



ORKUSTOFNUN
Vatnsorkudeild

Jakob Björnsson
Jón Vilhjálmsson

VINNSLA OG FLUTNINGUR RAFORKU TIL ALDAMÓTA

Samanburður virkjunarleiða

I Niðurstöður og heildarsamanburður

OS81001/VOD01

Reykjavík, febrúar 1981

**Jakob Björnsson
Jón Vilhjálmsson**

VINNSLA OG FLUTNINGUR RAFORKU TIL ALDAMÓTA

Samanburður virkjunarleiða

I Niðurstöður og heildarsamanburður

**OS81001/VOD01
Reykjavík, febrúar 1981**

Dags.
1981 04 07
Dags.

Tilv. vor
JB/sg
Tilv. yðar

...
Iðnaðarráðuneytið
Arnarhvoli
101 Reykjavík
...

Vinnsla og flutningur raforku til aldamóta

Hjálagt sendist hinu háa ráðuneyti skýrslan "Vinnsla og flutningur raforku til aldamóta", sem fjallar um athugun sem Orkustofnun hefur haft með höndum nú undanfarið. Skýrslan er í þremur bindum:

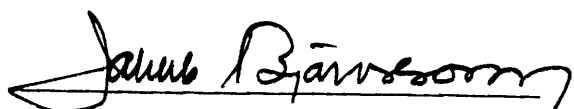
- I Niðurstöður og heildarsamanburður
- II Orkuver
- III Flutningskerfi

Helstu niðurstöður þessarar skýrslu lágu fyrir vorið 1980, og komu m.a. fram í erindi orkumálastjóra á aðalfundi SÍR þá. Mikil vinna var við að gera skýrsluna sjálfa og hefur verið unnið að því þar til í febrúar í ár að hún fór í fjölrítun.

Virkjunaráætlanir þær, sem þessi athugun byggir á, eru frá vetrinum 1979-80. Sumarið 1980 fóru fram umfangsmiklar rannsóknir á Fljótsdalsvirkjun og Sultartangavirkjun, en rannsóknunum við Blöndu lauk að heita má 1979. Unnið hefur verið úr þessum rannsóknum síðan á vegum virkjunaraðila, Rafmagnsveitna ríkisins og Landsvirkjunar. Sú úrvinnsla er nú langt komin, en henni er þó ekki að fullu lokið. Þegar þetta er ritað hefur ekkert komið fram sem bendir til þess, að rannsóknirnar 1980 muni raska þeim forsendum um virkjanir í Fljótsdal og við Sultartanga, sem gengið var út frá í athugun þessari. Niðurstöður hennar eru því enn í fullu gildi og eru hinar nýjustu sem fyrir liggja. Komi eitthvað það í ljós við fullnaðarúrvinnslu rannsóknanna 1980, sem tilefni þykir gefa til að endurmeta forsendur fyrir virkjunaráætlunum verður það strax kannað, hvaða áhrif það hefur á samanburðinn.

Vakin skal athygli á því, að ef reiknað er með nýjum orkufrekum iðnaði getur staðsetning hans haft áhrif á það, að hvaða virkjun er hagkvæmast að byrja. Orkustofnun telur, að þetta sýni ljóslega að sú stefna sem stjórnvöld móta í iðnþróunarmálum hljóti að hafa veruleg áhrif á val virkjana í framtíðinni. Þegar hún liggur fyrir er ástæða til að endurtaka sumar af þeim athugunum, sem skýrsla þessi fjallar um til þess að rannsaka hvaða áhrif sú stefna hefur á tímaröð virkjana.

Allra virðingarfyllst,



Jakob Björnsson

1981 02 18 JB/kw

Orkustofnun hefur látið gera langtímakönnun í virkjunarmálum hérlendis, er miðar að því að rannsaka hvaða rök vatnsaflsvirkjana og flutningslína beri að velja til þess að séð verði fyrir áætluðum raforkuþörfum þjóðarinnar fram til aldamóta á sem ódýrastan hátt. Um verk þetta hefur stofnunin haft samvinnu við Landsvirkjun og Rafmagnsveitur ríkisins. Slík könnun virkjunarleiða til svona langs tíma hefur ekki áður verið framkvæmd hér á landi.

Samanburður virkjunarleiða er gerður með því að reikna núvirði árlegs kostnaðar við orkuver og meginflutningslínur fram til aldamóta. Orkuver er tekið í gagnið þegar það er hagkvæmast, þ.e. á þeim tíma, sem gefur lægst núvirði þeirrar virkjunarleiðar sem orkuverið er hluti af.

Í þessari könnun er gengið út frá að raforkuþarfir landsmanna verði eins og áætlað er í raforkuspá Orkusparnefndar 1978-2000. Að því er orkuþörf varðar eru tekin til athugunar eftirtalin tilvik:

- 1) Orkuþörf almenna markaðarins skv. orkuspá A og þess orku-freka iðnaðar, sem samið hefur verið um orkusölu til.
- 2) Orkuspá A ásamt þeirri stóriðju sem þegar hefur verið samið um að viðbættum nýjum orkufrekum iðnaði er kæmi í þremur 50 MW áföngum 1986, 1988 og 1990.

Varðandi staðsetningu þessarar viðbótarstóriðju voru þrjár möguleikar athugaðir þ.e.:

Grundartangi
Eyjafjörður
Reyðarfjörður

Gert er ráð fyrir í athuguninni að hinn nýi orkufreki iðnaður verði allur á einum þessara staða, en dreifist ekki á milli þeirra. Athugunin felur ekki í sér neitt mat á því, hvort slíkur nýr orkufrekur iðnaður sé líklegur á þeim tíma sem nefndur var, 1986-1990, eða á þessum stöðum, og ekki heldur neitt mat á því, hvort hann sé æskilegur. Tilgangurinn er sá einn að kanna áhrif slíks iðnaðar á hagkvæmasta val virkjana.

Virkjunarleiðir þær, sem bornar voru saman, eru taldar í töflu 1.

TAFLA 1

Virkjunarleiðir til aldamóta

I	II	III	IV
Blanda	Blanda	Sultartangi	Fljótsdalur
Sultartangi	Fljótsdalur	Blanda	Blanda
Fljótsdalur	Stórisjór	Fljótsdalur	Stórisjór
Stórisjór	Búrfell II	Stórisjór	Búrfell II
Búrfell II	Sultartangi	Búrfell II	Sultartangi

Röð einstakra virkjana í töflunni sýnir tímaröð þeirra í hverri leið um sig. Varðandi flutningslínur vísast til heftis III og mynda 3.2-3.4 og 4.1 og 4.2 hér að aftan.

Meginniðurstöður af athuguninni eru þær, að virkjunarleið I, sem hefst á Blönduvirkjun, sé hagkvæmust í öllum tilvikum nema einu, því, að orku-frekur iðnaður rísi upp á Reyðarfirði, en þá er hagkvæmust virkjunarleið IV sem hefst á Fljótsdalsvirkjun. Þetta á við hvort heldur reiknað er með Kröflu eða ekki. Tafla 2 sýnir mismuninn á núvirði kostnaðar við raforkuvinnslu og meginflutning raforkunnar fram til aldamóta eftir þeirri leið sem hagkvæmust er og eftir hinum leiðunum. Tölurnar eru í milljónum nýkróna á verðlagi í ársbyrjun 1981 (byggingavísitala 626) og núvirðið reiknað til miðs árs 1981. Annars er athugunin byggð á verðlagi um mitt ár 1979 (byggingavísitala 318) og allar aðrar tölur en í þessum yfirlitskafla eru tilgreindar í gömlum krónum á verðlagi þá og núvirði reiknað til miðs árs 1979.

Gerð var sérstök könnun á því, að hve miklu leyti munur sá milli leiða sem fram kemur í töflu 2 sé marktækur, þegar tekið er tillit til óvissu í áætlunum um virkjanir. Með aðstoð þeirra verkfræðistofa, sem unnu verkio og mesta reynslu hafa í að áætla vatnsaflsvirkjanir hér á landi var reynt að meta líklega óvissu í áætlunum um hverja virkjun um sig, að teknu tilliti til mismunandi aðstæðna á virkjunarstað og mismunandi rann-sóknarstigs. Á grundvelli þessa óvissumats á einstökum virkjunaráætlunum var síðan á kerfisbundinn hátt reiknað út, að hve miklu leyti mismunur einstakra virkjunarleiða væri marktækur. Niðurstaðan var sú, að leið sem

TAFLA 2

Samanburður á kostnaði við raforkuvinnslu og flutning til aldamóta eftir virkjunarleiðum

Núvirði kostnaðar umfram ódýrustu leið (sem er sett = 0)

Mkr. (nýkrónur) á verðlagi í ársbyrjun 1981

Núvirði reiknað til miðs árs 1981

Leið nr.	Án Kröflu:				Krafla nær 60 MW 1986:				
	Almenn notkun eingöngu	á Grundar- tanga	í Eyja- firði	á Reyðar- firði	Leið nr.	Almenn notkun eingöngu	á Grundar- tanga	í Eyja- firði	á Reyðar- firði
I	0	0	0	75,8	I	0	0	0	96,4
II	19,1	85,2	68,2	45,2	II	26,2	36,5	24,1	28,2
III	55,3	19,7	63,6	108,1	III	22,3	34,0	45,7	138,3
IV	58,1	149,7	83,3	0	IV	74,4	138,7	72,3	0

byrjar á Blöndu sé hagkvæmari en leið sem byrjar á Fljótsdalsvirkjun eða Sultartanga með um 95% líkum eða meira í öllum öðrum tilvikum en ef stóriðju er komið á fót á Reyðarfirði. Í því tilviki er leið sem byrjar á Fljótsdalsvirkjun hagkvæmari en leið sem byrjar á Sultartanga með yfir 95% líkum, og hagkvæmari en leið sem byrjar á Blöndu með 91% líkum. Þetta tákna, að miðað við þá vitneskju sem fyrir lá vorið 1980 eru yfirleitt 5% líkur eða minna á því að innbyrðis samanburður einstakra leiða verði öfugur á við það sem tafla 2 sýnir (þ.e. að dýrari leið skv. henni verði í reynd ódýrari). Yfirleitt er því vel marktækur munur á leiðum, metið eftir venjulegum tölfræðilegum matsreglum.

Enn bendir ekkert til að rannsóknir við Fljótsdal og Sultartanga sumarið 1980 muni raska þeim forsendum um virkjanir þar, sem gengið var út frá í athugun þessari, en þess ber að geta að úrvinnslu þeirra er ekki að fullu lokið ennþá. Komi eitthvað í ljós við fullnaðarúrvinnslu, sem tilefni þykir gefa til að endurmeta forsendur fyrir virkjunaráætlun verður kannað, hvaða áhrif það hefur á samanburðinn.

Orkuspárnefnd hefur undanfarna mánuði unnið að endurskoðun á raforkuspánni frá 1978, sem athugun þessi byggir á. Er henni nú lokið. Niðurstaðan varð sú, að nefndin taldi, að sú þörf fyrir raforku sem því er samfara að tryggja þjóðinni fram til aldamóta það lágmark efnahagslegra framfara, sem menn eru almennt sammála um að gera kröfu til, muni vera milli vissra nánar tilgreindra marka, en nefndin leggur ekki nánar dóm á það, hvar á bilinu milli þeirra eftirspurnin eftir raforku muni raunverulega liggja. Neðri mörk spárinnar taka mið af því að unnt reynist að ná þessum efnahagsframförum án þess að aukning verði í orkufrekum iðnaði fram til aldamóta, en efri mörkin við það, að nýr orkufrekur iðnaður muni þurfa að taka við fjórðungi mannaflaaukningarinnar í iðnaði til þess að þeim verði náð.

Svo vill til að neðri mörk endurskoðuðu spárinnar falla nokkurn veginn saman við spána frá 1978, en eru þó ívið lægri (6% lægri um aldamót). Sé tekið mið af þeim gilda því niðurstöður þessarar athugunar óbreyttar (tilvikin án nýrrar stóriðju).

Efri mörk spárinnar liggja ofar en neðri mörk hennar sem nemur:

500 GWh	1985
1000 GWh	1990
2400 GWh	1995
3700 GWh	2000

Allur þessi munur er fólgin í orkufrekum iðnaði.

Í kringum 1990 eru efri mörkin svipuð og stóriðjutilvikið sem tekið var fyrir í þessari athugun.

Ekki er unnt að bera saman virkjunarleiðir miðað við efri mörkin nema með því að gefa sér forsendur um það, hvar á landinu viðbótin í orkufrekum iðnaði komi. Þar eð viðbótin fer stöðugt vaxandi er varla unnt að gera ráð fyrir að hún verði öll á einum stað eins og gert er í stóriðjutilvikinu í athugun þessari. Ljóst er, að til að mæta raforkuþörf samkvæmt efri mörkunum þarf ný vatnsaflsvirkjun að vera komin í gagnið 1985 ef hvorki er reiknað með Kröflu né Kvíslarveitu eða stækkun Þórisvatnsmiðlunar, og önnurvirkjun 1987-1988. Allar þær virkjanir og miðlanir sem taldar eru í þessari athugun verða fullnýttar í kringum 1995 samkvæmt efri mörkunum á endurskoðuðu raforkuspánni.

Í þessari athugun er gengið út frá vissum framkvæmdum í raforkukerfinu fram til 1986 og eru þær taldar upp í töflu 1.1 í hefti I hér að aftan. Eins og fram kemur í töflunni er gert ráð fyrir að reist verði stífla í Þjórsá og Tungnaá við Búðarháls til að draga úr vatnsþörf til ísskolunar við Búrfell.

Miðað við þær forsendur sem notaðar voru í þessari athugun er þörf á næstu vatnsaflsvirkjun fyrir almennan markað 1986 ef ekki er gert ráð fyrir rekstri Kröfluvirkjunar, en 1990 ef gert er ráð fyrir virkjuninni í fullum rekstri 1986. Aðgerðir sem ekki eru teknar með í athuguninni, en framkvæma má á næstu árum til aukningar orkuvinnslugetu kerfisins, eru meðal annars:

- 1) Raforkuvinnsla með jarðgufu í Svartsengi
- 2) Auka aðrennsli til Þórisvatns (Kvíslaveita)
- 3) Auka miðlun í Þórisvatni með því að dýpka frárennslisskurð (miðlunaraukning 335 GJ)
- 4) Auka miðlun í Þórisvatni með hækkun vatnsborðs (miðlunaraukning 450 GJ)
- 5) Bæta við einni vél í Sigölduvirkjun og Hrauneyjafossvirkjun

Óvíst er hvort talið verður fært að dýpka frárennslisskurð Þórisvatns fyrr en önnur stór miðlun er komin í gagnið, en ef dýpkunin er ekki tekin með gæti aukning í orkuvinnslugetu kerfisins vegna þessara framkvæmda numið um 600 GWh/ári. Nota má þessa umframgetu ásamt orkuvinnslu Kröflu,

hvort heldur er til að fresta næstu vatnsaflsvirkjun þannig að hún komi í gagnið síðar en 1986, eða til aukningar á raforkusölu til stóriðju. Samkvæmt efri mörkum hinnar endurskoðuðu raforkuspár gætu þessar 600 GWh frestað næstu vatnsaflsvirkjun frá 1985 til 1987-1988, en frá 1986 fram um 1990 samkvæmt neðri mörkum hennar.

Samanburðarathuganir þær sem skýrsla þessi fjallar um, voru gerðar bæði með og án Kröfluvirkjunar. Annars vegar var gengið út frá því, að Kröfluvirkjun væri alls ekki í gangi; hins vegar að hún næði smátt og smátt 60 MW afli á þann hátt sem hér segir:

1980	6 MW (árslok)
1981	15 MW
1982	24 MW
1983	33 MW
1984	42 MW
1985	51 MW
1986	60 MW

Fyrir virkjunarleið I, án nýrrar stóriðju, var tekið til sérstakrar athugunar, hvort það svaraði kostnaði að halda áfram með Kröfluvirkjun, borið saman við að hætta rekstri hennar. Niðurstaðan varð þessi:

Til þess að umtalsverður ávinningur sé að því kostnaðarlega að halda áfram við Kröflu þarf árangur af borunum þar að batna til muna frá því sem verið hefur og hann þarf að nást það fljótt að fært þygi að fresta næstu vatnsaflsvirkjun vegna hans. Náist þetta hvorttveggja er líklegt að ávinningurinn geti numið í kringum 100 milljónum nýkróna í núvirði, á verðlagi í ársbyrjun 1981.

