

RAFORKUMÁLASTJÓRI

Orkudeild

SKÝRSLA
UM ATHUGANIR Á RAFORKUÖFLUN
FYRIR NORÐURLAND VESTRA
(SLÉTTUHLÍÐ - HRÚTAFJÖRÐUR)

Samið hefur
Jakob Björnsson

Reykjavík, des. 1966

RAFORKUMÁLASTJÓRI

Orkudeild

SKÝRSLA
UM ATHUGANIR Á RAFORKUÖFLUN
FYRIR NORÐURLAND VESTRA
(SLÉTTUHLÍÐ – HRÚTAFJÖRÐUR)

Samið hefur
Jakob Björnsson

Reykjavík, des. 1966

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

Útdráttur og megin-niðurstöður	1
1. Inngangur	3
2. Valkostir þeir, sem bornir voru saman	6
3. Orkuspár	8
4. Vextir	10
5. Afskriftartími mannvirkja	10
6. Öryggiskröfur	10
7. Kostnaður	11
8. Tollar og aðflutningsgjöld	11
9. Niðurstöður	11
10. Framkvæmd athugananna	15

Töflur:

1. Helztu niðurstöður athugana á Norðurlandi vestra	16
2. Samanburður Svartárvirkjunar og línu, ef allur ávinningur af samtengingu kemur í hlut Norðurlands vestra	16

Fylgiskjöl:

1. Raforkuplan Norðurlands vestra; orkuspár	17
2. Raforkuplan Norðurlands vestra; yfirlit yfir áætlaðan stofnkostnað Svartárvirkjunar	18
3. Raforkuplan Norðurlands vestra; stofnkostnaður línu milli Sauðár- króks og Akureyrar við mismunandi flutningsgetu	19

ÚTDRÁTTUR OG MEGIN NIÐURSTÖÐUR

Skýrsla þessi fjallar um athuganir á raforkumálum Norðurlands vestra, en með því er átt við svæðið frá Sléttuhlíð í austanverðum Skagafirði og vestur í Hrútafjörð. Um þetta svæði nær nú samhangandi raforku-kerfi, er fær orku sína frá vatnsaflsstöðvum við Gönguskarðsá í Skagafirði og í Laxá á Ásum í austanverðu Húnaþingi, auk dísilstöðva.

Athuganir þessar hafa farið fram á vegum raforkumálastjórnarinnar nú síðari hluta þessa árs, að nokkru leyti í framhaldi sams konar athugana fyrir Laxárvæðið og Austurland.

Þær tóku eingöngu til raforkukostnaðar frá mismunandi valkostum til öflunar raforku fyrir svæðið. Fjáröflunarvandamál voru eigi tekin til meðferðar. Liggur sú hugsun að baki, að raforkuvalkosti beri fyrst og fremst að bera saman á kostnaðargrundvelli, og velja þann sem lægstan orkukostnað gefur, nema því aðeins að fjáröflun til þess valkosti sé slíkum örðugleikum bundin, að af þeim sökum verði að velja annan. En þá er rétt að það komi fram, að hann var eigi valinn vegna þess að orkan yrði með því móti ódýrust.

Orkukostnaðurinn er reiknaður á grundvelli reiknilíkans fyrir rafeinda-reikni, og útreikningar gerðir á rafeindareikni Reiknistofnunar Háskólans. Líkan þetta hefur áður verið notað til sams konar reikninga fyrir Laxárvæðið og Austurland.

Teknir voru til athugunar tveir megin valkostir: (1) Virkjun í Svartá í Skagafirði, 3,8 MW að afli, hönnuð og kostnaðaráætluð að frumkvæði Rafveitu Sauðárkróks af þeim Theodór Árnasyni, verkfræðingi og Ásgeiri Sæmundssyni, tækni- og hönnuningum. Hönnunin og áætlunin eru að verulegu leyti byggðar á niðurstöðum rannsókna sem raforkumálastjórnin hefur gert á virkjunarstaðnum. (2) Háspennulína, 66 kV, þriggja víra af hefðbundinni gerð, frá Akureyri til Sauðárkróks. Línan er hönnuð og kostnaðaráætluð fyrir rafmagnsveitur ríkisins af þeim verkfræðingunum Samúel Ásgeirssyni, Otto Valdimarssyni, Tryggva Sigurbjarnarsynisyni og Agli Skúla Ingibergssyni. Flutningsgeta línunnar er 7,0 MW við 5% afltöp og aflstuðul 1,0. Gert er ráð fyrir, að línan liggi um Öxnadalshéiði, en aðrar leiðir koma vel til greina.

Athugunin var framkvæmd fyrir tvær mismunandi orkuspár fyrir vestanvert Norðurland. Gerir önnur ráð fyrir verulegri aukningu á notkun raforku til húshitunar á svæðinu frá því sem verið hefur.

Niðurstöður athugunarinnar eru í stuttu máli þær, að það getur verið báðum hagkvæmt, Norðurlandi vestra og Laxársvæðinu, að lögð sé lína frá Akureyri til Sauðárkróks og Norðurland vestra fái um þá línu þá orku, sem svæðið þarfnast umfram vinnslugetu núverandi vatnsaflsstöðva. Fyrir bæði svæðin í heild er slík lausn hagkvæmari en virkjun í Svartá fyrir Norðurland vestra sérstaklega. Ávinningnum fyrir bæði svæðin í heild, sem af því er að velja línuvalkostinn í stað Svartárvalkosti má svo skipta milli Norðurlands vestra og Laxársvæðisins með margvíslegu móti, en sé honum jafnt skipt milli svæðanna, þá er útkoman fyrir Norðurland vestra, tekið fyrir sig, sú, að orka frá Svartárvirkjun yrði 15 - 19% dýrari en frá línuvalkostinum. Jafnstór ávinningur af línuvalkostinum myndi þá falla í hlut Laxárvirkjunar. Orkuviðskipti um línuna yrðu þannig báðum til hagsbóta. Ef allur ávinningurinn lenti hjá Norðurlandi vestra, og Laxársvæðið fengi einungis kostnað orkunnar greiddan en ekkert meir, og væri þar með eins sett og ef engin lína er lögð, þá yrði meðalkostnaður orku frá Svartá 34 - 49% dýrari en frá línuvalkostinum.

