

VIRKJUN ÞJÓRSÁR VIÐ BÚRFELL  
OG JÖKULSÁR VIÐ DETTIFOSS  
TIL RAFORKUVINNSLU FYRIR ALUMINIÚMBRÆDSLУ

---

S A M A N B U R D U R

Stóriðjunefnd hefur fyrir nokkru borizt lokaáætlanir þær, sem gerðar voru á vegum raforkumálastjórnarinnar á sl. ári, um virkjanir í Jökulsá og Þjórsá fyrir aluminíumvinnslu. Fér hér á eftir nokkur samanburður á þessum áætlunum, en þær eru gerðar af ameríkska verkfræðingafirmanu, Harza Engineering Company International.

#### GERÐ MANNVIRKJA

Áætlunin um virkjun Jökulsár gerir ráð fyrir stíflu, tæpum 2 km fyrir ofan Dettifoss. Frá henni liggja tvenn lóðrétt þrýstivatnsgöng í vesturbakka árinnar niður í stöðvarhúsið, en í því eru fjórar 33,3 MW vélar, sem skila vatninu rétt fyrir neðan Hafragilsfoss, um 4 km löng frárennslisgöng. Fallhæðin er 125 m.

Í áætluninni um virkjun Þjórsár er reiknað með stíflu, tæpum 6 km fyrir ofan Tröllkonuhlaup. Við það myndast lón vestan við ána, og er vatnið leitt um lónið, og skurði að inntaki við Sámstaðamúla. Frá inntakinu liggja þrenn þrýstivatnsgöng lóðrétt niður í stöðvarhúsið, sem í eru sex 30 MW vélar, en þaðan liggja 1,6 km löng frárennslisgöng undir Sámstaðamúla yfir í Fossá. Fallhæðin er 118 m.

Í hvorugri áætluninni er gert ráð fyrir vatnsmiðlun, sem heitið getur, og eru því báðar virkjanirnar miðaðar við lítið rennsli. Astæðan er sú, að miðlanir mundu hækka orkuverðið til aluminíumvinnslu um of, nema jafnframt væri virkjað allt að 400 MW afl í annarri hvorri ánni, en þá er komið út fyrir þau mörk, sem til umræðu eru. Þetta er bagalegt, því virkjanir í jökulám okkar hljóta að eiga í íserfið-leikum, ef ekki koma til miklar vatnsuppistöður. Hagkvæmasta lausn-in á þessu vandamáli er talin vera varastöðvar. Peim má koma upp á ódýran hátt eða fyrir um 4000 kr/kW, að tollum frátoldum, en óhjákvæmilega hækka þær orkuverðið nokkuð í byrjun. A móti kemur að vatnsorka jökulánna verður ekki í framtíðinni nýtt á skynsamlegan hátt án toppstöðva, og geta þá varastöðvarnar unnið sem slíkar auk þess sem þær hafa ýmsa kosti varðandi orkuflutning, bilanir o.fl.

Rétt er að geta þess hér, að í áætluninni um virkjun Þjórsár er bent á, að nokkur vatnsmiðlun í Þórisvatni, sem síðar yrði hluti af frekari miðlun, mundi geta dregið verulega úr hættunni á ístruflunum. Slík byrjunarframkvæmd við Þórisvatn, sem gerir ráð fyrir að vatninu

verði veitt yfir í Tungná, áætlast kosta 65 millj. kr., að tollum frá-toldum.

Af ástæðum, sem síðar verður greint frá, gerir áætlunin um virkjun Jökulsár ráð fyrir, að raforkan verði afhent með 161 og 69 kV spennu við vestanverðan Eyjafjörð, nokkru fyrir norðan Akureyri, en áætlunin um virkjun Þjórsár, að hún verði afhent með 230 og 138 kV spennu í námunda við Reykjavík. Báðar áætlanirnar reikna með, að tvær há-spennulínur geti orðið nauðsynlegar, sérstaklega á Norðurlandi, því þar eru línumstæðin að hluta í óbyggðum, sem e.t.v. verður ekki komizzt í dögum saman, auk þess sem ísing á línum getur orðið mikil. Fyrir sunnan eru aðstæður í þessum efnum ólíkt betri og kemur því ein lína til álita þar, en engu að síður skal í þessum samanburði reiknað með tveimur línum í báðum tilfellum.