Ef mun betri borárangur næst en hingað til, en ekki þykir samt fært að fresta næstu vatnsaflsvirkjun, er það nokkuð jafngilt kostnaðarlega að halda áfram við Kröflu og að hætta rekstrinum, en af því að halda áfram fæst hins vegar mjög mikilvæg reynsla sem getur komið að gagni við jarðgufuvirkjanir hér á landi síðar. Verði borárangur ekki mun betri en hingað til er ekki um það að ræða að Krafla geti frestað næstu vatnsaflsvirkjun. Í því tilviki er ekki annað að gera en draga mjög úr borhraða

við Kröflu en reka stöðina á þeim afköstum, sem hún hefur meðan hugað er að hugsanlegum nýjum leiðum varðandi virkjunina. Með því móti ætti að mega forðast stórfellt tap fyrir raforkukerfið af því að halda áfram með Kröfluvirkjun, en afla samt þeirrar reynslu sem minnst var á. Sumarið 1981 verða boraðar þrjár holur í suðurhlíðum Kröflu, en sú eina hola sem þar var boruð sumarið 1980 bendir til að vænta megi betri árangurs þar. Ekki er hægt að draga víðtækar ályktanir, út frá þessari einu holu, en eftir boranir sumarið 1981 ætti að fást betra mat á suðurhlíðunum sem gufusvæði. Ljóst er af þessari athugun, að borárangur 1981 hlýtur að ráða miklu um það, hvaða stefnu er rétt að taka varðandi framhald framkvæmda við Kröfluvirkjun.

Í athuguninni hefur ekki verið reiknað með að Krafla hafi neitt hrakvirði. Í raun má ætla að það sé eitthvað, enda þótt mjög erfitt sé að meta það. Þósitíft hrakvirði dregur úr kostnaðarlegum ávinningi af áframhaldi við Kröflu sem því sjálfu nemur.

Tafla 3 sýnir meðalkostnað vinnslu og flutnings raforku fram til aldamóta eftir mismunandi virkjunarleiðum, í nýkrónum á kWh á verðlagi í byrjun árs 1981, annars vegar vinnslukostnað orku til almennra nota og núverandi stóriðju; hins vegar vinnslukostnað þeirrar orku sem fer til nýrrar stóriðju, skv. þeim forsendum sem að framan eru raktar og athugunin byggist á.

Auk starfsmanna Orkustofnunar hafa Verkfræðistofa Sigurðar Thoroddsen, Almenna verkfræðistofan, Virkir h.f., Verkfræðistofa Helga Sigvaldasonar og Verkfræðistofan Rafhönnun h.f. unnið að athugun þessari. Auk þeirra hafa fulltrúar frá Landsvirkjun og Rafmagnsveitum ríkisins tekið þátt í mörgum verkfundum um málið. Öllum þessum aðilum eru hér með færðar bestu þakkir fyrir framlag þeirra til verksins.

Framleiðslukostnaður raforku í nýkrónum/kWh á verðlagi í janúar 1981

a) Til almenningsnota:

Virkjunar- Kröfluvirkjun Aflgeta Kröflu-
leið hættir rekstri virkjunar vex í
sumarið 1981 60 MW 1986

b) Til stóriðju:

Kröfluvirkjun hættir Aflgeta Kröfluvirkjunar
rekstri sumarið 1981 vex í 60 MW árið 1986

á í á á í á
Grundar- Eyja- Reyðar- Grundar- Eyja- Reyðar-
tanga firði firði tanga firði firði

I	0,153	0,139	0,099	0,106	0,116	0,107	0,118	0,133
II	0,157	0,144	0,112	0,115	0,106	0,109	0,118	0,116
III	0,164	0,144	0,093	0,108	0,111	0,109	0,123	0,135
IV	0,165	0,154	0,117	0,111	0,091	0,119	0,118	0,101

*) Sú orkuvinnslugeta sem ekki nýtist fyrir almenna notkun í náinni framtíð verður meiri í tilvikinu án Kröflu en með þar sem nýjar virkjanir koma þá fyrir í gagnið. Ný stóriðja getur nýtt þessa umframgetu að hluta og framleiðslukostnaður raforku til slíkra nota verður þar af leiðandi lægri ~~en~~ Kröflu. Um nánar útskýringar er vísað til kafla 4 í hefti I.

HEFTI I: EFNISYFIRLIT

	Bls.
YFIRLIT OG MEGINNIÐURSTÖÐUR	i-viii
EFNISYFIRLIT - HEFTI I	1
TÖFLUSKRÁ - HEFTI I	1
MYNDASKRÁ - HEFTI I	2
EFNISYFIRLIT - HEFTI II	3
EFNISYFIRLIT - HEFTI III	4
1 INNGANGUR	7
2 VIRKJUNARLEIÐIR	10
3 UPPBYGGING FLUTNINGSKERFISINS	18
4 SAMANBURÐUR Á KOSTNAÐI	24
5 HAGKVÆMNI KRÖFLUVIRKJUNAR	35
6 LOKAORÐ	45

TÖFLUSKRÁ - HEFTI I

1.1 Grunnkerfið sem notað er við samanburð virkjunarleiða	8
2.1 Röðun virkjana í virkjunarleiðum	11
2.2 Tímaáætlun og áfangaskipting virkjana í leið I	13
2.3 Tímaáætlun og áfangaskipting virkjana í leið II	14
2.4 Tímaáætlun og áfangaskipting virkjana í leið III	15
2.5 Tímaáætlun og áfangaskipting virkjana í leið IV	16
2.6 Tímaáætlun og áfangaskipting virkjana í leið V	17
2.7 Tímaáætlun og áfangaskipting virkjana í leið VI	17
4.1 Stofnkostnaður virkjana, verðlag í júlí 1979	25
4.2 Núvirði kostnaðar við vinnslu og flutning raforku til aldamóta, Mkr. Verðlag í júlí 1979	26
4.3 Munur á dýrustu og ódýrustu leið. Flutningskerfi og virkjanir	27
4.4 Nákvæmni áætlana	30
4.5 Framleiðslukostnaður raforku til almenningsnota (kr/kWh) ...	37
4.6 Framleiðslukostnaður raforku til stóriðju (kr/kWh)	38

MYNDASKRÁ - HEFTI I

	Bls.
3.1 Grunnkerfið árið 1986, sem notað er við samanburð virkjunarleiða	20
3.2 Virkjunarleið I, meginflutningskerfið árið 2000, Krafla = 0 og engin ný stóriðja	21
3.3 Virkjunarleið I, meginflutningskerfið árið 2000, Krafla vex í 60 MW 1986 og engin ný stóriðja	22
3.4 Virkjunarleið IV, meginflutningskerfið árið 2000, Krafla = 0 og engin ný stóriðja	23
4.1 Virkjunarleið IV, meginflutningskerfið árið 2000, Krafla = 0 og ný stóriðja á Reyðarfirði	28
4.2 Virkjunarleið V, meginflutningskerfið árið 2000, Krafla = 0 og ný stóriðja á Reyðarfirði	29
4.3 Líkindadreifing stofnkostnaðar virkjana	31
4.4 Líkindadreifing fyrir mismun núgildis stofnkostnaðar tveggja virkjunarleiða. Núgildi IV - Núgildi I, Krafla = 0 og án nýrrar stóriðju	32
4.5 Áhrif reiknivaxta á núgildi kostnaðar, án Kröflu og án nýrrar stóriðju	36
5.1 Hnignunarfall borhola við Kröflu	40
5.2 Fjárhagsleg afleiðing þess að halda áfram borunum við Kröflu-virkjun í stað þess að hætta rekstri virkjunarinnar vorið 1981. Næstu virkjun frestað eftir því sem árangur borana gefur tilefni til	42
5.3 Fjárhagsleg afleiðing þess að halda áfram borunum við Kröflu-virkjun í stað þess að hætta rekstri virkjunarinnar vorið 1981. Næstu virkjun ekki frestað	43

HEFTI II: EFNISYFIRLIT

	Bls.
EFNISYFIRLIT	3
TÖFLUSKRÁ	4
MYNDASKRÁ	6
VIÐAUKASKRÁ	8
1 INNGANGUR OG HELSTU NIÐURSTÖÐUR	9
2 ORKUVINNSLUGETA VIRKJANA	15
2.1 Grunckerfi 1, 2 og 3	16
2.2 Orkuvinnslugeta Blönduvirkjunar	21
2.3 Orkuvinnslugeta Múlavirkjunar	24
2.4 Orkuvinnslugeta Fljótsdalsvirkjunar	27
2.5 Orkuvinnslugeta virkjana á Þjórsársvæði	33
3 VIRKJUNARLEIÐIR TIL ALDAMÓTA	34
3.1 Reiknilíkan	34
3.2 Orkuspa	41
3.3 Grunckerfi	44
3.4 Nýjar virkjanir og kostnaðartölur	50
3.5 Virkjunarleiðir "án Kröflu og án nýrrar stóriðju"	57
3.6 Virkjunarleiðir "án Kröflu með nýrri stóriðju"	60
3.7 Virkjunarleiðir "með Kröflu án nýrrar stóriðju"	62
3.8 Virkjunarleiðir "með Kröflu með nýrri stóriðju"	65
3.9 Samanburður á virkjunarleiðum	68
3.10 Framleiðslukostnaður orku	70
3.11 Áhrif reiknivaxta á niðurstöður	78
3.12 Mat á óvissu í virkjunaráætlunum	87
3.13 Hagkvæmni nýrra dísilstöðva	109
3.14 Fjárfestingar	112
4 KRÖFLUVIRKJUN	117
4.1 Núverandi staða og kostnaður við frekari framkvæmdir ...	117
4.2 Eiginleikar borhola	120
4.3 Borárangur og hraði framkvæmda við Kröfluvirkjun	123
4.4 Fjárhagslegt mat á borárangri	131
HEIMILDASKRÁ	138
VIÐAUKAR 1-7	139 - 215

HEFTI III: EFNISYFIRLIT

	Bls.
TÖFLUSKRÁ	5
VIÐAUKASKRÁ	5
1 INNGANGUR	7
2 ÁGRIP AF NIÐURSTÖÐUM	9
3 YFIRLIT YFIR VIRKJUNARLEIÐIR	10
4 ÞRÓUN FLUTNINGSKERFISINS VIÐ MISMUNANDI VIRKJUNARLEIÐIR	14
4.1 Almenn notkun, án nýrrar stóriðju	15
4.1.1 Virkjunarleið I, almenn notkun	15
4.1.2 Virkjunarleið II, almenn notkun	20
4.1.3 Virkjunarleið III, almenn notkun	25
4.1.4 Virkjunarleið IV, almenn notkun	27
4.1.5 Virkjunarleið V, almenn notkun	36
4.1.6 Virkjunarleið VI, almenn notkun	39
4.2 Almenn notkun og ný stóriðja á Grundartanga	42
4.2.1 Virkjunarleið I, stóriðja á Grundartanga	42
4.2.2 Virkjunarleið II, stóriðja á Grundartanga	48
4.2.3 Virkjunarleið III, stóriðja á Grundartanga	54
4.2.4 Virkjunarleið IV, stóriðja á Grundartanga	60
4.2.5 Virkjunarleið V, stóriðja á Grundartanga	66
4.3 Almenn notkun og ný stóriðja við Eyjafjörð	69
4.3.1 Virkjunarleið I, stóriðja við Eyjafjörð	70
4.3.2 Virkjunarleið II, stóriðja við Eyjafjörð	75
4.3.3 Virkjunarleið III, stóriðja við Eyjafjörð	81
4.3.4 Virkjunarleið IV, stóriðja við Eyjafjörð	88
4.3.5 Virkjunarleið V, stóriðja við Eyjafjörð	93
4.4 Almenn notkun og ný stóriðja á Reyðarfirði	97
4.4.1 Virkjunarleið I, stóriðja á Reyðarfirði	98
4.4.2 Virkjunarleið II, stóriðja á Reyðarfirði	104
4.4.3 Virkjunarleið III, stóriðja á Reyðarfirði	109
4.4.4 Virkjunarleið IV, stóriðja á Reyðarfirði	116
4.4.5 Virkjunarleið V, stóriðja á Reyðarfirði	121
4.5 Þróun flutningskerfisins fyrir mismunandi borárangur við Kröflu. Virkjunarleið I, almenn notkun	125
4.5.1 Tilvik 01, Krafla vex í 30 MW árið 1985 og er 33,3 MW árið 2000	125

Bls.

4.5.2	Tilvik 02, Krafla vex í 30 MW árið 1983 og í 60 MW árið 1993	127
4.5.3	Tilvik 03, Krafla vex í 30 MW árið 1983 og í 60 MW árið 1999	129
4.5.4	Tilvik 04, Krafla vex í 30 MW árið 1982 og í 60 MW árið 1981	130
4.5.5	Tilvik 05, Krafla vex í 60 MW árið 1986	131
4.5.6	Tilvik 06, 07, 08 og 09, Krafla vex í 60 MW árið 1985	131
4.5.7	Tilvik 11, Krafla vex í 30 MW árið 1985 og er orðin 33,3 MW árið 2000. Næstu virkjun ekki frestað	131
4.5.8	Tilvik 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18 og 19, Krafla = 60 MW árið 2000. Næstu virkjun ekki frestað	132
5	FORSENDUR	133
5.1	Grunnkerfi	133
5.2	Grundvallaruppbygging flutningskerfisins	135
5.3	Rekstraröryggi	136
5.4	Álag	138
5.5	Orku- og aflspá R/O-veitna	139
5.6	Varaafli	140
5.7	Kostnaðarútreikningar	141
6	NIÐURSTÖÐUR	143
	HEIMILDASKRÁ	151
	VIÐAUKAR 1-4	153 - 345

1 INNGANGUR

Á vegum Orkustofnunar hefur undanfarið verið unnið að könnun á mismunandi virkjunarleiðum til aldamóta. Niðurstöður þessarar könnunar birtast hér sem skýrsla Orkustofnunar, útgefin í þrem bindum. Í þessu hefti, sem tekið var saman á Orkustofnun, eru niðurstöður dregnar saman og gerður heildarsamanburður. Annað hefti fjallar um raforkuvinnsluna og voru þær samanburðarathuganir gerðar af Verkfræðistofu Helga Sigvaldasonar h.f. Hefti III, sem unnið var af verkfræðistofunni Rafhönnun h.f., fjallar síðan um flutningskerfi raforkunnar.

Sú spurning sem mest er aðkallandi að svara í virkjunarmálum er þessi: Hvaða vatnsaflsvirkjun á að koma næst á eftir Hrauneyjafossi? Tilgangur þessarar könnunar er að leiða í ljós einn meginþáttinn í svarinu við þeirri spurningu, þ.e. kostnað við vinnslu og flutning raforku. Litið er lengra en til næstu virkjunar einnar og bornir saman þeir virkjanakostir sem hafa verið í athugun hjá Orkustofnun, Landsvirkjun og Rafmagnsveitum ríkisins að undanfögnu og taldir eru hagkvæmir, en jafnframt því er reynt að finna hagkvæmustu þróun meginflutningskerfisins.

