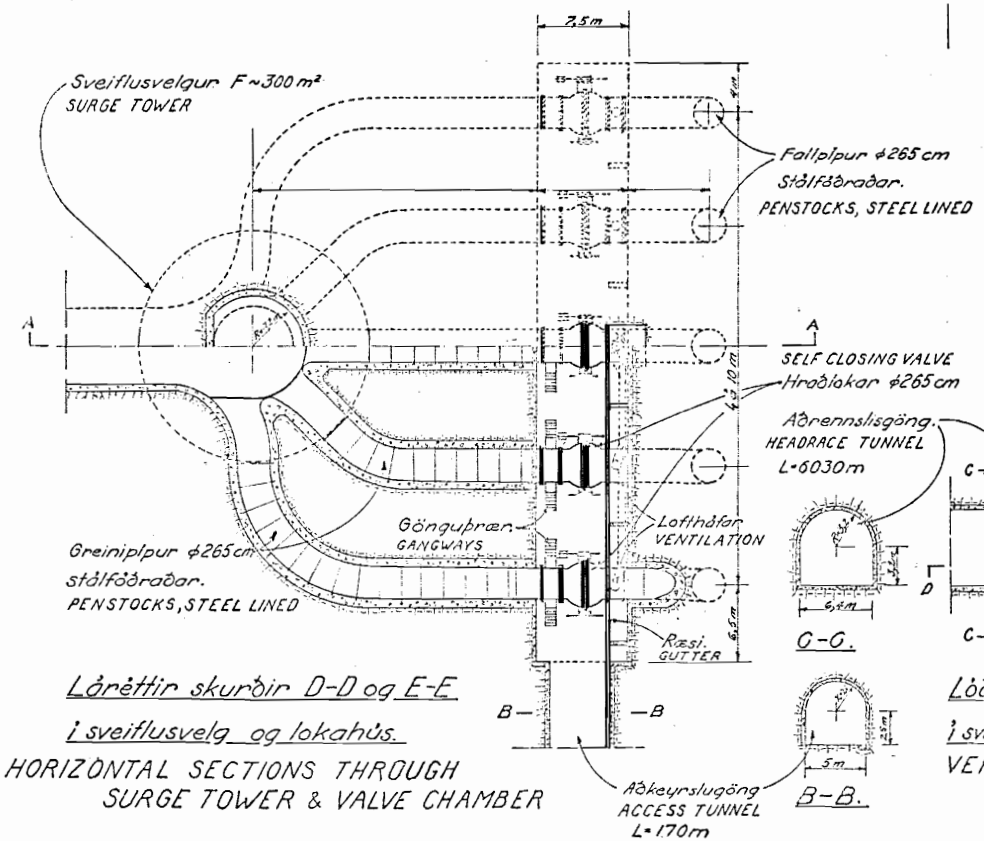
Nr. A-2245


DIMMAGRÓF
HEADRACE TUNNEL
Aðrennslisgöng
Jöfnunarþró
SURGE TOWER
Lokahús
VALVE CHAMBER
Vélasalur
MACHINEHALL
Svelgur
SURGE CHAMBER
Fallgöng
PENSTOCKS
Aðkeyrslugöng
ACCESSTUNNEL
Frárennslisgöng
TAILRACE TUNNEL
Vegur ROAD TO REYKJAVIK
Háspennulína. Double Circuit Transmission Line
Útivirki
SWITCHYARD
Stöðvarvarðahús
OPERATORS BUILDINGS
NAUTAVIK
HVÍTÁ
N
100 0 100 200 300 m
Hæðatölur í m. Elevations in metres.
THE STATE ELECTRICITY AUTHORITY
TUNGUFELL DEVELOPMENT
100 MW PLANT
POWERPLANT LAYOUT:
TUNGUFELL 100 MW VIRKJUN
Yfirlitsmynd af orkuveri
6 bl.
T.: S.F. R.: ST. / S.F. Y.: S.: Dags. 24.10.1967 M.:
SIGURÐUR THORODDSEN . VERKFRÆÐISTOFA
MIKLABRAUT 34 . REYKJAVÍK . SÍMI 14575
Nr. A- 2246

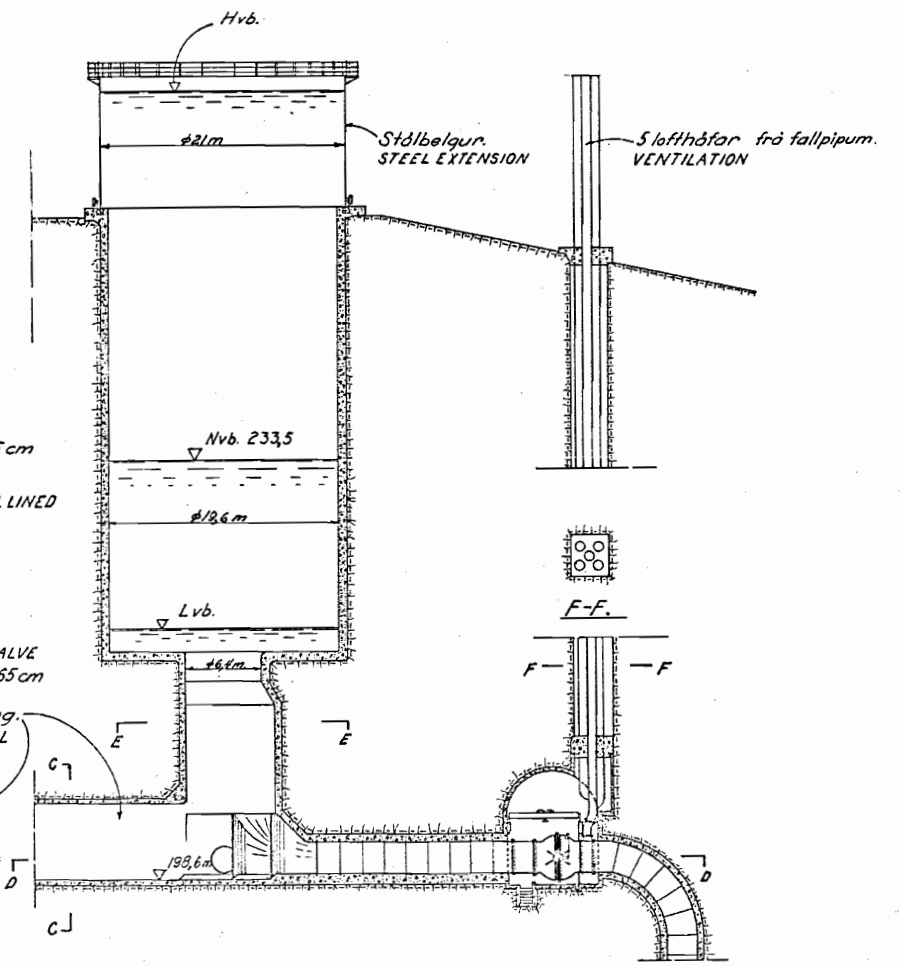
THE STATE ELECTRICITY AUTHORITY

TUNGUFELL DEVELOPMENT 100 MW PLANT.
SURGE TOWER & VALVE CHAMBER.





Lóðréttir skurðir D-D og E-E
í sveiflusvelg og lokahús.
HORIZONTAL SECTIONS THROUGH
SURGE TOWER & VALVE CHAMBER



Lóðréttur skurður A-A
í sveiflusvelg og lokahús.
VERTICAL SECTION

RAFORKUMÁLASTJÓRI.

TUNGUFELL 100 MW VIRKJUN
Efri sveiflusvelgur og lokahús. 7. bl

T.: S.T R.: S.F. Y.: S.: Dags. 15. 10. 1961.

