

**STARFSHÓPUR UM ENDURSKOÐUN Á
AÐFERÐUM VIÐ MAT Á ORKUGETU
VATNSORKUVERA OG REKSTRÍ ÞEIRRA**

ÁFANGASKÝRSLA I

ÁGRIP

Starfshópi þessum var komið á fót í kjölfar raforkuskortsins árin 1979-1982 og er hlutverk hans að endurskoða þær forsendur og aðferðir sem lagðar eru til grundvallar við mat á orkugetu raforkukerfisins og rekstri þess.

Starfshópurinn hefur talið nauðsynlegt að endurskoða frá grunni þær forsendur sem þessir útreikningar byggjast á. Sú vinna er ekki nægilega langt komin til þess að hægt sé að meta þá Öryggiskröfu Landsvirkjunar, að við tímasetningu nýrra virkjana sé litið á 250 GWh af umsömdum afgangssorkumarkaði sem forgangssorku. Er þá átt við það hvernig slík krafa skuli skilgreind eða hversu há hún skuli vera. Má búast við að nokkur tími líði þar til endanleg niðurstaða liggur fyrir úr verkefnum starfshópsins, en ýmiss atriði eru þess eðlis að þau þurfa að vera í sífelltri endurskoðun.

Athuganir starfshópsins til þessa hafa nær eingöngu beinst að þætti vatnsbúskapar og orkumarkaðar í reiknilíkönun. Einnig hefur verið unnið að skráningu þeirra reiknilíkana sem notuð eru. Lítið hefur verið unnið að þeim verkefnum sem lúta að hagrænum forsendum við áætlanir og rekstur raforkukerfisins.

Þær niðurstöður sem fram hafa komið í starfi hópsins eru eftirfarandi:

- Óvissa í mældu dagsrennsli vatnsfalla er á bilinu 5 til 16 %.
- Stöðug frávik mælinga frá raunverulegu rennsli getur verið á bilinu 0 til 4 %
- Erfitt er að meta óvissu í rennsli vatnsfalla sem ekki hafa verið mæld, og rennsli því reiknað. Búast má við því að skekkja í ársrennsli geti numið allt að 10 til 15 % í slíkum tilfellum.
- Af skoðun eldri veðurgagna og athugunum með tölfræðilegum aðferðum má álykta, að búast megi við bæði mun vatnsrýrari og vatnsríkari árum og árabílum en voru á tímabilinu 1950-1979 sem miðað er við í mati á orkugetu.
- Litlar breytingar hafa orðið á dreifingu raforkunotkunar innan ársins síðustu áratugi.

Áfangaskýrsla þessi lýsir stöðu verkefna eins og hún var nú í ársbyrjun 1985 en starfinu verður haldið áfram á þessu ári. Samkvæmt starfsáætlun ársins má búast við að um næstu áramót verði hægt að setja fram fyrstu tillögur um það hvernig taka eigi tillit til óvissu í forsendum við ákvarðanir í orkumálum.

EFNISYFIRLIT

1	INNGANGUR OG HELSTU NIÐURSTÖÐUR	1
1.1	INNGANGUR	1
1.2	HELSTU NIÐURSTÖÐUR	4
2	VERKEFNASKRÁ OG LÝSING	11
2.1	VERKEFNAYFIRLIT	11
2.2	A : FORSENDUR, RENNSLI OG RENNSLISRAÐIR	12
2.2-01	A.1 Óvissa í mældu rennsli	12
2.2-02	A.2 Óvissa í reiknuðu rennsli	13
2.2-03	A.3 Stókastískar rennslisraðir	14
2.2-04	A.4 Lenging rennslisraða aftur í tímann	15
2.3	B : FORSENDUR, ORKUMARKAÐUR OG ÁÆTLANIR	16
2.3-01	B.1 Dreifistuðlar orkunotkunar, viku gildi	16
2.3-02	B.2 Dreifistuðlar orkunotkunar, klukkustundar gildi	17
2.3-03	B.3 Óvissa í raforkuspá	18
2.4	C : FORSENDUR, HAGRÆNAR	19
2.4-01	C.1 Verðlagning orkuskerðingar	19
2.4-02	C.2 Áhættumat orkufyrirtækja	20
2.4-03	C.3 Áhættumat í þjóðhagslegum skilningi	21
2.4-04	C.4 Hagkvæmnireikningar, forsendur og aðferðir	22
2.5	D : REIKNILÍKÖN	23
2.5-01	D.1 Núverandi aðferðir við rekstrareftirlíkingar	23
2.5-02	D.2 Ný líkön	24
3	ÁFANGANIÐURSTÖÐUR	25
3.1	ÓVISSA Í MÆLDU RENNSLI	25
3.1-01	Yfirlit	25
3.1-02	Óvissupættir í vatnamælingum	26
3.1-03	Mat á óvissupáttum í vatnamælingum	28
3.1-04	Mat á óvissupáttum í vatnamælingum nokkurra vatnsfalla	30
3.2	ÓVISSA Í REIKNUÐU RENNSLI	35
3.2-01	Inngangur	35
3.2-02	Jökulsá í Fljótsdal við Hól	36
3.2-03	Tungnaá við Vatnaöldur	42
3.2-04	Áfanganiðurstöður	49

3.3	STÓKASTÍSKAR RENNSLISRAÐIR	50
3.3-01	Yfirlit	50
3.3-02	Reiknilíkan	50
3.3-03	Niðurstöður útreikninga	51
3.4	LENGING RENNSLISRAÐA AFTUR Í TÍMANN	58
3.5	DREIFISTUÐLAR ORKUNOTKUNAR, VIKU GILDI	64
3.6	NÚVERANDI AÐFERÐIR VIÐ REKSTRAREFTIRLÍKINGAR	69
3.6-01	Orkulíkan	69
3.6-02	Afllíkan	70
4	ÁFRAMHALDANDI STARF	73
5	LOKAORÐ	76
	HEIMILDASKRÁ	77
	VIÐAUKI 1 SAMSTILLING FRAMLEIÐSLUKERFIS OG ORKUMARKAÐAR Í NOKKRUM LÖNDUM	79
V1.1	SVÍÐJÓÐ	80
V1.2	NOREGUR	85
V1.3	NÝJA-SJÁLAND	87

1. KAFLI

INNGANGUR OG HELSTU NIÐURSTÖÐUR

1.1 INNGANGUR

Á árunum 1979 til 1982 voru erfiðleikar við rekstur raforkukerfisins hér á landi. Forgangsorta til stóriðjufyrirtækja var skert á tímabilinu. Oliustöðvar voru nokkuð notaðar til raforkuframleiðslu og var þannig unnt að komast hjá því að skammta almenningi rafmagn. Orsök þessara erfiðleika var að saman fór óvenju lítið vatnsrennsli til virkjana og fullnýtt virkjanakerfi raforku, en framleiðsla í Hrauneyjafossvirkjun hófst í vetrarbyrjun árið 1981. Mikil umræða varð um orkuskortinn og einnig almennt um rekstur raforkukerfisins. Í framhaldi af nefndum erfiðleikum ákvað Landsvirkjun fyrri hluta árs 1982 að miða áætlanir við að 250 GWh yrðu færðar af afgangsortu yfir í forgangsortu.

Eftir þá reynslu sem fékkst á fyrrnefndum árum töldu þeir aðilar sem sjá um rekstur raforkukerfisins og gerð áætlana að endurskoða þyrfti allar aðferðir við mat á orkugetu virkjana, við tímasetningu þeirra og við rekstur raforkukerfisins. Tilgangur slíkrar endurskoðunar er að fá fram aðferðir sem best tryggja að rekstur og uppbygging raforkukerfisins sé sem hagkvæmust. Landsvirkjun lagði áherslu á að stofnaður yrði starfshópur í þessum tilgangi sem í ættu sæti fulltrúar Landsvirkjunar, Orkustofnunar og Rafmagnsveitna ríkisins og var það formlega gert með bréfi orkumálastjóra dagsettu 3. ágúst 1982. Í bréfinu segir m.a. :

"Orkustofnun telur að tími sé til kominn að þeir aðilar sem þessar aðferðir hafa notað hér á landi staldri nú við og meti þær í ljósi þeirrar reynslu sem fengist hefur og þeirrar þróunar sem orðið hefur á þessu sviði í Noregi og Svíþjóð á sama tíma. Tilgangurinn með slíkri endurskoðun á að mati Orkustofnunar að vera sá, að fá fram bestu fánlegar leiðir til mats á vinnslugetu vatnsaflsstöðva hér á landi, til tímasetningar þeirra og reksturs, með því að endurskoða núverandi aðferðir, sníða af þeim hugsanlega vankanta og endurbæta þær og með því að taka upp það úr reynslu nágrannaþjóða á þessu sviði sem hentað getur hér á landi."

Í upphafi voru Jóhann Már Maríusson og Ingólfur Ágústsson fulltrúar Landsvirkjunar í starfshópnum. Jóhann var formaður starfshópsins en hætti þegar hann tók við stöðu aðstoðarforstjóra Landsvirkjunar vorið 1983 og tók Jón Bergmundsson þá við af honum. Ingólfur lét af störfum hjá Landsvirkjun fyrir aldurs sakir haustið 1984 og tók þá Guðmundur Ingi Ásmundsson sæti hans í hópnum. Aðrir fulltrúar hafa verið í hópnum frá upphafi og er hann skipaður eftirtöldum mönnum:

Frá Landsvirkjun : Guðmundur Ingi Ásmundsson
Jón Bergmundsson, formaður

Frá Orkustofnun : Jón Ingimarsson
Jón Vilhjálmsson, ritari

Frá Rafmagnsveitum
ríkisins : Steinar Friðgeirsson
Þórarinn Ólafsson

Starf hópsins fór hægt af stað, en frá upphafi hafa fulltrúar í honum haft fremur lítinn tíma til að sinna málefnum hans vegna ýmissa tímabundinna verka sem á hverjum tíma hafa verið talin mikilvægari en langtímaverkefni hópsins.

