



ORKUSTOFNUN
Vatnsorkudeild

**HAGKVÆMNI STÓRVIRKJANA AUSTANLANDS Í
SAMANBURÐI VIÐ AÐRA VIRKJUNARKOSTI**

Jón Vilhjálmsson
OS82026/VOD18 B

Febrúar 1982



ORKUSTOFNUN

GRENSÁSVEGI 9, 108 REYKJAVÍK

**HAGKVÆMNI STÓRVIRKJANA AUSTANLANDS Í
SAMANBURÐI VIÐ AÐRA VIRKJUNARKOSTI**

Jón Vilhjálmsson
OS82026/VOD18 B

Febrúar 1982

1 INNGANGUR

Undanfarin ár hafa rannsóknir á vatnsafli einkum beinst að virkjunum í Blöndu, Jökulsá í Fljótsdal, Fljótsdalsvirkjun og í Þjórsá-Tungnaá, þá aðallega Sultartangavirkjun. Þessar virkjanir eru allar á verkhönnunarstigi nú, og gera má ráð fyrir að þær verði reistar á næstu árum eftir því sem markaðurinn leyfir.

Segja má því að viss tímamót séu nú í rannsóknum á vatnsorkunni, þ. e. beina þarf þeim að nýjum virkjunarkostum. Skipta má þeim kostum sem fyrir hendi eru og helst koma til greina í tvo flokka, þ. e. annars vegar hugsanlegar stórvirkjanir austanlands og hins vegar miðlungsstóra virkjunarkosti, en þeir eru flestir staðsettir á Suðurlandi. Því er eðlilegt að spurt sé hversu mikla áherslu beri að leggja á rannsóknir á stórvirkjunum austanlands. Eitt atriði sem hjálpað gæti við að svara þessari spurningu er að vita við hvað hraða markaðsþróun er hagkvæmara að fara í stórvirkjanir austanlands heldur en að ráðast í miðlungsstórar virkjanir. Til að þetta sé hægt þurfa að vera fyrir hendi áætlanir og kostnaðartölur fyrir hina ýmsu virkjunarkosti. Rannsóknir á flestum þeim kostum sem hér um ræðir eru misjafnlega langt á veg komnar, en í mörgum tilvikum mjög skammt. Kostnaðartölur eru því mjög óvissar, en notast verður við þær á meðan ekki eru betri fyrir hendi.

Hér að aftan verða bornir saman þeir tveir flokkar virkjana sem nefndir voru hér að framan, og reynt að meta hversu hratt markaðurinn þarf að vaxa til að hagkvæmt sé að leggja út í stórvirkjanir austanlands.

Ef athuga á hvaða miðlungsstóra virkjunarkosti beri að leggja áherslu á við rannsóknir þá er helst að bera saman kostnað á orkueiningu, en jafnframt þarf að taka tillit til stærðar virkjunar. Þar sem flestir þessir kostir eru staðsettir á Suðurlandi þá hefur flutningskerfið lítil áhrif á þann samanburð.

2 VIRKJUNARKOSTIR

Í töflu 1 eru sýndir þeir virkjunarkostir sem teknir eru með í þessari athugun.

Tafla 1 Virkjunarkostir. Kostnaðartölur eru færðar fram til verðlags í september 1981 (vísitala 811).

	Orkuvinnslu- geta GWh/a	Stofn- kostnaður Mkr	Kostnaður á Vísitala sem orkueiningu notuð er við kr/kWh/a framreikninga	
Þjórsá-Tungnaá	2760	4835	1,75	
Vatnsfellsvirkjun	435	619	1,42	398
Hálsvirkjun	580	961	1,66	-
Króksvirkjun	1140	2112	1,85	-
Bjallar	385	723	1,88	-
Búrfell II	220	420	1,91	811
Neðri Þjórsá	2855	4785	1,68	109
Skarðsvirkjun	925	1545	1,67	-
Holtavirkjun	1930	3240	1,68	-
Efri Hvítá				
Hagkvæmasta tilvik	2444	2835	1,16	109
Óhagkvæmasta tilvik	1713	2220	1,30	-
Ábóti+Sandvatnsveita	226	480	2,12	-
Stóráver	1136	1350	1,19	-
Haukholt	351	390	1,11	-
Jökulsárnar í Skagaf.	1140	1700	1,49	
Eystri - Jökulsá	960	1400	1,46	159
Villinganes	180	300	1,67	811
Samtals	8468	13540	1,60	
Austurlandsvirkjun	8530	8090	0,95	159
Hafrahvammavirkjun	1710	2695	1,58	-
Brúarvirkjun	3620	3736	1,03	-
Jökulsárveitur	3200	1658	0,52	-
Blönduvirkjun *)	775	1000	1,29	
Fljótsdalsvirkjun *)	1350	2160	1,60	
Sultartangavirkjun *)**)	660	1200	1,82	

*)Miðað við áætlanir haustið 1981.