Framangreindar virkjanir eru að jafnaði nefndar Dettifossvirkjun og Búrfellsvirkjun og verður þeim nöfnum haldið hér.

#### AFL OG ORKA

Aluminíumbræðslur eru nú yfirleitt byggðar í 60 MW einingum, sem hver samsvarar allt að 30 þús. tonna vinnslu af aluminíum á ári. Þegar um minnstu bræðslur er að ræða, er stundum ráðið í hálfar einingar, en þó því aðeins að séð verði fram á, að afla megi fljóttlega raforku, á samkeppnisfæru verði, til síðari hluta einingarinnar.

Það má teljast nær útilokað, eins og nú horfir, að aluminíumbræðsla verði byggð hér á landi ef verðið er hærra en 13 au/kWst, og raunar er mjög líklegt að það verði að vera lægra vegna samkeppninnar frá öðrum löndum. Af áætluninni um Dettifossvirkjun má þá sjá, að minni virkjun en 100 MW kemur ekki til greina. A hinn bóginn er stærri virkjun en rúm 130 MW ekki möguleg án miðlunar, og skortir þegar við þessa stærð nokkuð á, að virkjunin geti látið allt aflið stöðugt af hendi, en þess er krafist við aluminíumvinnslu. Afl virkjunarinnar var því valið 133 MW. Með tilliti til þess hvað hinn almenni raforkumarkaður á Norður- og Austurlandi er lítill, eða nú um 16 MW, verður ein 60 MW bræðslueining þá ónog og yrði að reikna með a.m.k.  $1\frac{1}{2}$  einingu í byrjun, sem síðar mætti stækka í tvær einingar. Þá eru eftir 13 MW til annarra þarfa.

Stærsta virkjun, sem ráðiðt verður í við Búrfell án miðlunar, er 180 MW og var sú stærð valin. Þetta samsvarar tveimur bræðslu-einingum og 60 MW til annarra nota, eða einni einingu og 120 MW í afgang. Vegna þess hvað hinn almenni raforkumarkaður á Suðurlandi er stórvirkjuna, eða nú um 90 MW, geta báðar leiðirnar komið til greina og er því hér um frjálsara val að ræða en fyrir norðan.

Samkvæmt áætlunum er sú árlega forgangsorka, sem virkjanirnar geta látið í té á afhendingarstað, þ.e.a.s. að tópum og stöðvarnotkun frá-dreginni, eins og sýnt er á 1. töflu, sem einnig sýnir þá orku, sem fæst ef allar vélarnar eru ekki settar niður í byrjun (GWh=millj. kWst.).

1. Tafla

	Dettifoss		Búrfell		
	3-vélar	4-vélar	4-vélar	5-vélar	6-vélar
Forgangsorka GWh/ári	775	1000	955	1180	1400

Þessu til viðbótar kemur nokkur afgangsorka, en ekki hefur verið reiknað út hverju hún kynni að nema.

STOFNKOSTNAÐUR

Stofnkostnaður virkjananna í millj. kr. áætlast, eins og sýnt er í 2. töflu, sem einnig nær til kostnaðarins ef allar vélarnar eru ekki settar niður í byrjun:

2. Tafla

	Dettifoss		Búrfell		
	3-vélar	4-vélar	4-vélar	5-vélar	6-vélar
Stofnkostn. orkuvers Mkr	1010	1050	1090	1150	1190
" aðalorkuveitu "	220	230	275	290	290
Stofnkostn. alls Mkr	1230	1280	1365	1440	1480
Aflkostnaður kr/kW	12300	9600	11400	9600	8200
Orkukostnaður kr/árskWst	1,59	1,28	1,43	1,22	1,06

Sé aðeins reiknað með einni háspennulínu, lækkar stofnkostnaður Dettifossvirkjunar um tæpar 80 Mkr, en Búrfellsvirkjunar um rúmar 110 Mkr.

Í framangreindum áætlunum eru tollar ekki meðtaldir, en þeir mundu hækka tölurnar um rúm 20%. Að öðru leyti er allur kostnaður innifalinn og þá einnig vextir á byggingartíma, en áætlað er að unnt sé að byggja hvora virkjunina sem er á þremur árum, ef nægilegt vinnu-afl er fyrir hendi.

### REKSTRARKOSTNAÐUR OG ORKUVERÐ

Árlegur rekstrarkostnaður, annar en vextir og afskriftir, áætlast í millj. kr. eins og sýnt er í 3. töflu.