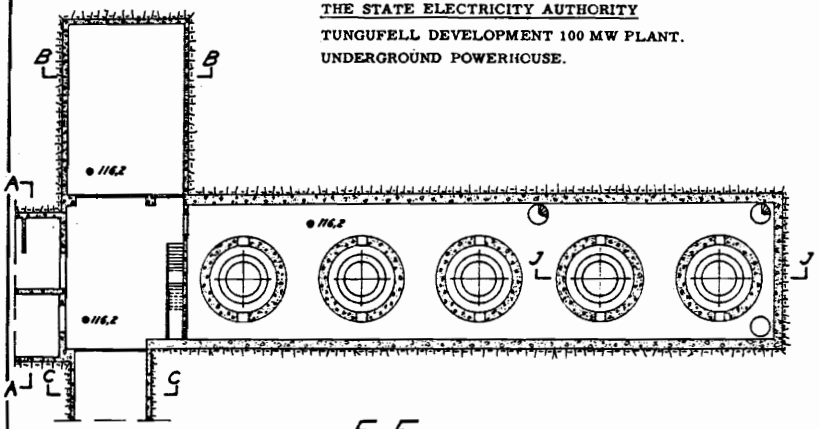
SIGURÐUR THORODDSEN VERKFRÆÐISTOFA.

Nr. A-2247

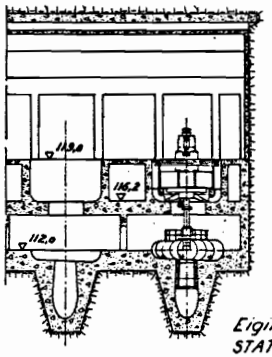
THE STATE ELECTRICITY AUTHORITY

TUNGUFELL DEVELOPMENT 100 MW PLANT.

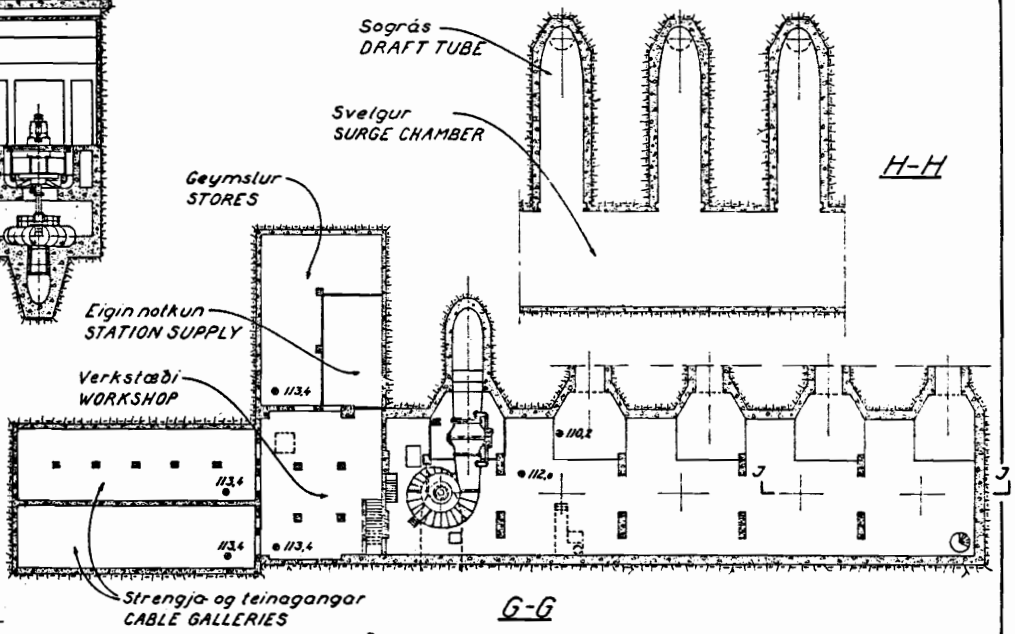
UNDERGROUND POWERHOUSE.



F-F

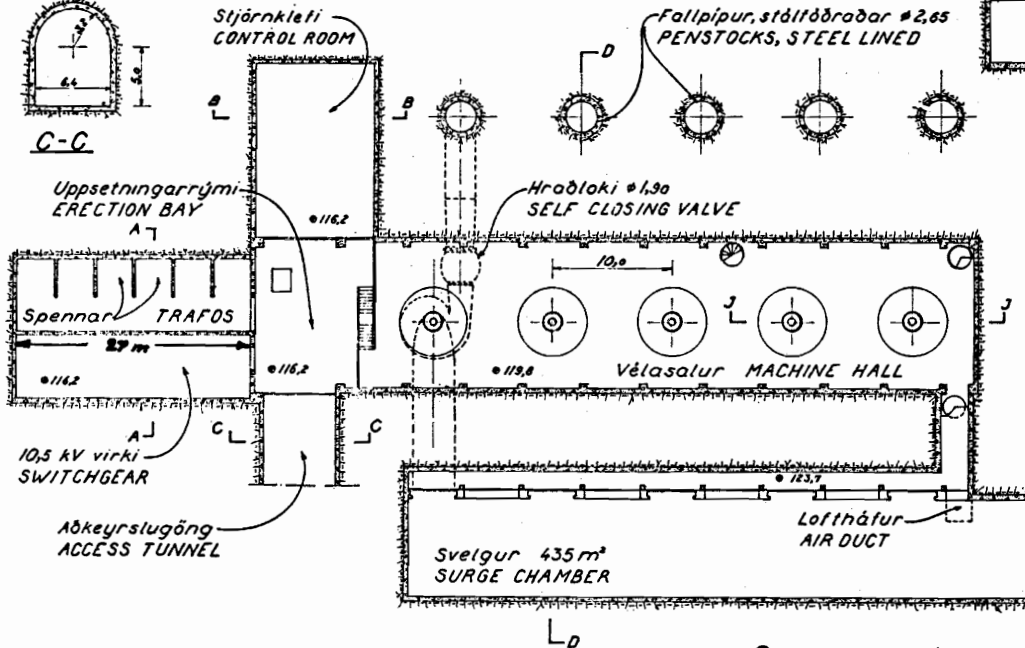


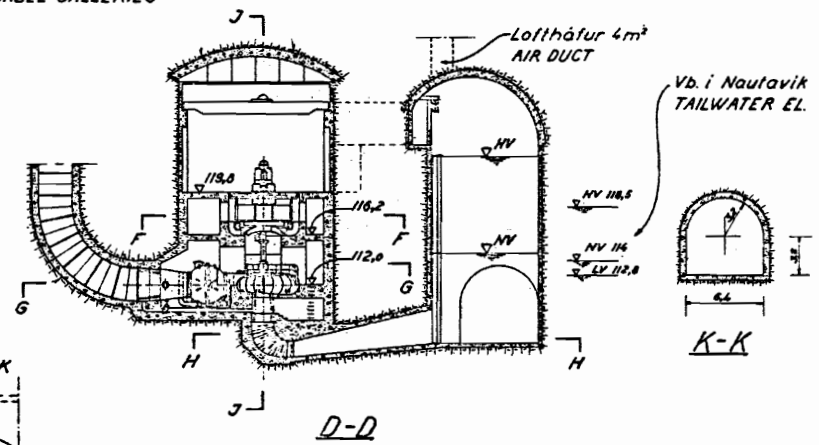
J-J



G-G

C-C



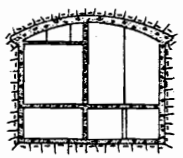


D-D

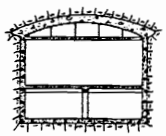
K-K

Frárennslisgöng, fóðruð, 36,5 m²
TAILRACETUNNEL, CONCRETE LINED

Grunnmynd
PLAN



A-A



B-B

10 5 0 10 20 30 40 50 m

Hæðartölur og önefnd mál eru m.
ELEVATIONS AND DIMENSIONS IN METERS.

RAFORKUMÁLASTJÓRI.

TUNGUFELL 100 MW VIRKJUN.