**)Bara virkjunin ekki stíflan.

Þessi upptalning er ekki tæmandi um þá kosti sem fyrir hendi eru, en þetta eru þó flestir þeir miðlungsstórir og stórir virkjunarkostir sem einhverjar upplýsingar að ráði liggja fyrir um nú. Upplýsingar um virkjanir á Þjórsár-Tungnaár svæðinu eru fengnar úr skýrslu Almennu verkfræðistofunnar hf. og fleiri frá 1980 (2), nema hvað upplýsingar um Búrfell II er að finna í skýrslu Landsvirkjunar frá 1981 (4). Gögn um virkjanir í neðri Þjórsá eru fengin úr greinargerð Harðar Svavarssonar frá 1981 (3). Upplýsingar um efri Hvítá eru fengnar úr skýrslu Verkfræðistofu Sigurðar Thoroddsen sf. frá 1977 (8), og um virkjun Héraðsvatna í Skagafirði vísast til álitargerðar frá þeim sömu frá 1978 (9), nema hvað gögn um Villinganesvirkjun eru fengin úr skýrslu Rafmagnsveitna ríkisins frá 1981 (6). Gögn um Austurlandsvirkjun eru fengin úr skýrslu Almennu verkfræðistofunnar hf. og fleiri frá 1978 (1).

Frá töflu 1 sést að meðalkostnaður á orkueiningu fyrir Austurlandsvirkjun er mun lægri heldur en fyrir hinar virkjanirnar sem sýndar eru í töflu 1. Þó verður að taka fram að virkjunarkostir á Suðurlandi eru flestir betur rannsakaðir heldur en stórvirkjanir austanlands, þannig að líklegt er að kostnaður við þær eigi eftir að aukast hlutfallslega meira heldur en fyrir kostina sunnanlands. Sem dæmi má nefna að í skýrslu Almennu verkfræðistofunnar hf. og fleiri frá 1978 (1) var áætlað að orkuvinnslugeta Fljótsdalsvirkjunar væri 1770 GWh/a, stofnkostnaður 1820 Mkr og stofnkostnaður á orkueiningu því 1,03 kr/kWh/a, og er þá miðað við verðlag í september 1981. Aftur á móti voru þessar tölur komnar í 1350 GWh/a, 2160 Mkr og 1,60 kr/kWh/a haustið 1981 (sjá Rafmagnsveitur ríkisins 1981 (6)). Eins og sést á þessum tölum þá hefur orkuvinnslugetan verið ofáætluð nokkuð mikið. Líklega er meginástæðan fyrir þessari ofáætlun sú að það grunnkerfi sem miðað var við 1978 var mjög vanmiðlað þannig að í því tilviki fæst mikill hagnaður af hinni miklu miðlun við Fljótsdalsvirkjun. Í dag er aftur á móti miðað við grunnkerfi sem er í meiru jafnvægi (aukin miðlun í Þórisvatni) og verður því ekki eins mikill hagnaður af miðluninni við Fljótsdalsvirkjun. Orkuvinnslugeta Hafrahvamma- og Brúarvirkjunar miðast aftur á móti við grunnkerfi sem er í meiru jafnvægi, þar sem þá er miðað við að Fljótsdalsvirkjun hafi bæst inn á það. Því er ólíklegt að orkuvinnslugeta þessara virkjana sé jafn mikið ofáætluð og einnig eru þetta stærri virkjanir þannig að vanmiðlað kerfi hefði hlutfallslega minni áhrif á þær. Ólíklegt er því að stofnkostnaður á orkueiningu eigi eftir að breytast jafn mikið fyrir þessar virkjanir og hann hefur breyst fyrir Fljótsdalsvirkjun.