Samanburður virkjunarleiða er í því fólgin að bera saman núgildi heildarkostnaðarins, sem þjóðin hefur af að sjá fyrir raforkuþörf landsmanna til aldamóta, eftir mismunandi virkjunarleiðum. Við reikning á núgildi eru notaðir 8% raunvextir. Í öllum tilfellum er miðað við visst grunnkerfi sem er eins í öllum leiðunum. Kostnaðurinn við þetta grunnkerfi er sá sami við allar virkjunarleiðir, og hefur hann því ekki áhrif á samanburð þeirra. Grunnkerfið er raforkukerfið eins og það er í dag og með þeim viðbótum sem getið er um í töflu 1.1. Ekki er tekinn með kostnaður vegna uppbyggingar héraðskerfa, þ.e. dreifikerfa út frá meginflutningskerfinu, enda er hann sá sami hvaða leið sem valin er. Af fjármagnskostnaði mannvirkja er einungis tekinn með sá hluti, sem til fellur fram til aldamóta, þegar stofnkostnaði þeirra er dreift jafnt yfir hæfilegan afskriftatíma. Breytilegur kostnaður, svo sem eldsneytiskostnaður varmaafllsstöðva er reiknaður hvert ár fyrir sig. Viðhaldskostnaður er að sjálfsögðu einnig tekinn með. Tekið er tillit til áfangaskiptingar hverrar virkjunar um sig, sem leitast er við að hafa á þann veg að hún falli sem best að þróun markaðarins. Einnig er tekið með í reikninginn að meginflutningskerfið og skipting þess í áfanga verður með mismunandi hætti

TAFLA 1.1

Grunnkerfið sem notað er við samanburð virkjunarleiða

	a) Viðbætur í orkuöflunarkerfinu:	b) Viðbætur í meginflutningskerfinu fram til 1986:
1980		Hryggstekkur - Djúpvogur - Höfn 132 kV
1981	Hrauneyjafossvirkjun 1. og 2. vél samtals 140 MW	Sigalda - Klaustur - Höfn 132 kV
1982		Hrauneyjafoss - Brennimegur 220 kV
1983	Hrauneyjafossvirkjun 3. vél, 70 MW	Brennimegur - Vatnshamar - Glerár-skógar 132 kV
1984	15 MW dísilstöð með svartolíu	Seríubéttir 30 Ω í Hrauneyjafoss
1985	Stífla í Þjórsá og Tungnaá við Búðarháls	- Brennimegur 220 kV
1986		
1987		
1988	15 MW dísilstöð með svartolíu	Þéttavirki eru þessi:
1989	Yfirborð Krókslóns hækkað í 498 m y.s.	Án Kröflu:
1990		Akureyri: Thyristorstýrt þéttavirki
1991		0-50 MVAR
1992	15 MW dísilstöð með svartolíu	Hryggstekkur: 3 x 10 MVAR
1993		Með Kröflu:
1994		Akureyri: 3 x 10 MVAR
1995		Hryggstekkur: 3 x 10 MVAR
1996	15 MW dísilstöð með svartolíu	
1997		
1998		
1999		
2000	15 MW dísilstöð með svartolíu	

eftir því hvaða leið er valin. Það er því ekki nægjanlegt að hafa áætlanir um einstakar virkjanir, heldur þarf einnig að gera sér grein fyrir áfangaskiptingu þeirra. Stærðir virkjana miðast við áætlaða orkuvinnslugetu og þann nýtingartíma, sem ræðst af þörfum markaðarins, að viðbætti hæfilegri hlutdeild hverrar virkjunar um sig í varaafli. Einnig þarf að áætla meginflutningskerfið og áfangaskiptingu í byggingu þess.

Ákveðið var að halda núverandi hlutfalli varmaafllsstöðva óbreyttu fram til aldamóta, en þetta þýðir að reisa verður 15 MW dísilrafstöðvar á fjögurra ára fresti fram til aldamóta eins og sýnt er í töflu 1.1. Gert er ráð fyrir að þessar stöðvar noti svartolíu, og verði nýttar sem varaafli. Í þessari athugun er einungis gert ráð fyrir einni flutningslínu til Vestfjarða og er því nauðsynlegt að byggja þrjár fyrstu stöðvarnar þar, til að uppfylla kröfur um rekstraröryggi.

2 VIRKJUNARLEIÐIR

Í þessari skýrslu eru teknir fyrir virkjunarkostir, sem verið hafa í athugun hjá Orkustofnun, Landsvirkjun og Rafmagnsveitum ríkisins að undanfögnu og taldir eru hagkvæmir. Þeir kostir sem hér um ræðir eru:

Sultartangavirkjun
Stórasjávarmiðlun
Búrfellsvirkjun II
Blönduvirkjun
Fljótsdalsvirkjun
Bessastaðaárvirkjun

Tafla 2.1 sýnir þær virkjunarleiðir sem athugaðar voru. Þó er aðeins tekið fyrir eitt tilvik með Bessastaðaárvirkjun. Þetta afbrigði Bessastaðaárvirkjunar, svonefnd Hólsvirkjun, er ofanjarðarstöð, pípuvirkjun og getur ekki verið upphafsáfangi Fljótsdalsvirkjunar. Þessi virkjunartilhögun má teljast vel rannsökuð. Annað afbrigði Bessastaðaárvirkjunar er svonefnd Hvammsvirkjun (neðanjarðarstöð), sem getur verið upphafsáfangi Fljótsdalsvirkjunar, en krefst mun ítarlegri rannsókna en Hólsvirkjun vegna þess að hún er neðanjarðar. Hvammsvirkjun var tekin til athugunar sem upphafsáfangi Fljótsdalsvirkjunar, en í ljós kom að önnur áfangaskipting var hagkvæmari, og var samanburður Fljótsdalsvirkjunar við aðrar virkjanir því reistur á þeirri áfangaskiptingu.

Í þessari könnun er gert ráð fyrir að ef einungis er virkjað fyrir almennan markað sé Blönduvirkjun byggð í tveimur áföngum og Fljótsdalsvirkjun í fjórum áföngum, en ef um aukna stóriðju er að ræða sé Blanda byggð í einum áfanga og Fljótsdalsvirkjun í þremur áföngum.

Verkfræðistofa Sigurðar Thoroddsen h.f., Verkfræðistofan Virkir h.f. og Almenna verkfræðistofan h.f. hafa gert athuganir á hver sé hagkvæmasta stærð hvernir virkjunar fyrir sig, en nánar er fjallað um það í öðru bindi þessa verks.

Fyrir hverja virkjanaröð verður að taka afstöðu til þess á hvaða ári hagkvæmast er að hver virkjun eða áfangi hennar komi í gagnið. Hagkvæmasta innsetningarár virkjunar er hið fyrsta ár, þegar sparnaður í

TAFLA 2.1

Röðun virkjana í virkjunarleiðum

Virkjunar- leið	I	II	III	IV	V	VI
	Blönduvirkjun	Blönduvirkjun	Sultartanga- virkjun	Fljótsdals- virkjun	Sultartanga- virkjun	Bessastaðaár- virkjun
	Sultartanga- virkjun	Fljótsdals- virkjun	Blönduvirkjun	Blönduvirkjun	Stórisjór	Blönduvirkjun
	Fljótsdals- virkjun	Stórisjór	Fljótsdals- virkjun	Stórisjór	Búrfells- virkjun II	Sultartanga- virkjun
	Stórisjór	Búrfells- virkjun II	Stórisjór	Búrfells- virkjun II	Blönduvirkjun	Stórisjór
	Búrfells- virkjun II	Sultartanga- virkjun	Búrfells- virkjun II	Sultartanga- virkjun	Fljótsdals- virkjun	Búrfells- virkjun II

rekstrarútgjöldum kerfisins með tilkomu virkjunarinnar er meiri en sá kostnaður, sem hlýst af henni fyrsta ár í rekstri. Kostnaðurinn samanstendur af árlegum fjármagnskostnaði virkjunarinnar ásamt föstum rekstrarkostnaði.

Alls voru athugaðar sex virkjunarleiðir. Töflur 2.2 til 2.7 sýna þessar virkjunarleiðir ásamt uppsettu afli virkjana, áfangaskiptingu og innsetningartíma. Þetta er sýnt bæði með og án stóriðju og bæði jaðartilvikin fyrir Kröflu sem fyrr var getið.

Í töflunum sést að þörf er á næstu vatnsaflsvirkjun 1986 ef Kröflu er alveg sleppt, en 1990 ef Krafla nær fullum afköstum 1986 og engin aukning verður í stóriðju. Einnig sést að ef til kemur stóriðja með aflnotkun 150 MW og áfangaskiptingu eins og gert er ráð fyrir hér að framan, þá þurfa 2-3 virkjanir að vera í byggingu samtímis í nokkur ár. Sá árafjöldi er nokkuð háður því hvort Fljótsdalsvirkjun er önnur af tveim fyrstu virkjununum næst á eftir Hrauneyjafossi. Ef svo er má búast við, að samtímis sé verið að virkja á tveimur stöðum í 2-3 ár. Ef Fljótsdalsvirkjun er ekki önnur af tveim fyrstu virkjununum, má búast við, að á sama tíma sé verið að virkja á tveim stöðum í 5 ár og jafnvel, að unnið verði að byggingu þriggja virkjana í einu í 1-2 ár.

TAFLA 2.2

Tímaáætlun og áfangaskipting virkjana í leið I

Virkjunarleið I	Krafla = 0		Krafla 6 MW '80, vex síðan í 60 MW '86	
	Án nýrrar stóriðju	Með nýrri stóriðju	Án nýrrar stóriðju	Með nýrri stóriðju
Blönduvirkjun	1986, 1. áf. 90 MW	1986, 154 MW	1990, 1. áf. 90 MW	1987*, 154 MW
	1987, 2. áf. 90 MW		1991, 2. áf. 90 MW	
Sultartangavirkjun	1993, 120 MW	1988, 120 MW	1995, 120 MW	1990, 120 MW
Fljótsdalsvirkjun	1997, 1. áf. 82,5 MW	1990, 1. áf. 95 MW	1999, 1. áf. 82,5 MW	1992, 1. áf. 95 MW
	1998, 2. áf. 82,5 MW	1992, 2. áf. 95 MW	2000, 2. áf. 82,5 MW	1994, 2. áf. 95 MW
	1999, 3. áf. 82,5 MW	1996, 3. áf. 95 MW		1998, 3. áf. 95 MW
Búrfellsvirkjun II og Stórasjávarmiðlun		1999, 155 MW		

* Í ljós hefur komið að ef stóriðju er komið upp í Eyjafirði þá er í þessu tilfelli hagkvæmt að flýta Blöndu-
virkjun um eitt ár vegna sparnaðar í flutningskerfinu

TAFLA 2.3

Tímaáætlun og áfangaskipting virkjana í leið II

Virkjunarleið II	Krafla = 0	Krafla 6 MW '80, vex síðan í 60 MW '86		
	Án stóriðju	Með stóriðju	Án stóriðju	Með stóriðju
Blönduvirkjun	1986, 1. áf. 90 MW	1986, 154 MW	1990, 1. áf. 90 MW	1987,* 154 MW
	1987, 2. áf. 90 MW		1991, 2. áf. 90 MW	
Fljótsdalsvirkjun	1993, 1. áf. 82,5 MW	1988, 1. áf. 95 MW	1996, 1. áf. 82,5 MW	1990, 1. og 2. áf. 190 MW
	1994, 2. áf. 82,5 MW	1989, 2. áf. 95 MW	1997, 2. áf. 82,5 MW	1994, 3. áf. 95 MW
	1996, 3. áf. 82,5 MW	1991, 3. áf. 95 MW	1999, 3. áf. 82,5 MW	
	1999, 4. áf. 82,5 MW			
Búfellsvirkjun II og Stórasjávarmiðlun		1994, 155 MW		1997, 155 MW
Sultartangavirkjun		1997, 120 MW		2000, 120 MW

* í ljós hefur komið að ef stóriðju er komið upp í Eyjafirði þá er í þessu tilfalli hagkvæmt að flýta Blöndu-
virkjun um eitt ár vegna sparnaðar í flutningskerfinu

TAFLA 2.4

Tímaáætlun og áfangaskiptin; virkjana í leið III

Virklarleið III	Krafla = 0					
	Án stóriðju	Með stóriðju	Án stóriðju	Með stóriðju	Án stóriðju	Með stóriðju
Sultartangavirkjun	1986,	120 MW	1986,	120 MW	1990,	120 MW
Blönduvirkjun	1991, 1. áf.	90 MW	1988,	154 MW	1994, 1. áf.	90 MW
	1992, 2. áf.	90 MW			1995, 2. áf.	90 MW
Fljótsdalsvirkjun	1997, 1. áf.	82,5 MW	1990, 1. áf.	95 MW	1999, 1. áf.	82,5 MW
	1998, 2. áf.	82,5 MW	1992, 2. áf.	95 MW	2000, 2. áf.	82,5 MW
	1999, 3. áf.	82,5 MW	1996, 3. áf.	95 MW		
Búrfellsvirkjun II og Stórasjávarmiðlun			1999,	155 MW		

* Í ljós hefur komið að ef stóriðju er komið upp í Eyjafirði þá er í þessu tilfalli hagkvæmt að flýta Blöndu-
virkjun um eitt ár vegna sparnaðar í flutningskerfinu

TAFLA 2.5

Tímaáætlun og áfangaskipting virkjana í leið IV

Virkjunarleið IV	Krafla = 0		Krafla 6 MW '80, vex síðan í 60 MW '86	
	Án stóriðju	Með stóriðju	Án stóriðju	Með stóriðju
Fljótsdalsvirkjun	1986, 1. áf. 82,5 MW	1986, 1. og 2. áf. 190 MW	1990, 1. áf. 82,5 MW	1987, 1. áf. 95 MW
	1989, 2. áf. 82,5 MW	1988, 3. áf. 95 MW	1992, 2. áf. 82,5 MW	1988, 2. áf. 95 MW
	1991, 3. áf. 82,5 MW		1994, 3. áf. 82,5 MW	1990, 3. áf. 95 MW
	1994, 4. áf. 82,5 MW		1997, 4. áf. 82,5 MW	
Blönduvirkjun	1997, 1. áf. 90 MW	1990, 154 MW	1999, 1. áf. 90 MW	1991, 154 MW
	1999, 2. áf. 90 MW			
Búrfellsvirkjun II og Stórasjávarmiðlun		1994, 155 MW		1997, 155 MW
Sultartangavirkjun		1997, 120 MW		2000, 120 MW

TAFLA 2.6

Tímaáætlun og áfangaskipting virkjana í leið V

Virkjunarleið V	Krafla = 0				
	Án nýrrar stóriðju			Með nýrri stóriðju	
Sultartangavirkjun	1986,	120	MW	1986,	120 MW
Búrfellsvirkjun II og Stórasjávarmiðlun	1991,	155	MW	1988,	155 MW
Blönduvirkjun	1995, 1. áf.	90	MW	1990,	154 MW
	1997, 2. áf.	90	MW		
Fljótsdalsvirkjun	2000, 1. áf.	82,5	MW	1993, 1. áf.	95 MW
				1996, 2. áf.	95 MW
				1999, 3. áf.	95 MW

TAFLA 2.7

Tímaáætlun og áfangaskipting virkjana í leið VI

Virkjunarleið VI	Krafla = 0	
	Án nýrrar stóriðju	
Bessastaðaárvirkjun	1986,	64 MW
Blönduvirkjun	1987, 1. áf.	90 MW
	1990, 2. áf.	90 MW
Sultartangavirkjun	1995,	120 MW
Búrfellsvirkjun II og Stórasjávarmiðlun	1998,	155 MW

3 UPPBYGGING FLUTNINGSKERFISINS

Bygging flutningskerfisins er ákveðin út frá þeim tímaröðum virkjana sem sýndar eru í töflum 2.2-2.7. Í athugun þessari eru einungis teknar fyrir meginlínur þar sem héraðskerfi, sem þeim tengjast, eru óháð röð virkjana. Í öllum tilvikum er miðað við það grunnkerfi sem getið er um hér að framan í töflu 1.1.