Þau mál sem starfshópnum er ætlað að fjalla um eru mjög háð þeim aðstæðum sem ríkja hér á landi um eðli og samsetningu orkuöflunarkerfisins. Því er ekki hægt að leita neinnar beinnar hliðstæðu í öðrum löndum þar sem aðrar aðstæður ríkja og vandamál gjarnan annars eðlis og yfirfæra þær lausnir og aðferðafræði á okkar kerfi. Slíkar lausnir er einungis hægt að hafa til hliðsjónar við úrlausn verkefna.

Í upphafi markaði starfshópurinn þá stefnu að fara ítarlega yfir og endurskoða allar forsendur sem ganga inn í rekstrareftirlíkingar af raforkukerfinu auk þess að endurskoða sjálfar aðferðirnar við rekstrareftirlíkingar. Seinni hluta árs 1983 setti starfshópurinn fram verkefnaskrá þar sem lýst er þeim verkefnum sem hópurinn taldi að huga bæri að í fyrstu. Verkefnum er skipt í fjóra meginflokka:

- A) Forsendur, rennsli og rennslisráðir
- B) Forsendur, orkumarkaður og áætlanir
- C) Forsendur, hagrænar
- D) Reiknilíkön

Innan þessara flokka eru síðan skilgreind einstök verkefni. Í þessari skýrslu er öllum verkefnum lýst og fjallað um áfanganiðurstöður þar sem þær liggja fyrir.

Hingað til hefur vinna hópsins nær eingöngu beinst að forsendum

og hefur mest áhersla verið lögð á athuganir á rennsli og raforkumarkaði. Aðrar forsendur sem um er að ræða eru svokallaðar hagrænar forsendur, en lítið hefur verið litið á þær ennþá.

Með þessari áfangaskýrslu er ætlunin að kynna stöðu verkefna í ársbyrjun 1985, en almennt má segja að verkefni starfshópsins séu komin tiltölulega stutt á veg. Mjög mikil vinna er enn eftir, en búast má við hraðari framgangi á næstunni vegna aukinnar áherslu á framgang verksins.

1.2 HELSTU NIÐURSTÖÐUR

Rekstri raforkukerfis má líkja við iðnaðarframleiðslu þar sem raforka er framleidd, en hráefnið fallorka í ám landsins. Þessi iðnaður er þó sérstæður að því leyti, að neytendur fá afurðina afhenta heim. Raforkuna er ekki hægt að geyma, svo að framleiðandinn þarf á hverju augnabliki að anna síbreytilegri eftirspurn. Ef raforkan er að langmestu leyti unnin úr vatnsorku eins og gert er hér á landi, bætist það við að hráefni til framleiðslunnar er undirorpið meira og minna óreglubundnum sveiflum innan ársins og milli ára. Þetta atriði veldur mikilli sérstöðu raforkukerfisins og ganga sumir það langt að segja, að þetta sé flóknasti iðnferill í nútíma þjóðfélagi.

Til að meta afköst virkjana og virkjanakerfa er reiknuð svokölluð orkugeta. Ein slík tala gefur aðeins takmarkaðar upplýsingar. Hún byggir á stöðluðum forsendum og segir ekkert um hið flókna samspil rennslis, vatnsmiðlana, aflstöðva og orkumarkaðar sem liggja að baki slíkum útreikningum. Nokkur óvissa er einnig í þeim forsendum sem ganga inn í reikninga og er því ljóst að orkugeta er ekki nein föst tala sem reiknuð er í eitt skipti fyrir öll. Hún hlýtur að taka breytingum eftir því sem þekking eykst og upplýsingar batna.

Eins og sagði í inngangi markaði starfshópurinn í upphafi þá stefnu að fara ítarlega yfir allar forsendur sem ganga inn í rekstrareftirlíkingar af raforkukerfinu. Verkefnum var skipt í fjóra meginþætti, rennslisforsendur, forsendur um orkumarkað, hagrænar forsendur og rekstrareftirlíkingar. Fram til þessa hefur mesta áherslan verið lögð á verkefni tengd vatnamálum, þ.e. rennslí á m og fljótum, og orkumarkaði.

Hér verður lauslega lýst þeim niðurstöðum sem liggja fyrir úr einstökum verkefnum.

A) Forsendur, rennslí og rennslisraðir

Í íslenska raforkukerfinu er rennslí í ám og fljótum mikilvægt; raforkuframleiðslan stendur og fellur með því vatni sem tiltækt er til notkunar í virkjunum. Þáttur í starfi hópsins er því að gera athugun á þeim vatnafræðilegu gögnum sem gengið er út frá við mat á orkugetu og rekstri vatnsaflsvirkjana.

Inn í rekstrareftirlíkingar, sem er undirstaða alls mats á afköstum virkjana, ganga rennslisraðir vatnsfalla yfir 30 ára tímabil, 1950-1979. Sumar þessara rennslisraða byggja á mælingum á staðnum yfir allt tímabilið, aðrar á mælingum

yfir hluta þess og það sem á vantar er reiknað með ýmsum þar til gerðum líkönum. Við suma virkjunarstaði liggja engar mælingar fyrir á staðnum, heldur er rennslið þar reiknað út frá mælingum á öðrum stöðum og/eða með tengingu veðurþátta og rennslis.

Í kafla 3.1 er fjallað um óvissu í mældu rennsli. Með því er átt við þá staðreynd, að sérhver mæling sem gerð er í náttúrunni er vissri óvissu undirorpin. Farið er í gegnum þá skekkjuvalda sem eru fyrir hendi við vatnamælingar. Í grófum dráttum má skipta þeim í tvennt. Í fyrsta lagi eru það tilviljanakenndar skekkjur vegna takmörkunar í nákvæmni mælitækja og úrvinnsluaðferða og í öðru lagi skekkjur vegna truflana á mælistað, t.d. vegna bilunar, ísmyndunar, breytingar á þversniði vatnsfalls o.fl. Fram kemur, að seinni liðinn er ekki hægt að meta með góðu móti, en þann fyrri má reyna að áætla út frá aðstæðum við hvern mælistað fyrir sig. Nokkrar mælistöðvar hafa verið athugaðar, og reynist mælióvissan vera á bilinu 5 til 16 % fyrir dagsrennslið.

Auk könnunar á mælióvissu var rennslislykill (þ.e. samband rennslis og vatnshæðar) skoðaður fyrir nokkra mælistaði. Í ljós kom að hann vék um 0 - 4 % frá mælingum. Raunar var um meira frávik að ræða fyrir Lagarfljót árin 1949 til 1955 og voru rennslisgögn þar leiðrétt vegna þess. Á sama tímabili voru auk þess ístruflanir vanmetnar þar og var það leiðrétt samhliða.

Í kafla 3.2 er fjallað um óvissu í reiknuðu rennsli á stöðum þar sem mælingar ná einungis yfir hluta af því 30 ára tímabili sem notað er við rekstrareftirlíkingar. Vatnafræðileg líkön sem byggja á mældu rennsli á öðrum stöðum og/eða veðurfari eru notuð til að áætla rennsli fyrir þann hluta tímabilsins sem mælingar skortir. Reynt er að meta óvissuna á þann hátt, að borið er saman mælt ársrennsli (með þeirri óvissu sem því fylgir) og reiknað ársrennsli fyrir sama tímabil. Í ljós kom, að mismunur reiknaðs og mælds rennslis er breytilegur eftir þeim reiknilíkönum sem notuð eru, en munurinn er allt að 10 %. Er þá átt við heildarvatnsmagn yfir það tímabil sem til athugunar er. Enda þótt mismunurinn sé ekki meiri, segir það ekki alla söguna, heldur skiptir miklu máli hvernig of- eða vanmat á rennsli dreifist yfir tímabilið. Þannig koma fram löng tímabil (nokkur ár) þar sem rennsli er ofmetið eða öfugt. Í því sambandi er vert að geta athugunar Orkustofnunar á virkjun Efri-Þjórsár sem gerð var á árinu 1984 (sjá Þorberg Þorbergsson og fl.). Virkjun í Efri-Þjórsá var skoðuð með tveimur mismunandi rennslisröðum fyrir tímabilið 1950-1979. Raðirnar voru reiknaðar hvor með sinni aðferðinni, önnur á vegum Landsvirkjunar fyrrihluta ársins 1983 og hin á vegum Orkustofnunar síðla sama árs. Munur á orkugetu

virkjunarinnar eftir því hvor rennslisröðin var notuð reyndist 250 GWh (um 16 %) og var orkugetan lægri ef miðað var við þá rennslisröð sem hafði 7 % hærri meðalrennsli. Ástæða þess var sú, að þrátt fyrir hærri meðalrennsli var rennsli vatnsrýrasta ársins um 20 % lægra í þeirri röð. Vatnsrýru árin ráða það miklu um reiknaða orkugetu, að meira vatn í vatnsríkum árum nær ekki að bæta það upp og rennur ónýtanlegt til sjávar. Full ástæða er til að ætla að með nýrri og betri rennslislíkönnum fari óvissa í reiknuðu ársrennsli niður fyrir 5 %, þ.e. óvissa sem bætist við vegna þess að rennsli er áætlað en ekki mælt.