Í þessari athugun er gert ráð fyrir að Austurlandsvirkjun verði reist í þremur áföngum, þ. e. Hafrahvammavirkjun, Brúarvirkjun og Jökulsárveitur. Frekari áfangaskipting er erfiðleikum bundin, en gæti ef til vill komið til greina, og þá sérstaklega ef vöxtur markaðarins væri ekki mjög hraður.

Ef bornir eru saman þeir kostir í töflu 1 sem eru utan Austurlands þá sést að virkjanir í Efri Hvítá virðast vera hagkvæmastar jafnvel þó að rennsli um Gullfoss sé haldið óbreyttu, eins og gert er ráð fyrir í óhagkvæmasta tilvikinu.

3 SAMANBURÐUR KOSTNAÐAR

Athugaðar eru tvær virkjunarleiðir. Önnur samanstendur af stórvirkjunum austanlands, en hin leiðin af miðlungsstórum virkjunum. Gert er ráð fyrir að vöxtur markaðarins sé línulegur. Notað er einfalt reikniforrit til að tímavætja nýjar virkjanir og reikna nógildi kostnaðar. Ný virkjun er tímavætt þegar orkunotkun verður meiri heldur en orkuvinnslugeta kerfisins. Ekki er tekinn með neinn breytilegur rekstrarkostnaður, en að öðru leyti er nógildið fengið á sama hátt og lýst er í skýrslu verkfræðistofu Helga Sigvaldasonar hf. frá 1981 (7). Við nákvæmari reikninga verður að taka