Framangreindar niðurstöður fást hvor orkuspáin sem lögð er til grundvallar, sem bendir til að ákvörðun um hvort heldur skuli ráðist í Svartárvirkjun eða línu milli Sauðárkróks og Akureyrar megi taka, óháð því hver þróun raforkunotkunarinnar á Norðurlandi vestra verður í framtíðinni - innan allvíðra marka. Þetta er ákaflega mikilvæg niðurstaða, sökum þess, að sérhver spá um raforkunotkun í framtíðinni hlýtur ávallt að vera bundin talsverðri óvissu.

Lögn línu til Akureyrar er tímabær, samanborið við áframhaldandi vinnslu orkunnar í dísilstöðvum, í árslok 1968 ef vextir eru 6% en í árslok 1970, ef þeir eru 8%, og enn síðar við hærri vexti.

Virkjun í Svartá er tímabær - aftur samanborið við áframhaldandi dísilvinnslu í árslok 1971 við 6% vexti og í árslok 1972 við 8% vexti. (Á þessum árum ætti skv. því að ljúka virkjun fremur en að halda enn áfram dísilvinnslunni - ef línuvalkosturinn væri ekki fyrir hendi.)

1. INNGANGUR

Skýrslu þessari er ætlað að greina frá athugunum sem fram hafa farið undanfarna mánuði hjá raforkumálastjóra á leiðum til öflunar raforku fyrir Norðurland vestra, þ.e. svæðið frá Sléttuhlíð í Skagafirði og vestur í Hrútafjörð.

Athuganir þær, sem hér um ræðir, voru eingöngu tæknilegar og kostnaðarlegar. Það vandamál, hversu fjár skuli aflað til framkvæmdanna, hefur alls eigi verið meðhöndlað né heldur rekstrarafkoma mannvirkja, enda er hún mjög undir því komin með hvaða kjörum fjármagnið fæst, bæði varðandi vexti, tímalengd lána og afborgunarskilmála, svo og því á hvaða verði raforkan er seld. Þessum atriðum er ekki sleppt hér, vegna þess að þau skipta út af fyrir sig ekki máli, heldur af hinu, að það er að okkar dómi fremur í verkahring fjármálasérfræðinga og -stofnana en tæknisérfræðinga eða -stofnana að bera saman valkosti út frá hreinum fjáröflunar eða rekstrarhagfræðilegum sjónarmiðum. Það er enn fremur álit okkar, að virkjunarvalkosti beri fyrst og fremst að bera saman á kostnaðargrundvelli. Með því er átt við, að valkostum skuli raðað eftir hækkandi meðalkostnaðarverði þeirrar raforku, sem frá þeim fæst, þannig að sá kostur, sem lægstan kostnað hefur, telst "bestur", sá sem hefur næstlægstan kostnað "næstbestur" o.s.frv. Okkur er ljóst, að örðug fjáröflun getur leitt til þess, að hafna verði valkosti sem "bestur" er skv. þessari skilgreiningu. Við því er ekkert að segja - ekki verður ávallt á hið bezta kosið - en þá er undir öllum kringumstæðum rétt að það komi skýrt fram, að það eru örðugleikarnir við fjáröflunina, sem valda því, að kostinum er hafnað.

Meðalkostnaðarverð raforku frá orkuöflunarvalkosti er býsna teygjanlegt hugtak. Ekki skal hér farið út í að ræða mismunandi hugsanlegar skilgreiningar á því. Einfalt dæmi gefur þó góða hugmynd um, hvernig við höfum notað hugtakið í athugunum þessum. Hugsum okkur vatnsaflsstöð, sem kostar ákveðna upphæð í stofnkostnaði og árlegum rekstri, og getur unnið ákveðinn fjölda kílowattstunda á ári. Sé nú stofnkostnaðinum dreift yfir áætlaðan endingartíma virkjunarinnar sem annuiteti, þ.e. sem jöfnu árgjaldi með tilteknum vöxtum, rekstrar-kostnaðinum bætt þar ofan á og deilt í útkomuna með árlegri orkuvinnslu, þá fæst kostnaður á hverja kílowattstund. Því aðeins hefur þessi reikningsmáti gildi fyrir samanburð milli valkosta, að orkuvinnslan geti orðið sú sama hvert ár, eins og kostnaðurinn er hinn sami, að öðrum kosti

verður ofangreint hlutfall síbreytilegt eftir orkuvinnslunni frá ári til árs. Sé orkuvinnslan t.d. vaxandi eins og á sér stað, meðan aflsstöðin er enn eigi fullnýtt, fer kostnaður á orkueiningu lækkandi jafnt og þétt, unz vinnsla stöðvarinnar hættir að vaxa, þ.e. unz orkuvinnslugeta hennar er fullnýtt. Framangreint hlutfall hefur þá mjög takmarkað samanburðargildi.

Erlendis hagar víða svo til, að orkuvinnslugeta einstakra orkuvera er mjög lítil í samanburði við heildarorkuþörf þess kerfis, sem stöðin vinnur inn á, og orkuverið nær þá fullri orkuvinnslu mjög skömmu eftir að það tekur til starfa, oft á örfáum árum. Þar er meðalkostnaðarverðið eins og það er skilgreint hér að framan, af þeim sökum mæta vel nothæft sem mælikvarði á "gæði" virkjunarvalkosta þeirra, er bera skal saman. Hér á landi er heildarorkuþörfin hins vegar að jafnaði tiltölulega lítil í samanburði við orkuvinnslugetu þeirra valkosta, er bera skal saman. Virkjanir hér á landi eru með öðrum orðum flestar hlutfallslega stórar, þ.e. stórar í hlutfalli við orkumarkaðinn, og að sama skapi lengi að ná fullri nýtingu. Sem dæmi má nefna, að Laxárstöðin stærri, sem tók til starfa 1953, er fyrst nú, 13 árum síðar að verða fullnýtt að afli, og enn vantar talsvert á að hún sé fullnýtt að orku. Við núverandi kringumstæður hér á landi getur því framangreint meðalkostnaðarverð orku tæplega komið að notum sem samanburðargrundvöllur milli valkosta.