Annað mikilvægt atriði sem tengist vatnamálum er sú staðreynd, að 30 ár er ekki mjög langur tími þegar verið er að ræða um ferli náttúrunnar. Því vaknar spurningin um það, hvað þessi 30 ár segja okkur. Eru þau dæmigerð fyrir vatnsrennslið séð yfir lengra tímabil, eða eru þau betri eða verri? Ekki má heldur gleyma því, að verið er að nota rennsli í fortíðinni til að meta afköst virkjana í framtíðinni. Hita- og úrkomumælingar eru til yfir mun lengra tímabil en mælingar á vatnsföllum og má ef til vill nota slíkar mælingar til að lengja rennslisraðir aftur í tímann. Einnig má með tölfræðilegum aðferðum búa til langar rennslisraðir sem hafa að mestu leyti sömu tölfræðilegu eiginleika og 30 ára melda röðin. Út frá þessum tveim leiðum að sama marki má reyna að meta, hversu áreiðanlega vitneskju 30 ára söguleg rennslisröð gefur, þegar verið er að meta afköst virkjana.

Í kafla 3.3 er greint frá niðurstöðum athugunar á því að búa til lengri rennslisraðir en 30 ár. Á vegum Landsvirkjunar hefur verið gert reiknilíkan til að framleiða langar rennslisraðir sem hafa að mestu leyti sömu tölfræðilega eiginleika og 30 ára sögulega rennslisröðin; má þar nefna meðaltal og staðalfrávik en einnig eru fylgnieiginleikar látnir halda sér að mestu. Skoðað var raforkukerfið eins og það verður að loknum framkvæmdum ársins 1985, þ.e. eftir 4. áfanga Kvíslaveitu, og einnig eftir þær viðbætur sem ætla má að komi innan næstu 10 til 20 ára. Framleiddar voru fimmtíu 30-ára rennslisraðir, samtals 1500 ár, og orkugetan reiknuð fyrir raforkukerfið. Fram kom mikill breytileiki í reiknaðri orkugetu þessara fimmtíu 30-ára raða og reyndist hann vaxandi samhliða uppbyggingu kerfisins. Meðaltal raðanna fimmtíu var mjög svipað reiknaðri orkugetu samkvæmt sögulegu röðinni, en lægsta orkugeta 30 ára var hinsvegar 330 til 780 GWh (6-14 %) lægri en fæst með sögulegu röðinni, mismunandi eftir kerfum. Munur á hæsta og lægsta gildi reiknaðrar orkugetu 30 ára var 680 til 1250 GWh/ári. Ef tekið er sem dæmi kerfið að loknum 4. áfanga Kvíslaveitu, þá gefur sögulega röðin 4420 GWh/ári, en framleiddu raðirnar fimmtíu gefa orkugetu á bilinu 3920 til 4660 GWh/ári. Munurinn er þannig 740 GWh/ári milli hæsta og lægsta gildis og lægsta

gildið er 500 GWh/ári lægra en sögulega röðin gefur. Meðaltalið er hinsvegar næstum það sama og fæst með sögulegu röðinni, eða 4410 GWh/ári og staðalfrávik er 140 GWh/ári.

Af þessum útreikningum má draga þá ályktun að jafnvel þótt rennsli verði með svipuðum hætti og hingað til (sama meðalrennsli og sami breytileiki) þá getum við átt von á tímabilum sem gefi mun lægri eða hærri orkugetu en sögulega röðin gefur til kynna.

Í kafla 3.4 er tekið á langtímasveiflum rennslis og áætlun um þær út frá veðurfari. Elstu veðurskýrslur eru úr Stykkishólmi (hitamælingar frá 1845 og úrkomumælingar frá 1873), en næst kemur Teigarhorn (hita- og úrkomumælingar frá 1873). Hér getur aldrei verið nema um mjög gróft mat að ræða. Þar koma m.a. til áhrif þess að jöklar safna í sig úrkomu og ganga fram á kuldaskeiðum, en hopa og skila uppsafnaðri úrkomu á hlýviðrisskeiðum. Sveiflur verða því mun meiri í leysingum á jöklum en veðurfarsbreytingar segja til um. Skýrslur sýna mikla breytingu í veðurfari eftir 1920 en fram að þeim tíma var almennt mun kaldara hér á landi en verið hefur á síðustu áratugum. Tenging veðurfarsgagna og rennslis bendir til, að fyrir 1920 hafi komið samfelld nokkurra ára tímabil, þar sem meðalrennsli hefur verið mun minna en þekkt í þeim mælingum sem tiltækar eru frá seinni tíð. Slík samfelld tímabil með lágrennsli hafa miklu afdrifaríkari afleiðingar á orkugetu kerfisins en einstaka ár með jafnvel minna rennsli inn á milli vatnsríkari ára. Fyrstu niðurstöður benda til að meðalrennsli árána frá um 1880 til 1920 hafi verið um 10 % lægra en meðalrennsli þess tíma sem mælingar ná yfir. Á tímabilinu 1920 til 1950 virðist rennslið aftur á móti hafa verið að meðaltali meira en á árunum eftir 1950.

B) Forsendur, orkumarkaður og áætlanir

Ein grunnforsenda áætlunargerðar í orkumálum er raforkuspáin. Um gerð hennar sér orkuspárnefnd sem í sitja fulltrúar ýmissa stofnana, fyrirtækja og sambanda sem málinu tengjast. Á nokkurra ára fresti er spáin endurskoðuð frá grunni, en þess á milli er hún endurreiknuð út frá rauntölum um raforkunotkun ársins á undan, en að óbreyttum forsendum. Nauðsynlegt er að gera sér grein fyrir hugsanlegum vikmörkum á spánni og áhrifum þeirra á tímasetningar.

Annað mikilvægt atriði sem tengist orkumarkaðnum, er dreifing hans innan ársins, en það er ein þeirra forsendna sem ganga inn í rekstrareftirlíkingar. Þeir dreifistuðlar sem nú eru notaðir við rekstrareftirlíkingar eru komnir til ára sinna. Í kafla 3.5 er fjallað um vikugildi dreifistuðla raforkunotkunar. Skoðuð hefur verið raunveruleg þróun þessara stuðla síðustu þrjá áratugina og hafa breytingar

verið furðu litlar á þessum tíma. Skilgreindir eru nýir stuðlar út frá notkun síðustu ára og lagt til að þeir verði teknir upp, en jafnframt er þess getið, að orkuspárnefnd muni reyna að spá fyrir um þróun þeirra samhliða næstu orkuspá.

C) Forsendur, hagrænar

Engar niðurstöður liggja fyrir úr þessum verkefnaflokki.

D) Reiknilíkön

Til að meta afköst virkjana eru notaðar rekstrareftirlíkingar í tölvu. Þær eiga orðið nokkuð langa sögu hér á landi og hafa verið í sífelldri þróun. Nauðsynlegt er að slíkar rekstrareftirlíkingar taki fullt tillit til þeirra takmarkana sem gilda þegar út í raunverulegan rekstur er komið, þannig að um raunhæft mat á orkugetu verði að ræða. Einnig er nauðsynlegt að nota rekstrareftirlíkingar sem hjálpartæki við rekstur raforkukerfisins til að tryggja sem hagkvæmastan rekstur á sífelld flóknara kerfi.

Í kafla 3.6 er rætt um núverandi aðferðir við rekstrareftirlíkingar raforkukerfisins. Annars vegar er um að ræða svokallað orkulíkan sem líkir eftir rekstri kerfisins með tímaeiningunni 2 vikur. Hins vegar er um að ræða afllíkön sem kanna rekstur kerfisins með tímaeiningunni 1 klst. og meta áhrif bilana í virkjunum. Núverandi orkulíkan er tiltölulega nýtt af nálinni, en byggir á hugmyndafræði sem þróast hefur frá því slík reiknilíkön voru fyrst tekin í notkun hér á landi fyrir nær 20 árum. Nútíma tölvutækni og þróaðri reikniaðferðir gera það þó miklu öflugra og sveigjanlegra en fyrri líkön og tekist hefur að sníða af marga þá agnúa sem áður voru til trafala. Enn frekari áherslu þarf að leggja á þróun afllíkana, þar sem aflíð kann að verða meira ráðandi við tímasetningu næstu virkjana en verið hefur fram að þessu. Á þessu sviði erum við enn á nokkru frumstigi og stöndum þar miklu lakar en að því er varðar orkulíkanið, sem á að baki sér langa þróunarsögu hér á landi eins og fyrr sagði.

Í kafla 4 er fjallað um áframhaldandi starf hópsins og er þar sett fram verkáætlun fyrir þetta ár. Þar kemur m.a. fram að á næstunni mun starfshópurinn leggja mesta áherslu á að vinna úr þeim niðurstöðum sem nú liggja fyrir þannig að þær geti nýst Landsvirkjun við endurskoðun framkvæmdaáætlunar fyrir Blönduvirkjun, en sú endurskoðun er fyrirhuguð í vor.

Á árinu 1982 tók Landsvirkjun upp þá reglu við áætlanagerð, að færa 250 GWh úr afgangssorkumarkaði í forgangssorkumarkað eins nefnt var í inngangi. Tilgangur þessarar reglu Landsvirkjunar

var að tryggja betur afhendingaröryggi orku frá fyrirtækinu. Þessi ákvörðun hefur valdið nokkrum deilum og er beðið með endurskoðun hennar þar til frekari þekkingar hefur verið aflað, m.a. úr verkefnum starfshópsins. Á þessu stigi getur starfshópurinn ekki metið þessa öryggiskröfu Landsvirkjunar, til þess er starfið of skammt á veg komið. Um næstu áramót er áætlað að lokið verði úrvinnslu úr þeim upplýsingum sem þegar liggja fyrir, ásamt því sem niðurstöður verða komnar úr öðrum verkefnum. Fyrst tillagna um það, hvernig taka eigi á óvissuþáttum við framkvæmdir í orkukerfinu, er því að vanta þá. Of snemmt er að segja nokkuð um það, á hvaða formi slíkar tillögur verða.