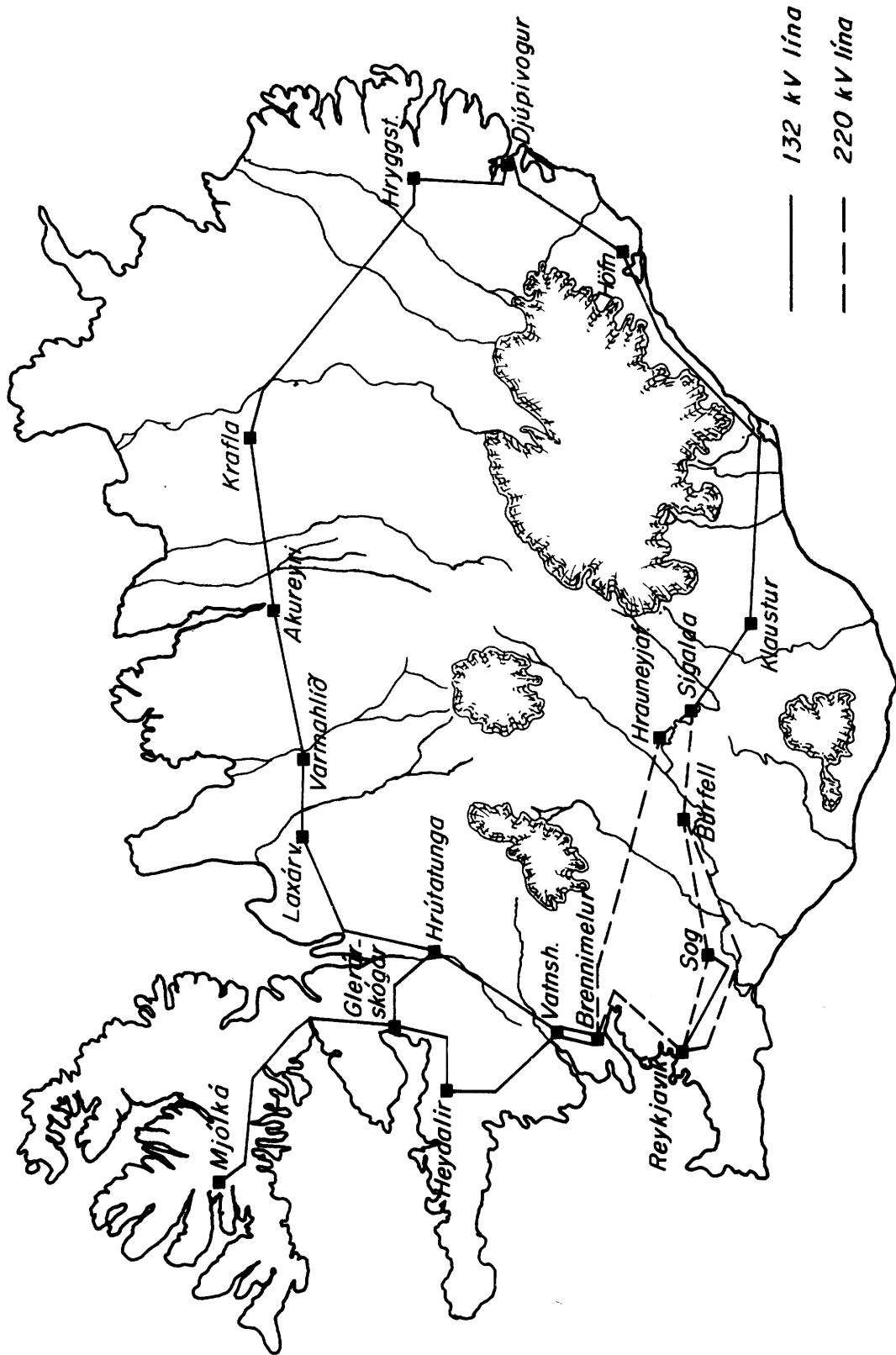
Um rekstraröryggi kerfisins var gerð sú krafa, að raforkunotendur yrðu ekki fyrir truflunum þótt einn hlekkur í meginflutningskerfinu slitnaði, sama hver sá hlekkur væri (($n - 1$) reglan). Í þessari athugun eru Vestfirðir einungis tengdir með einni línu við aðra landshluta og er því gert ráð fyrir að þrjár fyrstu dísilstöðvarnar, sem getið er í grunnkerfinu, verði staðsettar þar sem varaafli. Ekki var athugað hvort ($n - 1$) reglan fæli í sér kostnaðarlega hæfilegt öryggi. Aukið öryggi kallar að sjálf-sögðu á meiri fjárfestingu og þar með aukinn kostnað en á móti kemur lækun útgjalda vegna orkuskorts. Það er því þjóðhagslega hagkvæmt að auka rekstraröryggi á meðan kostnaðurinn við það er minni heldur en líkleg útgjöld vegna orkuskorts.

Á myndum 3.1-3.4 eru sýnd kort af meginstofnlínum árið 2000 í nokkrum þeirra tilvika sem athuguð voru. Inn á kortin er skrifað hvaða ár áætlað er að fyrstu áfangar virkjana og línur sem best hafa við grunnkerfið verði teknar í notkun. Sumar 220 kV línurnar eru í fyrstu reknar á 132 kV og er það gert til að spara kostnað við aðveitustöðvar. Til þess að unnt sé að halda uppi nægilegri spennu þarf í sumum tilfellum að byggja þetta-virki utan aflstöðva til þess að veita launafli inn í kerfið.

Með því að bera saman myndir 3.2 og 3.3 sést hvaða áhrif Kröfluvirkjun hefur á þróun meginflutningskerfisins fyrir virkjunarleið I, án nýrrar stóriðju. Tilvist Kröfluvirkjunar gerir rekstur 132 kV byggðalínanna mun auðveldari, sérstaklega í bilanatilvikum. Helsti munur á meginflutningskerfinu fyrir þessi tvö tilvik, auk breyttrar tímaáætlunar, er að án Kröfluvirkjunar þarf að styrkja stofnlínur vestan Akureyrar. Á mynd 3.4 er sýnd þróun meginflutningskerfisins fyrir virkjunarleið IV, án nýrrar stóriðju. Á myndinni sést að gert er ráð fyrir að byggð sé 220 kV lína yfir hálendið frá Fljótsdal að Þjórsársvæðinu. Hvort heppilegra er að byggja línu sem þessa fremur yfir hálendið en með ströndum fram skal

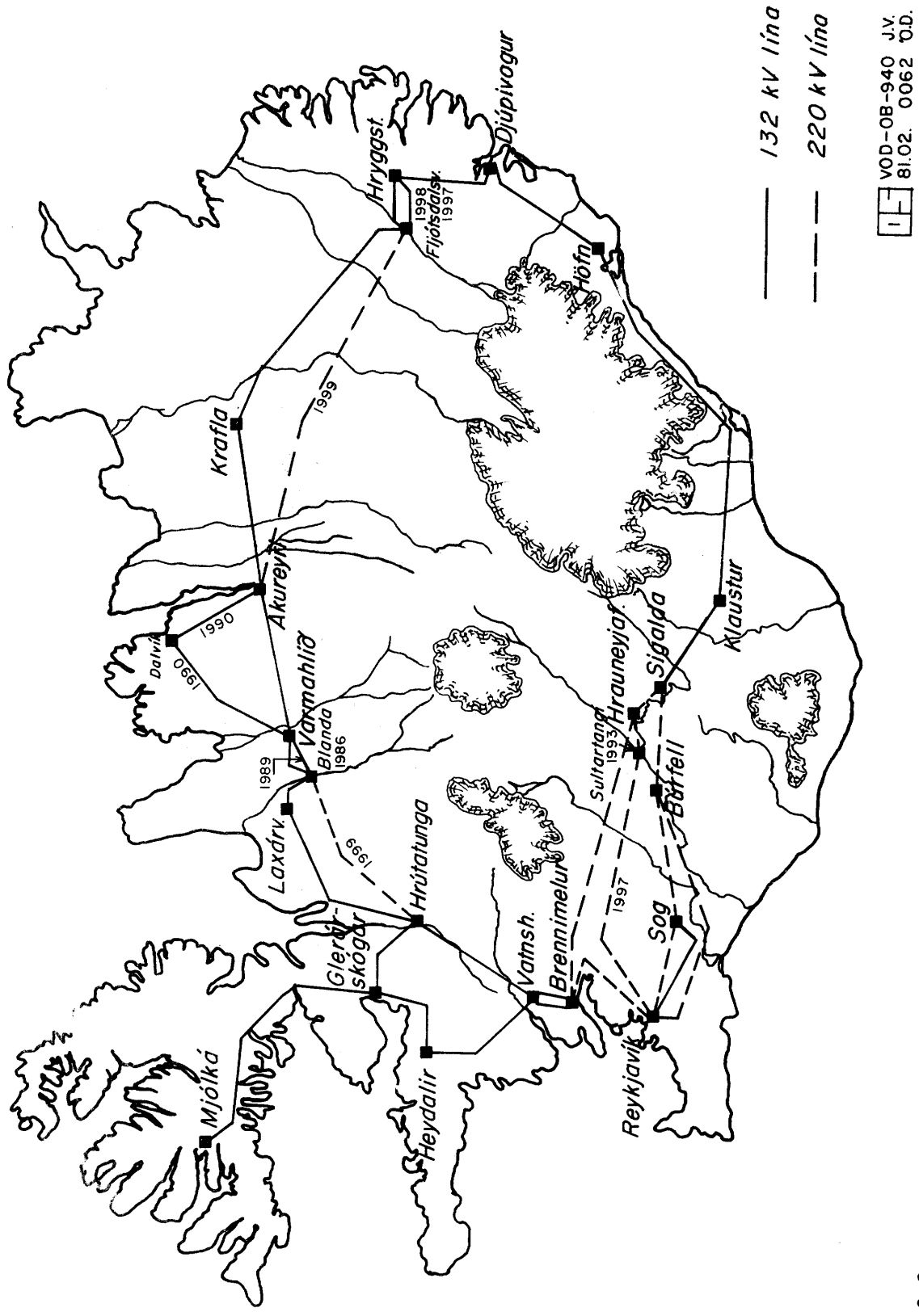
Ósagt látið. Þó er líklega minni stofnkostnaður við hálandislínuna, en viðgerðir á henni að vetri til hljóta að vera erfiðar.

Nánar er fjallað um flutningskerfið í þriðja bindi skýrslunnar.



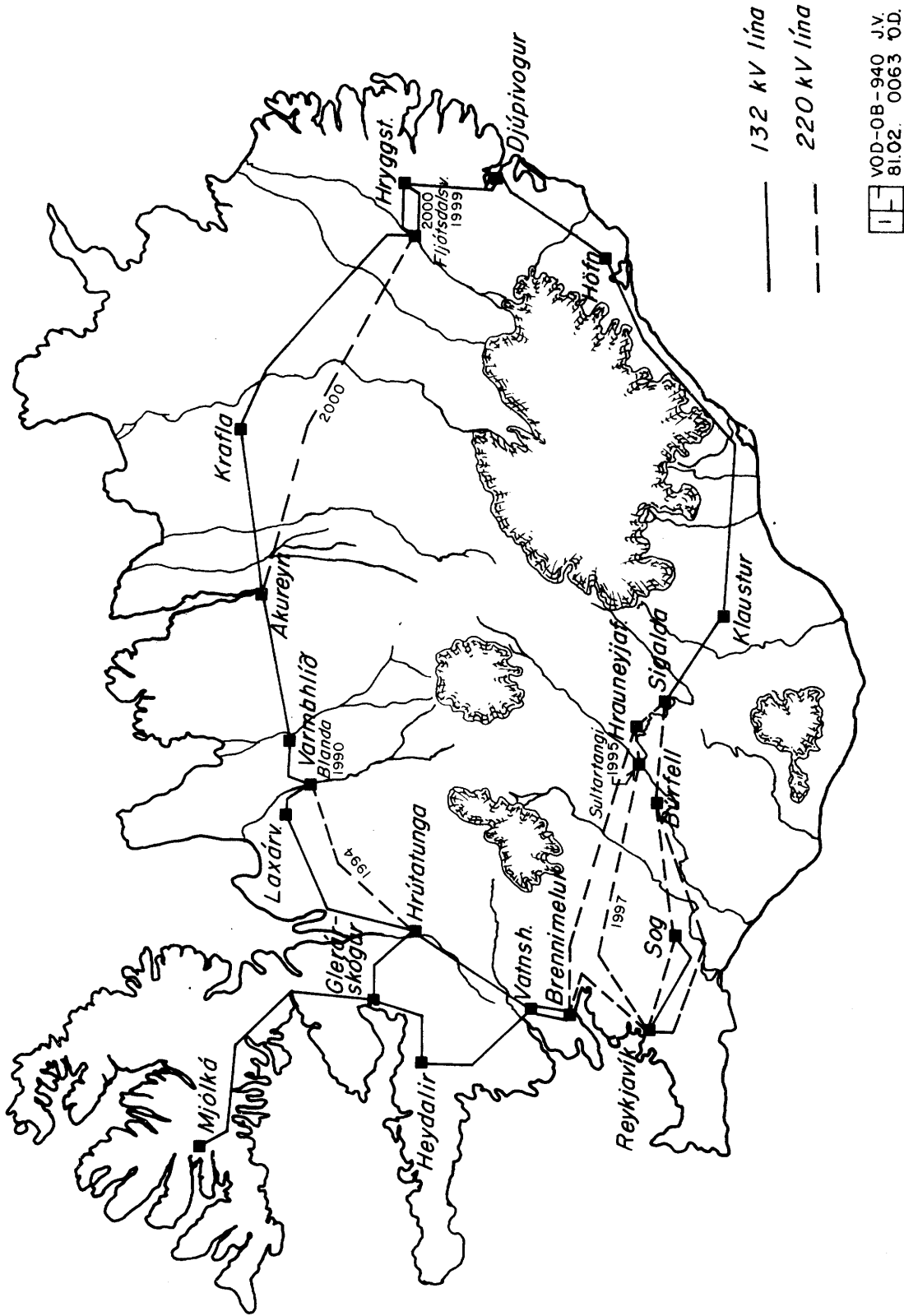
MYND 3.1

Grunnkerfi árið 1986, sem notað er við samanburð virkjunarleiða



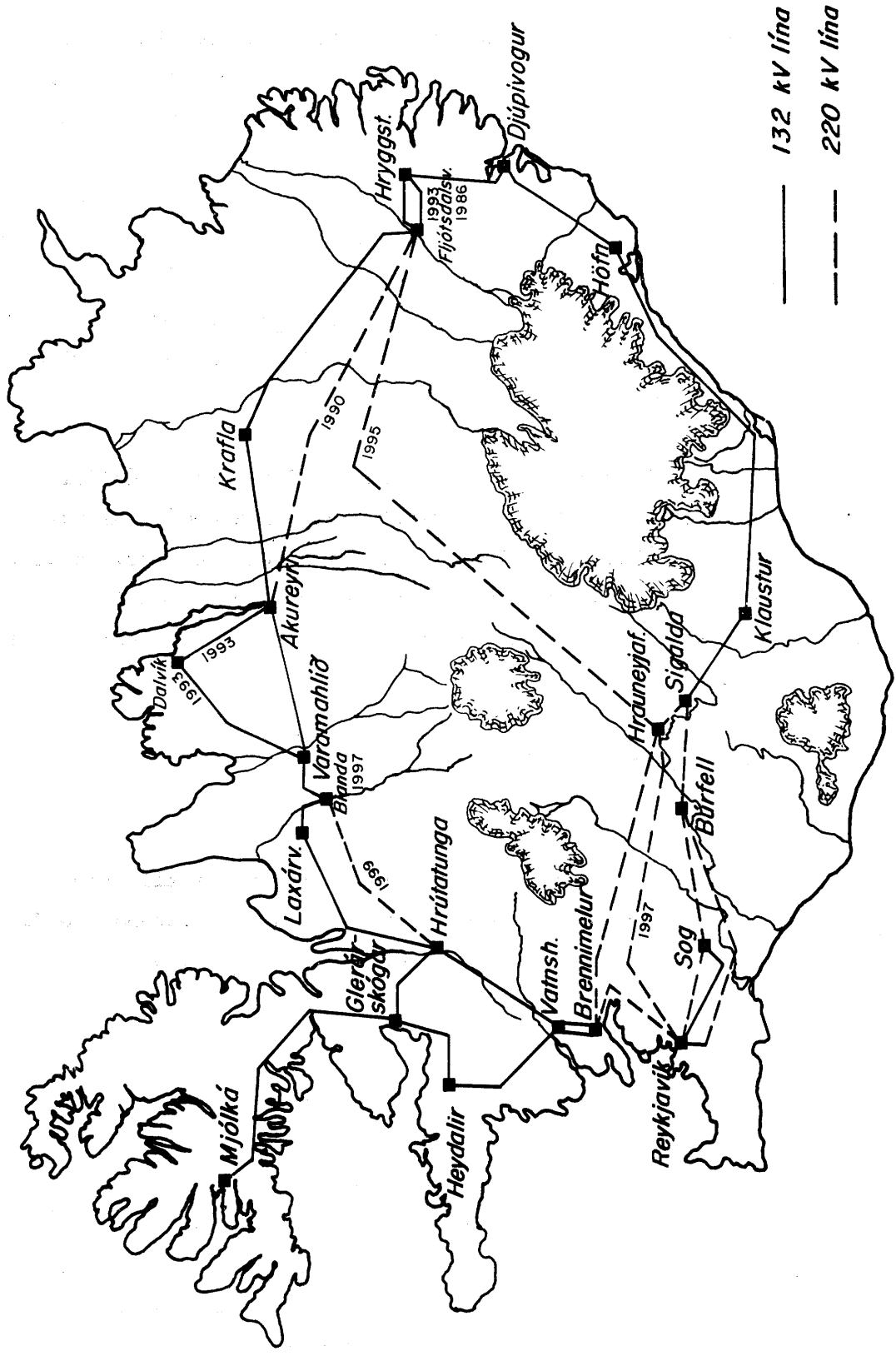
MYND 3.2

Virkjunarleið I, meginflutningskerfið árið 2000, Krafla = 0 og engin ný stóriðja



MYND 3.3

Virkjunarleið I, meginflutningskerfið árið 2000, Krafla vex í 60 MW árið 1986 og engin ný stóriðja



— 132 kV lína
 - - - 220 kV lína

VOD-08-940 J.V.ÓD.
 81.02. 0064 ÓD.