A hinn bóginn er unnt að taka tillit til þess við útreikning á meðalkostnaðarverði orkunnar, að valkosturinn nær ekki fullri nýtingu strax, heldur smám saman. Sjálfir reikningarnir verða þá ekki lengur eins einfaldir og í dæminu hér að framan og raunar talsvert flóknir, en útkoma er algerlega hliðstæð þeim, sem þar fékkst, og jafnhæf til samanburðar milli valkosta og hún er.

Fyrir þessa útreikninga, þar sem tekið er tillit til vaxandi orkuvinnslu með árunum, var gert sérstakt reiknilíkan hér á raforkumálaskrifstofunni á s.l. vetri. Orðið reiknilíkan er hér notað sem safnheiti yfir þá mynd af vexti orkuþarfarinnar og orkuvinnslu valkostsins, ásamt öllum öðrum forsendum og innbyrðis rökrænu samhengi þeirra, sem útreikningur meðalverðsins er byggður á. Hér verður líkaninu sjálfu ekki lýst; það mun verða gert annars staðar, en þess aðeins getið, að tillit til tímans er tekið í líkaninu með venjulegri "diskonteringun", þ.e. með því að flytja kostnaðartölur er eiga við mismunandi ár að sam-

eiginlegum tímavæðingum með tilteknum vöxtum. Ennfremur skal þess getið, að í líkaninu er tekinn með allur kostnaður við valkost þann sem til athugunar er um alla framtíð. Hins vegar er ekki tekið með í líkaninu kostnaður við orkuöflunina eftir að valkostur þessi er fullnýttur. Sá kostnaður tilheyrir næsta valkosti þar á eftir, sem ekki er til athugunar að sinni. Að sjálfsögðu má beita sömu reikningsaðferð á nýjan leik við hann er þar að kemur.

Rétt er að vekja athygli á því strax, að þar eð líkanið tekur með allan kostnað við viðkomandi valkost um alla framtíð, þá verða ekki af niðurstöðu reikninganna dregnar neinar ályktanir um kostnað einstakra ára eða samanlagðan kostnað á einhverju tilteknu árabili. Ef óskað er upplýsinga um það þarf sérstaka reikninga sem eru þessu líkani óviðkomandi. Þá þarf annað reiknilíkan.

Rétt er og að endurtaka það sem sagt var hér að framan, að hér er um hreina kostnaðarútreikninga að ræða en ekki rekstrarathugun af néinu tagi. Af þeim sökum hefur söluverð raforku engin áhrif á niðurstöður frá reiknilíkani þessu. Hins vegar má túlka niðurstöður þessar sem það meðalverð - reiknað í orkuveri eða aðalaðveitustöð, ef um aðflutningslínu er að ræða - sem fást þarf fyrir hverja kWh orkunnar frá valkostinum til þess að mæta öllum kostnaði, er honum er samfara yfir tímabilið héðan í frá og um alla framtíð, tekið sem heild.

Við treystum okkur ekki til að leggja dóm á það, hvað telja beri hæfilega vexti af fjármagni, er bundið er í raforkuvirkjum. Höfum við því endurtekið reikningana fyrir mismunandi vexti á því vaxtabili, sem um er að ræða.

Allir útreikningarnir eru miðaðir við fast verðlag og eru byggðir á verðlagi fyrri hluta árs 1966. Á það skal enginn dómur lagður, hvort rétt sé að taka tillit til verðlagsbreytinga í framtíðinni í athugun sem þessari eða ekki. Líkanið er þannig gert, að auðvelt er að gera það, sé þess óskað, en auðvitað verða breytingarnar þá að vera þekktar eða áætlaðar.

Orðið "valkostur" og "kostur", sem báðum er ætlað að merkja sama og notuð eru nokkuð sitt á hvað hér, þarfnast e.t.v. nokkurra skýringa. Með valkostur er hér átt við vatnsaflsvirkjun eða aðflutningslínu- eða virkjanir og línur, ef svo ber undir, er taka til starfa tiltekið ár,

ásamt þeirri vinnslu orku með dísilafli, sem nauðsynleg kann að vera til að "brúa bilið", þar til virkjunin tekur til starfa, og aðstoða hana vegna vatnsskorts og til vinnslu topporku, eins langt fram í tímann og slík aðstoð borgar sig. Svartárvirkjun, er tekur til starfa 1970, er þannig einn valkostur; sama virkjun, er tekur til starfa 1971, er annar o.s.frv.

Reiknilíkan það, sem hér er notað, var valið að vandlega athuguðu máli, og er grundvallarforsenda allra þeirra niðurstaðna, er skýrt verður frá hér á eftir. Það er að sjálfsögðu ekki hið eina sem mögulegt er og ennþá síður fullkomið; þvert á móti eru miklir möguleikar á að þróa það áfram. En með því er fengin betri aðferð en áður til kerfisbundins samanburðar á orkukostnaði frá virkjunarvalkostum, og það er álit okkar, að val milli þeirra eigi fyrst og fremst að fara fram á grundvelli slíks samanburðar, enda þótt margt annað og þá fyrst og fremst fjáröflun og rekstrarafkoma hljóti einnig að ráða miklu um valið.

A grundvelli líkansins hafa verið gerðar reikniforskriftir fyrir rafeindareikni. Hafa mestallir talnareikningar í sambandi við athuganir þessar verið gerðir á rafeindareikni Reiknistofnunar Háskólans.

2. VALKOSTIR ÞEIR, SEM BORNIR VORU SAMAN

Valkostirnir eru :

1. Virkjun í Svartá við Reykjafoss, 3,8 MW að ástimpluðu afli, ásamt háspennulínu til Sauðárkróks, tekin í notkun á mismunandi tímum.
2. 66 kV háspennulína, 3 víra af hefðbundinni gerð, frá Akureyri, um Öxnadalshéiði til Sauðárkróks, með flutningsgetu 7,0 MW (við 5% afltöp og aflsstuðul 1,0) einnig tekin í notkun á mismunandi tímum, og ennfremur við mismunandi kostnað orkunnar frá Laxá, sem um línuna er flutt, reiknað við úttak á Akureyri.

