

VERKFRÆÐISTOFA  
SIGURÐAR THORODDSEN SF.  
ÁRMÚLA 4 . REYKJAVÍK

## JÖKULSA A BRÚ

Frumdrög að mynzturáætlun

September 1967

Gert fyrir  
Orkustofnun

VERKFRÆÐISTOFA  
SIGURÐAR THORODDSEN SF.  
ÁRMÚLA 4 . REYKJAVÍK

## JÖKULSA A BRÚ

Frumdrög að mynzturáætlun

Reykjavík, 19.8. 1967

Orkustofnun  
Laugaveg 116  
REYKJAVÍK

Að beiðni yðar höfum við undanfarið unnið að frumáætlunum um virkjanir á vatnasviði Jökulsár á Brú.

Áætlanirnar, sem byggðar eru á mjög ófullkomnum gögnum, eru gerðar til þess að kanna hagkvæma orkuvinnslugetu og jafnframt sem grundvöllur að framtíðarathugunum á vatnasviðinu.

Í greinargerð um frumathuganirnar, sem fylgir hér með, er getið um nauðsynlega könnunarferð um virkjunarsvæðið. Hinn 3.-12. ágúst síðastliðinn var farið um vatnasvæði Jökulsár á Fjöllum, Jökulsár á Brú og að nokkru um svæði Jökulsár í Fljótsdal og Kelduár. Auk þriggja verkfræðinga Verkfræðistofunnar tóku tveir jarðfræðingar Orkustofnunar þátt í ferðinni, þeir Haukur Tómasson og Guttormur Sigbjarnarson. Gerðu þeir athuganir á sviði jarð- og vatnafræði og munu gera grein fyrir rannsóknnum sínum í sérstakri greinargerð.

Á ferðum meðfram Jökulsá á Brú staðfestist skoðun okkar á því, að erfitt væri að ákveða hagkvæmasta virkjunarfyrirkomulag nema ítarlegri mælingar komi til. Helzt þyrfti að kortleggja dalinn allan, en langskurður með þverskurðum á einstökum stöðum myndi þó verða mikilsverð viðbót við þá ófullkomnu uppdrætti, sem nú liggja fyrir.

Niðurstaða frumathugana var, eins og fram kemur í meðfylgjandi álitserð, að hagkvæmast verði að nýta um 560 m fallhæð í tveimur orkuverum samtals um 600 MW eða um 4 TWh/a. Orkuverin eru við Hafrahvamma og stífla við Bakkastaði með virkjun niður í Jökulsá í Fljótsdal. Við Hafrahvamma var ráðgert að miðla um 1,8 ThW. Til samanburðar var gerð áætlun um virkjun í sjálfum árfarveg-inum í alls sex orkuverum.

Helztu niðurstöður könnunarferðar eru í stuttu máli eftirfarandi:

Við Hafrahvamma virtist álitlegasta stíflustæðið vera á mótis við neðri Kárahnjúk um 600 m ofar en fyrirhugað var við frumathuganir. Við Bakkastaði var talið álitlegast að stífla við malarás um 700 m ofan við ármót Hölknár. Er sá staður um 1400 m neðar en fyrirhugað var í frumdrögum. Önnur stíflustæði sem helzt komu til álita voru, um 1000 m ofan við Stuðlafoss, á mótis við Arnórsstaði, um 900 m neðan við Teigasel og við Hvammsá (Hvammssel).

Varðandi Jökulsá á Brú verða heildarniðurstöður athugananna eftirfarandi.

Ólíklegt er að tilhögun með sex virkjunum í sjálfum árfarveginum verði talin hagkvæmari en virkjun niður í Fljótsdal. Til þess að skera endanlega úr um þetta þarf þó auk vatnafræðilegra athugana að mæla langskurð árinna upp í um 600 m hæð yfir sjó með þverskurðum á ofanefndum líklegustu stíflustæðum við Hvammssel, Teigasel, Arnórsstaði og Stuðlafoss. Ennfremur verði gerð yfirlitskort af svæði meðfram ánni upp í um 420 m hæð y.s. frá Hólkná að Hafrahvammagljúfrum en þaðan uppeftir upp í um 600 m hæð y.s. Þá verði mældur langskurður af fyrirhugaðri jarðgangaleið frá Hrafnkelsdal niður í Fljótsdal.