MYND 3.4

Virkjunarleið IV, meginflutningskerfið árið 2000, Krafla = 0 og engin ný stóriðja

4 SAMANBURÐUR Á KOSTNAÐI

Við samanburð á hagkvæmni virkjunarleiða er reiknað núgildi kostnaðar við virkjanir og flutningskerfi á tímabilinu 1979-2000. Kostnaður við grunnkerfið er hinn sami í öllum tilvikum og er því ekki tekinn með. Miðað er við, að allt stofnfé mannvirkja sé endurheimt á hæfilegum afskriftartíma mannvirkja, með jöfnu árgjaldi. Notaðir eru 8% vextir. Einungis er reiknað með árgjaldi til aldamóta. Til viðbótar þessu árgjaldi kemur svo árlegur rekstrarkostnaður mannvirkja. Þessi kostnaður er síðan allur færður til núgildis. Miðað er við verðlag í júlí 1979 og núgildi kostnaðar er gert upp um svipað leyti. Tafla 4.1 sýnir stofnkostnað þeirra virkjana sem teknar voru með í þessari athugun.

Tafla 4.2 sýnir niðurstöður þessara reikninga. Taflan sýnir núgildi kostnaðar við raforkuöflun og flutningskerfi fram til aldamóta umfram núgildi kostnaðar við þá leið er ódýrust er. Viðmiðunin eða núllpunkturinn, er ekki hinn sami með og án Kröflu. Kostnaður við áframhaldandi rekstur Kröfluvirkjunar er ekki tekinn með, en í kafla 5 er nánar fjallað um Kröfluvirkjun.

Núllpunktur án Kröflu: 46720

Núllpunktur með Kröflu: 25400

Með því að líta á tölurnar í töflu 4.2 virðist ekki vera mikill hlutfallslegur munur á milli núgilda kostnaðar fyrir hinar mismunandi leiðir. T.d. er hlutfallslegur munur miðað við viðmiðunartölu (núllpunkt) á ódýrustu og dýrustu leið fyrir almenna notkun:

$$\frac{4590}{46720} \times 100 = \underline{\underline{9,8\%}}$$

Slíkan samanburð er þó ekki raunhæft að nota er meta skal að hve miklu leyti um marktækan mun á leiðunum er að ræða vegna þess hve mörg kostnaðaratriði eru sameiginleg þeim öllum. Þó að kostnaður við flutningskerfið sé mun minni en kostnaður við virkjanir þá eru yfirleitt meiri sveiflur í kostnaði við flutningskerfið eins og sést í töflu 4.3.

TAFLA 4.1

Stofnkostnaður virkjana, verðlag í júlí '79

Heiti virkjunar	miðlun Gl	afl MW	stofnk. Mkr.
Blönduvirkjun 1.áf.v/almenns markaðar	120	90	30.330*
Blönduvirkjun 2.áf.v/almenns markaðar	<u>315</u>	<u>90</u>	<u>11.130*</u>
Samt.	435	180	41.460*
Blönduvirkjun v/alm.mark+stóriðju	435	154	38.110*
Fljótsdalsvirkjun 1.áf.v/almenns markaðar	160	82,5	33.370*
Fljótsdalsvirkjun 2.áf.v/almenns markaðar	100	82,5	25.550*
Fljótsdalsvirkjun 3.áf.v/almenns markaðar	480	82,5	13.490*
Fljótsdalsvirkjun 4.áf.v/almenns markaðar	<u>0</u>	<u>82,5</u>	<u>8.960*</u>
Samt.	740	330	81.370*
Fljótsdalsvirkjun 1.áf.v/alm.mark+stóriðju	150	95	41.300*
Fljótsdalsvirkjun 2.áf.v/alm.mark+stóriðju	460	95	14.110*
Fljótsdalsvirkjun 3.áf.v/alm.mark+stóriðju	<u>130</u>	<u>95</u>	<u>22.250*</u>
Samt.	740	285	77.660*
Sultartangavirkjun	0	120	37.700
Stórisjór + Búrfellsvirkjun II	800	155	39.390
Bessastaðaárvirkjun	130	64	26.780*
Dísilstöð á svartolíu		15	2.550

Afskriftartími: 40 ár, nema dísilstöð 20 ár

Rekstrarkostnaður í % af stofnkostnaði: 1% á ári nema dísilstöð 2% á ári

*: 3% álag á virkjunarkostnað vegna aukins kostnaðar við sköpun aðstöðu, við vinnu í mikilli hæð yfir sjávarmáli o.fl.

Núvirði kostnaðar við vinnslu og flutning raforku til aldamóta, Mkr. Verðlag í júlí 1975

		Krafla = 0.				Krafla vex í 60 MW árið 1986			
		Almenn Stóriðja notkun á Grundart.		Stóriðja á Akureyri Reyðarf.		Stóriðja notkun á Grundart. á Akureyri Reyðarf.		Stóriðja á Akureyri Reyðarf.	
I	Blanda, Tang., Virkjanir	19 900	19 900	19 900	19 900	21 400	22 110	21 400	21 400
	Fljót., Stór., Kerfi	3 180	4 690	6 890	6 890	3 410	5 310	9 460	9 460
	Búr. II	23 080	24 590	26 790	26 790	24 810	27 420	30 860	30 860
	Samtals	0	0	0	0	0	0	0	0
II	Blanda, Fljót., Virkjanir	-640	21 680	21 680	21 680	110	21 890	21 890	21 180
	Stór., Búr. II, Kerfi	1 470	5 110	5 880	3 780	1 030	6 580	6 710	6 710
	Tang.	830	26 790	27 560	25 460	1 140	28 470	27 890	27 890
	Samtals	1 500	20 720	20 720	20 720	1 090	23 300	22 840	22 840
III	Fljót., Stór., Kerfi	910	3 220	6 640	7 480	-120	6 110	9 410	9 410
	Búr. II	2 410	23 940	27 360	28 200	970	29 410	32 250	32 250
	Samtals	1 500	20 720	20 720	20 720	1 090	23 300	22 840	22 840
IV	Fljót., Blanda, Virkjanir	-50	22 110	22 110	22 110	790	23 850	23 850	23 850
	Stór., Búr. II, Kerfi	2 580	7 490	6 110	1 380	2 450	6 720	2 810	2 810
	Tang.	2 530	29 600	28 220	23 490	3 240	30 570	26 660	26 660
	Samtals	1 050	22 280	22 280	22 280	790	23 850	23 850	23 850
V	Búr II, Blanda, Kerfi	2 230	3 790	7 110	13 010	7 000	6 720	2 810	2 810
	Fljót.	3 280	26 070	29 390	35 290	30 850	30 570	26 660	26 660
	Samtals	1 050	22 280	22 280	22 280	790	23 850	23 850	23 850
VI	Bess., Blanda, Virkjanir	5 010	—	—	—	—	—	—	—
	Tang., Stór., Kerfi	-420	—	—	—	—	—	—	—
	Búr. II	4 590	—	—	—	—	—	—	—
	Samtals	4 590	—	—	—	—	—	—	—

1) Viðmiðun 1. Núgildi 46720

2) Viðmiðun 2. Núgildi 25400

TAFLA 4.3

Munur á dýrustu og ódýrustu leið. Flutningskerfi og virkjanir

Krafla = 0

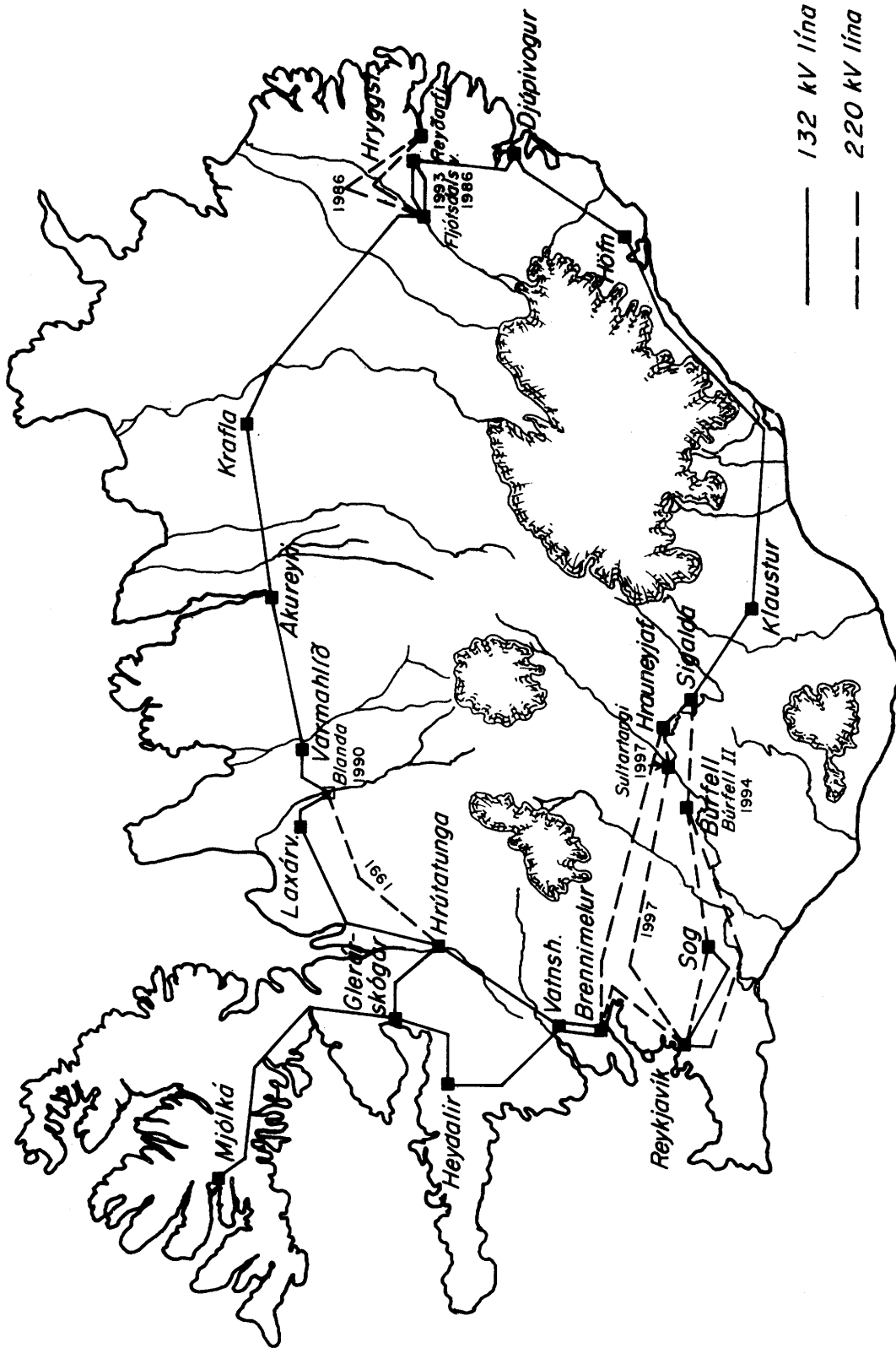
		Almenn notkun	Stóriðja á Grundart.	Stóriðja á Akureyri	Stóriðja á Reyðarf.
Munur milli dýrustu og ó- dýrustu leiðar	virkanir	5654	2380	2380	2380
	flutningskerfi	3000	4310	2420	11630

Krafla vex í 60 MW árið 1986

	Almenn notkun	Stóriðja á Grundart.	Stóriðja á Akureyri	Stóriðja á Reyðarf.
virkanir	1090	2450	1960	2670
flutningskerfi	2570	3590	1410	6650

Eðlilegt er að miklar sveiflur séu í kostnaði við flutningskerfið þar sem hann er mjög háður staðsetningu og tímaröð virkjana. Ef t.d. ný stóriðja ris á Reyðarfirði þá hlýtur að fást ódýrasta flutningskerfið ef byrjað er á Fljótsdalsvirkjun en dýrast ef byrjað er á Sultartangavirkjun og Búrfellsvirkjun II. Í töflu 4.2 sést einnig að þetta er svo. Á myndum 4.1 og 4.2 sést vel munurinn á flutningskerfinu fyrir þessi tvö tilvik. Fyrir tilfellið stóriðja á Akureyri eru sveiflur í kostnaði flutningskerfisins minnstar, en það stafar af því að allar virkjanirnar sem teknar eru fyrir í athugun þessari eru tiltölulega langt frá Akureyri.

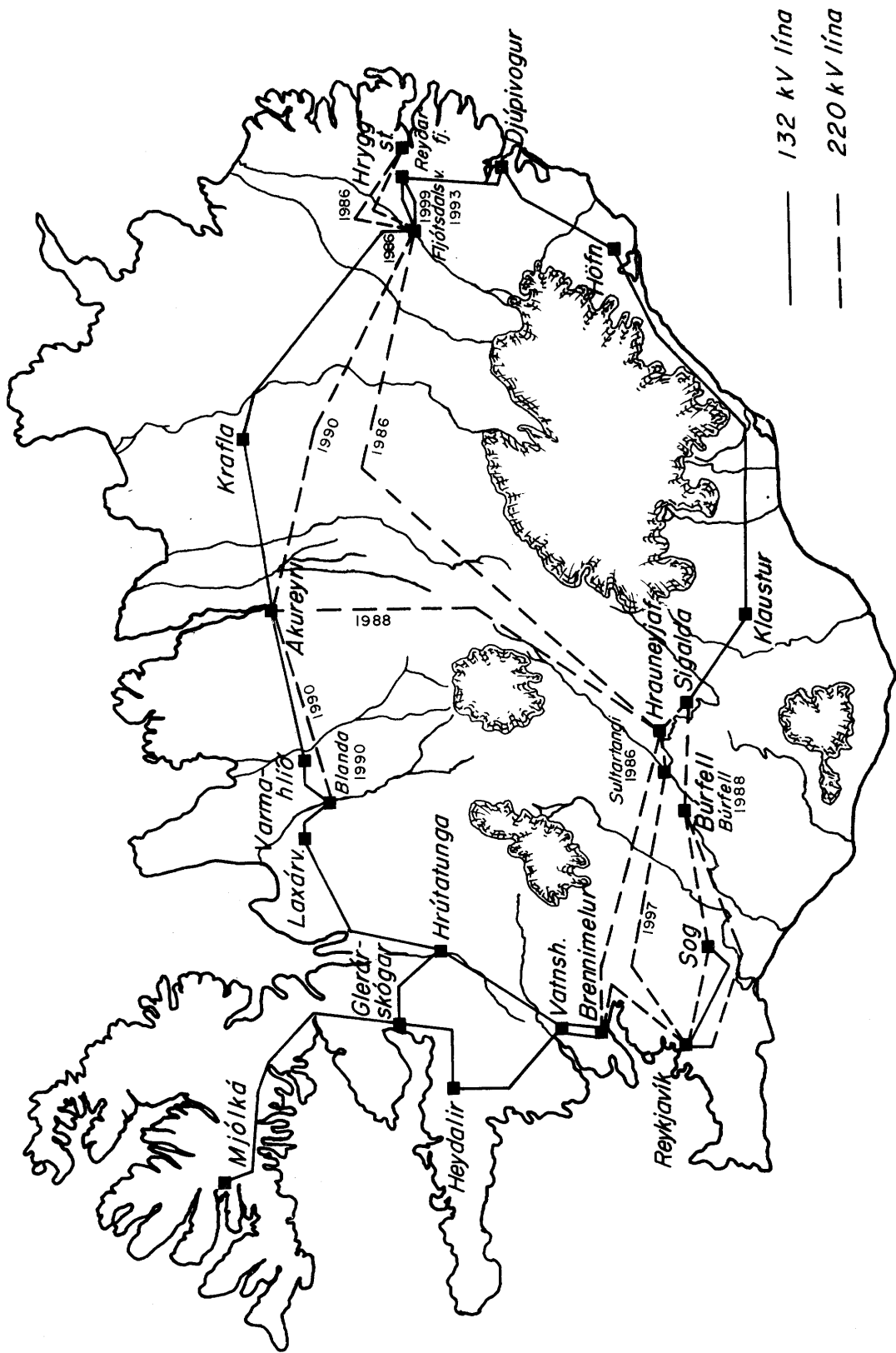
Erfitt er að áætla óvissu í kostnaði við flutningsvirki, þó má atla að hlutfallslegur munur milli einstakra tilfella breytist fremur lítið. Ástæðan fyrir þessu er sú, að mikið af breytingum í flutningskerfinu eru þær sömu fyrir flest tilföllin. Einnig er stór hluti kostnaðar við flutningskerfið efniskostnaður sem átti að vera nokkuð vel þekktur. Óvissa í stofnkostnaði virkjana er miklu meiri heldur en óvissa í kostnaði flutningsvirkja, og verður því yfirgnæfandi þegar meta á óvissu í kostnaði einstakra virkunarleiða.