Þessi síðasttaldi orkukostnaður þarf nánari skýringar við. Þar er ekki um að ræða meðalkostnað orkunnar frá Laxá; ennþá síður um söluverð orku frá Laxá til Norðurlands vestra - muna ber, að hér er um hreina kostnaðarathugun að ræða, þar sem kaup og sála koma alls ekki

inn í dæmið. Það sem hér er átt við, er umframkostnaður orku þeirrar frá Laxá, sem fer til Norðurlands vestra. Þennan umframkostnað má finna þannig:

Tengingin vestur, og sú aukning orkuþarfarinnar, sem Laxá verður að fullnægja (þ.e. orkuþörfin á Norðurlandi vestra að frádreginni vinnslu Gönguskarðsár og Laxárvatns) leiðir óhjákvæmilega af sér, að virkjun í Laxá verður fyrir fullnýtt en ef engin tenging er gerð og Laxá þarf aðeins að sjá um sitt svæði. Þetta þýðir, að virkja verður fyrir Laxá eða annars staðar fyrir Laxásvæðið - ef tengt er vestur en ef ekki er tengt. Að flýta framkvæmd sem gerð er einhverntíma í framtíðinni þýðir, að flytja kostnað hennar nær nútímanum, en það þýðir aftur, skv. venjulegum reglum um "diskonteringu" að hækka núkostnað hennar, þ.e. núgildi kostnaðar hennar. Sú orka, sem um línuna fer til Norðurlands vestra á tímabilinu frá því hún er gerð og þar til hún er fullnýtt, leiðir af sér að allar virkjanir fyrir Laxásvæðið um alla framtíð - ekki bara á tímanum, sem línan er að ná fullri nýtingu - færast nær nútímanum og núkostnaður þeirra hækkar. Umframkostnaður sá, er hér um ræðir, er þessi aukning núkostnaðar, deilt með núgildi orkunnar, sem um línuna fer, frá því hún tekur til starfa og um alla framtíð.

Sagt á annan hátt: Hugsi maður sér hækkunina í núkostnaði sem núgildi af "tímastraumi" þeirra kostnaðarbreytinga, sem leiða af flýtingu einstakra virkjunaraðgerða fyrir Laxásvæðið í framtíðinni og skoði þær kostnaðartilfærslur í tíma sem "útgjöld", þá er umframkostnaðarverð það, sem leitað er að, x , sú upphæð, sem selja þyrfti hverja þá kilowattstund á sem um línuna fer vestur, frá því hún tekur til starfa og um alla framtíð, til þess að núgildi "gjaldastraumsins" yrði jafnt núgildi "tekjustraumsins" af slíkri "sölu".

Virðast má í fljótu bragði sem slíkur "umframkostnaður" sé lítt til praktískra nota, þar sem inn í hann gengur kostnaður virkjunarframkvæmda fyrir Laxásvæðið "um alla framtíð". Hins vegar er þess að gæta, að "diskontering" með vöxtum þeim, sem um er að ræða í reynd, veldur því, að einungis nokkuð nálæg framtíð skiptir máli fyrir útkomuna; núkostnaður hins sem lengra frammi í tímanum liggur, og að sjálfsögðu er lítið vitað um í dag, er svo lítill, að hann skiptir sáralitlu máli.

Rétt er að vekja athygli á því, að í samanburðinum á línu og Svartárvirkjun er reiknað með þriggja víra línu af algerlega hefðbundinni gerð. Hins vegar kann að mega spara umtalsverðan hluta línukostnaðarins með því að hafa línuna með tveimur vírum í stað þriggja. Nánari tæknileg athugun er þó nauðsynleg á tveggja víra línu, áður en talið getur forsvaranlegt að leggja hana milli Akureyrar og Sauðárkróks. Það þótti rétt að leggja í þessari athugun meginárherzluna á samanburð milli línu annars vegar og Svartárvirkjunar hins vegar, en láta nánari samanburð á línugerðum bíða þess að hans væri þörf, því hefði Svartárvirkjun komið betur út, var auðvitað ekki ástæða til að athuga línuna nánar. Óvarlegt þótti að byggja þennan megin-samanburð á línugerð, sem ekki liggur alveg ljós fyrir tæknilega. Þetta atriði er rétt að hafa í huga þegar niðurstöður eru metnar.

3. ORKUSPÁR

Þar eð niðurstöður athugunar sem þessarar geta stundum verið mjög undir því komnar hver þróun raforkunotkunarinnar á svæðinu verður í framtíðinni, var hér farin sú leið að framkvæma athugina fyrir tvær mismunandi orkuspár. Orkuspár þessar eru auðkenndar með tölunum 1 og 2, og meginforsendur þeirra eru sem hér segir:

Orkuspá 1

1. Almenn notkun, önnur en stórar vélar: 9% árlegur vöxtur fram til og með 1976; 5% eftir það.
2. Stórar vélar: 2,5% árlegur vöxtur.
3. Súgurrkun: Vöxtur á árunum fram til 1982 upp í "mettunar-notkun" á svæðinu.
4. Húshitun með rafmagni helzt á núverandi (1965) stigi, en vex ekki.

Orkuspá 2

Eins og orkuspá 1, nema

4. Húshitun með rafmagni vex frá því sem hún er nú á áratugnum 1970 - '80, en þó aðallega á árunum 1973 - '78 upp í að verða 70% almennu notkunarinnar árið 1980 og vaxa með sama hraða og hún eftir það.

Ástæðan til þess að húshitunin í orkuspá 2 er miðuð við almennu notkunina í stað þess að tilgreina hana beint, er sú, að það fer mjög eftir almennu notkuninni hve mikla hitunarorku er unnt að selja, án þess að

auka mesta álag verulega, þ.e. dreifa henni til notenda, án þess að styrkja þurfi dreifikerfið sérstaklega vegna hitunarinnar, sem myndi að sjálfsgöðu auka dreifingarkostnaðinn að marki. Sem stendur er raforkunotkun til húshitunar á Laxárvæðinu álíka mikil og almenna notkunin, og þar er líka farið að bera á umframtoppi vegna hitunarinnar. Margt bendir til að þetta hlutfall húshitunar við almenna notkun (ca. 1 : 1) sé nokkurn veginn það hæsta sem náð verður, án auka-dreifingarkostnaðar hitaorkunnar. Þetta hlutfall er einnig hið hæsta sem þekkist hér á landi.