Að loknum þessum athugunum verður tímabært að gera mynztur-áætlun um virkjun Jökulsár á Brú. Líkleg niðurstaða þeirrar áætlunar er, að hagkvæm orkuvinnsla verði um þriðjungur af áeltaðri orkuvinnslu á Þjórsár- og Hvítársvæðinu með um 15% herra meðalverði á orkueiningu. Niðurstöður þessar eru að öllu leyti samhljóða tilsvareandi ályktun um Jökulsá á Fjöllum.

Með kveðjum,

  
Sigurður Thoroddsen

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

0.	Inngangur .....	Bls.	2
1.	Landmælingar .....	-	2
2.	Jarðfræði .....	-	2
3.	Vatnafræði .....	-	3
4.	Stíflustæði .....	-	3
5.	Hagkvæmustu gangalengdir og stífluhæðir .....	-	4
6.	Samanburðaráætlanir .....	-	7
7.	Niðurstöður .....	-	10
	Skrá 1 - Hagkvæmustu stífluhæðir og gangalengdir .....	-	5
	Skrá 2 - Hagkvæmustu stífluhæðir og gangalengdir .....	-	6
	Skrá 3 - Samanburðaráætlanir .....	-	8
	Skrá 4 - Samanburðaráætlanir .....	-	9
	Skrá 5 - Heildarniðurstöður .....	-	10

## 0. Inngangur.

Greinargerð þessi er um frumathuganir á fullvirkjun Jökulsár á Brú. Áætlanirnar eru gerðar á sama grundvelli og tilsvareandi áætlanir í drögum að mynzturáætlun Þjórsár- og Hvítárvirkjana.

Gerðar eru áætlanir um tvær mismunandi tilhaganir við heildarnýtingu fallsins, annars vegar með virkjunum í sjálfum farvegi árinna frá 597 m hæð yfir sjó niður í 60 m hæð y.s. og hins vegar með veitu frá Bakkastöðum austur í Fljótsdal niður í 40 m hæð y.s.

Fyrir virkjunartilhögunum þessum hefur áður verið gerð grein í álitargerð Verkfræðistofunnar frá apríl 1962 (virkjanir í Eystri-Jökulsá, Skagafirði og Jökulsá á Brú) þó með nokkuð breyttum stíflustæðum og fallhæðum og ennfremur varðandi virkjun niður í Fljótsdal í greinargerð frá 1954 (Sigurður Thoroddsen: Stórvirkjanir á Íslandi).

## 1. Landmælingar.

Við áætlanagerð hefur verið stuðzt við uppdrætti ameríska hersins í mælikvarða 1:50 000 og kort Geodætisk Institut í mælikv. 1:100.000, en nákvæmari mælingar eru ekki fyrir hendi nú.

Teiknað hefur verið langsnið árinna og þversnið einstakra stíflustæða, þar sem byggt er á fyrr nefndum uppdráttum. Snið þessi verða að sjálfsögðu mjög ónákvæm og leggjum við til að áin verði fallmæld og auk þess verið mæld þversnið við stíflustæði samkv. nánari ákvörðun að lokinni könnunarferð um virkjunarsvæðið.

## 2. Jarðfræði.

Um jarðfræði virkjunarsvæðisins eru okkur fáar upplýsingar kunnar. Pálmi Hannesson lýsti Hafrahvammagljúfri, þar sem efsta stíflan í ánni er fyrirhuguð. Hann segir m.a. "í vesturbarminum var lagskipun á þessa leið: grágrýtlislag efst, þá þursaberg, síðan móhella, en blágrýti neðst, nokkur þunn lög með holufyllingum og æðum, sýnileg ævafornt berg". (Pálmi Hannesson: Frá óbyggðum Rvk. 1958. Menningarsjóður). Um önnur stíflustæði höfum við ekki upplýsingar,

en mikilsvert er, að þeirra verði aflað í könnunarferð á virkjunarstaðina.