Eins og sagði í inngangi, er ekki hægt að nýta beint þær aðferðir og reglur sem notaðar eru hjá öðrum þjóðum við ákvarðanir framkvæmda í orkukerfinu. Slíkar reglur er hinsvegar hægt að hafa til hliðsjónar. Ástæða er því til að kanna hvernig staðið er að slíkum málum annars staðar og er fjallað um það í viðauka 1. Hér á eftir verður stiklað á stóru um þær aðferðir sem notaðar eru í þremur löndum við áætlanir um raforkuframkvæmdir. Aðstæður eru mismunandi og í ýmsu frábrugðnar því sem er hér á landi.

Norsku ríkisrafveiturnar (NVE) fara svipað að og Landsvirkjun gerir í dag og leggja við áætlaða markaðsþörf. Þannig kemur fram í St.prp.nr. 130 (1981-82), að ofan á áætlaða orkuþörf er bætt 4 TWh vegna óvissuþátta og uppbygging miðuð við það. Af samtals 94 TWh sem var spáin fyrir 1985 (almenn notkun og stóriðja), voru því 4 TWh vegna óvissuþátta. Er þá m.a. tekið tillit til óvissu í orkueftirspurn og einnig því, að erfitt getur verið að ná fram í raunverulegum rekstri þeirri framleiðslu sem fræðilega er möguleg. Þar standa Norðmenn að sumu leyti verr að vígi en Íslendingar, þar sem framleiðslan er á margra hendi og hvert framleiðslufyrirtæki hefur fyrst og fremst skyldur við sitt eigið svæði, fremur en heildarkerfið. Í orkuáætluninni er reiknað með, að hægt verði að minnka þörfina á umframgetu frá 4 TWh niður í u.þ.b 1,5 TWh við lok þessa áratugar vegna betri reiknaðferða og samræmdari framleiðslustjórnunar. Forsendur um gerð orkuáætlana í Noregi eru nú í endurskoðun sem lýkur í vor.

Meðan vatnsaflað var ráðandi í Svíþjóð var í gildi svokallað þurrársskilyrði, þannig að sérhvert orkufyrirtæki varð að geta annað öllum sínum skuldbindingum í vatnsrýrasta ári í rennslisröðinni 1940-1970. Eftir því sem hlutur kjarnorkuvera vex, minnkar raunverulegt afhendingaröryggi, ef gamla skilyrðið er notað áfram og ekki tekið tillit til hugsanlegra bilana í varmaorkuverum. Nauðsynlegt var að taka upp skilgreiningu sem einnig tæki mið af bilanalíkum á kjarnorkuverunum og öðrum varmastöðvum. Því er nú notað svokallað tölfræðilegt orkuskiylrði, sem tekur tillit til breytileika í rennsli, bilana í varmaorkuverum og óvissu í markaðsspá. Það skilyrði

miðast við að líkur á orkuskerðingu megi ekki vera meiri en ákveðið hámark. Upphaflega var miðað við 3 % hámarkslíkur, en nýlega hafa einnig sést útreikningar sem miðast við 4 % hámarkslíkur.

Í sambandi við Noreg og Svíþjóð, má benda á það öryggi sem felst í tengingu þessara landa hvort við annað og við önnur lönd.

Eitt land býr að sumu leyti við svipuð skilyrði og gilda hér á Íslandi, en það er Nýja-Sjáland. Kerfi þess samanstendur af mestu af vatnsaflsstöðvum þó einnig séu þar bæði jarðgufustöðvar og olíu- og kolastöðvar. Þetta er eyland eins og Ísland og því engin tenging raforkukerfisins þar við önnur lönd. Við tímasetningu nýrra virkjana er við það miðað, að geta kerfisins sé a.m.k. 7% hærri en spá um orkueftirspurn. Geta kerfisins er þá skilgreind sem framleiðslugeta vatnsaflskerfisins í þurru ári (moderately severe dry year) auk framleiðslu varmastöðva, þó þannig, að nýtingartími ódýrra olíustöðva sé ekki meiri en 15% (tæpar 8 vikur á ári) og gasaflsstöðva ekki meiri en 5% (tæpar 3 vikur).

Ekki má draga of viðtækar ályktanir af þessum tölum að svo komnu máli; til þess er vitneskja um ýmsar grunnforsendur of lítil. Má þar nefna rennslisþætti ofl. Orkuspá sú sem Nýsjálandingar nota er miðspá og er áætlað að um 80 % líkur séu á því að notkun eftir 5 ár verði innan \pm 5 % frávik frá spánni. Fyrir spá 10 ár fram í tímann eru sömu líkur fyrir \pm 10 % frávik.

Starfshópurinn hefur leitað til ýmissa aðila varðandi þau verkefni sem unnið hefur verið að. Þessir aðilar eru helstir: Árni Snorrason vatnafræðingur á Orkustofnun vegna mats á óvissu í mældu rennslisli, Verkfræðistofan Vatnaskil og Laufey Hannesdóttir vatnafræðingur vegna mats á óvissu í reiknuðu rennslisli og lengingu rennslisraða aftur í tímann, og Skúli Jóhannsson verkfræðingur vegna athugana með stókastísku rennslislíkani og skráningar reikniaðferða við rekstrareftirlíkingar.

2. KAFLI

VERKEFNASKRÁ OG LÝSING

2.1 VERKEFNAYFIRLIT

Haustið 1983 var gengið frá fyrstu verkefnalýsingu starfshópsins. Ekki var um neitt endanlegt verkefnaval að ræða, heldur verður verkefnum bætt við eða verkefnalýsingum breytt eftir því sem þörf krefur og starfshópurinn telur nauðsynlegt. Verkefnum er skipt í fjóra meginflokka, forsendur um rennsli og rennslisráðir, forsendur um orkumarkað og áætlanir, hagrænar forsendur og reiknilíkön. Hér á eftir verða talin upp þessi verkefni. Þeim er síðan lýst stuttlega og staða þeirra skýrð.

FLOKKUR

VERKEFNI

- A FORSENDUR, RENNSLI OG RENNSLISRÁÐIR
 - A.1 Óvissa í mældu rennsli.
 - A.2 Óvissa í reiknuðu rennsli.
 - A.3 Stókastískar rennslisráðir.
 - A.4 Lenging rennslisráða aftur í tímann.

- B FORSENDUR, ORKUMARKAÐUR OG ÁÆTLANIR
 - B.1 Dreifistuðlar orkunotkunar, viku gildi.
 - B.2 Dreifistuðlar orkunotkunar, klukkustundar gildi.
 - B.3 Óvissa í raforkuspá.

- C FORSENDUR, HAGRÆNAR
 - C.1 Verðlagning orkuskerðingar.
 - C.2 Áhættumat orkufyrirtækja.
 - C.3 Áhættumat í þjóðhagslegum skilningi.
 - C.4 Hagkvæmnireikningar, forsendur og aðferðir.

- D REIKNILÍKÖN
 - D.1 Núverandi aðferðir við rekstrareftirlíkingar.
 - D.2 Ný líkön.

2.2 A : FORSENDUR, RENNSLI OG RENNSLISRÁÐIR

2.2-01 A.1 Óvissa í mældu rennsli

Umsjón : Orkustofnun/Jón Ingimarsson

Unnið af : Orkustofnun

Lýsing :

Nokkur óvissa er við rennslismælingar, og tengist hún bæði mælitækjum og staðháttum. Þá er nokkur óvissa í rennslislyklum bæði vegna takmarkaðs fjölda mælinga og hugsanlegra breytinga sem orðið geta á mælistöðvum í tímans rás. Ennfremur er óvissa í vatnshæðarmælingum. Loks truflast vatnshæðarmælingar vegna ísmyndunar o.fl. og er þá rennslið metið. Tilgangur verkefnisins er að meta óvissuna á þeim mælistöðum sem notaðir eru við rekstrareftirlíkingar.

Staða :

Vinna við verkefnið er komin vel áleiðis og liggja niðurstöður fyrir um nokkrar mælistöðvar. Nánar er fjallað um þetta í kafla 3.1

2.2-02 A.2 Óvissa í reiknuðu rennsli

Umsjón : Orkustofnun/Jón Ingimarsson

Unnið af : Orkustofnun og ráðgjöfum

Lýsing :

Á flestum virkjunarstöðum skortir langtímamælingar á rennsli til að nota við rekstrareftirlíkingar. Ýmist eru vatnshæðarmælar ekki til staðar eða mælingarnar hafa ekki staðið yfir í þau 30 ár sem notuð eru. Vegna þessa er rennsli áætlað út frá mælingum á rennsli annars staðar og/eða á veðurfari.

Tilgangur verkefnisins er að meta óvissu við áætlanir um rennsli ("reiknað rennsli").

Verkefnið skiptist í tvo þætti. Í fyrsta lagi eru bornar saman mældar og reiknaðar raðir á sama stað og sama tíma. Í öðru lagi samanburður á reikniaðferðum þar sem ekki eru til beinar mælingar á rennsli.