Hér er gert ráð fyrir, að húshitunin nái 70% af almennu notkuninni á svæðinu í stað 100% eins og á Laxárvæðinu, sökum þess að reiknað er með að hitunarþörf Sauðárkróks verði áfram fullnægt með hitaveitu frá jarðhita, svo sem verið hefur, og verði raforkunotkun til húshitunar á svæðinu lægri sem því nemur.

Báðar orkuspárnar gera ráð fyrir, að svæðið þróist efnahagslega nokkuð jafnt og þétt upp á við í náinni framtíð. Sem stendur vex almenna notkunin þar nokkuð hratt, um 9% á ári að meðaltali nokkur undanfarin ár. Þetta mun stafa aðallega af því, að nokkur hluti svæðisins - sveitirnar - hafa fengið rafmagn tiltölulega nýlega og svo því, að nokkurrar efnahagslegrar stöðnunar hefur gætt á svæðinu að undanfögnu, þannig að raforkunotkunin hefur verið og er enn lág á hvern íbúa, borið saman við aðra landshluta. Á þessu er augljóslega að verða breyting, eins og hinn hraði vöxtur ber vott um. Gert er ráð fyrir, að þessi þróun taki enn um áratug, en að þá hafi svæðið náð öðrum landshlutum í þessu tilliti, og að eftir það verði vöxturinn svipaður og í öðrum þróuðum landshlutum.

Svipað er að segja um súgþurrkunina. Bændur á svæðinu nota enn litla raforku til súgþurrkunar, borið saman við bændur víða annars staðar á landinu. Gert er ráð fyrir, að á þessu verði nokkuð ör breyting til hækkunar nú á næstunni. Á hinn bóginn þótti ekki rétt að gera ráð fyrir að landbúnaðarframleiðslan á svæðinu vaxi svo neinu nemi og því er reiknað með að vöxturinn í súgþurrkuninni stöðvist, þegar fram í sækir.

Orkuspárnar taka einungis til orku (GWh); ekki mesta álags. Það er fundið út frá orkutöluqum með því að margfalda þær með dreifistuðlum er sýna skiptingu notkunarinnar innan hvers notkunarflokks (alm. notkun

hitun o.s.frv.) á vikur ársins og klukkustundir vikunnar. Dreifistuðlar þessir eru byggðir inn í sjálft reiknilíkanið og útreikningur á afli skeður eftir það sjálfkrafa. Orkuspárnar eru hins vegar greindar sundur eftir notkunarflokkum.

Töflur yfir spárnar eru sýndar á fylgiskjali 1.

4. VEXTIR

Eins og frammar er minnt á, höfum við engan dóm viljað á það leggja hvaða vextir teljast mættu "eðlilegir". Útreikningar voru því gerðir fyrir 6 og 8% vexti, en lítil fyrirhöfn er að endurtaka þá fyrir enn hærri vexti, ef ástæða þykir til.

5. AFSKRIFTARTÍMI MANNVIRKJA

Í útreikningunum á kostnaði er gert ráð fyrir að virkjunin sé afskrifuð á 40 árum, en línan á 30.

6. ÖRYGGISKRÖFUR

Til þess að fá sambærilegar niðurstöður við samanburð valkosta, er nauðsynlegt að gera sambærilegar kröfur um rekstraröryggi kerfisins í öllum valkostum. Annað mál er hverjar þær kröfur eigi að vera (þ.e. hve mikils öryggis skuli krafizt). Ut í þá sálma skal hér ekki farið, en hins aðeins getið, að í þessari athugun voru eftirfarandi öryggiskröfur gerðar:

1. Unnt sé á hverjum tíma að anna 100% mesta álags á svæðinu, þótt 1,33 MW verði óvirk í Gönguskarðsá og Laxárvatni samtals vegna ístruflana og/eða vatnsskorts (þ.e. þótt samanlögð afköst beggja stöðvanna falli niður í 0,20 MW).
2. Unnt sé á hverjum tíma að annast 60% mesta álags á svæðinu, þótt stærsta vélasamstæða kerfisins bili.
3. Unnt sé á hverjum tíma að annast 80% mesta álags á svæðinu, þótt lína frá Akureyri bili.

Á hverjum tíma er nauðsynlegt varaafli ákveðið út frá þeirri af þessum kröfum sem ströngust er í það og það skiptið (það er komið undir mesta álagi og valkosti þeim, sem til athugunar er, hver þeirra er ströngust). Um það sér reiknilíkanið sjálfkrafa, og eins um að bæta við dísilafli eftir þörfum til þess að strangasta öryggiskrafan sé uppfyllt. Líkanið reiknar jafnóðum kostnað við slíkar dísilvélaviðbætur í öryggis-skygni, og tekur þann kostnað með í alla frekari kostnaðarreikninga.

7. KOSTNAÐUR

Á fylgiskjöllum 2 - 3 er að finna yfirlit yfir þær kostnaðartölur, sem notaðar voru í athuguninni.

8. TOLLAR OG AÐFLUTNINGSGJÖLD

Í athugun þessari er tollum og aðflutningsgjöldum af innfluttu efni og vélum til línu og virkjunar alveg sleppt. Er það í samræmi við það sem áður var gert í sams konar athugun fyrir Laxárvæðið og Austur-land, en þar var þessi háttur á hafður, að höfðu samráði við ráðuneytið. Er þetta að nokkru gert með hliðsjón af því, að í gildandi lögum um Landsvirkjun og Laxárvirkjun er að finna ákvæði um niðurfellingu slíkra gjalda fyrir þær virkjanir.

9. NIÐURSTÖÐUR

Niðurstöðurnar eru sýndar í töflum 1 og 2, sem hér fylgja með. Skulu þær skýrðar hér nánar.

Niðurstöðurnar eru tilgreindar fyrir hvora orkuspá um sig, eins og töflurnar sýna.