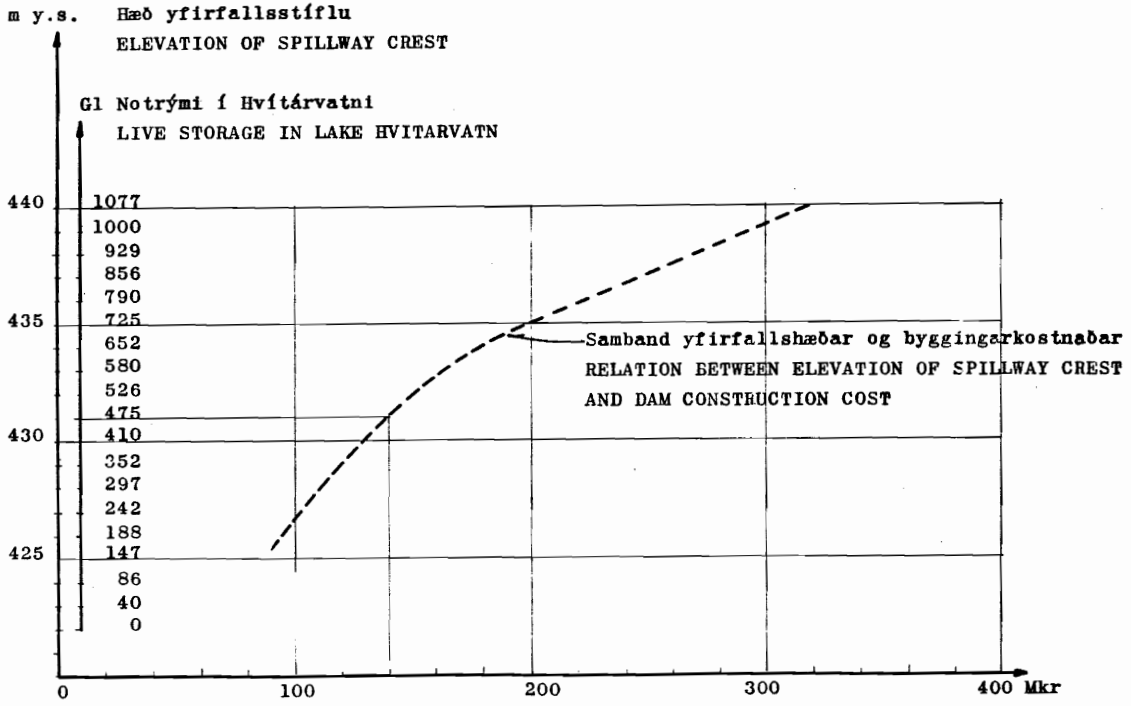
Orkuver

8. bl.

T.: S.T./S.S. R.: S.T./S.S. Y.: S.: Dags.: 30.10.1961

SIGURÐUR THORODDSEN VERKFRÆÐISTOFA.

Nr. A-2248



THE STATE ELECTRICITY AUTHORITY
TUNGUFELL DEVELOPMENT
100 MW PLANT
HVITARVATN DAM CONSTRUCTION COST

RAFORKUMÁLASTJÓRI

TUNGUFELL 100 MW virkjun
Yfirlit byggingarkostnaðar Hvítárvatnsstíflu.

9. bl.

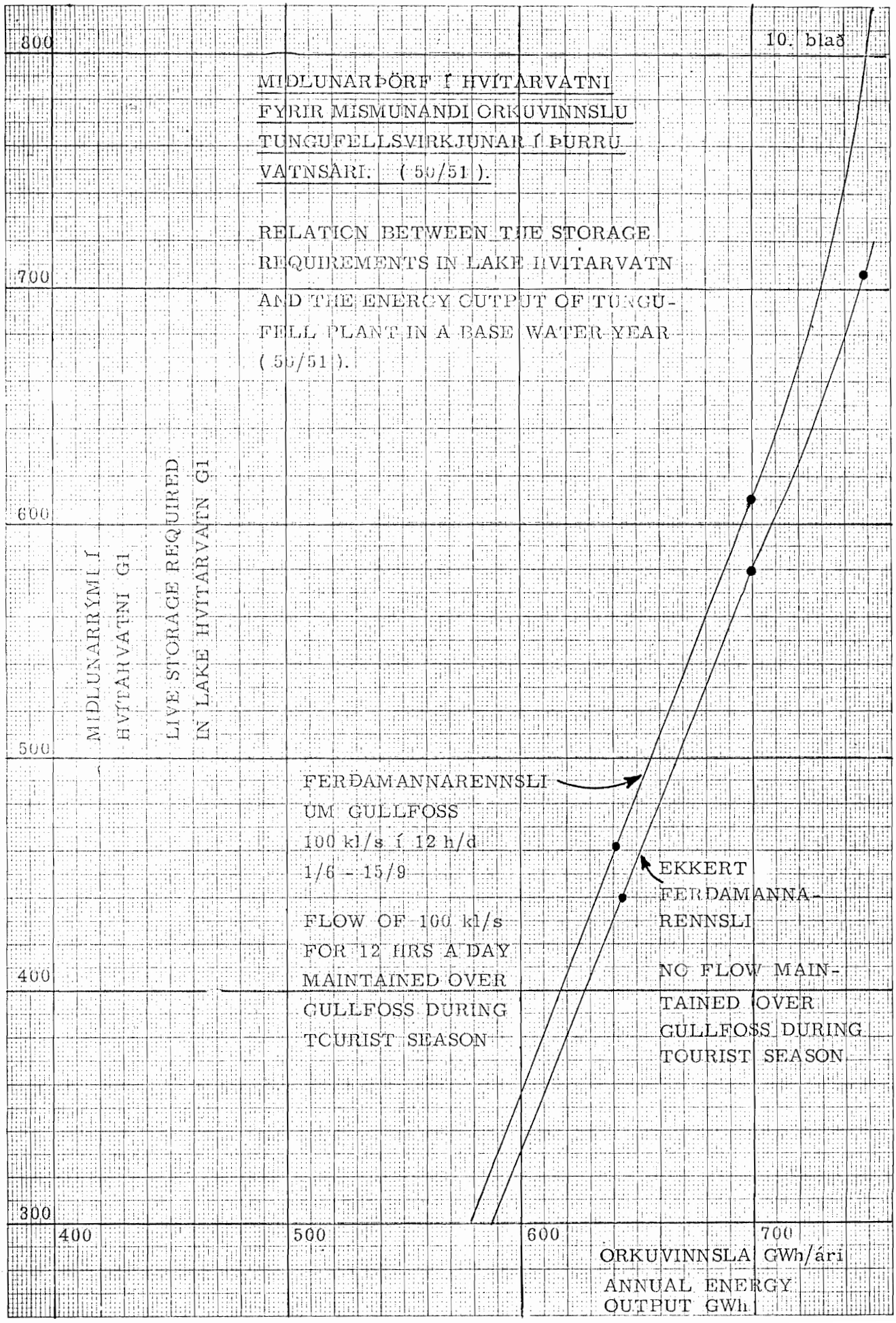
T.: HÞ R.: HÞ Y.: S.: Dags. 3.11.61 M.:

SIGURÐUR THORODDSEN . VERKFRÆÐISTOFA
MIKLABRAUT 34 . REYKJAVÍK . SÍMI 1-45-75

Nr. A-2256

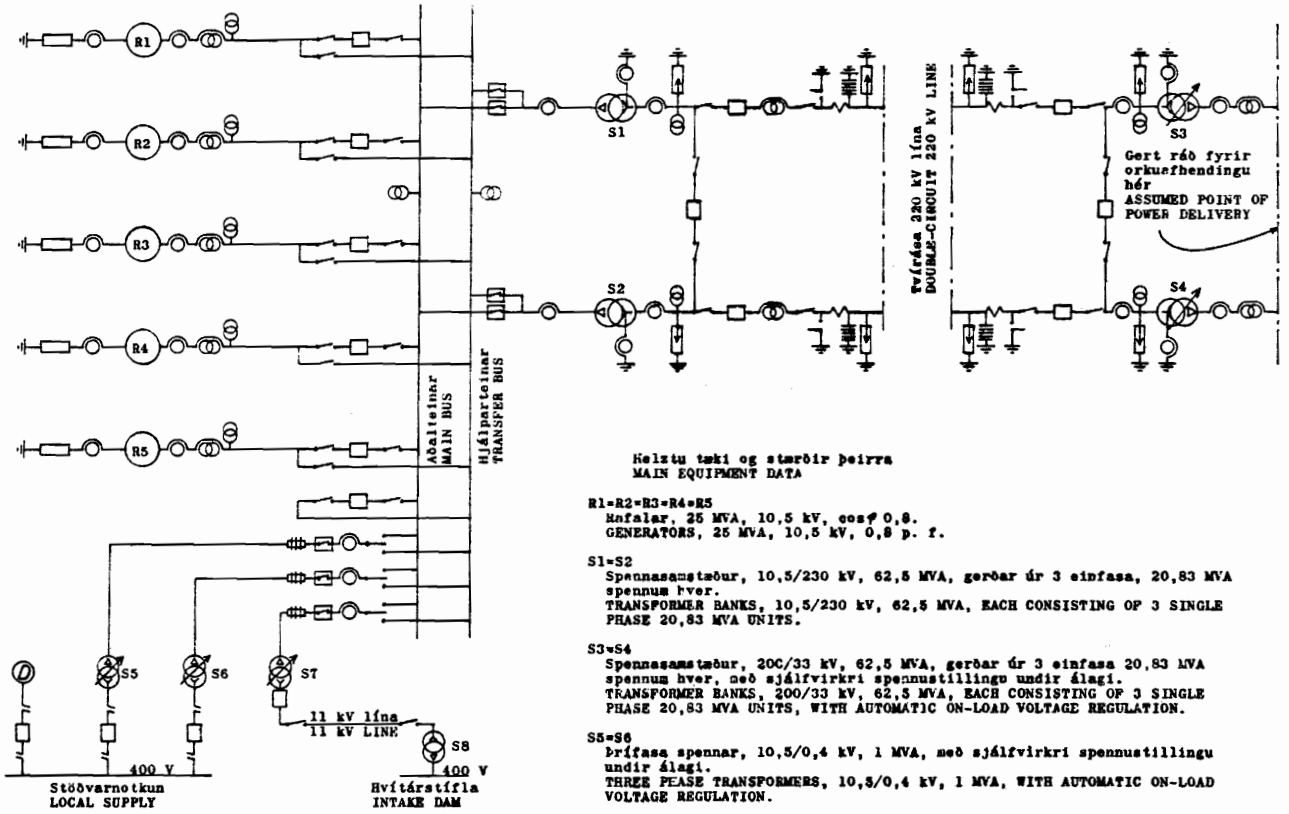
MIÐLUNARÞÖRF Í HVÍTÁRVATNI FYRIR MISMUNANDI ORKUVINNSLU TUNGUFELLSVIRKJUNAR Í ÞURRU VATNSÁRI. (50/51).

RELATION BETWEEN THE STORAGE REQUIREMENTS IN LAKE HVITARVATN AND THE ENERGY OUTPUT OF TUNGUFELL PLANT IN A BASE WATER-YEAR (50/51).



Orkuver
POWER PLANT

Viðtökuspennistöð
RECEIVING-END SUBSTATION



Merki
SYMBOLS

- Aflrofi — CIRCUIT BREAKER
- Teinrofi — DISCONNECTING SWITCH
- Afl-teinrofi — POWER BREAKING SWITCH
- Skiptir — DOUBLE-THROW SWITCH
- Útdráttarsnertur — DRAW-OUT CONTACTS
- Var — FUSE
- Jarðtengiviðnám — GROUNDING IMPEDANCE
- Eldingavari — LIGHTNING ARRESTER
- Straummælispennir — CURRENT TRANSFORMER
- Spennumælispennir — POTENTIAL TRANSFORMER
- Tengiþéttir — COUPLING CAPACITOR
- Sperrispóla — WAVE TRAP

Helztu tæki og stærðir þeirra
MAIN EQUIPMENT DATA

R1=R2=R3=R4=R5
Rafalar, 25 MVA, 10,5 kV, cos φ 0,8.
GENERATORS, 25 MVA, 10,5 kV, 0,8 p. f.

S1=S2
Spennasamstæður, 10,5/230 kV, 62,5 MVA, gerðar úr 3 einfasa, 20,83 MVA spennum hver.
TRANSFORMER BANKS, 10,5/230 kV, 62,5 MVA, EACH CONSISTING OF 3 SINGLE PHASE 20,83 MVA UNITS.

S3=S4
Spennasamstæður, 200/33 kV, 62,5 MVA, gerðar úr 3 einfasa 20,83 MVA spennum hver, með sjálfvirkri spennustillingu undir álagi.
TRANSFORMER BANKS, 200/33 kV, 62,5 MVA, EACH CONSISTING OF 3 SINGLE PHASE 20,83 MVA UNITS, WITH AUTOMATIC ON-LOAD VOLTAGE REGULATION.

S5=S6
Þrífasa spennar, 10,5/0,4 kV, 1 MVA, með sjálfvirkri spennustillingu undir álagi.
THREE PEASE TRANSFORMERS, 10,5/0,4 kV, 1 MVA, WITH AUTOMATIC ON-LOAD VOLTAGE REGULATION.

S7
Þrífasa spennir, 10,5/11 kV, 0,5 MVA, með sjálfvirkri spennustillingu undir álagi.
THREE PHASE TRANSFORMER, 10,5/11 kV, 0,5 MVA, WITH AUTOMATIC ON-LOAD VOLTAGE REGULATION.

S8
Þrífasa spennir, 11/0,4 kV, 0,5 MVA.
THREE PHASE TRANSFORMER, 11/0,4 kV, 0,5 MVA.

Ⓓ
Dísilsamstæða, 500 kVA.
STAND-BY DIESEL SET, 500 kVA.