VOD-08-940 J.V.
81.02.0059 '0D.

MYND 4.1

Virkjunarleið IV, meginflutningskerfið árið 2000, Krafla = O og stóriðja á Reyðarfirði




 VOD-OB-940 J.V.
 81.02. 0060 Ö.D.

——— 132 kV lína
 - - - 220 kV lína

MYND 4.2

Virkjunarleið V, meginflutningskerfið árið 2000, Krafla = O og stóriðja á Reyðarfirði

Reynt hefur verið að gera sér grein fyrir óvissu í stofnkostnaði vatnsafls-
virkjana og hvaða áhrif óvissan hefur á samanburð virkjunarleiða. Við
samanburð á tveim virkjunum verður að gæta að því, að kostnaðaráætlanir
þeirra eru að hluta til byggðar á sameiginlegum þáttum, svo sem einingaverði
á stáli, einingaverði á steypu, vélaverði o.fl. Breytingar á þessum þáttum
út frá áætluðum kostnaði hefur því svipuð áhrif til breytingar á báðum til-
vikum. Af þáttum sem ekki eru sameiginlegir mætti t.d. nefna flestar magn-
tölur, eiginleika bergs, veðurfar o.fl., sem ræðst af staðháttum.

Í töflu 4.4 er gefin nákvæmni áætlana, sem eðlilegt er talið að miða við.
Í áætlun þessari eru sameiginlegir þættir teknir frá.

TAFLA 4.4

Nákvæmni áætlana (sbr. mynd 4.3)

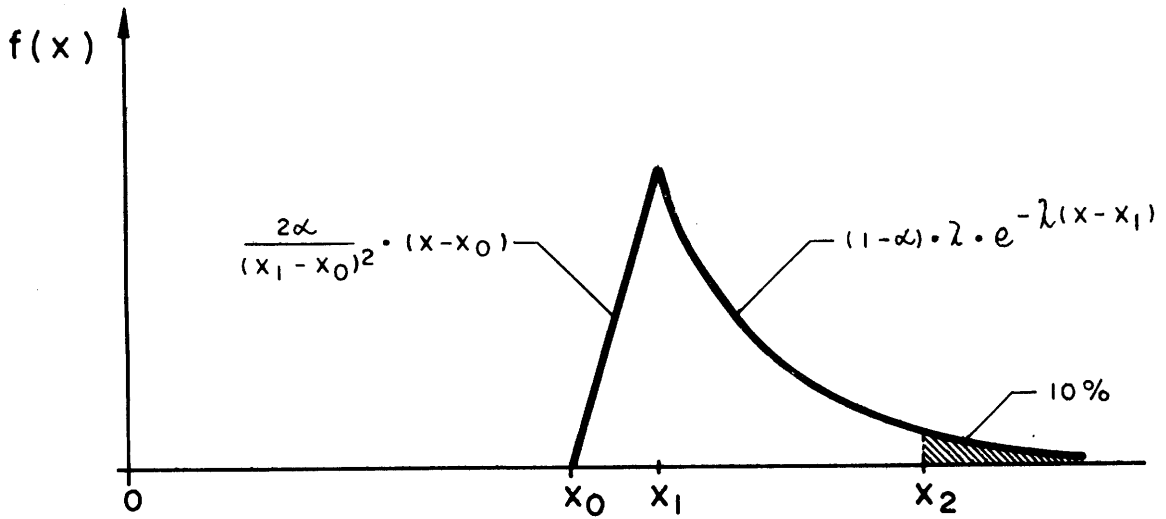
	Óvissa í kostnaðaráætlunum (x_1)	
	($x_1 - x_0$)	($x_2 - x_1$)
Blönduvirkjun	-3%	+10%
Fljótsdalsvirkjun	-4%	+15%
Sultartangavirkjun	-5%	+20%
Stórisjór og Búrfellsvirkjun	-5%	+20%

Vitaskuld má draga þessar óvissutölur í efa, en þær byggja ekki á nákvæmum
útreikningum heldur á mati hönnuða á því, hve mikil áhrif óvissa einstakra
verkpátta gæti haft á heildarkostnað virkjananna. Slíkt mat hönnuða í lok
samræmdrar yfirferðar á þessum virkjunum ætti að minnsta kosti að gefa all-
góða vísbendingu.

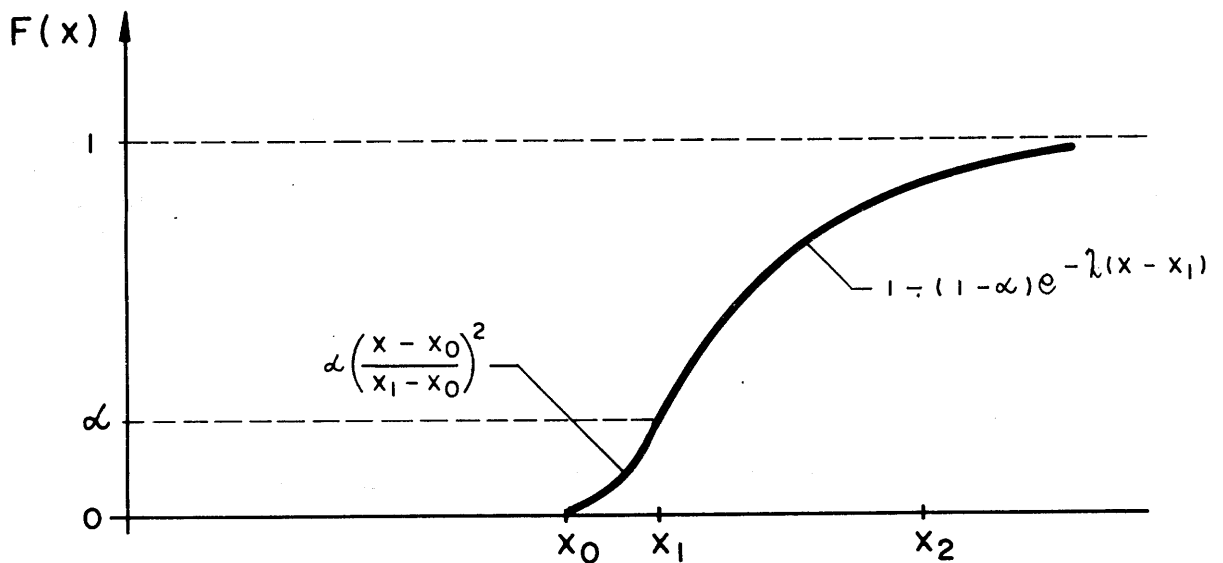
Þessar tölur voru síðan notaðar við að áætla hvort marktækur munur sé milli
hinna ýmsu virkjunarleiða. Við þessa athugun var notuð líkindadreifingin á
mynd 4.3, og var talið að munur á virkjunarleiðum væri marktækur ef minna
en 5% líkur eru á að hagkvæmni tveggja leiða snúist við. Í ljós kom að í
flestum tilfellum er um marktækan mun á milli virkjunarleiða að ræða og
ætti því tafla 4.2 að gefa góða vísbendingu um hvaða leiðir séu hagkvæmastar.

Mynd 4.4 sýnir líkindadreifingu fyrir mismun á núgildi stofnkostnaðar
virkjunarleiða IV og I. Á myndinni sést að það eru 5.5% líkur á að leið
IV sé hagkvæmari en leið I í þessu tilviki.

TÍÐNIFALL



DREIFIFALL



- GEFIÐ : x_0 MINNSTA GILDI
- x_1 LÍKLEGASTA GILDI
- x_2 HÁTT GILDI (90% FRAKTÍLL)

$$\lambda = \frac{2\alpha}{(1-\alpha)(x_1-x_0)}$$

MYND 4.3

Líkindadreifing stofnkostnaðar virkjana

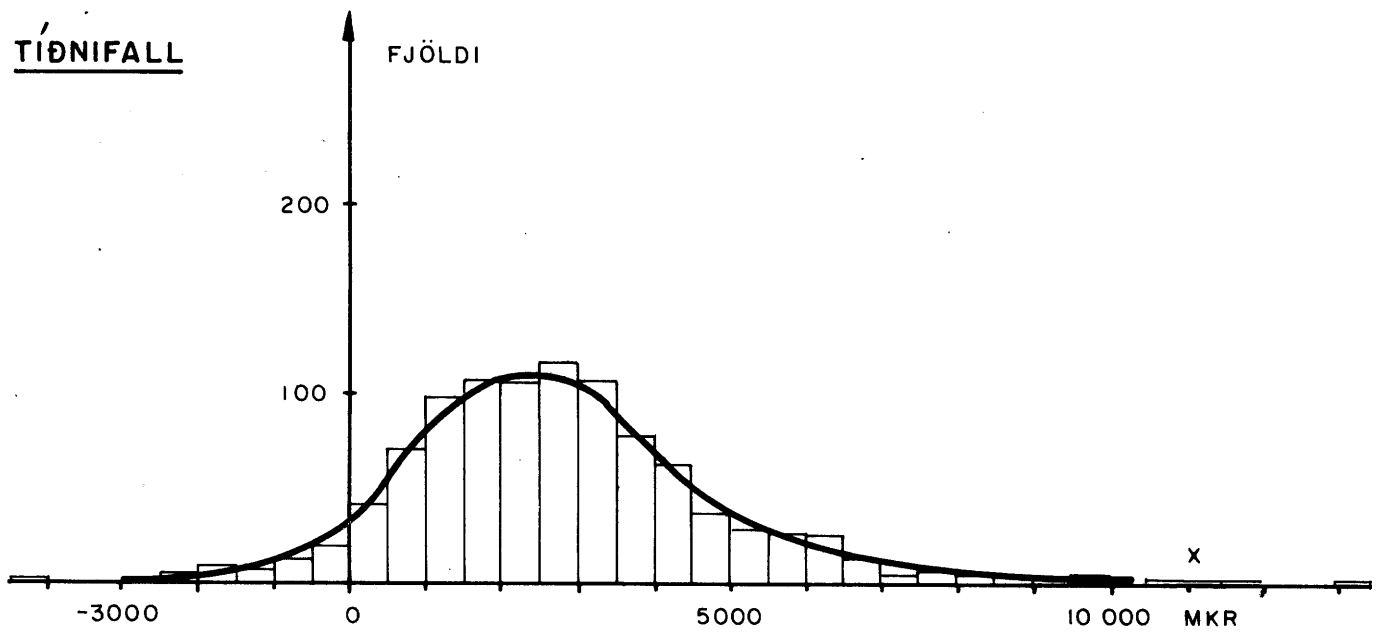
X = NÚGILDI KOSTN. VIÐ VIRKJUNARLEIÐ IV
÷ " " " " I

STARTGILDI: 8016

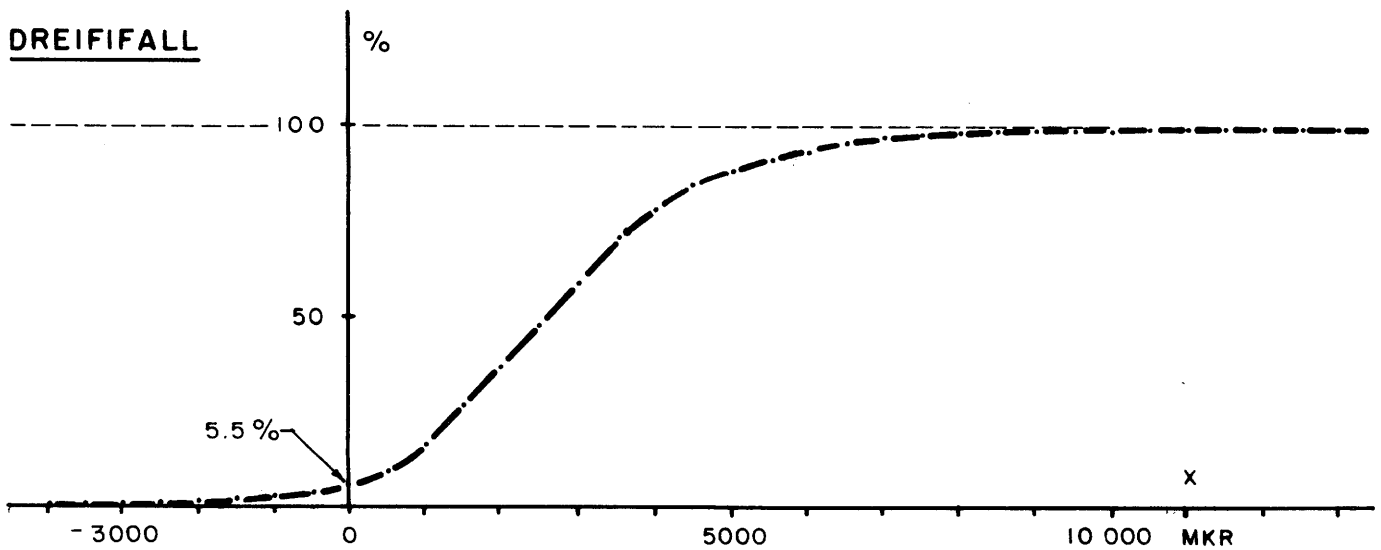
FJÖLDI ENDURTEKNINGA: 1000

MEÐALTAL DREIFINGAR: 2740 MKR

TÍÐNIFALL



DREIFIFALL



MYND 4.4

Líkindadreifing fyrir mismun nógildis stofnkostnaðar tveggja virkjunarleiða. Nógildi IV - Nógildi I, Krafla = 0 og án nýrrar stóriðju

Einnig má nota þessa mynd til að athuga hvaða áhrif röng ákvörðun getur haft. Á myndinni sést að það eru um 50% líkur á að leið IV yrði meira en 2600 Mkr dýrari í núgildi heldur en leið I, og um 10% líkur á að leið IV yrði meira en 5200 Mkr dýrari í núgildi. Einnig sést að það eru um 3% líkur á að leið I verði meira en 700 Mkr dýrari heldur en leið IV. Í öðrum hluta þessa verks er nánar fjallað um þetta og fleiri tilvik tekin fyrir.

Athuguð voru áhrif reiknivaxta á núgildi kostnaðar fyrir hinar ýmsu virkjunarleiðir. Reiknivextir voru látnir vera á bilinu 4-12% en annars voru 8% vextir notaðir í athuguninni. Mynd 4.5 sýnir áhrif reiknivaxta í einu tilviki. Við þessa athugun kom oft í ljós að hagkvæmisröð breyttist eins og t.d. við 6.5% reiknivexti á mynd 4.5. Þó verður hvergi breyting á því hvaða virkjunarleið er hagkvæmust.