#### 3. Tafla

	Mkr	Dettifoss		Búrfell		
		3-vélar	4-vélar	4-vélar	5-vélar	6-vélar
Gæzla, viðhald o.fl.	Mkr	12,0	15,0	17,6	20,8	23,4
Varasjóður	"	14,8	15,3	16,5	17,4	17,8
	Mkr	26,8	30,3	34,1	38,2	41,2

Miðað við fyrri hluta ævi virkjananna, eða a.m.k. fyrstu árin, er viðhaldið sennilega riflega reiknað, en á móti kemur að opinberum gjöldum og kaupum eða leigu af landi er sleppt. Tryggingum og ágóða er einnig sleppt nema að því leyti sem hann fellst í varasjóði, sem einnig er ætlað að standa undir kostnaði af vatnsréttindum.

Eins og áður segir áætlast að nokkuð vanti á að Dettifossvirkjun geti skilað 133 MW afli að staðaldri, eða nánar tiltekið um 30 GWh/ári að meðaltali. Sé þessi orka unnin með olíu í varastöð þeirri, sem koma verður upp af öðrum ástæðum, áætlast árlegur olíukostnaður um 13 Mkr/ári. Allar líkur eru á að alumíniumbræðsla mundi fremur kjósa að draga eitthvað úr framleiðslu en að leggja í þennan kostnað, en í samanburði við Búrfell þarf að taka tillit til hans. Skal hér reiknað með 6,5 Mkr/ári, þar sem afl alumíniumbræðslunnar yrði 120 MW í stað 133 MW.

Til viðbótar við framangreindan rekstrarkostnað koma vextir og afskriftir eða óllu heldur afborganir af lánum, því á fyrri hluta ævi virkjananna verður í reynd að miða rekstrartekjur við lánskjör. Hver þau gætu orðið er ekki vitað og því er hér, eins og í áætlunum, valið að bera saman orkuverð virkjananna við mismunandi lánskjör. Þessi samanburður er sýndur á 1. fylgiskjali, þar sem reiknað er

með að annuitetslán fáist fyrir öllum stofnkostnaði.

### VARASTÖÐVAR

Aluminíumbræðslur eru mjög viðkvæmar fyrir truflunum á orkuafhendingu. Ef t.d. rafmagnið fer af með öllu í 1 - 2 tíma þá storknar raflausnin í kerjunum, sem málmurinn er framleiddur í, og verður þá að endurbýggja þau. Í 60 MW bræðslu er sagt að þessi kostnaður geti numið yfir 30 millj. kr. og því til viðbótar kemur framleiðslutap, sem skipt getur mánuðum. Meðan ekki er hægt að ráðast í nægar vatnsuppistöður í ánum til þess að útiloka ístruflanir, verður aluminíumbræðsla því að hafa aðgang að nægu varaafli. Menn virðast ekki vera fyllilega sammála um hve mikil það þurfi að vera, en lægsta tala, sem nefnd hefur verið, er 50%. Þetta mál er að sjálfssögðu auðleystara fyrir sunnan í samvinnu við kerfið þar, sem innan tveggja ára mun hafa um 120 MW afli á að skipa, en aflið fyrir norðan verður þá um 16 MW. Miðað við 120 MW bræðslu mun ekki verða komið hjá því að reikna með a.m.k. 60 MW varastöð fyrir norðan, en fyrir sunnan nægir 40 MW stöð til samanburðar.

Enda þótt aluminíumbræðslur geti sætt sig við 50% takmörkun á afli stóku sinnum, þá má það ekki koma oft fyrir, því við það styttist ævi kerjanna. Þar sem línbilanir fyrir norðan geta orðið all tíðar, þótti því rétt að reikna þar með tveimur línum, en til athugunar kemur að leggja heldur kostnaðinn af annarri línumni í aukningu varaaflsins. Fyrir sunnan kemur til athugunar að sleppa annarri línumni, eða að leggja kostnaðinn af henni í aukningu varaaflsins, og e.t.v. má einnig ráðast í nokkra miðlun í Þórisvatni og minnka varaaflið að sama skapi. Þessi mál þurfa nánari athugunar við, en í þessum samanburði verður reiknað með 60 MW varastöð fyrir norðan og 40 MW varastöð fyrir sunnan, auk tveggja háspennulína í báðum tilfellum, eins og fyrr greinir.