THE STATE ELECTRICITY AUTHORITY
TUNGUFELL DEVELOPMENT
100 MW PLANT
SINGLE LINE DIAGRAM

RAFORKUMÁLASTJÓRI

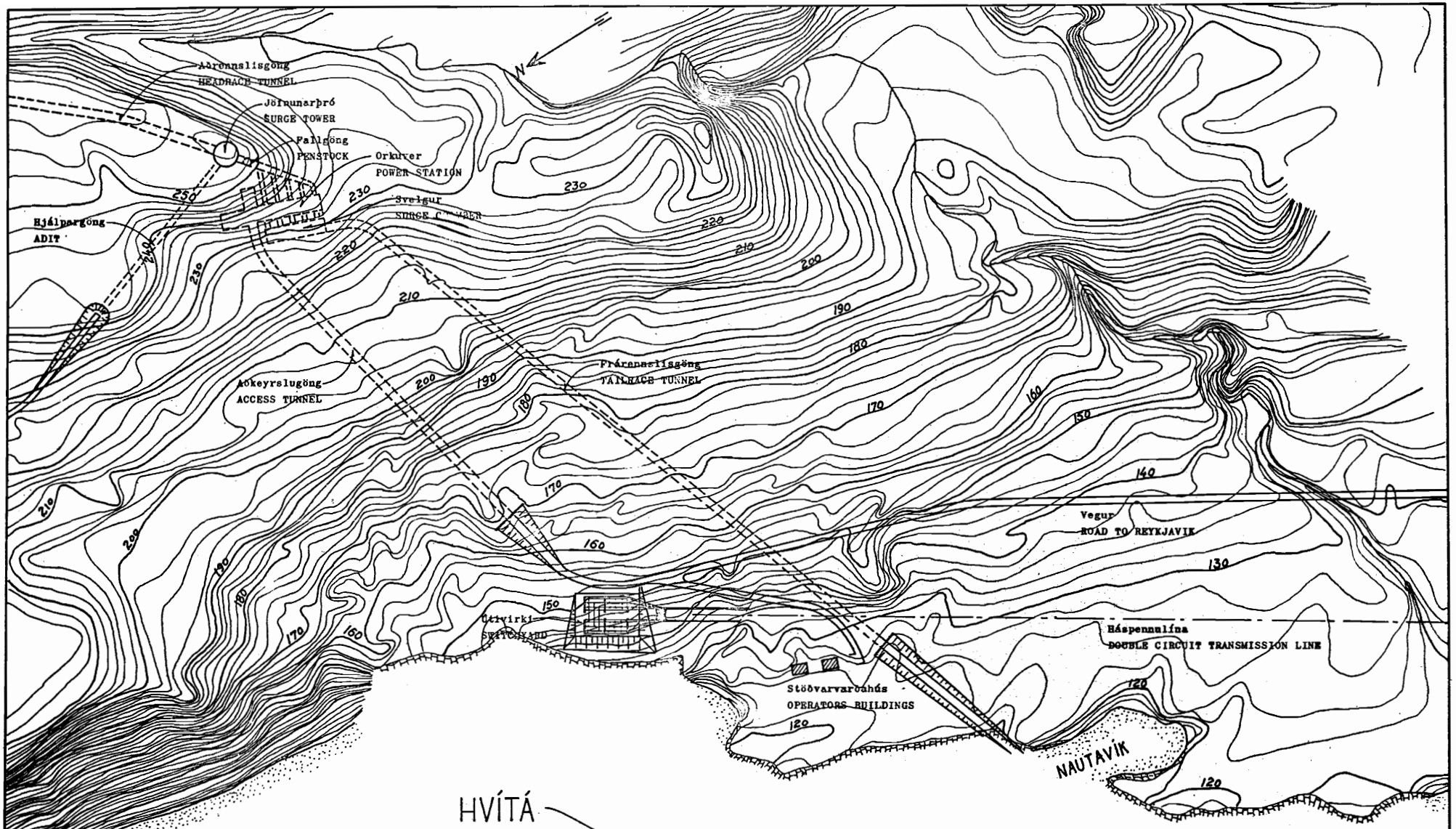
TUNGUFELL 100 MW VIRKJUN
EINLÍNUTENGIMYND

11.M.

Y.SF. R.f.B. V.G. S.G. Dags. 11.11.61 M.

SIGURÐUR THORODDSEN, VERKFRÆÐISTOFA
MIKLABRAUT 94, REYKJAVÍK, SÍMI 24545

Nr. A 2260



THE STATE ELECTRICITY AUTHORITY
TUNGUFELL DEVELOPMENT
100 MW PLANT
POWERPLANT LAYOUT

100 0 100 200 300 m

Hæðir í m. ELEVATIONS IN METRES.

Breytt: Breytt: Breytt:

RAFORKUMÁLASTJÓRI

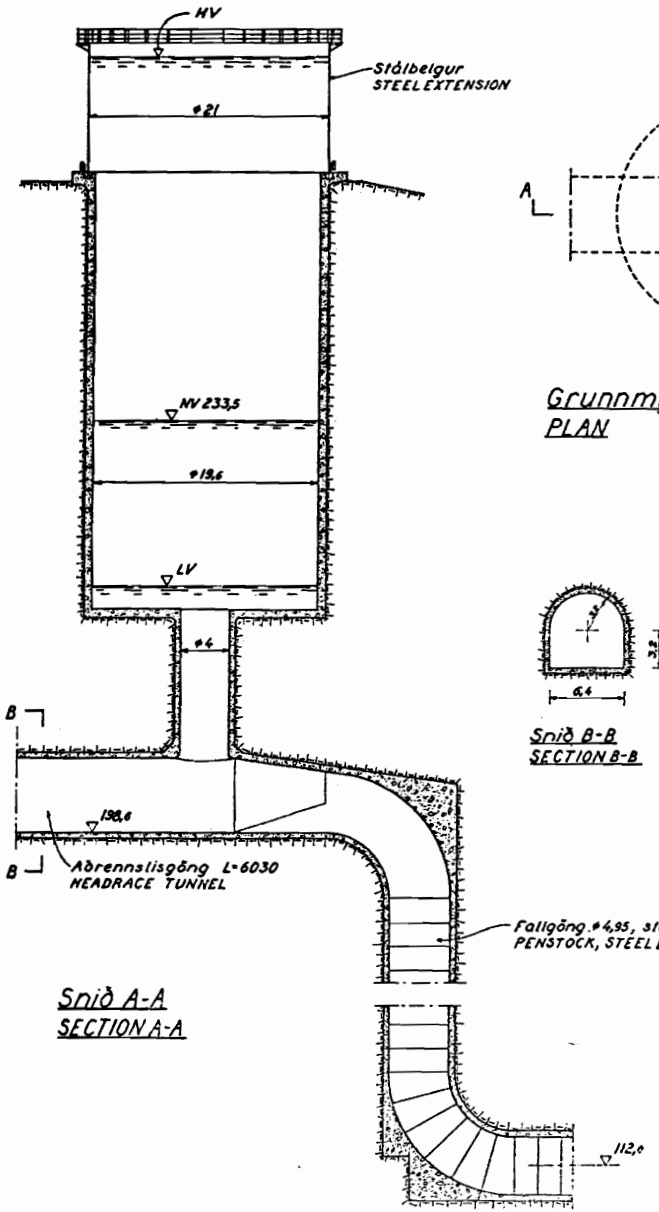
TUNGUFELL 100 MW VIRKJUN
Yfirlitsmynd af orkuveri

12 a

Teikn. S.P Rakn. S.T./S.P. Samþ. Dags. 24.10.61 Mkv.