Tafla 1:

Fremsti dálkur töflunnar (1) sýnir vextina; dálkur (2) hvenær lína er tímabær, ef kostnaðarverð orkunnar í hana á Akureyri er 15 aurar á kWh, og dálkur (3) hvenær virkjun í Svartá er tímabær, ef sá valkostur er valinn. Artölin eiga við árslok. Þau sýna, að fram til ársloka 1968 er ódýrara við 6% vexti að sjá fyrir raforkuþörfinni á svæðinu

með því að bæta við dísilvélum og vinna með varmaafli það af orkuþörfinni, sem núverandi vatnsaflsstöðvar ekki ráða við, heldur en að leggja línu frá Akureyri; eftir það er línan hagkvæmari en áframhaldandi dísil. Tilsvarandi ártal við 8% vexti er 1970. Við sjáum, að því hærri sem vextirnir eru, því lengri tími líður áður en ný mannvirki eru tímabær. Virkjun í Svartá er á sama hátt tímabær, samanborið við áframhaldandi dísilkeyrslu 1971 við 6% og 1972 við 8% vexti. Virkjunin er tímabær síðar en línan af því að stofnkostnaður hennar er hærri. Allar síðari niðurstöður í töflunni eru við það miðaðar, að hvort mannvirki um sig, línan eða virkjunin, komi í gagnið á því ári sem þær eru tímabærar.

Dálkur (4) sýnir meðalorkukostnað frá valkostinum "Svartárvirkjun, tekin í ntöku 1971" (eða '72), þ.e. meðalkostnað allrar þeirrar orku, umfram orkuvinnslugetu núverandi vatnsaflsstöðva, sem frá þessum valkosti kemur frá og með 1966 og um alla framtíð, þar með talin orkasú, sem unnin er í dísilvélum fram til þess tíma, að virkjunin tæki til starfa og einnig topporkuvinnslu með dísil eftir að virkjunin væri komin í gagnið, en hætt að anna toppálaginu, eins langt fram í tímann og slík dísilstöð til toppkeyrslu kemur til greina. Loks er þarna einnig meðtekin nauðsynleg dísilstöð við Svartá í vatnsleysisárum. Sem sagt, allur hugsanlegur kostnaður sem valkostinum er samfara er tekinn með í meðalorkukostnaðinn. (Á nákvæmlega hliðstæðan hátt er meðalkostnaður orkunnar frá línuvalkostinum reiknaður í 7. dálki.)

Dálkur (5) sýnir svonefndan "jafngildisorkukostnað frá Laxá". Svo sem eðlilegt er, fer orkukostnaður frá línuvalkostinum mjög eftir því hve mikið orkan kostar sem í línuna fer á Akureyri. Jafngildisorkukostnaður frá Laxá táknar það, að ef orkan frá Laxá, kostar á hverja kWh það sem dálkur (5) sýnir, reiknað á Akureyri, þá er Svartárvirkjun og lína frá Akureyri Norðlendingum vestri jafngildir orkuvalkostir; orkan verður nákvæmlega jafndýr frá báðum. Ef vextir eru 6% og gengið er út frá orkuspá 1 og orkan frá Laxá kostar 20,6 aur/kWh á Akureyri, þá verður meðalorkukostnaður frá línu, sem tæki til starfa í árslok 1968 39,0 aur/kWh sami og frá Svartárvirkjun er tæki til starfa í árslok 1971. Tilsvarandi fyrir aðrar orkuspár og vexti.

Ef orkukostnaður frá Laxá er lægri en jafngildisorkukostnaður, þá er línuvalkosturinn hagstæðari Norðurlandi vestra en virkjun í Svartá; öfugt ef hann er hærri. Jafngildisorkukostnaðurinn sýnir þannig hvað

orkan frá Laxá má mest kosta, reiknað á Akureyri, án þess að línuvalkosturinn verði Norðlendingum vestri óhagkvæmari valkostur en Svartárvirkjun.

Dáلكur (6) sýnir lauslega áætlun á raunverulegum umframkostnaði Laxárvirkjunar vegna sölunnar vestur, á hverja kWh, sem þangað fer. Áætlunin er að vísu lausleg, en er á hinn bóginn varleg; eru líkur til að umframkostnaðurinn sé minni en taflan sýnir.

Mismunurinn á dálkum (5) og (6) gefur til kynna hver heildarávinningurinn er af lagningu línu frá Akureyri umfram virkjun í Svartá. Sérstaklega fyrir Norðurland vestra. Þessum heildarávinningi má vitaskuld skipta milli Laxárvæðisins og Norðurlands vestra á ótal vegu, og skiptingin skiptir hvorn þessara aðila um sig að sjálfsögðu miklu máli. En vert er að gera sér ljóst, að ávinningurinn er til staðar, hvernig sem honum er skipt. Ef við hugsum okkur aftur orkuspá 1 og 6% vexti, og að orkan frá Laxá væri seld á 20,6 aur/kWh, á Akureyri, lenti allur ávinningurinn á Laxárvæðinu og Norðlendingar vestri byggju þá við jafndýra orku og ef Svartá hefði verið virkjuð. Ef orkan á hinn bóginn væri seld á 7 aura/kWh lenti allur ávinningurinn hjá Norðurlandi vestra, en Laxárvæðið færi slétt út úr viðskiptunum; fengi kostnað sinn aftur en engan hagnað. Við hvaða orkuverð sem er milli þessara marka hagnast báðir.

Athugum nú niðurstöðurnar, ef heildarávinningnum er skipt jafnt milli beggja, Norðlendinga vestri og Laxármanna. Það myndi tákna að kostnaður orkunnar í línuna vestur, reiknaður á Akureyri, væri meðaltal talnanna í dálkum (5) og (6). Við orkuspá 1 og 6% vexti þannig $0,5 \times (20,6 + 7) = 13,8$ aur/kWh. Við þennan orkukostnað á Akureyri yrði meðalkostnaður orkunnar frá línuvalkostinum eins og sýnt er í dálki (7), sem er lægri en í dálki (4), kostnaður orkunnar frá Svartá. Hlutfallið þarna á milli (dálkur (4) : dálkur (7)) er sýnt í aftasta dálki töflunnar (8). Hann sýnir, að kostnaður orkunnar frá Svartárvalkostinum er 15 - 19% dýrari en frá línuvalkosti við helmingaskipti heildarávinnings. Þessu síðasttalda má ekki gleyma. Dálkur (8) sýnir með nokkrum hætti ávinninginn fyrir Norðurland vestra af samtengingunni, borið saman við Svartárvirkjun. Dálkurinn sýnir aðeins þann ávinning, sem kemur í hlut Norðurlands vestra. Jafnstór hluti lendir hjá Laxárvæðinu við helmingaskiptin.