Staða :

Töluvert hefur verið unnið í þessu verkefni og er stöðu þess ásamt áfanganiðurstöðum lýst í kafla 3.2.

2.2-03 A.3 Stókastískar rennslisraðir

Umsjón : Landsvirkjun/Jón Bergmundsson

Unnið af : Verkfræðistofunni Streng

Lýsing :

Með stókastísku líkani er hægt að mynda rennslisraðir yfir mun lengra tímabil en mældar raðir ná yfir. Þessar mynduðu raðir hafa að mestu sömu tölfræðilegu eiginleika og mældu raðirnar, t.d. sama meðaltal og sama staðalfrávik auk þess sem fylgni er látin halda sér. Hægt er að finna orkugetu lengra tímabils en þeirra mældu 30 ára sem notuð eru, eða finna dreifingu á útreiknaðri orkugetu hveftra samfelldra 30 ára í tilbúnu röðinni. Á þennan hátt er ætlunin að fá mat á því, hvað 30 ára rennslisröð segir okkur samanborið við lengra tímabil. Þessi aðferð nær ekki til áhrifa langtímasveiflna í veðurfari, heldur byggir á þeim breytileika sem fram kemur í 30 ára sögulegu röðinni.

Staða :

Áfanganiðurstöður liggja fyrir og er nánar fjallað um þær í kafla 3.3.

2.2-04 A.4 Lenging rennslisraða
aftur í tímann

Umsjón : Orkustofnun/Jón Ingimarsson

Unnið af : Orkustofnun og ráðgjöfum.

Lýsing :

Nokkur umræða hefur verið um áhrif langtímasveifla í veðurfari á rennsli og rekstraröryggi vatnsorkuvera. M.a. hafa menn velt fyrir sér að nota veðurmælingar í Stykkishólmi (frá 1845) og Teigarhorni (frá 1873) til að áætla rennsli í ám landsins. Tilgangur verkefnisins er að kanna hvort unnt sé að lengja rennslisraðir aftur í tímann og nota þær raðir við rekstrareftirlíkingar og reikna út orkugetu fyrir mismunandi tímabil.

Staða :

Verkefni þetta er komið vel áleiðis og er nánar fjallað um það í kafla 3.4.

2.3 B : FORSENDUR, ORKUMARKAÐUR OG ÁÆTLANIR

2.3-01 B.1 Dreifistuðlar orkunotkunar,
viku gildi

Umsjón : Orkustofnun/Jón Vilhjálmsson

Unnið af : Orkustofnun

Lýsing :

Við rekstrareftirlíkingar er notuð tímaeiningin tvær vikur og þarf því að áætla orkunotkun hvers tveggja vikna tímabils. Raforkunotkun hvers árs fæst úr raforkuspá Orkuspárnefndar, en nefndin hefur ekki áætlað notkun fyrir styttra tímabil en ár. Notkun innan ársins hefur því verið fengin með að margfalda saman ársnotkun og svokallaða dreifistuðla sem gefa hlutfallslega notkun hvers tímabils. Á síðustu árum hefur ekki verið gerð nein athugun á dreifistuðlunum, heldur ætíð notaðir sömu stuðlarnir. Með þessu verkefni er ætlunin að finna dreifistuðla raforkunotkunar eins og þeir eru um þessar mundir og athuga þróun þeirra síðustu árin.

Staða :

Verkefnið var unnið á fyrri hluta ársins 1984 og í apríl kom út á Orkustofnun skýrsla um það (sjá Jón Vilhjálmsson). Í framhaldi af þessari athugun verður að öllum líkindum í næstu raforkuspá Orkuspárnefndar áætluð dreifing raforkunotkunar innan ársins fyrir allt spátímabilið. Nánari umfjöllun um verkefnið er í kafla 3.6.

2.3-02 B.2 Dreifistuðlar orkunotkunar,
klukkustundar gildi

Umsjón : Landsvirkjun/Guðmundur Ingi Ásmundsson

Unnið af : Landsvirkjun

Lýsing :

Dreifing orkunotkunar innan vikunnar og skoðun á rekstri virkjana með klukkustundar tímæiningu verður nú sífellt mikilvægari. Tilkoma Kvíslaveitu, sem eykur orkugetu án þess að aflaukning komi samhliða, veldur því að aflgeta kerfisins er mun meira ráðandi þáttur við tímasetningu en undir venjulegum kringumstæðum. Kostnaður við rekstur kerfisins þegar afl er takmarkað er mjög háður því hvernig álagið dreifist á einstaka klukkutíma. Nauðsynlegt er því að góð gögn séu fyrir hendi. Við aflákvörðun virkjana og aðra hönnun er einnig nauðsynlegt að taka tillit til þeirrar dreifingar sem hér um ræðir.

Staða :

Vinna við verkefnið er hafin og ætti henni að ljúka á þessum vetri.

2.3-03 B.3 Óvissa í raforkuspá

Umsjón : Orkustofnun/Jón Vilhjálmsson
Unnið af : Orkustofnun í samráði við Orkuspárnefnd
Lýsing :

Frá árinu 1976 hefur verið starfandi nefnd sem unnið hefur að gerð orkuspáa fyrir þrjá helstu orkugjafa sem hér eru nýttir. Á þessu tímabili hefur nefndin gefið út þrjár raforkuspár og kom sú nýjasta út á árinu 1981 og náði til ársins 2000. Í þeirri spá var sett fram neðri spá, sem var miðuð við að engin aukning yrði í orkufrekum iðnaði, og efri spá, sem gerði ráð fyrir nokkurri aukningu þar. Orkuspárnefnd byggir spár sínar á þeim upplýsingum sem liggja fyrir á hverjum tíma, en þar sem mikil óvissa er um hver þróun ýmissa þátta þjóðfélagsins verður næstu áratuginna má búast við því að raunveruleg notkun geti vikið verulega frá áætlaðri notkun. Hér eins og hjá svo mörgum öðrum þjóðum hefur reynslan t.d. verið sú að spárnar hafa að jafnaði reynst hærri en notkunin. Með þessu verkefni er ætlunin að reyna að leggja mat á óvissu í raforkuspá. Verkefnið tengist endurskoðun á raforkuspá sem Orkuspárnefnd vinnur að.

Staða :

Á árinu 1984 hóf Orkuspárnefnd vinnu við endurskoðun á raforkuspá og verður sú spá væntanlega komin vel á veg í vetrarlok. Orkuspárnefnd hefur einnig unnið að gerð húshitunarspár og er henni að mestu lokið, en endanleg framsetning hefur ekki enn verið ákveðin. Eitt þeirra atriða sem þar er eftir að ganga frá er framsetning á óvissu í spánni.

2.4 C : FORSENDUR, HAGRÆNAR

2.4-01 C.1 Verðlagning orkuskerðingar

Umsjón : Orkustofnun/Jón Vilhjálmsson

Unnið af : Orkustofnun, Landsvirkjun, Rafmagnsveitur
ríkisins og fl.

Lýsing :

Við tímasetningu og hagkvæmnimat framkvæmda í raforkukerfinu þarf að taka tillit til þess að ef skert er afhending orku þá hlýst af því framleiðslutap í fyrirtækjum og óþægindi hjá einstaklingum. Á einhvern hátt þarf að meta þessa þætti til kostnaðar og er það viðfangsefni þessa verkefnis. Nauðsynlegt er að meta þjóðhagslegan kostnað sem slíkar truflanir valda og gera greinarmun á skammvinnri ófyrirséðri skerðingu og langvarandi orkuskorti, sem jafnvel má sjá með nokkurra vikna fyrirvara.

Staða :

Safnað hefur verið gögnum frá öðrum þjóðum varðandi þetta atriði, en margar þjóðir hafa gert ítarlegar athuganir á kostnaði við orkuskerðingu. Eftir er að fara í gegnum þessar heimildir og taka saman það sem áhugavert er fyrir okkur hér á landi. Að því loknu þarf síðan að ákveða um framhaldið, t.d. hvort rétt sé að gera athuganir meðal einstaklinga og fyrirtækja á því hvernig skerðing raforkuafhendingar horfir við þeim, en margar þjóðir hafa gert slíka könnun.

2.4-02 C.2 Áhættumat orkufyrirtækja

Umsjón : Starfshópurinn

Unnið af : Ýmsum

Lýsing :

Þetta verkefni á að taka á afleiðingum fjárhagslegra áfalla fyrir orkufyrirtæki. Þessi áföll koma helst fram ef saman fara fullnýting kerfis og léleg vatnsár. Slíkt hefur í för með sér olíunotkun í varastöðvum og minni orkusölu vegna orkuskorts. Reyna á að meta hve áhættan má vera mikil, án þess að áföllin verði of þung og riðli fjárhag fyrirtækja til langframa. Í þessu sambandi má benda á, hve breytilegt það er, hvernig kostnaðurinn dreifist á 30 árin í rekstrareftirlíkingum, allt eftir því orkukerfi sem til athugunar er. Stundum dreifist þessi kostnaður yfir þrjú til fjögur ár, en í öðrum tilvikum lendir mest allur kostnaður á sama ári. Mikill fjárhagslegur munur getur því verið milli verstu atburða þó svo orkugeta kerfisins sé ætíð metin með sömu aðferð. Hér þyrfti að setja einhverjar reglur, sem beita mætti við tímasetningu virkjana þar sem er verið að vega og meta, hvort taka eigi virkjun í rekstur tiltekið ár eða hvort fresta eigi henni til næsta árs á eftir.

Staða :

Hafinn er undirbúningur að nánari skilgreiningu verkefnisins hjá fjármáladeild Landsvirkjunar.