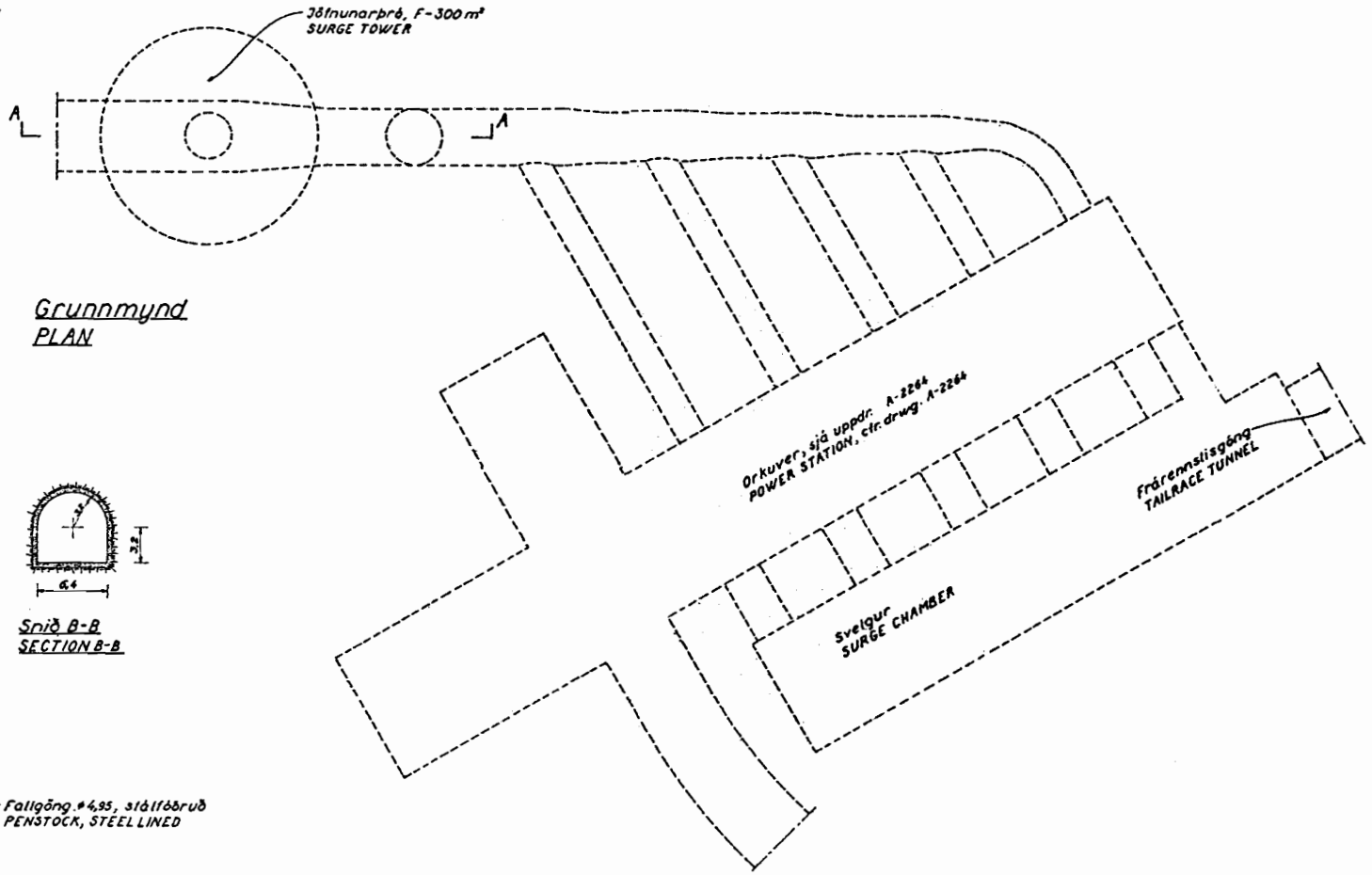
SIGURÐUR THORODDSEN . VERKFRÆÐISTOFA
MIKLABRAUT 34 . REYKJAVÍK . SÍMI 14575

Nr. A 2262



Snið A-A
SECTION A-A

Snið B-B
SECTION B-B



Grunnmynd
PLAN

10 0 10 20 30 40 m

Hæðir og ónefnd mál eru m.
DIMENSIONS AND ELEVATIONS IN m.

RAFORKUMÁLASTJÓRI

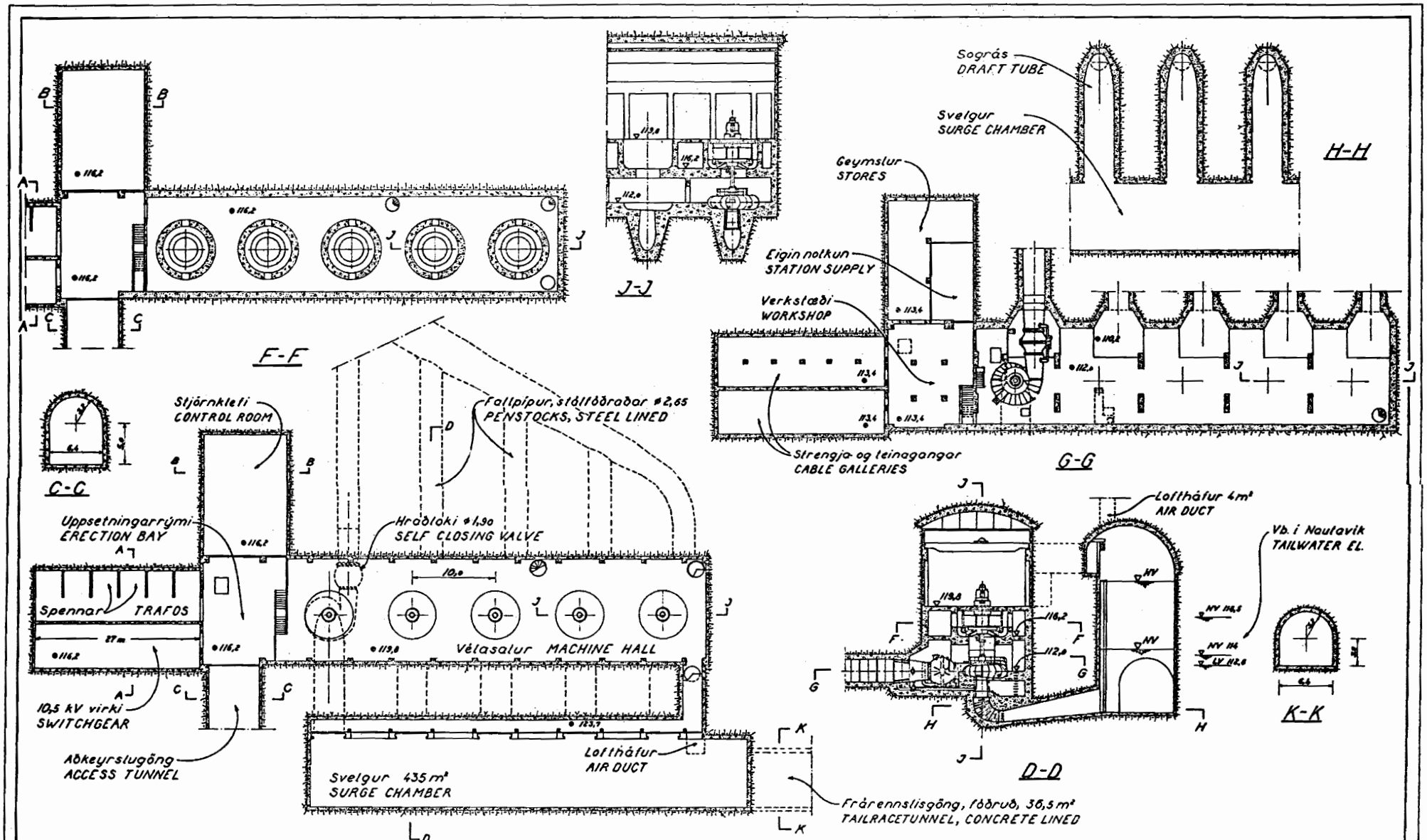
TUNGUFELL 100 MW VIRKJUN
Jöfnunarþró og fallgöng

13. bl.

T: S.F R: ÞÞ Y: SÞ S: SÞ Dags: 15.10.1961

SIGURÐUR THORODDSEN. VERKFRÆÐISTOFA.

Nr. A-2263



Grunnmynd
PLAN

Hæðartölur og önefnd mál eru m.
ELEVATIONS AND DIMENSIONS IN METERS.

RAFORKUMÁLASTJÓRI.

TUNGUFELL 100 MW VIRKJUN.

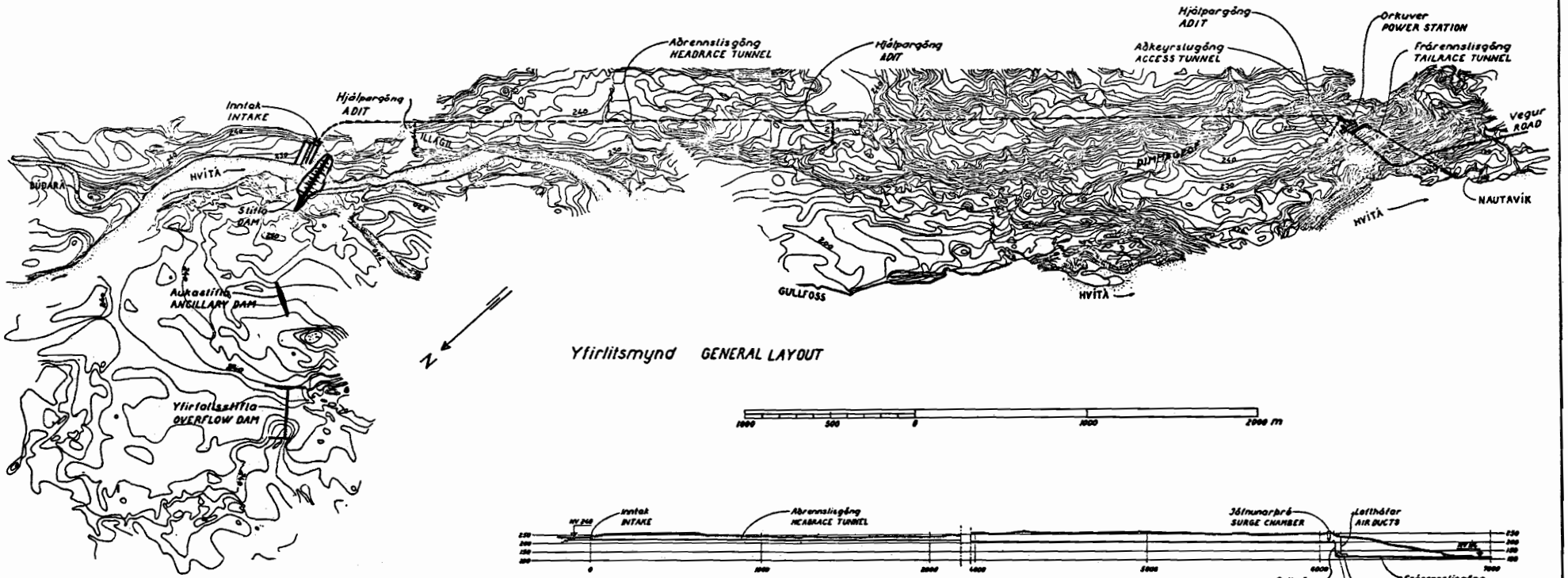
Orkuver

14. bl.