Niðurstöðurnar sýna því mjög greinilega, að orkuviðskipti milli Norðurlands vestra og Laxárvæðisins um línu frá Akureyri, geta verið beggja hagar. Slíkt er einmitt höfuðeinkenni allra heilbrigðra viðskipta.

Taflan sýnir greinilega áhrif vaxtanna á orkukostnaðinn. Vaxtahækkun úr 6 í 8% veldur hækkun orkukostnaðar, sem liggur á bilinu 20 - 30%. Áhrifin eru mjög svipuð hvort sem um virkjun eða línu er að ræða. Hún sýnir líka greinilega áhrif orkuspárinna. Við hraðari vöxt notkunarinnar eins og í orkuspá 2 lækkar meðalkostnaður orkunnar; nemur lækkunin 11 - 13 %. Einnig hér eru áhrifin svipuð hvort heldur um línu eða virkjun er að ræða, eins og raunar sést af því, að tölurnar í dálki (8) eru svipaðar fyrir báðar orkuspárnar.

Bendir þetta eindregið til þess, að valið milli línu og Svartárvirkjunar geti verið óháð orkuspánni, innan allvíðra marka. Þetta er ákaflega mikilvæg niðurstaða, sökum þess að orkuspár fram í tímann hljóta ávallt að vera bundnar talsverðri óvissu.

Tafla 2

Þessi tafla sýnir hver útkoman yrði fyrir Norðurland vestra, ef allur ávinningur samtengingarinnar lenti þar, en Laxárvæðið fengi aðeins kostnað sinn, engan hagnað. Þá er Laxárvæðið eins sett og ef engin tenging er gerð, svo að slíkur viðskiptamáti væri mögulegur því svæði að skaðlausu.

Dálkur (1) sýnir vextina; dálkur (2) meðalkostnað orku frá Svartá (sömu tölur og í dálki (4) í töflu 1). Dálkur (3) sýnir meðalorkukostnað frá línuvalkostinum, ef orkan á Akureyri er reiknuð á raunverulegum umframkostnaði, skv. dálki (6) í töflu 1, en það þýðir einmitt að allur ávinningur tengingarinnar kemur í hlut Norðurlands vestra. Verður þá orkukostnaður frá línunni að sjálfsögðu mun lægri en tafla 1 sýnir (dálkur (7)), þar sem reiknað var með helmingaskiptum. Loks sýnir dálkur (4) hlutfall orkukostnaðar frá Svartá og línu. Við sjáum, að orkukostnaður frá Svartá er 34 - 49% hærri en frá línunni. Þessar tölur gefa nokkra mynd af heildarávinningnum af tengingunni, sem þarna kæmi allur í hlut Norðurlands vestra.

10. FRAMKVÆMD ATHUGANANNA

Athuganir þessar voru framkvæmdar af vinnuhópi, sem áður hafði gert sams konar athuganir fyrir Laxárvæðið og Austurland. Í hópnum voru Egill Skúli Ingibergsson, verkfr., Glúmur Björnsson, skrifstofustjóri og Jakob Björnsson, verkfr., sem jafnframt skyldi hafa stjórn verksins á hendi. Í fjarveru Jakobs hefur stjórn og umsjón þessarar athugunar á Norðurlandi vestra að mestu komið í hlut Egils Skúla Ingibergssonar.

Vinnuhópurinn hefur notið aðstoðar ýmissa starfsmanna raforkumála-
stjóra og rafmagnsveitna ríkisins, einkum Rúts Halldórssonar, fulltrúa
og verkfræðinganna Ottós Valdimarssonar, Tryggva Sigurbjarnarsonar
og Samúels Ásgeirssonar, svo og Verkfræðistofu Sigurðar Thoroddsen
s.f., einkum Sigurðar Þórðarsonar, verkfr., er séð hefur um talna-
útreikninga á rafeindareikninn. Loks hafa þeir Theodór Árnason, verkfr.,
og Ásgeir Sæmundsson, tæknifr., með samþykki Rafveitu Sauðárkróks,
látið okkur í té endurskoðaða stofnkostnaðaráætlun um Svartárvirkjun.
Kann vinnuhópurinn öllum þessum aðilum beztu þakkir fyrir.

TAFLA 1

Helztu niðurstöður athugunar á Norðurlandi, vestra.

	Vextir %	Lína, 7 MW tímabær árið 1)	Svartá 3,8 MW tímabær árið	Meðal- orku- kostn. frá Svartá aur/kWh	Jafng. orku- kostn. frá Laxá aur/kWh	Áætl. raunv.l. umfram- kostn. frá Laxá aur/kWh	Meðal- orku- kostn. við jafna skiptingu heildar- ávinninga aur/kWh	Svartá lína %
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Orkuspá 1	6	1968	1971	39,0	20,6	7	33,3	117
(Lítil hitun)	8	1970	1972	48,5	25,0	9	42,3	115
Orkuspá 2	6	1968	1971	34,7	20,8	8	29,1	119
(Meiri hitun)	8	1970	1972	43,0	25,3	10	36,6	117

1) Við 15 aur/kWh orkukostnað frá Laxá.

TAFLA 2

Samanburður Svartárvirkjunar og línu, ef allur ávinningur tengingar við Laxárvæðið kemur í hlut Norðurlands vestra, en Laxárvæðið er eins sett og ef engin tenging er gerð.