með breytilegan rekstrarkostnað og er þá virkjun tímavætt þegar það er hagkvæmast fyrir raforkukerfið. Við frekari þróun á því forriti sem hér er notað væri eðlilegt að taka með einfalda nálgun á breytilega rekstrarkostnaðinum.

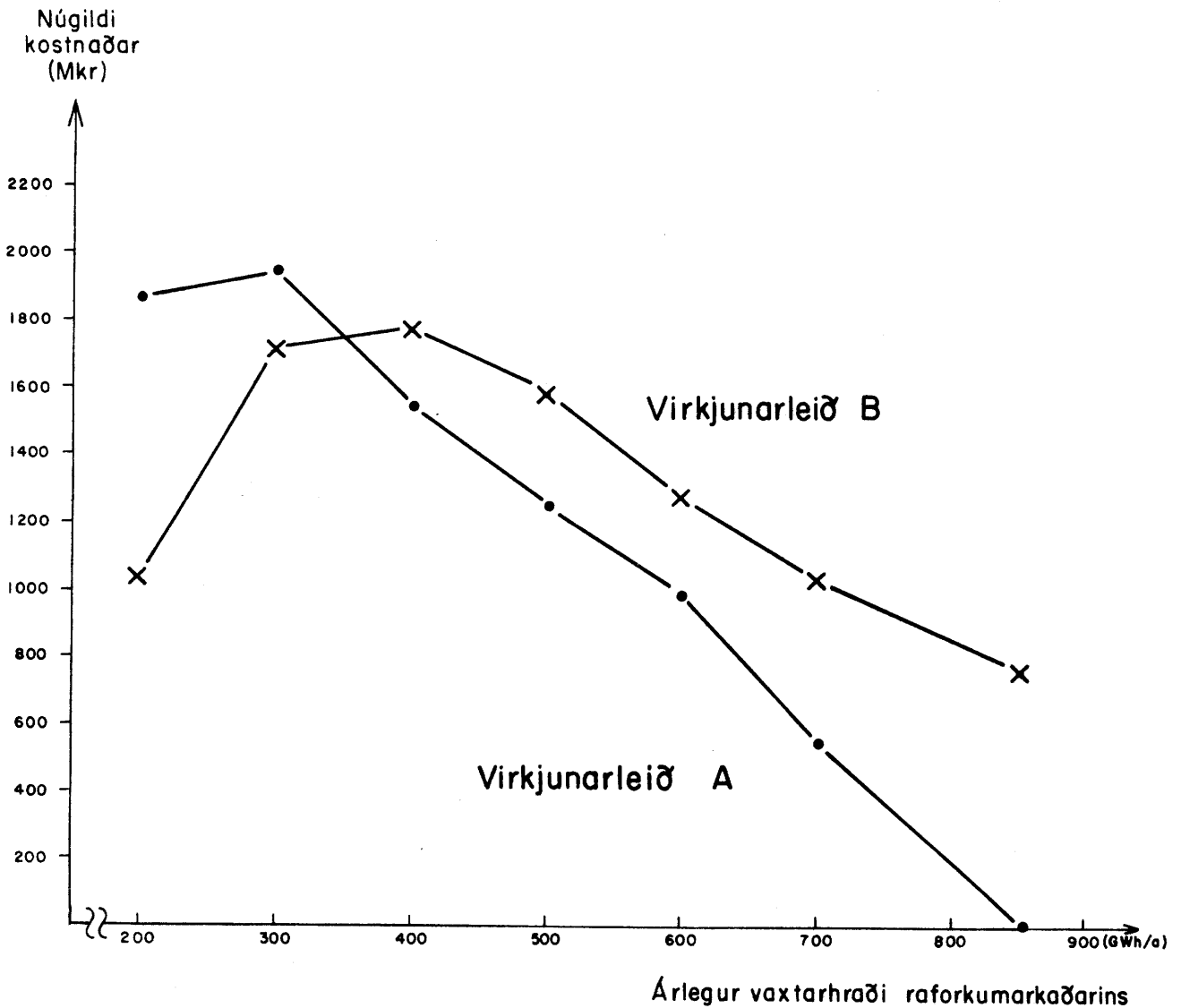
Mynd 1 sýnir niðurstöður reikninga fyrir virkjanir. Í öllum tilvikum er gert ráð fyrir að orkunotkun sé svipuð í lok tímabilsins, þ. e. að virkjanir í hvorri leið séu þá fullnýttar. Við mishraða markaðsþróun er því um mislangt athugunartímabil að ræða. Á myndinni sést að við um 350 GWh/a árlegan vöxt markaðarins fara stórvirkjanir austanlands að vera hagkvæmari heldur en miðlungsstórar virkjanir, ef einungis er litið á virkjanir en ekki flutningskerfið. Ferlarnir á myndinni eru nokkuð ójafnir og á það sérstaklega við um virkjunarleið A við 600 GWh/a aukningu. Ástæða fyrir þessari ójöfnu er að við þennan vöxt er á mörkunum að seinka megi Brúarvirkjun og Jökulsárveitum. Ef breytilegur rekstrarkostnaður hefði verið tekinn með þá fengjust líklega jafnari ferlar. Einnig hefði munurinn milli ferlanna líkleg eitthvað aukist ef hann hefði verið tekinn með.