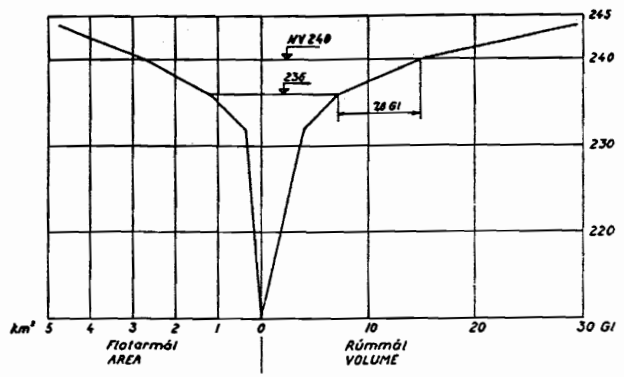
T.: ST./S.F. R.: ST./S.F. Y-: S.: Dags.: 30.10.1961

SIGURÐUR THORODDSEN VERKFRÆÐISTOFA.

Nr. A-2264



Lausleg áætlun um lónrými
APPROX. VOLUME OF PONDAGE



5 Vélar. Hver: 5 UNITS. EACH:

Túrbína:	Nettófall	116 m	NET HEAD
TURBINE	Virkjað rennsli	20,5 kl/s	FLOW
	Afl	28400 hö. HP	POWER
	Snúningshraði	375 sn/mín. R.PR.MIN.	SPEED
Rafall:	Afl	25 MVA	POWER
GENERATOR	cos φ	0,8	p.f.
	Spenna	10,5 kV	VOLTAGE
	Snúningshraði	375 sn/mín. R.PR.MIN.	SPEED

RAFORKUMÁLASTJÓRI

TUNGUFELL 100 MW VIRKJUN
Yfirlitsmynd

15. bl.

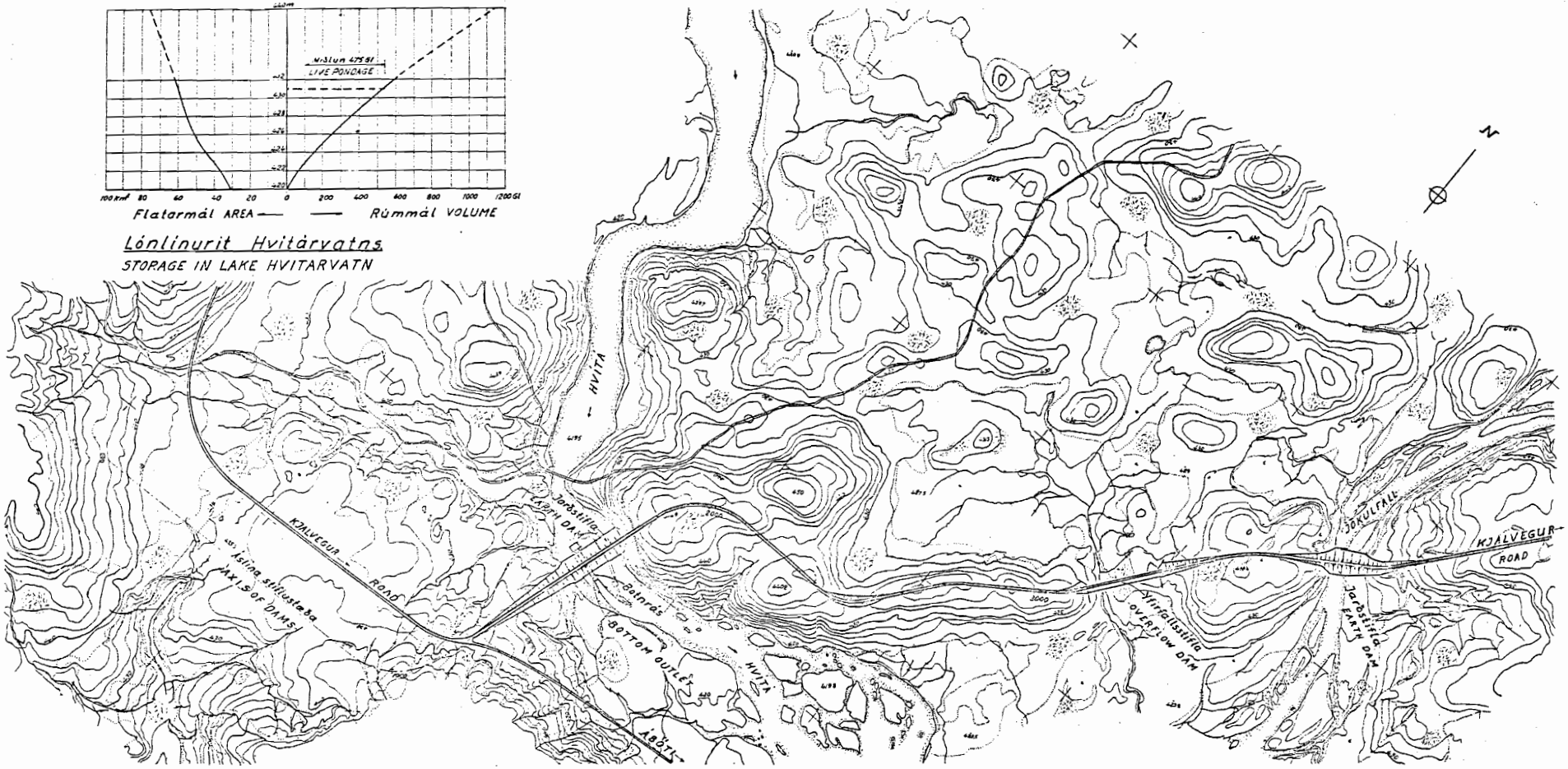
T.: S.F. R.: ST./S.F. Y.: ~~ST.~~ S.: ~~ST.~~ Dags. 24.10.'61

SIGURÐUR THORODDSEN. VERKFRÆÐISTOFA

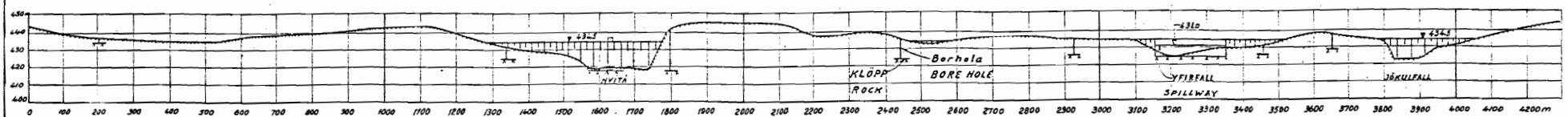
Nr. A-2265

Lónlinurit Hvítárvatns.

STORAGE IN LAKE HVITARVATN



Yfirlitsmynd. PLAN

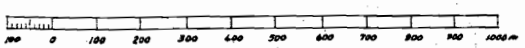


Langskurður í stíflustæði.