Rétt er að minna á það hér, að auk línbilana og ístruflana geta orðið bilanir á vélum vatnsvirkjananna. Ef varastöðvar eru ekki fyrir hendi, verður að sjá við þessu með auknum vélakosti í virkjununum, sem hafa mundi aukakostnað í fór með sér.

Hér er gert ráð fyrir að varastöðvarnar verði gastúrbínustöðvar, en svo nefndar dælustöðvar koma einnig til athugunar a.m.k. fyrir sunnan, t.d. við Vörðufell hjá Hvítá í Arnessýslu. Þessar gastúrbínu-

stóðvar áætlast kosta 4000 kr/kW að tollum frátöldum og hækka þær því stofnkostnað Dettifossvirkjunar um 240 millj. kr., en Búrfells-virkjunar um 160 millj. kr. Hver olíukostnaðurinn vegna truflana eða bilana verður er að sjálfsögðu ekki vitað, en væntanlega verður hann, ásamt gæzlu og viðhaldi varastóðvanna, svipaður í báðum tilfellum þegar einnig er tekið tillit til kostnaðarins af þeirri orku, sem Búrfellsvirkjun kynni að þurfa á að halda frá öðrum orkuverum en varastóðinni. Þessum rekstrarkostnaði er því sleppt hér og aðeins tekið tillit til stofnkostnaðarins. Verður þá niðurstaðan eins og sýnt er á 2. fylgiskjali.

#### SÉRATHUGUN Á DETTIFOSSVIRKJUN

Ef hægt væri að stofna til 40 MW notkunar fyrir norðan innan hæfilegs tíma, mundi sú notkun ásamt einni 60 MW bræðslueiningu skapa grundvöll fyrir 100 MW virkjun í Jökulsá. Aætlun um slika virkjun var því gerð og er niðurstaða hennar samkvæmt 4. töflu, ef með er talin 30 MW gastúrbínustóð:

#### 4. Tafla

##### Dettifoss

Stofnkostnaður orkuvers	Mkr	910
"        aðalorkuveitu (tvær línum)	"	220
"        gastúrbínustóðvar	"	120
Stofnkostnaður alls	Mkr	1250
Forgangsorka	GWh / ári	775
Árlegur rekstrarkostnaður, reiknaður eins og að framan	Mkr	25

Miðað við 7% annuitet samsvarar þetta 14,5 au/kWst við fulla nýtingu, en 17,8 au/kWst miðað við 9% annuitet. Þetta er mjög svipað verð og frá 133 MW virkjuninni og breytir því ekki samanburðinum við Búrfell að öðru leyti en því, að ef finna mætti áðurnefnda 40 MW notkun væri hugsanlegt að ráðast í aðeins eins bræðslueiningu fyrir norðan.

#### NIÐURSTAÐA

Eins og fram kemur af 1. og 2. fylgiskjali er niðurstaðan af áætlunum Harza sú, að orkan frá 133 MW virkjun í Jökulsá við Dettifoss, afhent

í námunda við Akureyri, sé 20% dýrari en orkan frá 180 MW virkjun í Þjórsá við Búrfell, afhent í námunda við Reykjavík. Þá er reiknað með tveimur háspennulínum í báðum tilfellum en ekki tekið tillit til stofnkostnaðar varastöðva. Sé hann meðtalinn og stærð varastöðvanna miðuð við minnsta varaafli fyrir 120 MW aluminíumbræðslu hækkar þessi munur í 26%.