Ekki er víst að sú virkjunarleið sem notuð er fyrir miðlungsstórar virkjanir sé í öllum tilvikum sú hagkvæmasta. Athugaðar voru nokkrar hugsanlegar raðir af þessum virkjunum og koma þær allar mjög svipað út, þó að sú leið sem hér er notuð væri í flestum tilvikum hagkvæmst.

Erfitt er að meta hvaða áhrif flutningskerfi raforku hefur á hagkvæmni leiðanna, þar sem staðsetning markaðarins er ekki þekkt. Dýrasta flutningskerfið fengist líklega ef flytja þyrfti alla orku Austurlandsvirkjunar þver yfir landið til markaðar á suðvesturhorninu. Kostnaður við þetta tilvik var áætlaður og er niðurstaðan sýnd á mynd 2. Gert er ráð fyrir að allar nýjar línur séu 220kV, en ef þessi staða

Virkjunarleið A: Hafrahvammav.- Brúarv.- Jökulsárveitur

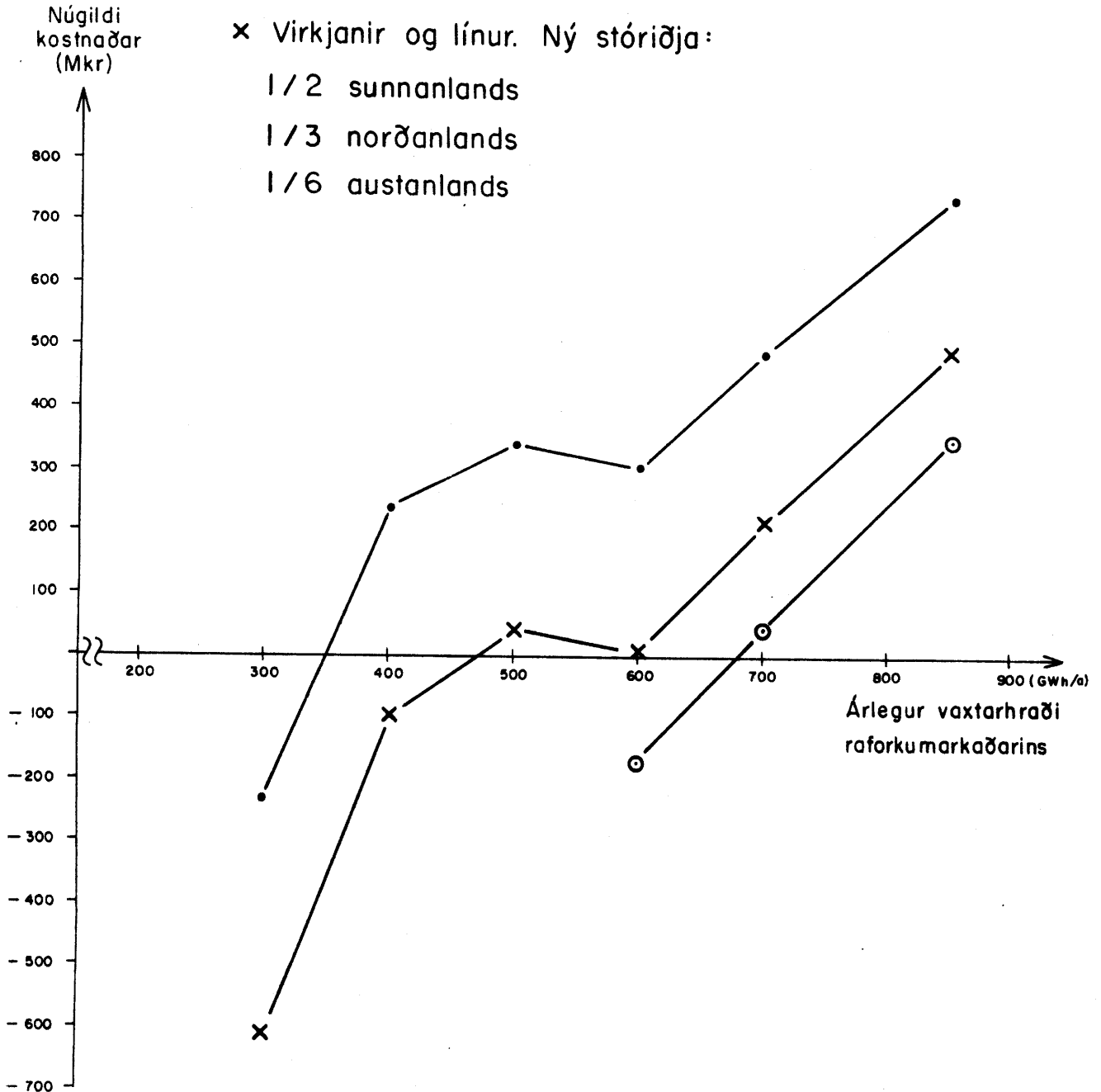
Virkjunarleið B: Ábóti- Stóraver- Haukholt- Vatnfellsv.-
Skagafj.- Hálsv.- Villinganesv.- Skarðsv.-
Holtav.- Króksv.- Bjallarv.-
Búrfell II



Mynd 1 Núgildi kostnaðar við virkjanir sem fall af vaxtarhraða markaðarins. Verðlag í sept. 1981.

Kostnaður við virkjunarleið B, umfram leið A.

- Virkjanir eingöngu
- Virkjanir og línur. Óhagstæðasta tilvik.
- × Virkjanir og línur. Ný stóriðja:
 - 1/2 sunnanlands
 - 1/3 norðanlands
 - 1/6 austanlands



Mynd 2 Núgildi kostnaðar við virkjanir og flutningslínur sem fall af vaxtarhraða markaðarins. Verðlag í sept. 1981.

kæmi upp í raunveruleikanum yrðu líklega notaðar 400kV línur og fengist þá eitthvað ódýrara kerfi. Á mynd 2 sést að virkjunarleið A er alltaf hagkvæmari heldur en leið B ef markaðurinn vex hraðar en tæpar 700 GWh/a. Annað tilvik var athugað lauslega, en það er að helmingur af nýrri stóriðju yrði á suðvesturlandi, einn þriðji norðanlands og einn sjötti austanlands, en telja verður þetta mun raunsærra tilvik heldur en það sem nefnt var hér að framan. Flutningskerfið var athugað lauslega og er niðurstaðan sýnd á mynd 2. Í þessu tilviki fer virkjunarleið B að vera hagkvæmari við tæpar 500 GWh/a vöxt markaðarins.