DAM ELEVATION

THE STATE ELECTRICITY AUTHORITY

HVITARVATN STORAGE DAM.



RAFORKUMÁLASTJÓRI

HVÍTÁRVATNSSTÍFLA

Yfirlitsmynd. 1 bl

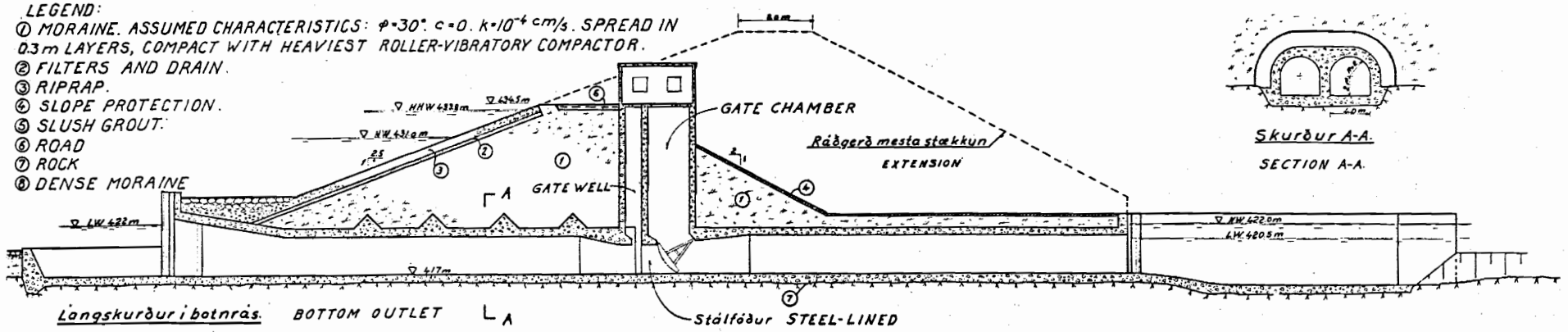
T. R. Y: S: Dags. 25.10.1961 M.:

SIGURÐUR THORODDSEN

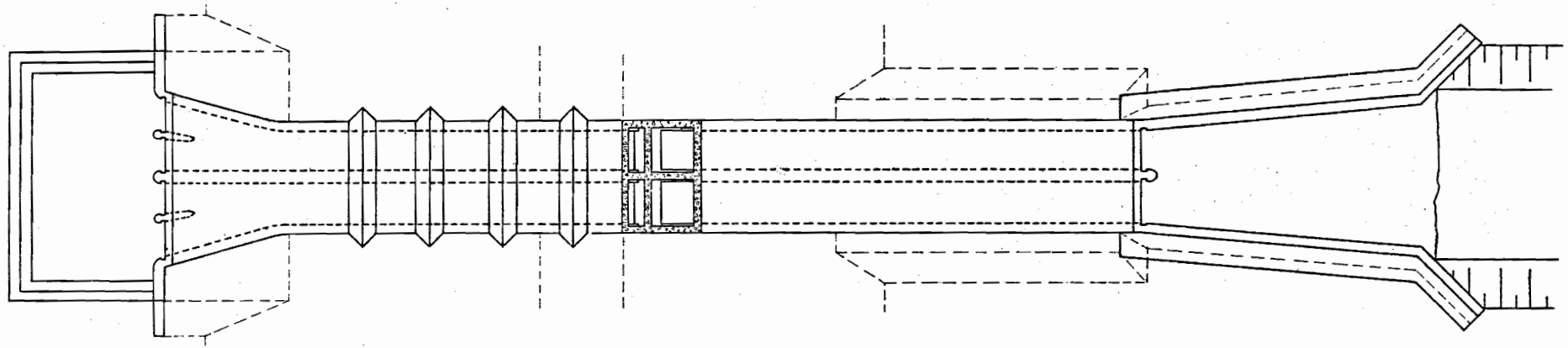
MIKLABRAUT 34 · REYKJAVÍK · SÍMI 145-75.

Nr. A-2249

LEGEND:
① MORAINE. ASSUMED CHARACTERISTICS: $\varphi=30°$, $c=0$, $k=10^{-4}$ cm/s. SPREAD IN 0.3m LAYERS, COMPACT WITH HEAVIEST ROLLER-VIBRATORY COMPACTOR.
② FILTERS AND DRAIN.
③ RIPRAP.
④ SLOPE PROTECTION.
⑤ SLUSH GROUT.
⑥ ROAD
⑦ ROCK
⑧ DENSE MORAINE



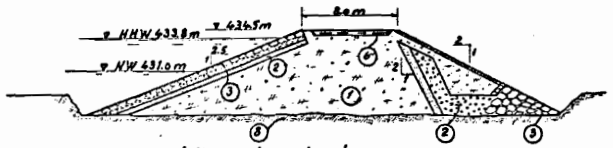
Langskurður í botnrás. BOTTOM OUTLET



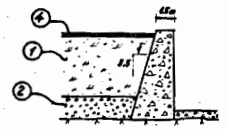
Grunnmynd botnrásar. BOTTOM OUTLET PLAN

Skurður A-A.
SECTION A-A.

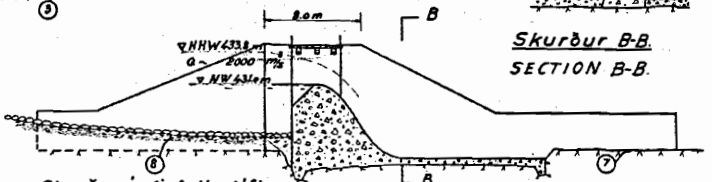
① Mórena, áætlaðir eiginleikar $\varphi=30°$, $c=0$, $k=10^{-4}$cm/s. Leggist í 30cm lögum með þyngstu gerð vibrationspjappara. (R.S. LaRusso).
② Sand- og malarsíur.
③ Grjótvörn.
④ Hlíðarlag úr smágrjóti.
⑤ Steinsteypa.
⑥ Slitlag.
⑦ Klöpp.
⑧ Óveðruð mórena.



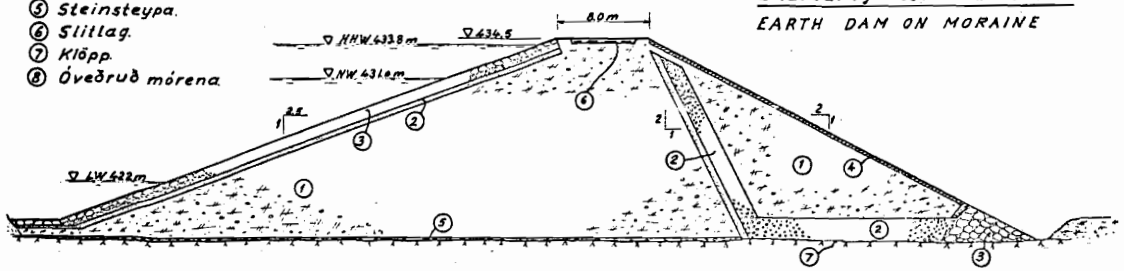
Skurður í jarðstíflu á mórenu.
EARTH DAM ON MORAINE



Skurður B-B.
SECTION B-B.



Skurður í yfirfallsstíflu.
OVERFLOW DAM
Bergþétting GROUT CURTAIN



Skurður í jarðstíflu á klöpp.
EARTH DAM ON ROCK.

THE STATE ELECTRICITY AUTHORITY
HVITARVATN STORAGE DAM.

10 0 10 20m

RAFORKUMÁLASTJÓRI
HVÍTÁRVATNSSTÍFLA
Botnrás og stíflupverskurðir.
2. bl
T.: NÞ R.: ÞÞ Y.: SvÞ S.: -/- Dags. 25.10.1961
M.:
SIGURÐUR THORODDSEN
MIKLABRAUT 34 · REYKJAVÍK · SÍMI 145-75.
Nr. A-2250