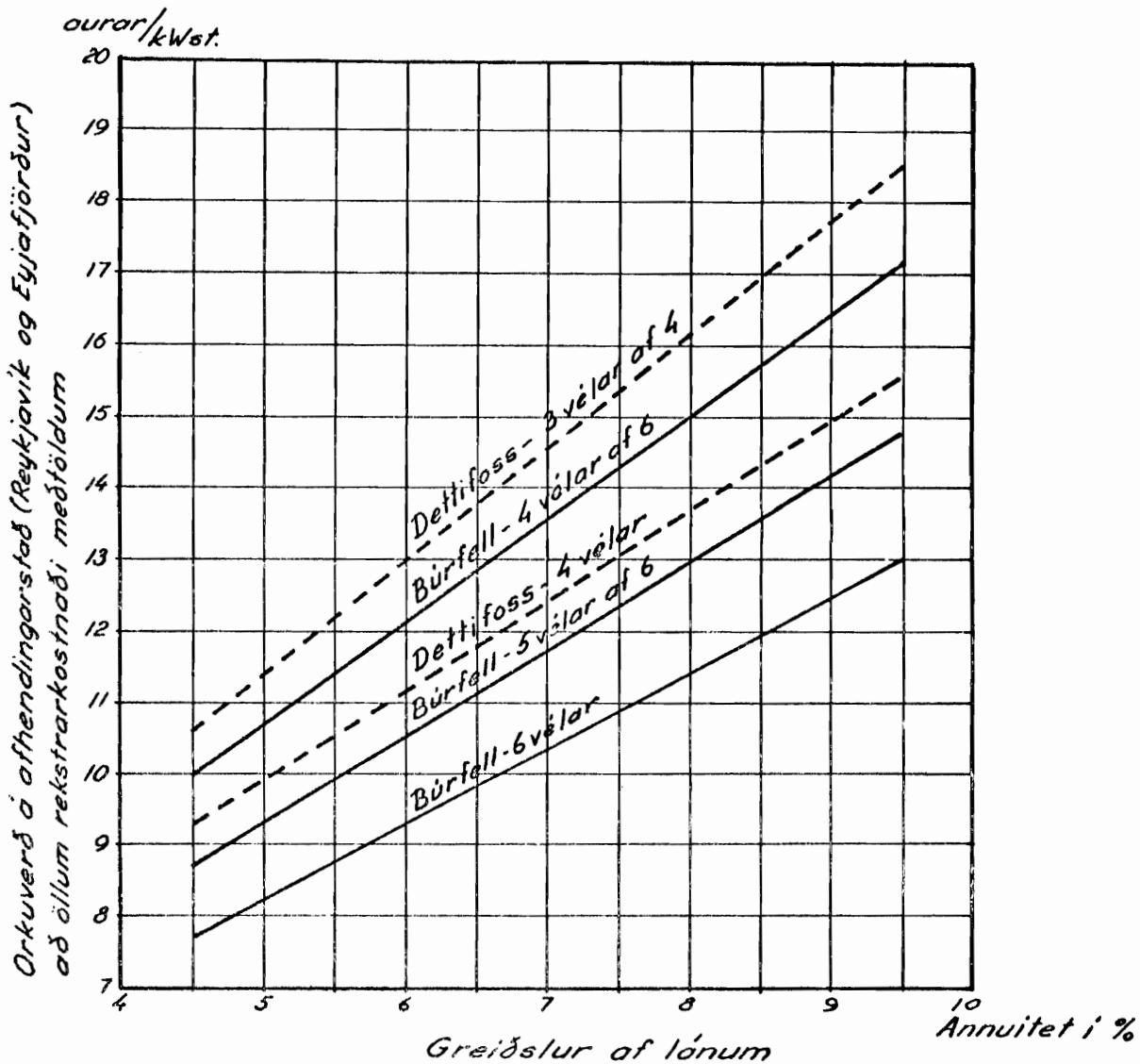
Til athugunar kemur að leggja aðeins eina háspennulínu fyrir sunnan, en fyrir norðan er það síður þorandi nema að varaaflið sé aukið. Reynist þetta við nánari athugun svo, eykur það enn muninn á orkuverði virkjananna.

Stóriðjunefnd

Orkuverð 133 MW Dettifossvirkjunnar  
og 180 MW Búrfellsvirkjunnar við  
fulla nýtingu og án varastöðva