### 3. Vatnafræði.

Vatnamælingar hófust við Hjarðarhaga á árinu 1950, en þær munu hafa verið slitróttar. Síritara hefur nú verið komið fyrir en úrvinnsla mælinga er ekki hafin. Varðandi rennsli verður því nú að byggja á ágizkunum og í eftirfarandi skrá er gerð tilraun til að áætla meðalrennsli einstakra virkjunarstaða. Um 660 km<sup>2</sup> af vatnasviðinu er á jökli og höfum við áætlað meðalrennsli af því svæði 80 kl/s eða um 120 l/s km<sup>2</sup> en af öðrum svæðum að jafnaði um 35 l/s km<sup>2</sup>.

Virkjunarstaður	Úrkomusvæði			Áætlað meðalrennsli		
	jökull km <sup>2</sup>	annað km <sup>2</sup>	samt. km <sup>2</sup>	frá jökli kl/s	annað kl/s	samt. kl/s
Hafrahvamar	660	410	1070	80	15	95
Bakkastaðir	660	1045	1705	80	35	115
Stuðlafoss	660	1475	2135	80	50	130
Arnórsstaðir	660	1630	2290	80	60	140
Teigasel	660	2265	2925	80	80	160
Hvammssel	660	2360	3020	80	85	165

Líklegt rennsli hinna einstöku virkjunarstaða ætti að mega áætla með mun meira öryggi, þegar unnið hefur verið úr vatnamælingum.

### 4. Stíflustæði.

Miðað við virkjun í sjálfum árfarveginum hafa alls sex stíflustæði verið athuguð. Stíflustæðin hafa verið valin með hliðsjón af langsniði árinna og staðháttum eins og þeir koma fram á uppdráttum. Stíflustæðin eru:

1. Hafrahvamar, milli Lambafjalla og Kárahnjúka
2. Bakkastaðir, við ármót Hrafnkelsár
3. Stuðlafoss, um 700 m ofan við samnefndan bæ
4. Arnórsstaðir, við samnefndan bæ
5. Teigasel, um 1300 m ofan við samnefndan bæ
6. Hvammssel, við samnefndar bæjarrústir

Á meðfylgjandi teikningum eru dregin þversnið stíflustæðanna ásamt línunum, sem sýna miðlun við breytilega vatnsborðshæð og fyllingarmagn í grjóttstíflur við breytilega stífluhæð. Við ákvörðun á fyllingarmagni er reiknað með sama ágizkaða stíflubversniði og í tilsvarandi áætlunum um Þjórsár- og Hvítárvirkjanir.

#### 5. Hagkvæmustu gangalengdir og stífluhæðir.

Miðað við heildarnýtingu fallsins eru gerðar athuganir á hagkvæmustu gangalengdum og stífluhæðum, þ.e. fundið er lággildi summu árlegs kostnaðar við stíflu og göng næstu virkjunar ofan við. Í árlegum kostnaði eru afl- og orkutöp meðtalin. Forsendur reikninga eru hinar sömu og gerð er grein fyrir í álitsgerð um Þjórsár- og Hvítárvirkjanir (Verkfræðistofa Sigurðar Thoroddsen: Mynzturáætlun Þjórsár- og Hvítárvirkjana, Rvk. 1967). Niðurstöður athugananna, sem gerðar eru bæði fyrir fóðruð og ófóðruð göng, er að finna í eftirfarandi skráum 1 og 2.