Reiknaður hefur verið svonefndur "framleiðslukostnaður raforku" í tveimur tilvikum, þ.e. á raforku til almenningsnota og raforku til stóriðju. Við þessa útreikninga hafa verið notaðar jöfnurnar:

$$\rho_a = \frac{\sum_{i=j}^{2000} \frac{k_i}{(1+r)^{i-j}}}{\sum_{i=j}^{2000} \frac{w_i - w_{j-1}}{(1+r)^{i-j}}} \cdot \frac{1}{1-\alpha} \quad 4.1$$

$$\rho_s = \frac{\sum_{i=j}^{2000} \frac{(K_i - k_i)}{(1+r)^{i-j}}}{\sum_{i=j}^{2000} \frac{(W_i - w_i)}{(1+r)^{i-j}}} \cdot \frac{1}{1-\alpha} \quad 4.2$$

þar sem:

- ρ_a : framleiðslukostnaður raforku til almenningsþarfa
- ρ_s : framleiðslukostnaður raforku til stóriðju
- k_i : fjármagns- og rekstrarkostnaður raforkukerfisins árið i án nýrrar stóriðju
- K_i : fjármagns- og rekstrarkostnaður raforkukerfisins árið i með nýrri stóriðju
- r : reiknivextir
- α : tap í meginflutningskerfinu

w_i : raforkuframleiðslan árið i án nýrrar stóriðju (fengin frá raforkuspá 1978-2000)

W_i : raforkuframleiðslan árið i með nýrri stóriðju

Frá jöfnum 4.1 og 4.2 sést að ρ er hlutfallið milli núgildis kostnaðar við raforkukerfið og "núgildis raforku" frá meginflutningskerfi eða m.ö.o. kostnaður á kWh ef núgildi kostnaðar vegna fjárfestinga og rekstrar kerfisins er gert jafnt núgildi kostnaðar hvernar kWh. $K_i - k_i$ er fjármagns- og rekstrarkostnaður og $W_i - w_i$ raforkuframleiðsla vegna nýrrar stóriðju, en k_i er kostnaður vegna almennrar notkunar í þeirri virkjunarleið sem í athugun er. Tölur 4.5 og 4.6 sýna niðurstöður þessara reikninga. Eins og áður er miðað við að stofnkostnaður virkjana og flutningskerfa sé greiddur með jöfnum afborgunum á afskriftartíma þeirra. Notaðir eru 8% vextir og miðað við verðlag í júlí 1979.

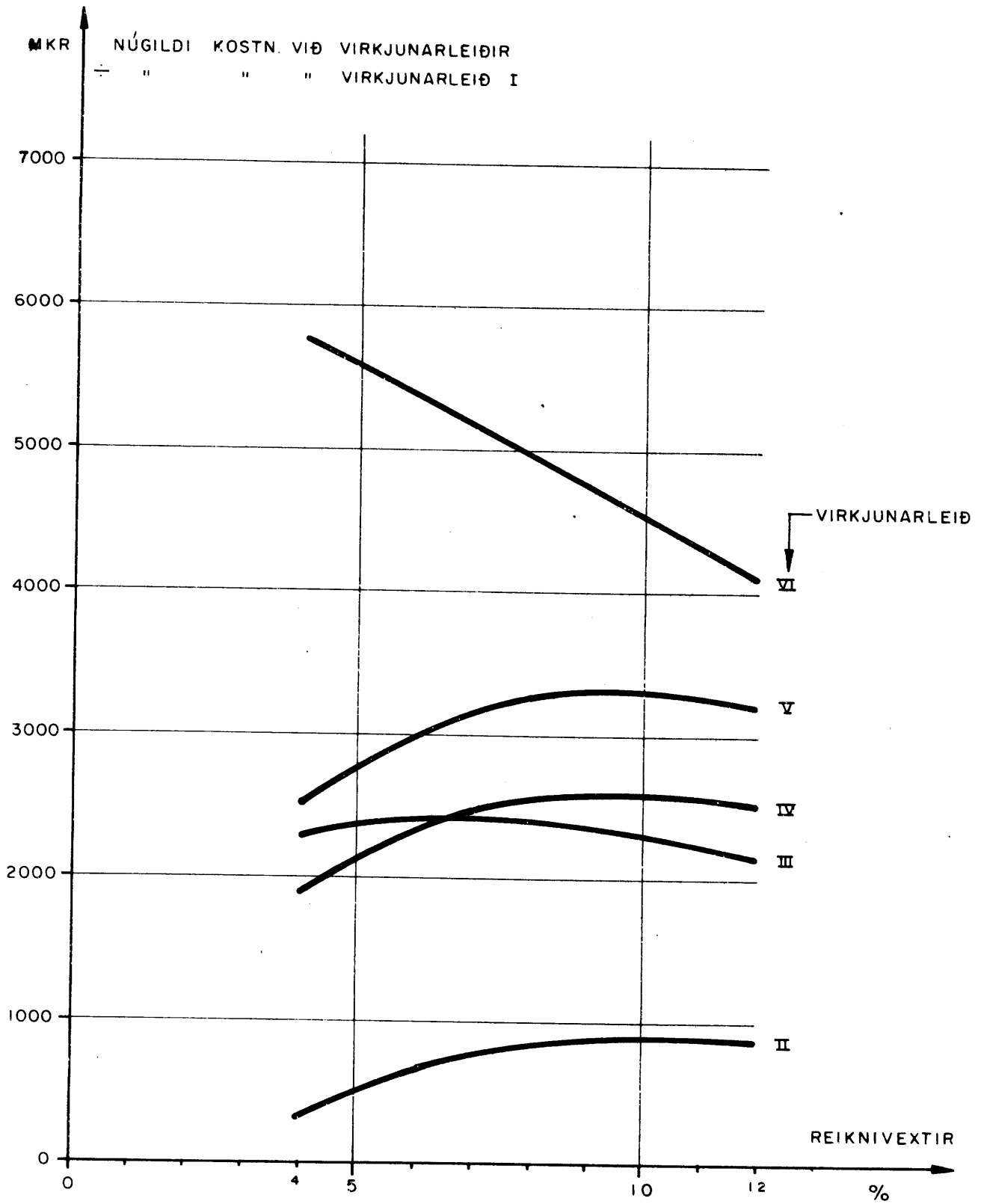
Ef litið er á töflu 4.6 sést að framleiðslukostnaður raforku til almenningsnota er mun lægri ef reiknað er með Kröfluvirkjun í rekstri en án hennar. Hér er notað sama tilvik með Kröflu og áður, en þar er miðað við að árangur borana verði allgóður og að áframhaldandi rekstur virkjunarinnar sé hagkvæmur. Tekinn er með áætlaður kostnaður vegna Kröfluvirkjunar fyrir þetta tilvik, en nánar er fjallað um Kröfluvirkjun í kafla 5. Ef tölur 4.6 og 4.7 eru bornar saman sést að framleiðslukostnaður raforku til stóriðju er lægri en til almennra nota. Tvær ástæður eru fyrir þessum mun:

1. Jöfn orkunotkun stóriðju allt árið veldur því að hún er hagstæðari heldur en almenna notkunin, sem er mest á veturna þegar rennsli vatnsfalla er minnst.
2. Fyrstu árin eftir gangsetningu nýrrar virkjunar vegna almennrar notkunar er orkuvinnslugeta kerfisins jafnan ekki að fullu nýtt. Ný stóriðja, sérstaklega ef hún kemur samtímis gangsetningu virkjunar, nýtir að hluta þessa orkuvinnslugetu.

Framleiðslukostnaður raforku til stóriðju er lægri ef ekki er reiknað með Kröfluvirkjun í rekstri af sambærilegri ástæðu og fram kemur í lið 2 hér að framan. Nýjar virkjanir sem þjóna almenna markaðinum þurfa að koma fyrr í gagnið ef ekki er reiknað með Kröfluvirkjun og því verður í náinni framtíð meiri orkuvinnslugeta í kerfinu sem ekki nýtist. Ný stóriðja getur nýtt þessa umframgetu að hluta og framleiðslukostnaður raforku til slíkra nota verður þar af leiðandi lægri.

Ekki má rugla framleiðslukostnaði á raforku, sem hér er reiknaður, saman við söluverð, þar sem ýmsir aðrir þættir koma til. T.d. er oft miðað við að nýir notendur taki einhvern þátt í kostnaði við það kerfi sem fyrir er, og einnig er ekki vitað hvernig framkvæmdir verða fjármagnaðar.

Í öllum tilvikum nema fyrir nýja stóriðju á Reyðarfirði reyndist virkjunarleið I vera hagkvæmust, en í þeirri leið er byrjað á Blönduvirkjun. Ef um nýja stóriðju er að ræða á Reyðarfirði þá er hagkvæmast að byrja á Fljótsdalsvirkjun (leið IV) eins og sést í töflum 4.2 og 4.3.



MYND 4.5

Áhrif reiknivaxta á núgildi kostnaðar, án Kröflu og án nýrrar stóriðju

TAFLA 4.5

Framleiðslukostnaður raforku til almenningsnota (kr/kWh)

		Reiknivextir eru 8%, verðlag í júlí 1979	
Virkjunarleið nr.		Kröfluvirkjun hættir rekstri sumarið '81	Aflgeta Kröflu- virkjunar vex í 60 MW '86
I	Blanda-Sult-	7,14	6,71
	Fljót-Stór, Búrf	<u>0,64</u>	<u>0,35</u>
	Samtals	7,78	7,06
II	Blanda-Fljót-	6,99	6,73
	Stór, Búrf-Sult	<u>0,97</u>	<u>0,59</u>
	Samtals	7,96	7,32
III	Sult-Blanda-	7,49	6,96
	Fljót-Stór, Búrf	<u>0,84</u>	<u>0,33</u>
	Samtals	8,33	7,29
IV	Fljót-Blanda-	7,13	6,89
	Stór, Búrf-Sult	<u>1,23</u>	<u>0,92</u>
	Samtals	8,36	7,81
V	Sult-Stór, Búrf-	7,38	
	Blanda-Fljót	<u>1,15</u>	
	Samtals	8,53	
VI	Bess-Blanda-	8,39	
	Sult-Stór, Búrf	<u>0,53</u>	
	Samtals	8,92	

Reiknivextir eru 8%, verðlag í júlí 1979

VirkJunarleið nr.	Kröfluvirkjun hættir rekstri sumarið 1981			Aflgeta Kröfluvirkjunar vex í 60 MW árið 1986		
	á Grundart.	í Eyjaf.	á Reyðarf.	á Grundart.	í Eyjaf.	á Reyðarf.
I	VirkJanir	4,36	4,36	4,68	4,84	4,68
	Blanda-Sult- Kerfi	0,69	1,02	0,75	1,17	2,08
	Fljót-Stór, Búrf Samtals	5,05	5,38	5,43	6,01	6,76
II	VirkJanir	4,89	4,89	4,63	4,78	4,63
	Blanda-Fljót Kerfi	0,80	0,96	0,92	1,22	1,25
	Stór, Búrf-Sult Samtals	5,69	5,85	5,55	6,00	5,88
III	VirkJanir	4,21	4,21	4,77	4,87	4,77
	Sult-Blanda Kerfi	0,51	1,26	0,78	1,36	2,09
	Fljót-Stór, Búrf Samtals	4,72	5,47	5,55	6,23	6,86
IV	VirkJanir	4,86	4,86	5,05	5,05	5,05
	Fljót-Blanda Kerfi	1,08	0,77	1,00	0,94	0,08
	Stór, Búrf-Sult Samtals	5,94	5,63	6,05	5,99	5,13
V	VirkJanir	4,65	4,65	4,65	4,65	4,65
	Sult-Stór, Búrf Kerfi	0,34	1,06	2,36	2,36	2,36
	Blanda-Fljót Samtals	4,99	5,71	7,01	7,01	7,01

5 HAGKVÆMNI KRÖFLUVIRKJUNAR

Reynt hefur verið að leggja kostnaðarmat á mismunandi árangur borana við Kröflu. Gert er ráð fyrir að í mesta lagi verði boraðar 4 holur á ári fram að aldamótum. Stöðugt þarf að bora nýjar holur fyrir Kröfluvirkjun, þar sem vinna þarf upp minnkandi rennsli úr virkjuðum borholum.

Við þessa athugun hefur verið notuð eftirfarandi jafna fyrir rýrnun gufumagns borhola með tíma:

$$M_t = M_{0,1} \cdot (A - (1 - A) \log t); \quad 0,1 \text{ ár} \leq t \leq T \text{ ár} \quad (5.1)$$

þar sem:

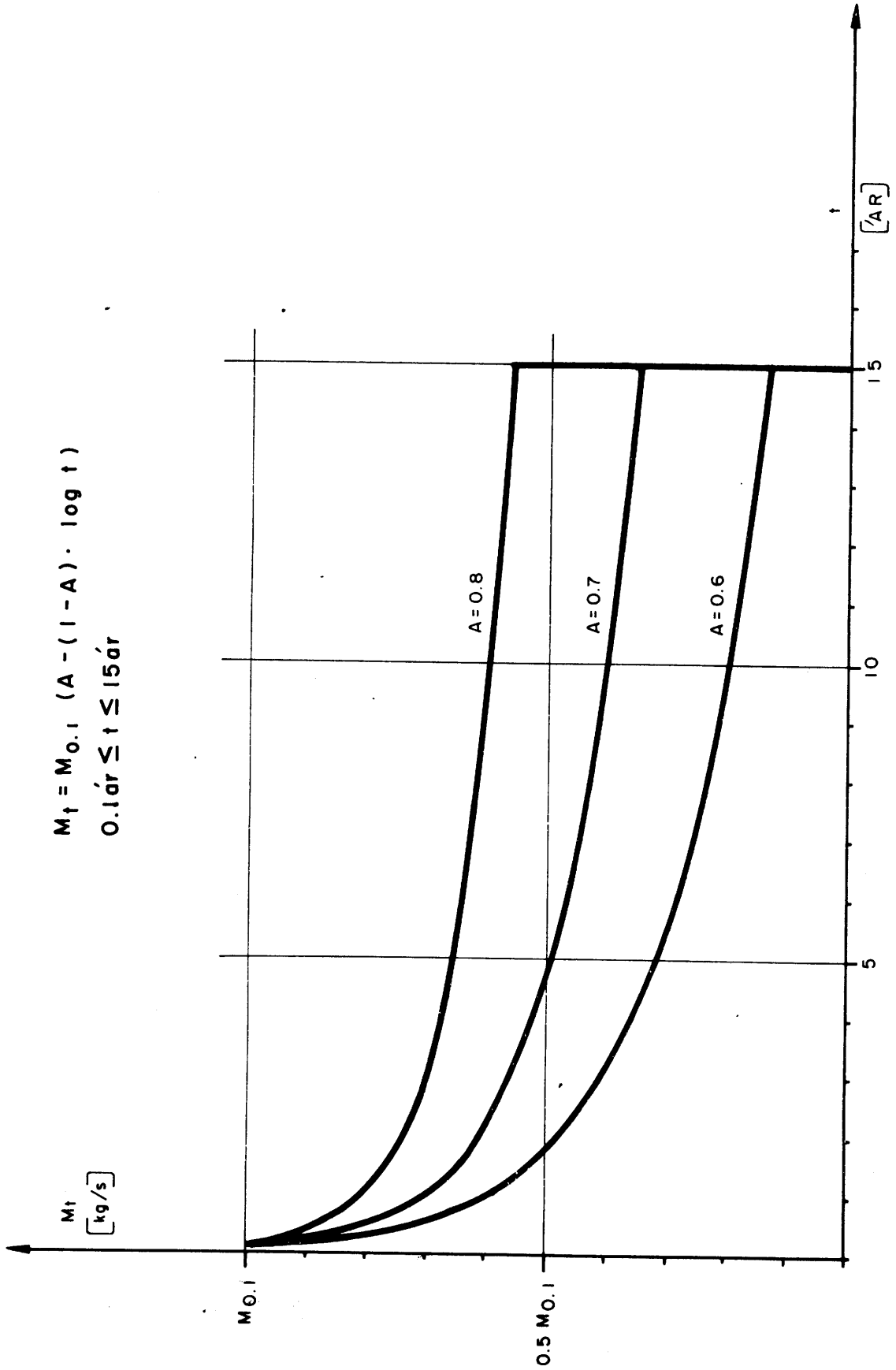
- M_t : magn háprýstigufu eftir t ár
- $M_{0,1}$: magn háprýstigufu eftir 0,1 ár
- A : stuðull sem lýsir hversu hratt gufumagn breytist
- t : tími í árum
- T : endingartími borhola í árum

Á mynd 5.1 er sýnt hnignunarfall borhola sem fall af tíma fyrir þrjú gildi á A og 15 ára endingartíma borhola.