I. Fylgiskjot

13/6 1963



#### Athugasemdir

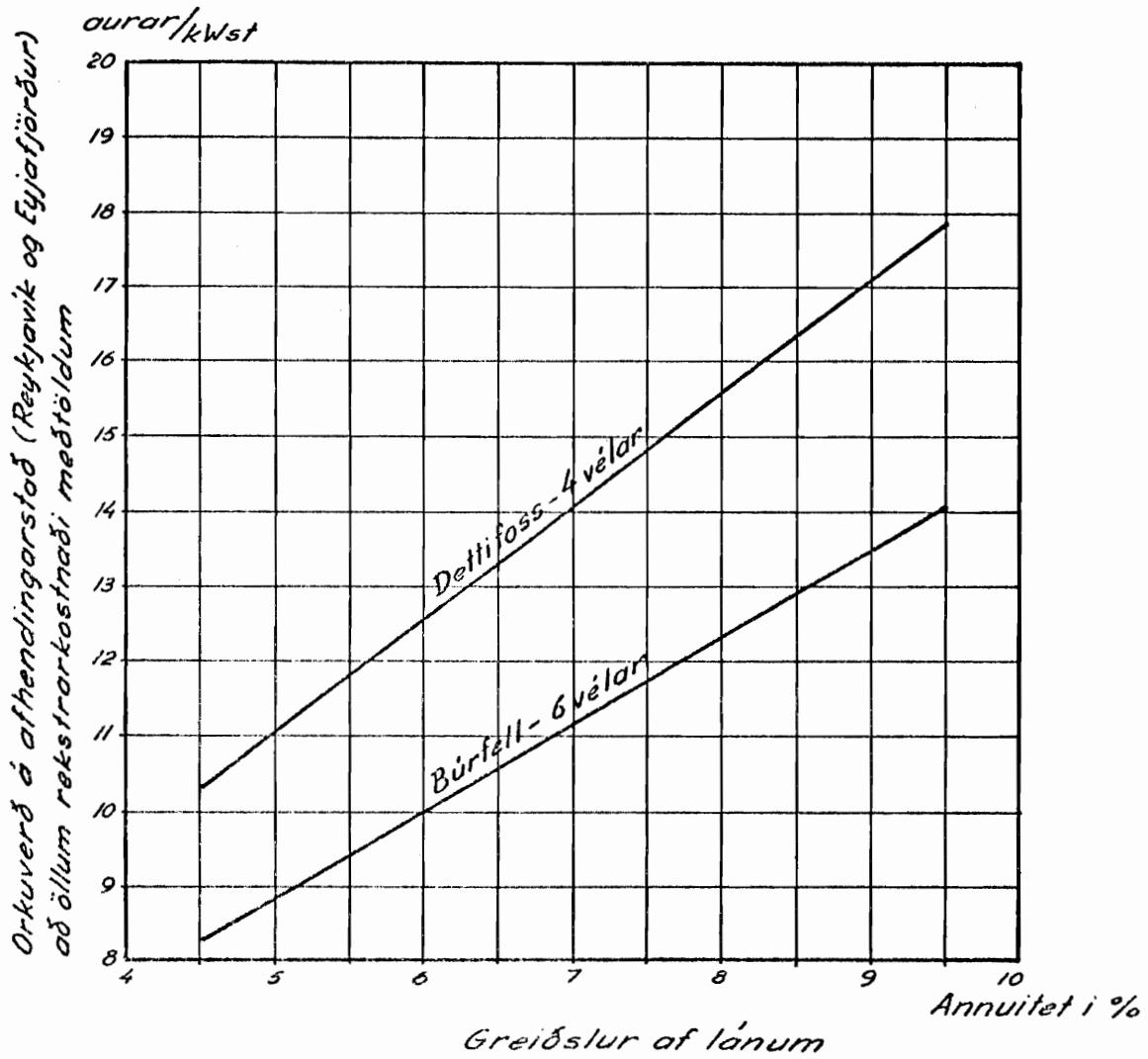
1. Reiknað er með annuitetslánnum fyrir öllum stofnkostnadi að tollum framtöldum. Þeir eru ekki meðtoldir og mundu hækka orkuverð um ca 20 %
2. Reiknað er með tveimur höspennulinum
3. Reiknað er með að við 4 vélar burfi Dettifoss í samanburði við Búrfell að greiða 6.5 millj. kr. fyrir raforku frá öðrum stöðvum
4. Ekki er reiknað með neinum tekjum af sölu á afgangsorku

Stóriðjunefnd

Orkuverð 133 MW Dettifossvirkjunnar  
og 180 MW Búrfellsvirkjunnar við fulla  
nytingu og að varastöðvum meðtoldum

2. Fylgiskjali

13/4 1963



#### Athugasemd

Reiknað er með sömu forsendum og á 1. fylgiskjali  
að öðru leyti en því að stofnkostnaði 60 MW  
gastúrbinustöðvar er bætt við stofnkostnað  
Dettifossvirkjunarnar og 40 MW gastúrbinu-  
stöðvar við stofnkostnað Búrfellsvirkjunnar.  
Ölikostnaður vegna truflana og bilana er ekki  
meðtalinn og ekki heldur viðhalds og gæslu-  
kostnaður varastöðvanna.