5. JÖKULSÁ Á BRÚ  
HAGKVÆMUSTU STÍFLUHÆÐIR  
OG GANGALENGDIR

Skrá 1

Árlegur kostnaður (afl- og orkutöp meðtalin)							
Tilhögun	Stíflu- hæð m y.s.	Lengd ganga km	Stífla Mkr/a	Göng fóðruð Mkr/a	Göng ófóðruð Mkr/a	Stífla + göng fóðruð Mkr/a	Stífla + göng ófóðruð Mkr/a
Göng	423	0,8	68,3	4,1	2,3	72,4	70,6
Hafrahv., stífla	<u>403</u>	4,0	26,4	20,4	11,3	<u>46,8</u>	<u>37,7</u>
Bakkast.							
Q=115 kl/s	383	10,7	10,1	54,6	30,2	64,7	40,3
	363	16,2	2,8	82,7	45,7	85,5	48,5
Göng	<u>343</u>	0,1	12,0	0,6	0,3	<u>12,6</u>	<u>12,3</u>
Bakkast., stífla	323	3,9	4,3	22,1	12,7	26,4	17,0
Stuðlaf.							
Q=140 kl/s	303	8,0	0,7	45,4	26,0	46,1	26,7
	283	13,5	0,3	76,7	43,9	77,0	44,2
Göng	283	0,8	27,7	4,9	2,9	32,6	30,6
Stuðlaf., stífla	<u>263</u>	2,8	12,0	17,1	10,0	<u>29,1</u>	<u>22,0</u>
Arnórsst.							
Q=160 kl/s	243	5,8	3,7	35,4	21,1	39,1	24,8
	223	8,8	0,7	53,7	31,5	54,4	32,2
Göng	203	1,7	85,7	10,7	6,3	96,4	92,0
Arnórsst., stífla	183	4,6	40,9	29,0	17,1	69,9	58,0
Teigasel							
Q=170 kl/s	<u>163</u>	<u>6,8</u>	<u>15,8</u>	<u>42,8</u>	<u>25,2</u>	<u>58,6</u>	<u>41,0</u>
	143	15,4	4,2	97,1	57,2	101,3	61,4
Göng	<u>123</u>	0,1	14,5	0,7	0,4	<u>15,2</u>	<u>14,9</u>
Teigasel, stífla	103	3,3	3,8	22,5	13,5	26,3	17,3
Hvammss.							
Q=196 kl/s	83	5,7	0,8	38,8	23,4	39,6	24,2
	63	9,1	0,1	61,9	37,3	62,0	37,4

6. JÖKULSÁ Á BRÚ  
HAGKVÆMUSTU STÍFLUHÆDIR  
OG GANGALENGDIR

Skrá 2

Tilhögun	Stíflu- hæð m y.s.	Lengd ganga km	Árlegur kostn. (afl- og orkutöp meðt.)				
			Stífla Mkr/a	Göng fóðruð Mkr/a	Göng ófóðruð Mkr/a	Stífla + göng fóðruð Mkr/a	Stífla + göng ófóðruð Mkr/a
Göng Hafrahv., stífla	403	4,0	94,5	20,4	11,3	114,9	105,8
Stuðlafoss Q=115 kl/s	<u>383</u>	10,7	51,0	54,6	30,2	<u>105,6</u>	81,2
	<u>363</u>	16,2	26,4	82,7	45,7	109,1	<u>72,1</u>
Göng Bakkast., stífla	323	3,9	97,6	22,1	12,7	119,7	110,3
Arnórsst. Q=140 kl/s	<u>303</u>	8,0	54,2	45,4	26,0	<u>99,6</u>	80,2
	<u>283</u>	13,5	27,7	76,7	43,9	114,4	<u>71,6</u>

## 6. Samanburðaráætlanir.

Í eftirfarandi skrá 3 og 4 er gerður samanburður á þremur mismunandi tilhögunum við virkjun í árfarvegi Jökulsár á Brú, þ.e. með stíflum á sex og fimm stöðum. Hagkvæmast verður að stífla á öllum sex stöðum. Ennfremur er gerð áætlun með stíflum á tveimur efstu stíflustæðunum, við Hafrahvamma og Bakkastaði, og virkjun frá Bakkastöðum niður í Fljótsdal í um 40 m hæð yfir sjó. Er hér gert ráð fyrir um 10 kl/s aukningu á meðalrennsli með veitum úr Hölkná, Eyvindará og Gilsárvötnum. Síðast nefnd tilhögun verður hagkvæmari en virkjun í sjálfum árfarveginum, sem þannig virðist aðeins koma til greina, ef virkjun í smærri áföngum er talin æskileg.