Þessar athuganir á flutningskerfum eru mjög lauslegar, en ættu samt að gefa góða hugmynd um mismun milli leiða. Ekki er ástæða til að fara í ítarlegar athuganir fyrr en virkjunarkostir og þróun markaðarins eru betur þekkt. Við reikningana hafa verið notaðir eftirfarandi afskriftatímar: virkjanir 35 ár, raflínur 35 ár og aðveitustöðvar 20 ár. Gert er ráð fyrir að fastur rekstrarkostnaður virkjana sé 1% af stofnkostnaði á ári en 0,5% fyrir línur og aðveitustöðvar. Núgildi er reiknað fram til þess árs sem fyrsta virkjunin kemst í rekstur (alltaf sama árið).

4 NIÐURSTÖÐUR

Helsta niðurstaða þessarar athugunar er að hagkvæmara virðist vera, út frá þeim gögnum sem nú liggja fyrir, að fara út í miðlungsstórar virkjanir ef vöxtur markaðarins er minni en um 350 GWh/a, en aftur á móti hagkvæmara að fara út í stórvirkjanir austanlands ef markaðurinn vex hraðar en tæpar 700 GWh/a. Á bilinu þarna á milli er það háð uppbyggingu markaðarins hvor leiðin er hagkvæmari.

Í raforkuspá til aldamóta frá 1981 (5) er spáð fyrir um bæði efri og neðri mörk raforkunotkunar. Við ákvörðun efri marka spárinnar er miðað við að vissum þjóðhagslegum markmiðum verði náð. Í efri mörkunum er gert ráð fyrir að aukning í raforkunotkun á 20 árum verði 6520 GWh eða að meðalaukningin á ári verði um 326 GWh/a. Nú gæti sú staða komið upp að ákveðið yrði að fara enn hraðar í sakirnar, og gæti þá orðið hagkvæmt að ráðast í stórvirkjanir austanlands. Rannsóknir á miðlungsstórum virkjunarkostum eru komnar lengra áleiðis heldur en á stórvirkjunum austanlands. Því er eðlilegt að auka áherslu á rannsóknir austanlands til að fá úr því skorið hvort þær virkjanir séu eins hagkvæmar og nú virðist vera, og ef svo er að vera þá tilbúna að ráðast í þær þegar markaðurinn leyfir.

HEIMILDASKRÁ

1. Almenna verkfræðistofan hf., Virkir hf. & Verkfræðistofa Sigurðar Thoroddsen hf. 1978: Austurlandsvirkjun, forathugun virkjana á vatnasviðum Jökulsár á Fjöllum, Jökulsár á Brú og Jökulsár í Fljótsdal - I Tilhögun virkjana. Orkustofnun, ROD 7817.
2. Almenna verkfræðistofan hf., Virkir hf. & Verkfræðistofa Sigurðar Thoroddsen hf. 1980: Þjórsárvirkjanir - mynsturáætlun um orkunýtingu á vatnasviði Þjórsár niður fyrir Búrfell. Landsvirkjun.
3. Hörður Svavarsson 1981: Þjórsárvirkjanir, forathugun á virkjun Þjórsár neðan Búrfells. Orkustofnun, greinargerð HS-81/02.
4. Landsvirkjun 1981: Raforkuöflun í samtengdu landskerfi í framhaldi af Hrauneyjafossvirkjun.
5. Orkuspárnefnd 1981: Raforkuspá 1981 - 2000.
6. Rafmagnsveitur ríkisins 1981: Virkjunarleiðir, mat á hagkvæmni og þýðingu fyrir raforkukerfi landsins. Rarík 81507.
7. Verkfræðistofa Helga Sigvaldasonar hf 1981: Vinnsla og flutningur raforku til aldamóta - samanburður virkjunarleiða - II Orkuver. Orkustofnun, OS81001/VOD01.
8. Verkfræðistofa Sigurðar Thoroddsen sf. 1977: Hvítárvirkjanir I, samanburðaráætlanir um nýtingu fallsins frá Hvítárvatni niður fyrir Haukholt. Orkustofnun, ROD 7711.
9. Verkfræðistofa Sigurðar Thoroddsen hf. 1978: Virkjun Héraðsvatna, lausleg áætlun um virkjun Eystri - Jökulsár frá Austurbug niður í Vesturdal. Orkustofnun, ROD 7828.