Hvert sé líklegasta gildi A fyrir Kröfluholur er erfitt að segja til um, en ætla má að það sé á bilinu 0,6 til 1,0. Þegar farið var út í þessa athugun taldi Jarðhitadeild Orkustofnunar að líklegasta gildi á A væri 0,7, og var því hagkvæmni Kröfluvirkjunar athuguð fyrir gildi á A 0,6, 0,7 og 0,8. Út frá nýjustu mælingum telur Jarðhitadeild að líklegasta gildi fyrir A sé um 0,9. Þó svo að þeir útreikningar sem fjallað er um í þessum kafla sýni einungis fjárhagslegan hagnað af áframhaldandi rekstri Kröfluvirkjunar fyrir þessi þrjú gildi á A , þá gefa þeir góða hugmynd um hver hann yrði fyrir stærri gildi á A . Þar sem ekki er komin langtíma reynsla á borholur við Kröflu verður að teljast erfitt að meta gildið á A fyrir svæðið. Meðalgufumagn borhola ($M_{0,1}$) á eldra borsvæðinu við Kröflu er um 6 kg/s. Nýja borsvæðið í suðurhlíðum Kröflu virðist lofa góðu, en einungis hefur verið boruð ein hola þar, sem gefur 15-16 kg/s ($M_{0,1}$). Lítil reynsla er enn fengin af þessu svæði og er því erfitt að draga ályktanir um gufumagn þar.

$$M_t = M_{0.1} (A - (1-A) \cdot \log t)$$

$0.1 \text{ ár} \leq t \leq 15 \text{ ár}$



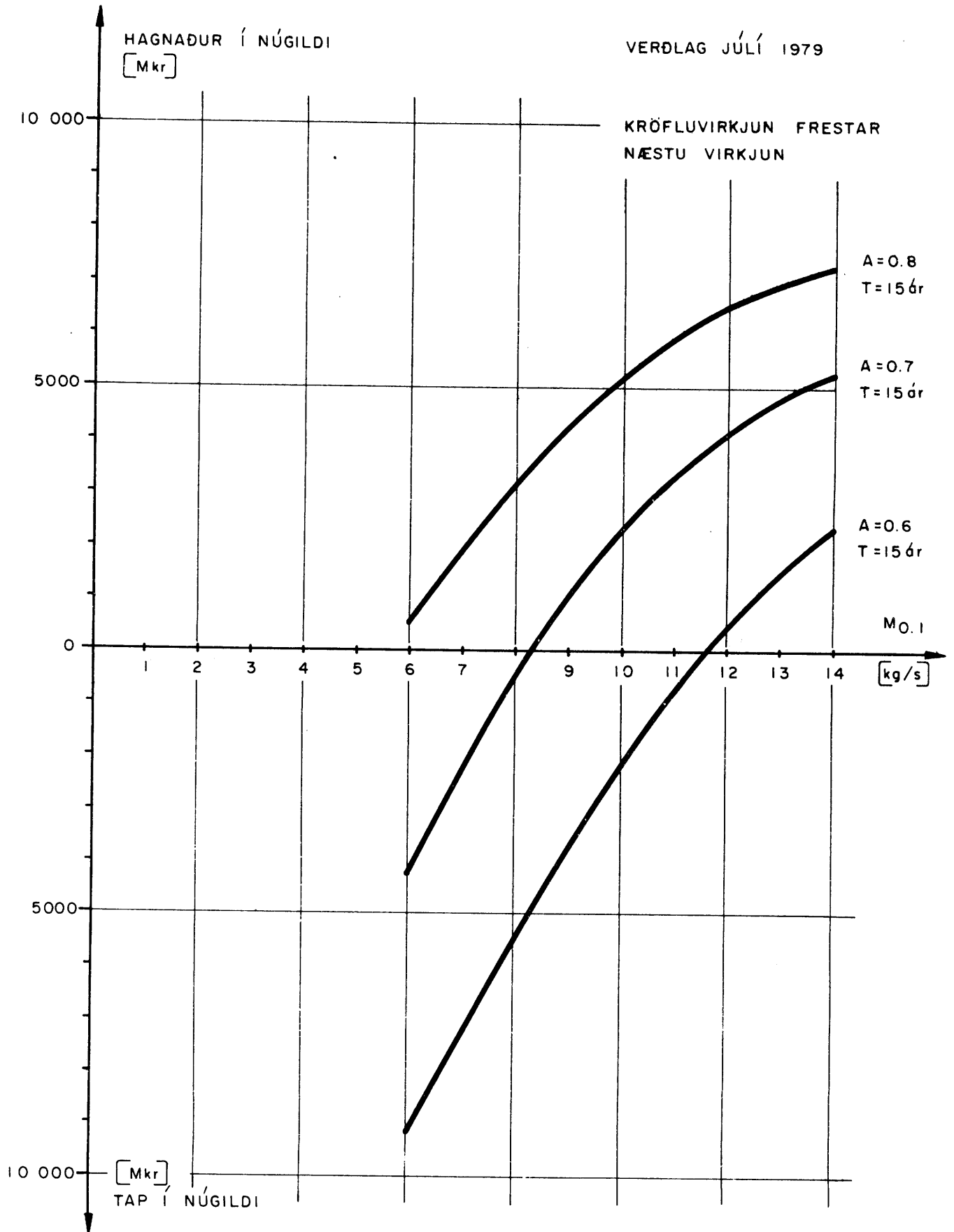
MYND 5.1

Hniðunarfall borhola við Kröflu

Fyrir virkjunarleið I, án nýrrar stóriðju, var reiknaður kostnaður við raforkukerfið fyrir misgóðan borárangur við Kröflu. Tekin voru fyrir þau tvö tilvik að rekstri virkjunarinnar verði haldið áfram og þá borað af fullum krafti, eða að rekstrinum verði hætt vorið 1981. Út frá þessum reikningum var síðan metinn sá hagnaður sem fæst af áframhaldandi rekstri virkjunarinnar, og sýna myndir 5.2 og 5.3 þær niðurstöður. Á mynd 5.2 er gengið út frá því að næstu vatnsaflsvirkjun sé frestað, eftir því sem borárangur við Kröflu gefur tilefni til, en á mynd 5.3 er miðað við að næstu vatnsaflsvirkjun sé ekki frestað.

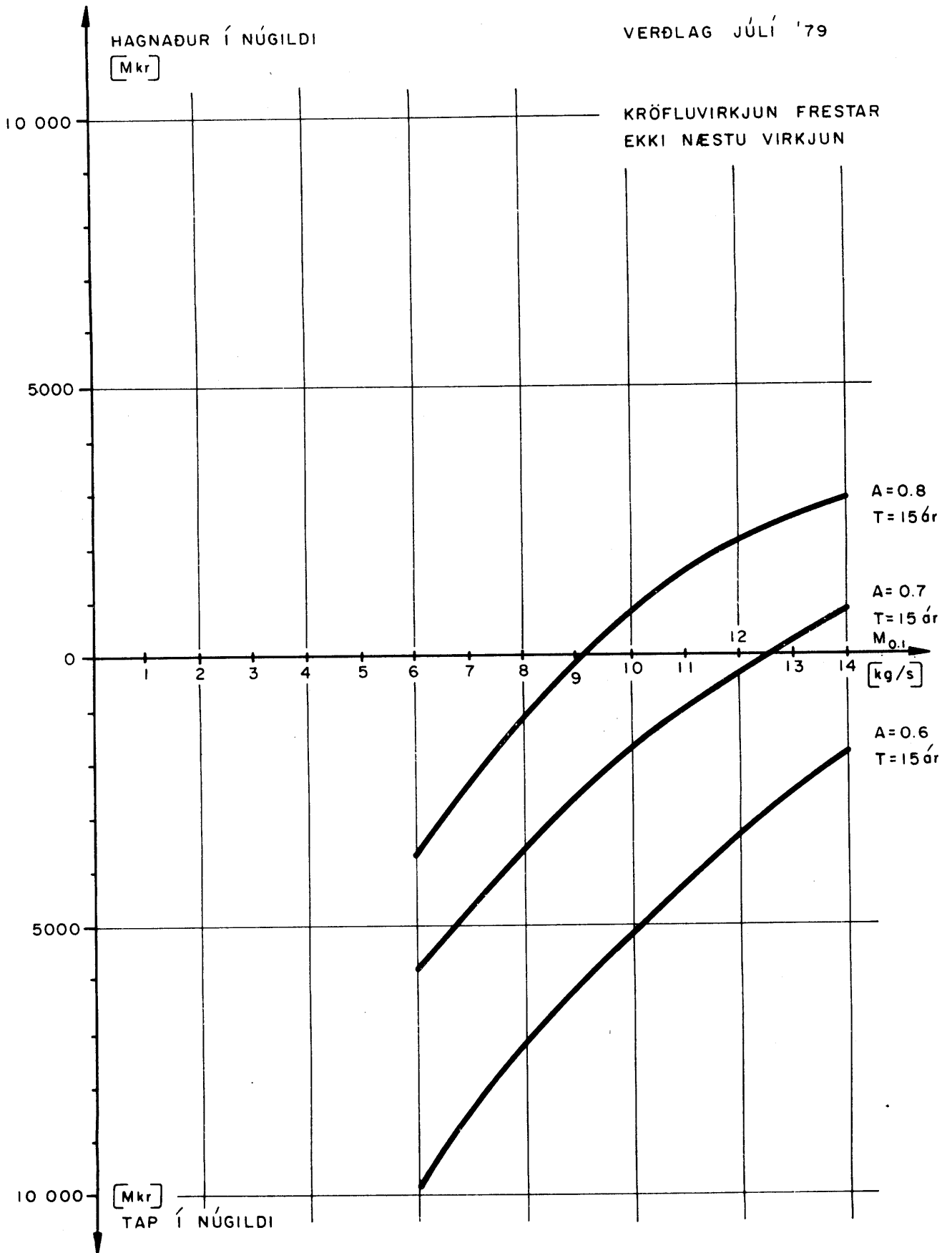
Ef næstu vatnsaflsvirkjun verður ekki frestað, og borárangur verður svipaður og á eldra borsvæðinu við Kröflu, kemur það heldur hagkvæmar út kostnaðarlega að halda áfram rekstri virkjunarinnar en að hætta honum eins og sést á mynd 5.2. Fyrir gildi á A stuðlinum undir 0,8, en svipað upphafsgufumagn ($M_{0,1}$) og áður, er hagkvæmara að hætta rekstri virkjunarinnar. Ef aftur á móti borárangur á nýja borsvæðinu við Kröflu verður eins góður og sú eina hola, sem þar hefur verið boruð, gefur tilefni til yrði verulegur hagnaður af áframhaldandi rekstri virkjunarinnar miðað við gildi á A stuðlinum yfir 0,6. Er fram líða stundir fæst aukin þekking á jarðhitasvæðinu og er því líklegt að borárangur við Kröflu muni heldur batna með tímanum. Telja verður því að líklegt sé að einhver fjárhagslegur hagnaður yrði af að halda áfram með Kröfluvirkjun ef næstu vatnsaflsvirkjun er frestað, þ.e.a.s. ef náttúruhamfarir koma ekki í veg fyrir rekstur hennar.

Á mynd 5.3 sést að til að nokkur fjárhagslegur hagnaður verði af áframhaldandi rekstri Kröfluvirkjunar, í því tilviki að næstu vatnsaflsvirkjun verði ekki frestað, verður borárangur að batna til muna. Ef borárangur á nýja svæðinu verður eins góður og sú eina hola sem þar hefur verið boruð gefur tilefni til þá gæti orðið einhver hagnaður af áframhaldandi rekstri Kröfluvirkjunar þó að næstu vatnsaflsvirkjun yrði ekki frestað. Ef borárangur á nýja svæðinu verður ekki betri en á gamla svæðinu þarf að taka til vandlegrar athugunar með hvaða hætti haga beri áframhaldandi rekstri virkjunarinnar. Erfitt er í dag að ákveða frestun á næstu vatnsaflsvirkjun vegna þeirrar óvissu sem ríkir um Kröflu. Næsta sumar (1981) er áætlað að bora þrjár holur fyrir virkjunina, og er því eðlilegt að ekki sé tekin endanleg ákvörðun um tímasetningu næstu vatnsaflsvirkjunar fyrr en niðurstöður þessara borana liggja fyrir.



MYND 5.2

Fjárhagsleg afleiðing þess að halda áfram borunum við Kröfluvirkjun í stað þess að hætta rekstri virkjunarinnar vorið 1981. Næstu virkjun frestað eftir því sem árangur borana gefur tilefni til



MYND 5.3

Fjárhagsleg afleiðing þess að halda áfram borunum við Kröfluvirkjun í stað þess að hætta rekstri virkjunarinnar vorið 1981. Næstu virkjun ekki frestað

Ein leið til að auka arðsemi Kröfluvirkjunar er að hægja á borframkvæmdum á meðan næg framleiðslugeta er fyrir hendi án hennar, t.d. fyrstu árin eftir að Hrauneyjafossvirkjun kemur í gagnið, en herða á borunum þegar aukinnar framleiðslugetu er þörf. Rækileg athugun á þessum möguleika hefur ekki verið gerð.

Í þessum reikningum er gert ráð fyrir að hrakvirði Kröflu sé 0. Svo er vitaskuld ekki þar sem stóran hluta rafbúnaðarins má nýta annars staðar og ef til vill mætti einnig nýta hluta vélbúnaðarins annars staðar. Erfitt er að meta hrakvirðið, en aukið hrakvirði veldur því að föllin á myndum 5.2 og 5.3 hliðrast niður á við sem nemur hrakvirðinu, og dregur það úr hagkvæmni þess að halda áfram rekstri virkjunarinnar.

Þau tvö tilvik sem hér eru tekin fyrir eru jaðartilvik. Ef ákveðið yrði að fresta ekki næstu vatnsaflsvirkjun væri óeðlilegt að halda áfram af fullum krafti með boranir á Kröflusvæðinu.

Þó ekki yrði verulegur fjárhagslegur hagnaður af áframhaldandi rekstri Kröfluvirkjunar þá fengist alla vega mikilsverð reynsla af rekstri hennar. Nánar er fjallað um Kröfluvirkjun í öðru bindi þessa verks.

6 LOKAORÐ

Í þessari athugun hafa verið teknir fyrir fáeinir möguleikar á þróun raforkukerfisins fram til aldamóta. Teknir voru fyrir þeir vatnsafls-
virkjunarkostir sem best eru rannsakaðir í dag. Flestar þessara virkjana
eru af þeirri stærð að þær henta vel fyrir hinn almenna raforkumarkað,
hugsanlega með takmarkaðri stóriðju.

Kannaður var sá möguleiki að byggt yrði eitt stóriðjuver á árunum
1986-2000 af sömu stærð og Álverksmiðjan í Straumsvík. Ef þróunin verður
hins vegar örari heldur en sem nemur einni verksmiðju með 150 MW aflþörf
fram til 1990, má búast við að unnið verði á nokkrum virkjunarstöðum í
einu. Sú spurning vaknar hvort þær virkjanir sem hér voru teknar fyrir
séu ekki of smáar ef farið verður út í meiriháttar stóriðjuframkvæmdir.
Kæmi þá ekki til greina að reisa stærri virkjanir en þær sem hér er
fjallað um?

Í þessari athugun hafa einungis verið teknir fyrir þrjár möguleikar um
þróun orkufreks iðnaðar, en það eru óteljandi aðrir möguleikar fyrir
hendi. T.d. er talið mjög hagkvæmt að auka afkastagetu þeirra stóriðju-
vera sem fyrir eru.

Þó svo að einhver ein virkjunarleið sé hagkvæmust þá er það ekki sú eina
viðmiðun sem athuga þarf. Önnur sjónarmið eins og t.d. náttúruvernd,
byggðamat og fleira eru þættir sem einnig koma til greina, þegar ákvarðanir
eru teknar um virkjunarframkvæmdir.

Eins og þessi athugun sýnir þá er þörf á næstu vatnsaflsvirkjun 1986 ef
Kröflu er alveg sleppt, en 1990 ef hún nær fullum afköstum 1986 og engin
aukning verður í stóriðju. Ef einhver veruleg aukning verður á stóriðju
til 1990 þá verður þörf á næstu vatnsaflsvirkjun fyrir 1990 þó svo að
Krafla náí fullum afköstum 1986. Það hefur einnig áhrif hversu áreiðanleg
raforkuspáin reynist, en unnið hefur verið að endurskoðun á henni.