Í samanburðaráætlunum er reiknað með fóðruðum jarðgöngum og eru þær gerðar á sama hátt og tilsvarandi áætlanir í drögum að mynzturáætlun Þjórsár- og Hvítárvirkjana. Kostnaðartölur miðast við verðlag í ársbyrjun 1965 og ná aðeins til vinnsluvirkja. Í verði véla og rafbúnaðar eru aðflutningsgjöld ótalin.

Skjal 3

Virkjunar- staður	Yfir- vatn m. y. s.	Heildar- fallhæð m	Hæð stíflu m	Lengd vatnsv. km	VirkJað rennsli kl/s	Afl MW	Stofnkostnaður				Stofnk. alls	
							Stífla Mkr	Göng Mkr	Annað Mkr	Mkr	Mkr	kr/kW
Hafrahvamar	597	197	160	4,0	115	184	910	236	534	1680	9120 <sup>x)</sup>	
Bakkastaðir	400	60	67	0,1	140	69	380	7	312	699	10120	
Stuðlafoss	340	80	63	2,8	160	102	171	196	354	721	7070	
Arnórsstaðir	260	100	58	6,8	170	132	171	492	458	1121	8500	
Teigasel	160	40	47	0,1	195	63	225	8	335	568	9020	
Hvammssel	120	60	63	0,8	200	97	207	63	406	676	6970	
Samtals		537		14,6		647	2064	1002	2399	5465	8450	
Hafrahvamar	597	217	160	10,7	115	196	910	632	559	2101	10720 <sup>x)</sup>	
Stuðlafoss	380	120	107	2,8	160	155	738	196	500	1434	9250	
Arnórsstaðir	260	100	58	6,8	170	132	171	492	458	1121	8500	
Teigasel	160	40	47	0,1	195	63	225	8	335	568	9020	
Hvammssel	120	60	63	0,8	200	97	207	63	406	676	6970	
Samtals		537		21,2		643	2251	1391	2258	5900	9180	

x) Miðlun 1530 GI 597-520 m y. s.

Skrá 4

Virkjunar- staður	Yfir- vatn m y.s.	Heildar- fallhæð m	Hæð stíflu m	Lengd vatnsv. km	Virkiþáð rennsli kl/s	Afl MW	Stofnkostnaður		Stofnk.alls Mkr. kr/kW		
							Stífla Mkr	Göng Mkr			
Hafravannar	597	197	160	4,0	115	184	910	236	534	1680	9120 <sup>x)</sup>
Bakkastaðir	400	100	67	8,0	140	107	380	524	389	1293	12100
Arnórsstaðir	300	140	98	6,8	170	188	774	493	573	1840	9780
Teigasel	160	40	47	0,1	195	63	225	8	335	568	9020
Hvammssel	120	60	43	0,8	200	97	207	63	406	676	6970
Samtals		537		19,7		639	2496	1324	2237	6057	9480
Hafravannar	597	197	160	4,0	115	184	910	236	534	1680	9120 <sup>x)</sup>
Fljótsdalur	400	360	67	24,4	150	420	400	1700	1040	3140	7470
Samtals		557		28,4		604	1310	1936	1574	4820	7990

x) Miðlun 1530 GI 597-520 m y.s.

7. Niðurstöður.

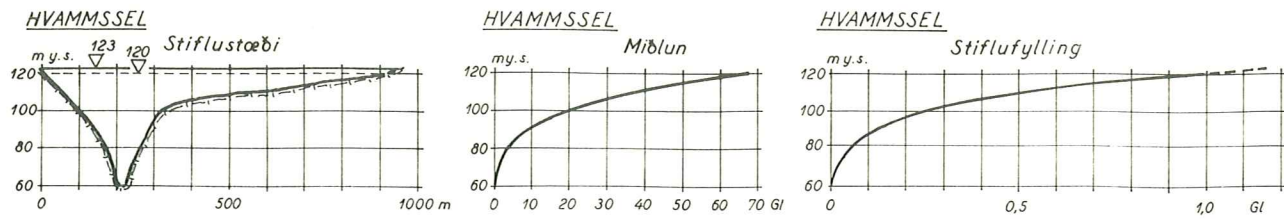
Heildarniðurstöður athugananna er settar fram í eftirfarandi skrá 5, annarsvegar fyrir virkjun í sjálfum árfarveginum (tilh. I) og hins vegar með veitu yfir í Fljótsdal (tilh. II).