2.4-03 C.3 Áhættumat í þjóðhagslegum skilningi

Umsjón : Starfshópurinn

Unnið af : Ýmsum

Lýsing :

Mjög sambærilegt við verkefni C.2, en hér er litið á málið frá þjóðhagslegu sjónarmiði og einnig tekið tillit til þess kostnaðar sem skapast hjá raforkunotendum af orkuskorti. Að öðru leyti lítt mótað.

Staða :

Undirbúningur samhliða verkefni C.2.

2.4-04 C.4 Hagkvæmnireikningar,
forsendur og aðferðir

Umsjón : Starfshópurinn

Unnið af : Ýmsum

Lýsing :

Skoða á allar forsendur og aðferðir við hagkvæmniathuganir í orkubúskapnum. Má þar nefna arðsemiskröfu, reiknivexti, afskriftatíma, afskriftareglur og rekstrarkostnað. Sumar þessara forsendna eru mismunandi milli stofnana og einnig þarf að vinna nokkra grundvallarvinnu til að undirbyggja aðra þætti betur.

Staða :

Orkustofnun hefur skrifað iðnaðarráðuneytinu og spurt um hvaða reiknivexti það telji eðlilegt að nota í hagkvæmniathugunum í orkumálum. Svar hefur ekki borist. Undirbúningur hafinn að öðrum verkefnum.

2.5 D : REIKNILÍKÖN

2.5-01 D.1 Núverandi aðferðir við rekstrareftirlíkingar

Umsjón : Landsvirkjun/Jón Bergmundsson
Unnið af : Landsvirkjun og Verkfræðistofunni Streng.
Lýsing :

Í þessu verkefni er fjallað um þau líkön sem notuð eru til rekstrareftirlíkinga í dag; í fyrsta lagi orkulíkan sem Verkfræðistofan Strengur hefur gert fyrir Landsvirkjun og í öðru lagi afllíkan Landsvirkjunar. Núverandi orkulíkan byggir á reynslu af notkun eldri líkana og þeirri þróun sem orðið hefur í tölvutækni. Líkanið tekur sífelldum breytingum vegna nýrra óska sem alltaf eru að koma fram, en skráning og lýsing hefur verið látin sitja á hakanum. Afllíkan, sem unnið hefur verið að hjá Landsvirkjun, er á frumstigi, en ástæða er þó til að skýra uppbyggingu og notkun þess.

Staða :

Gefin hefur verið út sérstök skýrsla sem lýsir orkulíkani Landsvirkjunar mjög ítarlega, bæði grundvellingum og hagnýtingu þess við ýmiss konar athuganir. Almenn umfjöllun er um það líkan í kafla 3.6-01, en að öðru leyti er vísað til skýrslunnar. Afllíkani Landsvirkjunar og hugmyndinni að baki þess er einnig lýst nokkuð í kafla 3.6-02

2.5-02 D.2 Ný líkön

Umsjón : Landsvirkjun/Starfshópurinn
Unnið af : Starfshópnum, Landsvirkjun, Orkustofnun,
Rafmagnsveitum ríkisins og ráðgjöfum
Lýsing :

Í fyrsta áfanga þessa verks er ætlunin sú, að þeir aðilar sem nota rekstrareftirlíkingar stilli upp þeim kröfum sem gera þarf til slíks reiknilíkans. Reynt verði að taka tillit til bæði sjónarmiða rekstrar og langtímaáætlana svo og til sjónarmiða þeirra er hanna nýjar virkjanir. Fyrst þegar þessu er lokið, verður tekin ákvörðun um framhaldið, hvort breytingar verði gerðar á núverandi reiknilíkani eða nýtt skrifað frá grunni. Þau atriði sem nýtt líkan ætti að geta tekið á eru m.a. eftirfarandi:

- orkubúskapur, þ.e. hefðbundin rekstrareftirlíking sem segir hvernig orkuþörf sé mætt á sem hagkvæmastan hátt.
- samkeyrsla virkjana á klst. grundvelli.
- bilanir í virkjunum.
- viðhald í virkjunum.
- takmarkanir á keyrslumáta virkjana.
- rennslitakmarkanir.
- orkusölusamningar, t.d. tryggingar á afgangssorkuafhendingu.
- línukerfi.
- rennslisspár.

Staða :

Vinna við þetta verkefni hefur ekki hafist.

3. KAFLI

ÁFANGANIÐURSTÖÐUR

3.1 ÓVISSA Í MÆLDU RENNSLI

3.1-01 Yfirlit

Rennsli straumvatna er fundið með vatnshæðar- og rennslismælingum. Ef rennsli og vatnshæð eru mæld á sama tíma má teikna svokallaðan rennslislykil sem sýnir samband þessara stærða. Þessar mælingar þurfa að sjálfsögðu að vera við mismunandi mikið rennsli til að viðunandi nákvæmni fáiist. Þegar tekist hefur að teikna umræddan lykil, en það getur tekið mörg ár, er fyrst hægt að gera rennslisskýrslur eftir síritandi vatnshæðarmælingum.

Aðalmarkmið verksins var upphaflega það, að leggja mat á óvissu í "mældu rennsli". Sérstaklega átti að vinna við gögn þau er notuð eru við útreikning á orkugetu raforkukerfa. Reynslan leiddi fljótlega í ljós að höfuðáherslan lenti á því að endurskoða frumgögn Vatnamælinga og á grundvelli þess að leiðrétta gögn og stýra að nokkru leyti áherslum í almennu starfi Vatnamælinga. Í fáeinum tilfellum var hægt að leggja heildarmat á óvissu í mældu rennsli, en oftast leiddi athugunin til endurskoðunar á frumgögnum, eða jafnvel til endurskoðunar á einstökum mælistöðvum vatnshæðarmælikerfisins. Einnig hefur þessi athugun leitt til markvissrar skipulagningar rennslismælinga.

Staða verkefnisins í dag er í stórum dráttum sú, að fáeinar raðir hafa verið metnar til nokkurrar hlítar. Fáeinar eru í endurskoðun, og enn aðrar eru í biðstöðu vegna þess að ítarlegri eða betri frumgögn vantar.

Þær aðferðir sem notaðar hafa verið, miðast eingöngu við lausn þessa verkefnis ("ad hoc" aðferðir) og verða að líkindum ekki almennar; auk þess munu þær í reynd ekki skila nema huglægu mati á óvissunni, með tölulegu ívafi. Hinsvegar undirstrikar þetta mikilvægi þess að vatnshæðarmælikerfinu sé haldið undir stöðugu og góðu eftirliti og auk þess að rennslismælingar séu gerðar bæði oftast og markvissar en hingað til.

Framhald þessa verks er í höfuðdráttum það, að taka fleiri raðir og vatnshæðarmælistöðvar til athugunar, að leggja drög að greiningu á þeim vandamálum sem þjá síritakerfið, að reyna markvissari og stærðfræðilegri aðferðir við áætlanir vegna ístruflana og annarra truflana er valda því að gögn eru ekki samfelld eða rétt, og að lokum virk notkun á niðurstöðum í starfi Vatnamælinga. Starfshópurinn mun á næstu mánuðum kanna áhrif þeirrar óvissu sem hér er sett fram á reiknaða orkugetu.

3.1-02 Óvissuþættir í vatnamælingum

Óvissuþættir í vatnamælingum eru margir eins og vænta má þegar reynt er að mæla flókna þætti náttúrunnar -oft við erfið skilyrði. Hægt er að flokka óvissuþætti þessa í þrjá meginflokka, eftir eðli þeirra. Þessir flokkar eru:

- I. Óvissa í rennslismælingum
- II. Óvissa í vatnshæðarmælingum
- III. Óvissa í sambandi vatnshæðar og rennslis, þ.e. í rennslislykli.

Hér á eftir eru taldir upp þeir þættir er valdið geta óvissu í vatnamælingum og eru þeir flokkaðir eftir ofangreindri skiptingu. Upptalning er ekki tæmandi. Þessir þrjú flokkar eru allir mikilvægir og ákvarðast mikilvægi þeirra m.a. af vatnafræðilegum eiginleikum einstakra vatnsfalla og mælistaða.

I. Óvissa í rennslismælingum

Óvissa í rennslismælingum felst m.a. í óvissu í eftirfarandi þáttum:

- 1) Í mælingu straumhraða
 - a) Óvissa í tæki
 - b) Óvissa í tímatöku
 - c) Truflanir á tæki, s.s. sandur, gróður, ísrek, krap o.s.fv.
 - d) Straumstefna ekki hornrétt á mælt þversnið
 - e) Botn og önnur gerð þversniðs
- 2) Í útfærslu mælingarinnar
 - a) Aðferð, vaðið, bátur, strengjabraut o.s.frv.
 - b) Þéttleiki dýptarmælinga á þversniði
 - c) Þéttleiki hraðamælingapunkta
 - d) Lengdarmælingar og staðsetningar

- e) Afstaða rennslismalistaðs gagnvart sírita
- 3) Í útreikningum
 - a) Útreikningar almennt
 - b) Teikning ferla og mæling þeirra
- 4) Í ákvörðun vatnshæðar við rennslismælingu
 - a) Álestrum á sírita eða fastmerki
 - b) Breytingar á vatnshæð á meðan á mælingu stendur

II. Óvissa í vatnshæðarmælingum

Óvissa í vatnshæðarmælingum felst m.a. í eftirfarandi þáttum:

- 1) Mælingu á vatnshæð
 - a) Óvissa í tæki
 - b) Bilanir á tæki
- 2) Truflun á vatnshæð
 - a) Vegna íss
 - b) Vegna framburðar
- 3) Eftirliti á mælistöð
 - a) Vöntun á gögnum
 - b) Vanstilling á mæli
 - c) Stíflun í mæli
- 4) Gerð vatnshæðarmælistöðvar og ástandi
 - a) Tegund mælistöðvar
- 5) Úrvinnslu vatnshæðargagna

III. Óvissa í lykli

Óvissa í lykli felst m.a. í óvissu í eftirfarandi þáttum:

- a) Rennslismælingum, sjá I
- b) Vatnshæðarmælingum, sjá II
- c) Breytingum á ráðandi þversniði í tímans rás
- d) Áhrifum bakvatns
- e) Óstöðugu rennsli
- f) Tilfærslu eða breytingu á kvörðum
- g) Teikningu lykils
- h) Mati á rennsli út frá lykli

3.1-03 Mat á óvissuþáttum í vatnamælingum

Ekki eru tók á því að meta óvissu hvers þáttar. Til þess eru þeir of margir og einnig eru sumir þættir þess eðlis að ekki verður lagt mat á þá eftir á. Nauðsynlegt er því að einfalda þessa flokkun og reyna að sameina mat á hinum ýmsu þáttum. Það er mögulegt að flokka mæliskekkjur eftir uppruna þeirra. Þessir flokkar eru:

- 1) Tilviljanakennd skekkja
(accidental error)
- 2) Kerfisbundin skekkja athuganda
(systematic error of the observer)
- 3) Kerfisbundin skekkja mælitækja
(systematic error of the instruments)

Oftast eru mæliskekkjur samansettar úr öllum ofangreindum flokkum og er það miður, því erfitt er að meta kerfisbundnar skekkjur. Tilviljanakenndar skekkjur má hinsvegar meta með tölfræðilegum aðferðum.

Við mat á tilviljankenndum skekkjum er hægt að hugsa sér að óvissan við ákvörðun rennslis á grundvelli vatnshæðarmælinga og rennslislykils sé samsett úr hinum ýmsu óvissuþáttum (tilviljanakenndum), sem hver um sig lýtur ákveðinni líkindadreifingu. Ef hinar einstöku hendingar eru óháðar hver annarri er hægt að leggja mat á heildaróvissu rennslis sem er grundvallað á mati á óvissu hinna einstöku þátta.

Reynslan sýnir að mæliskekkja í rennslismælingum er u.þ.b. normaldreifð og er þá miðað við að mælt sé við sömu vatnshæð. Mæliskekkja þessi er hinsvegar háð rennslinu sem mælt er, en sýnt hefur verið fram á að þessi mæliskekkja er í hlutfalli við það rennslis sem mælt er. Því má ætla að lykill sem dreginn er á óvilhallan hátt í gegnum mælipunktana gefi best mat á sambandi vatnshæðar og rennslis og jafnframt má álykta að frávik mælinga frá lyklinum gefi mat á heildaróvissu rennslismælinganna og lykilsins (í prósentum). Hendingu þessa má reikna á eftirfarandi hátt:

$$P = \frac{Q_M - Q_R}{Q_R} 100 \%$$

þar sem

Q_M = rennsli, mælt

Q_R = rennsli samkvæmt lykli

Meðaltal, staðalfrávik og aðra tölfræðilega eiginleika P má reikna eftir venjulegum leiðum.

Mat á óvissu í vatnshæð byggir aðallega á tvennu, þ.e. tæki og úrvinnslu. Sérhvert mælitæki hefur takmarkanir og er talið að nákvæmni þeirra síritandi mæla sem eru í notkun sé u.þ.b. ± 2 mm á pappír, eða ± 1 cm fyrir hæðarhlutfall 1:5 og ± 2 cm fyrir hæðarhlutfall 1:10. Í sumum tilfellum er þessi óvissa meiri, t.d. þar sem sog er við mæli, einnig þegar sandur leggst að loftröri loftbólumæla, en slíkt verður að meta fyrir sérhvert tilfalli. Við úrvinnslu meðalvatnshæða af síritablöðum verður einnig óvissa. Í flestum tilfellum er hún af sömu stærð og að ofan getur, nema þá í undantekningartilfellum. Þó er nú í notkun aðferð sem minnkar þessa óvissu, sérstaklega fyrir ofangreindar undantekningar. Álestrar á kvarða og úrvinnsla þeirra lýtur nokkuð öðrum lögmálum og verður að taka sérhvern mæli sérstaklega fyrir. Þar bætist við óvissupáttur vegna þess að lesið er af með mismunandi tíðni, sem er þó alltaf ófullnægjandi til þess að fá meðalvatnshæð dags með svipaðri nákvæmni og með síríta. Óvissan í rennsli sem þetta veldur er mjög háð því vatnsfalli sem um ræðir og því verður ekki beitt almennum mælikvarða.

Hér að ofan hefur verið greint frá óvissumati á rennsli miðað við að öll nauðsynleg gögn séu fyrir hendi og aðeins séu tilviljanakenndar skekkjur í mælingum. Í reynd er þessu á annan veg háttað. Vegna hinna ýmsu þátta er áður hafa verið taldir fram eru gögnin oft ófullkomin, sundurslitin og innihalda ýmsar skekkjur. Það leiðir til þess, að oft verður að meta og áætla þær stærðir sem sóst er eftir. Þessi vinna er aldrei endanleg og aldrei fullkomin og því ávallt háð endurskoðun. Endurmat á kerfisbundnum skekkjum verður að grundvalla á endurskoðun á sögulegum gögnum. Ef kerfisbundnar skekkjur finnast, hlýtur það að leiða til endurskoðunar á frumgögnum og í framhaldi af því leiðréttingar á þeim, eða því mati sem á þeim byggði.

3.1-04 Mat á óvissuþáttum í vatnamælingum nokkurra vatnsfalla

Hér verður gerð tilraun til þess að meta óvissu í mælingum nokkurra vatnsfalla. Þau vatnsföll eru eftirfarandi:

Lagarfljót, Lagarfossi	vhm017
Jökulsá í Fljótsdal, við Hól	vhm109
Tungnaá, Vatnaöldum	vhm096
Þórisós	vhm094
Kaldakvísl	vhm095
Kaldakvísl	vhm125

Úrvinnslan fer þannig fram, að fyrst er gerð skrá yfir lykilmælingar og þær teiknaðar ásamt lykli eða lykllum. Því næst er óvissa lykilsins reiknuð og einnig lagt mat á óvissu tækja og úrvinnslu. Að lokum eru söguleg gögn athuguð og á grundvelli þess reynt að leggja mat á óvissu þeirra. Niðurstöður eru síðan dregnar saman í töflu 3.1-1.

Lagarfljót, Lagarfossi, vhm017

Vatnshæðarmælingar voru hafnar ofan og neðan við Lagarfoss 29. ágúst 1944 að tilhlutan Rafmagnseftirlits ríkisins. Álestrar voru á kvarða tvisvar í viku og oftast ef snöggar rennslisbreytingar urðu. Ekki reyndist unnt að vinna rennslisskýrslur úr þeim álestrum fyrr en frá og með 1. september 1949. Í október árið 1955 var síriti tekinn í notkun, ofar í ánni. Árið 1972 byrja virkjunarframkvæmdir að trufla rennsli við síritann og frá og með árinu 1975 eru skýrslur frá Lagarfossi gefnar út og reiknaðar sem rafstöðvaskýrslur.

Við athuganir á eldri gögnum kom í ljós, að fyrstu ár rennslisskýrslna voru grundvölluð á röngum lykli og auk þess höfðu truflanir af völdum íss verið vanmetnar. Þau ár sem hér um ræðir eru árin fyrir síritann og svo fyrsti veturinn eftir að síritinn komst í notkun. Endurskoðunin var framkvæmd á þann hátt að fundið var samband milli kvarðans og síritans, grundvallað á 33 samtíma álestrum. Því næst var álestrum breytt yfir í álestra við sírita og þeir síðan brúaðir línulega milli daga. Rennsli var síðan reiknað á grundvelli lykils fyrir síritann. Að lokum voru truflanir af völdum íss leiðréttar eftir megni.

Mat á óvissu rennslis Lagarfljóts verður að skipta í þrjú tímabil, fyrst fyrir endurskoðað rennsli vatnsárin 1949-1955, næst fyrir síritatímabilið 1956-1974 og að lokum fyrir rafstöðvartímabilið 1975-1984. Hér er aðeins fjallað um tvö fyrri tímabilin.

Óvissa fyrsta tímabilsins er aðallega fólgin í eftirfarandi þáttum: 1) Álestrum á kvarðann, 2) Sambandi kvarðaálestra og síritaálestra, 3) Lykli fyrir síritann og 4) Truflunum af völdum íss.

Óvissa í kvarðaálestri er tvennskonar. Í fyrsta lagi er óvissa í hverjum álestri, í öðru lagi er óvissa vegna tíðni álestra. Kvarðinn við Lagarfljót var gerður úr steypnum tröppum með 10 cm hæðarmuni. Það er því ekki hægt að gera ráð fyrir minni skekkju í hverjum álestri en sem nemur \pm 5 cm. Óvissu vegna tíðni álestra má meta þannig að hver álestur gefi rennsli fyrir þrjá og hálfan dag og til þess að fá óvissu í dagsgildum þyrfti því að margfalda heildaróvissuna. En með hverju er ekki augljóst mál, því vatnshæðarálestrarnir eru ekki óháðir hver öðrum, heldur er veruleg fylgni milli þeirra (sérfylgni).