	Vextir %	Meðal- orkukostn. frá Svartá aur/kWh	Meðalorku- kostn. frá línu, ef allur ávinningur kemur í hlut Norðurl. vestra aur/kWh	Dálkur (2) Dálkur (3) %
	(1)	(2)	(3)	(4)
Orkuspá 1	6	39,0	27,4	142
(Lítil hitun)	8	48,5	36,1	134
Orkuspá 2	6	34,7	23,3	149
(Meiri hitun)	8	43,0	30,4	141

RAFORKUPLAN NORÐURLANDS (Norðurl. vestra)
Orkuspár lagðar til grundvallar útreikningum

14.12.66

O r k u s p á 1 : O r k u s p á 2

ár	Alm. notkun		Hitun GWh/ár	Stórar vélar		Súg- purkkun GWh/ár	Alls orkusp.1 GWh/ár	Alm. notkun GWh/ár	Hitun GWh/ár	Stórar vélar		Súg- purkkun GWh/ár	Alls orkuspá 2 GWh/ár
	GWh/ár	GWh/ár		GWh/ár	GWh/ár					GWh/ár	GWh/ár		
1965	6,26	1,15	1,15	3,45	0,03	10,89	6,26	1,15	3,45	0,03	10,89		
66	6,82	1,15	1,15	3,54	0,03	11,54	6,82	1,15	3,54	0,03	11,54		
67	7,44	1,15	1,15	3,62	0,03	12,24	7,44	1,15	3,62	0,03	12,24		
68	8,11	1,15	1,15	3,72	0,04	13,02	8,11	1,15	3,72	0,04	13,02		
69	8,84	1,15	1,15	3,81	0,06	13,86	8,84	1,15	3,81	0,06	13,86		
70	9,63	1,15	1,15	3,90	0,17	14,85	9,63	1,15	3,90	0,17	14,85		
71	10,50	1,15	1,15	4,00	0,36	16,01	10,50	1,15	4,00	0,36	16,01		
72	11,44	1,15	1,15	4,10	0,58	17,27	11,44	1,15	4,10	0,58	17,27		
73	12,47	1,15	1,15	4,20	0,80	18,62	12,47	1,74	4,20	0,80	19,21		
74	13,60	1,15	1,15	4,31	1,02	20,08	13,60	3,14	4,31	1,02	22,07		
75	14,82	1,15	1,15	4,42	1,21	21,60	14,82	5,19	4,42	1,21	25,64		
76	16,15	1,15	1,15	4,53	1,43	23,26	16,15	8,48	4,53	1,43	30,59		
77	16,96	1,15	1,15	4,64	1,62	24,37	16,96	10,68	4,64	1,62	33,90		
78	17,81	1,15	1,15	4,76	1,82	25,54	17,81	12,09	4,76	1,82	36,48		
79	18,70	1,15	1,15	4,87	1,95	26,67	18,70	13,09	4,87	1,95	38,61		
80	19,63	1,15	1,15	5,00	2,06	27,84	19,63	13,74	5,00	2,06	40,43		
81	20,62	1,15	1,15	5,12	2,15	29,04	20,62	14,43	5,12	2,15	42,32		
82	21,65	1,15	1,15	5,25	2,20	30,25	21,65	15,15	5,25	2,20	44,25		
83	22,73	1,15	1,15	5,38	2,20	31,46	22,73	15,91	5,38	2,20	46,21		
84	23,86	1,15	1,15	5,51	2,20	32,72	23,86	16,71	5,51	2,20	48,28		
85	25,06	1,15	1,15	5,65	2,20	34,06	25,06	17,54	5,65	2,20	50,45		
86	26,31	1,15	1,15	5,79	2,20	35,45	26,31	18,42	5,79	2,20	52,72		
87	27,63	1,15	1,15	5,94	2,20	36,92	27,63	19,34	5,94	2,20	55,11		
88	29,01	1,15	1,15	6,09	2,20	38,45	29,01	20,31	6,09	2,20	57,61		
89	30,46	1,15	1,15	6,24	2,20	40,05	30,46	21,32	6,24	2,20	60,22		
90	31,98	1,15	1,15	6,39	2,20	41,72	31,98	22,39	6,39	2,20	62,96		
91	33,58	1,15	1,15	6,55	2,20	43,48	33,58	23,51	6,55	2,20	65,84		
92	35,26	1,15	1,15	6,72	2,20	45,33	35,26	24,68	6,72	2,20	68,86		
93	37,02	1,15	1,15	6,89	2,20	47,26	37,02	25,91	6,89	2,20	72,02		
94	38,87	1,15	1,15	7,06	2,20	49,28	38,87	27,21	7,06	2,20	75,34		
95	40,82	1,15	1,15	7,23	2,20	51,40	40,82	28,57	7,23	2,20	78,82		
96	42,86	1,15	1,15	7,42	2,20	53,63	42,86	30,00	7,42	2,20	82,48		
97	45,00	1,15	1,15	7,60	2,20	55,95	45,00	31,50	7,60	2,20	86,30		
98	47,25	1,15	1,15	7,79	2,20	58,39	47,25	33,07	7,79	2,20	90,31		
99	49,61	1,15	1,15	7,99	2,20	60,95	49,61	34,73	7,99	2,20	94,53		
2000	52,09	1,15	1,15	8,18	2,20	63,62	52,09	36,46	8,18	2,20	98,93		

Yfirlit um kostnaðartölur Svartárvirkjunar og dísilvéla.

Fskj. 2

1. Stofnkostnaður Svartárvirkjunar

	<u>Án tolla</u>
a) Byggingarmannvirki	25,01 Mkr.
b) Vélar og rafbúnaður	10,40 "
Otalið annars staðar 15% + af (a) og 5% + af (b) ..	4,52 "
Hönnun og umsjónarkostn. 9% +	3,59 "
Lína til Sauðárkróks	<u>6,06 "</u>
Heildarkostnaður	49,58 Mkr.

2. Stofnkostnaður dísilstöðva

Norðurl. vestra 500 kW einingar

5600 kr/kW

3. Orkukostn. dísilstöðva

Norðurl. vestra

0,52 kr/kWh

RAFORKUMÁLASTJORI
Orkudeild

15/12 '66 SP

Lína Akureyri - Sauðárkrókur
Stofnkostnaður eftir flutningsgetu.

Fskj. 3

Línukostn.
Mkr

10

30

20

66 kV 3 vírar
An tolla

5

6

7

8

9

10

Flutnings geta við 5% alltöp við ca 20°C