Skrá 5

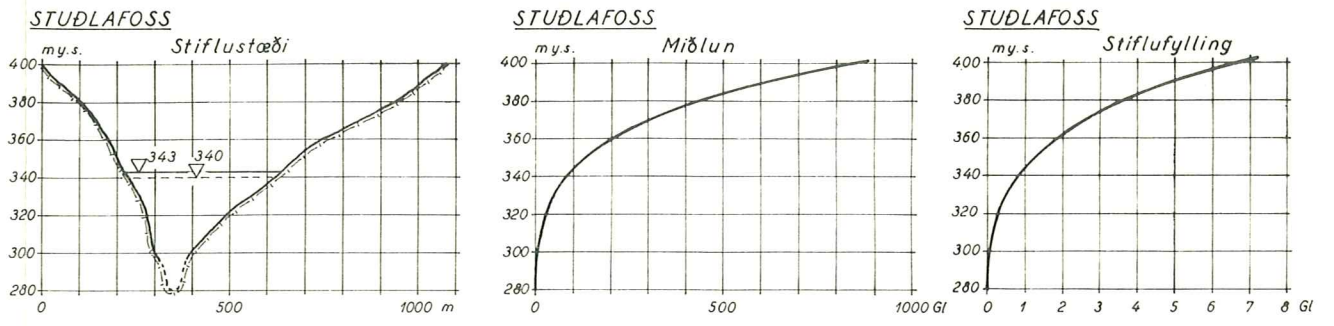
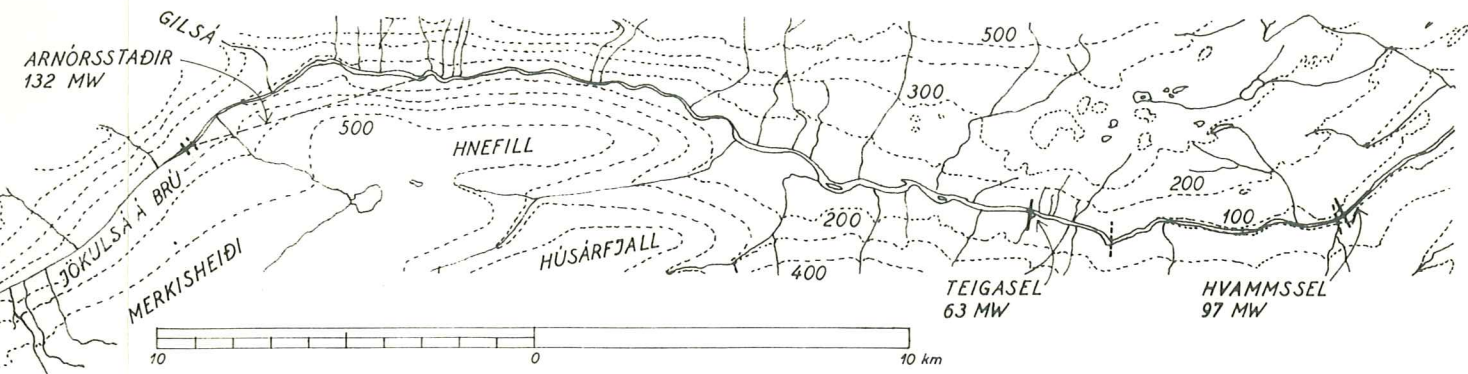
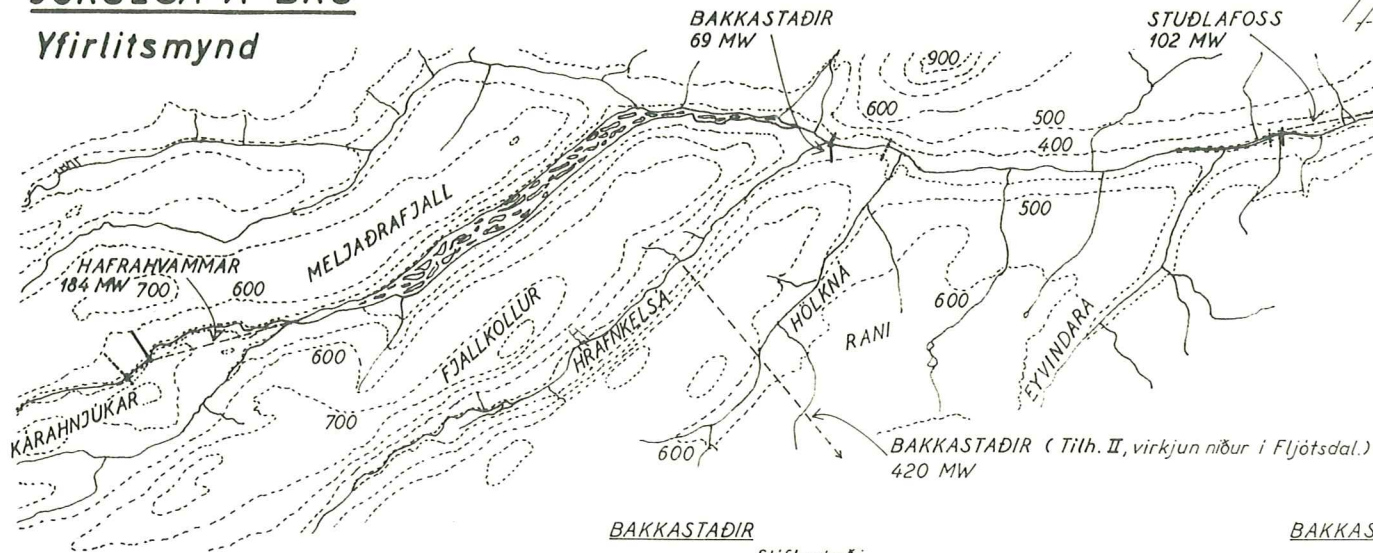
lh.	Virkjun	Afl		Ársv. (ág.)	Miðlun		Orku- st. GWh/ Gl	Rennslis- orka (ágizkun) GWh/a	Miðl. orka GWh	Hagkvæm orkuþörf (ágizk.) GWh/a	Heildarkostn. kr./ GWh/a
		MW	Gl/a		Gl.	Gl/a					
	Hafravhammar	184	3000	1530	0,395	1185	605	1680			
	Bakkastaðir	69	3600	(1530)	0,137	495	210	699			
	Stuðlafoss	102	4100	(1530)	0,177	725	270	721			
	Arnórstaðir	132	4400	(1530)	0,216	950	330	1121			
	Teigasel	63	5050	(1530)	0,090	455	140	568			
	Hvammssel	97	5200	(1530)	0,135	700	205	676			
	Samtals	647		1530	1,150	4510	1760	5465	1,30		
	Hafravhammar	184	3000	1530	0,395	1185	605	1680			
	Fljótsdalur	420	3950	(1530)	0,777	3080	1190	3140			
		604		1530	1,172	4265	1795	4820	1,20		

Lokaniðurstöður verða, að á vatnasvæði Jökulsár á Brú er hagkvæmt að virkja um 600 MW miðað við orkuþörf 4 TWh/a með heildarmiðlun um 1,8 TWh eða 45% af árlegri orkuþörf. Uppsett afl svarar til um 6600 nýtingarstunda á ári.

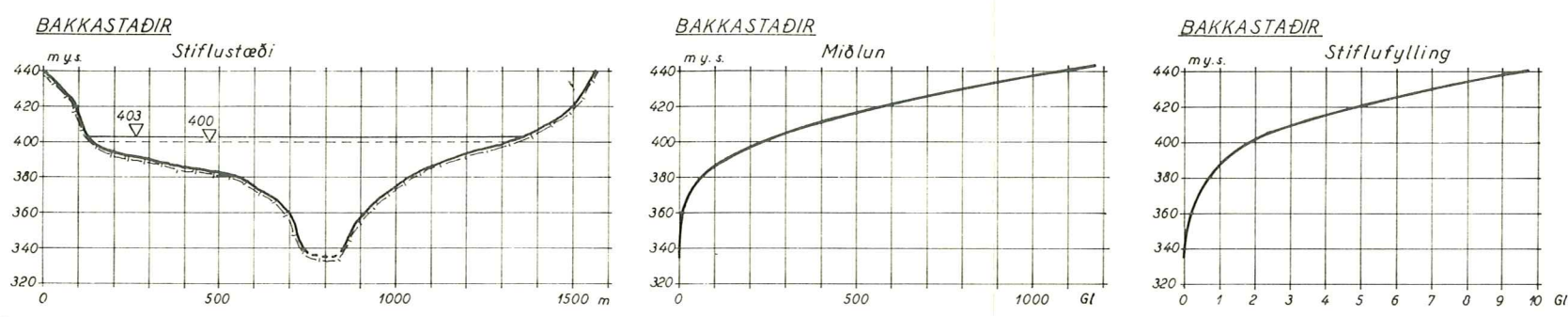
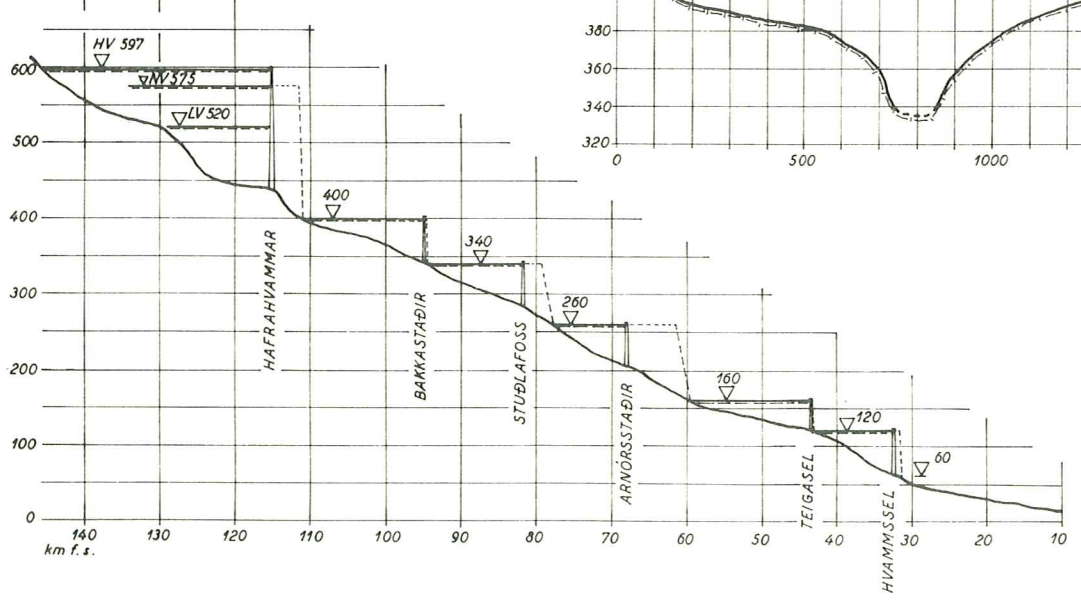
Að lokum viljum við minna á, að kostnaðartölur ná aðeins til vinnslu-  
virkja og er hvorki vegagerð né orkuveituvirki þar með taldar  
aðalspennistöðvar á virkjunarstöðum meðtalið í kostnaði. Ennfremur  
byggja athuganirnar á mjög ófullkomnum gögnum, bæði er varðar  
vatnsrennsli og staðhætti, og höfum við hér að framan bent á fyrstu  
skref til úrbóta á því.



**JÖKULSÁ Á BRÚ**  
Yfirlitsmynd



**JÖKULSÁ Á BRÚ**  
Langsnið



Yfirlitsmynd er byggð á uppdráttum Geodætisk Institut í mælikvarða 1 : 100.000.  
Langsnið árinna, þversnið stíflustæða og miðlun byggist á uppdráttum ameríska hersins í mælikvarða 1 : 50.000.  
— Stíflustæði lögð til grundvallar í frumáætlunum.  
--- Líklegri stíflustæði ákveðin í könnunarferð í ágúst '67.