Óvissa í sambandi álestranna er metin með því að finna staðalfrávik á mismuni raunverulegra álestra á gamla kvarðann og á alestrum eftir því sambandi sem fundið var. Þetta staðalfrávik er u.þ.b. 7 cm, en ræðst óeðlilega mikið af einungis þremur álestrum. Þetta mat er því líklega ofátlað.

Óvissa lykilsins að síritanum er um 4,2 % og er rennsli samkvæmt honum að meðaltali 1,2 % hærra en mælt rennsli. Því miður er fjöldi mælinga alls ekki fullnægjandi, en þó eru þær vel dreifðar á svið lykilsins.

Ef gert er ráð fyrir því að skekkjur í vatnshæðarmælingum hagi sér líkt og óvissa lykilsins þá er heildaróvissa tilviljanakenndu skekkjanna um 10 %.

Óvissumat síritatímabilsins er mun einfaldara og samanstendur aðallega af óvissu í tæki og óvissu í lykli. Sú fyrri er um \pm 2 cm, en óvissu í lykli er áður getið. Þetta leiðir til heildaróvissu sem er u.þ.b. 5 %.

Jökulsá í Fljótsdal, vhm109

Mælingar í Jökulsá í Fljótsdal hófust í september 1962 með síritandi vatnshæðarmæli. Engir sérstakir erfiðleikar eru við mælingar Jökulsár, þótt þær truflist oft af ísi á vetrum. Við mat á óvissu lykils kom þó í ljós óvenjulega hátt staðalfrávik mælinga frá lykli. Skýring þessa er m.a. sú, að rennslissvið árinna er mjög mikið, hún verður örlítill á vetrum, en á heitum sumrum er mikið vatn í henni og oft jökulhlaup. Margar lykilmælingar eru til við flestallar vatnshæðir sem venjulegar eru, m.a. eru til mælingar á jökulhlaupi, og eins fjölmargar við mjög lítið rennsli. Við þessi skilyrði væri þess vegna eðlilegt að skipta óvissumati á lyklinum í t.d. þrjú svið, því mælingar við mjög lítið rennsli hafa mjög háa prósentu óvissu

og einnig hlaupmælingarnar. En ef heildaróvissan er metin, grundvölluð á óskiptum lykli, fæst að hún er um 16 %. Einnig eru mælingarnar að jafnaði um 4,2 % lægri en lykillinn sýnir.

Tungnaá, Vatnaöldur, vhm096

Vatnshæðarmælingar í Tungnaá við Vatnaöldur hófust þann 20. nóvember 1958, en skýrslur eru til frá 1. sept. 1959. Ístruflanir við síritann eru langvinnar og erfitt um vik að áætla rennslið. Þessu til viðbótar voru þau vandkvæði við síritabrunninn, að hann var óþéttur. Rann því inn í hann grunnvatn sem varð til þess að álestur í síritabrunni var alltaf hærri en úti fyrir, nema í mjög miklu vatni. Hæðarmunur þessi var síbreytilegur, enda bæði háður rennsli árinna og grunnvatnsstöðu. Við venjulegt rennsli var hann oftast um 7 cm, og alltaf var reynt að leiðrétta fyrir honum. Óvissa í vatnshæðarmælingum vegna þessa er vandáætluð, en skekkjumörk upp á \pm 4 cm ættu að vera rífleg. Viðgerð fór fram á síritanum í september 1974 og er þá þessi leiða skekkja úr sögunni. Við virkjun Tungnaár við Sigöldu og Hrauneyjafoss rýrnuðu mjög möguleikar á því að áætla rennsli Tungnaár við Vatnaöldur, þegar truflana gætti af ísi. Veldur þetta mun meiri óvissu í vetrarrennsli þar, fyrir þau tímabil sem vatnshæðarmælir við Hrauneyjafoss var ekki starfræktur (vhml32), en hann truflaðist ógjarnan af ísi.

Óvissu í rennsli Tungnaár verður að skipta í tvö tímabil hvað varðar tilviljanakenndu óvissuna, þ.e. fyrir og eftir sept. 1974. Heildaróvissa fyrra tímabilsins er rúm 9 %, en rúm 6 % fyrir hið seinna. Þar af vegur óvissa í lykli um 4,6 % í báðum tilvikum.

Þórisós, vað, vhm094

Mælingar í Þórisósi hófust árið 1955, en síritandi vatnshæðarmæli var komið fyrir þann 1. mars 1958. Mælirinn var lagfærður í ágúst 1966, en fram að þeim tíma voru verulegar eyður í gögnum, aðallega vegna þess að það fraus í síritabrunninum. Þessar eyður frá fyrstu 8-9 árum síritans, gera allt mat á óvissu í mælingum erfitt. Þó er bót í máli, að rennslisbreytingar voru mjög hægar í ósnum og því sem næst ótruflaðar af ísi. Mælingum í Þórisósi lauk í ágúst 1970, en þá var hann stíflaður vegna miðlunar í Þórisvatni.

Tilviljanakennda skekkjan samanstendur af óvissu í tæki, svo og af óvissu í lykli. Heildaróvissan er um 7,5 % og eru rennslismælingarnar að meðaltali 3 % hærri en lykillinn.

Kaldakvísl, vhm095 og vhm125

Mælingar í Köldukvísl hófust með síritabyggingu við ós Hvannár, vhm095. Þær mælingar stóðu frá 1. sept. 1960 (þá hófst útgáfan) til áramóta 1964/65. Mælingar hófust svo hinn 1. sept. 1964 í Köldukvísl við Brúarfoss neðan Þórisóss, vhm125, og stóðu þar til Köldukvísl var veitt til Þórisvatns í ágúst 1972.

Ístruflanir voru verulegar, sérstaklega við vhm095. Fáeinar vetrarmælingar eru til við vhm095, en nánast engar við vhm125. Mjög erfitt er því að meta óvissu í vetrarrennsli við báða síritana.

Tilviljanakennd óvissa í vhm095 er u.þ.b. 9 %, þar af 5,5 % vegna lykils. Óvissa í mælingum við vhm125 er eitthvað minni, eða um 8 %, þar af um 1 % vegna óvissu í lykli. Á báðum stöðum verður að telja að rennslismælingar séu of fáar og á það bæði við um lykilmælingar sem og um mælingar þegar ís truflar rennsli.

TAFLA 3.1-1

ÓVISSA Í VATNAMÆLINGUM NOKKURRA VATNSFALLA

Vatnsfall	Tímabil mælinga ár	LYKILL		Hæðar- hlutfall	VATNSHÆÐ		Annað % %	Heildar Óvissa %
		P	PSD		Staðalfrávik	Staðalfrávik		
		Meðaltal 1) %	Staðal- frávik %		Tæki %	Úr- vinnsla %		
Lagarfljót vhm017	1949-55 1956-74	-1,2 -1,2	4,2 4,2	kvarði 1:10	5 2	7 2		10 5,0
Jökulsá í Fd. vhm109	1962-	-4,3	14,8	1:10	4	4		16
Tungnaá vhm096	1959-74 1975-	-2,2 -2,2	4,6 4,6	1:10 1:10	3 3	3 3	7	9,4 6,3
Dórisós vhm094	1958-70	3,1	5,8	1:5	3	3		7,4
Kaldakvísl vhm095	1960-64	2,4	5,5	1:5	5	5		8,8
Kaldakvísl vhm125	1964-72	0	1,1	1:5	5	5		7,7

1) Jákvæð tala táknar að um vanmat á rennsli er að ræða.

Verkefni þetta hefur verið unnið á Orkustofnun af Árna Snorrasyni vatnafræðingi.

3.2 ÓVISSA Í REIKNUÐU RENNSLI

3.2-01 Inngangur

Við flesta virkjunarstaði skortir langtímamælingar á rennsli til að nota við rekstrareftirlíkingar. Ýmist eru vatnshæðarmælar ekki til staðar eða mælingar spanna ekki þau 30 ár sem gengið er út frá við slíka reikninga. Þar sem upplýsingar um rennsli vantar verður því að áætla það út frá rennslismælingum annars staðar eða veðurfari á nálægum veðurathugunarstöðvum. Tilgangur verkefnisins er að meta óvissuna í slíkum áætlunum um rennsli, þ.e. óvissuna sem felst í því að það er áætlað en ekki mælt. Verkefnið skiptist í tvo þætti, þ.e. fyrir sama stað og sama tímabil er gerður tvenns konar samanburður:

1. Á mældum og reiknuðum röðum.
2. Á reiknaðferðum þegar ekki eru til beinar mælingar á rennsli.

Í janúar 1983 fóll Orkustofnun Verkfræðistofunni Vatnaskilum h.f. að taka saman yfirlit yfir þær aðferðir sem notaðar hafa verið hér á landi við gerð og framlengingu rennslisraða, og kom út skýrsla, um þessa gagnakönnun í júní 1983: "Athugun á framlengingu rennslisraða".

Vinna að verkefninu hófst að nýju í október 1984. Byrjað var að athuga Jökulsá í Fljótsdal við Hól (vhm 109). Búið er að bera saman reiknaðar rennslisraðir (ein NAM2 röð, tvö tímaraðalíkön og tvö fylgnigreiningarlíkön) og mælt rennsli frá og með 1962. Við gerð þessara raða var miðað við mælingar yfir mislöng tímabil. Líkönin hafa verið notuð eftir á til að reikna rennsli yfir tímabil sem mæling liggur fyrir um. En þar eð sú mæling er ekki notuð við gerð líkananna fæst mat á nákvæmni þeirra með samanburði reiknaðs og mælds rennslis.

Auk Jökulsár í Fljótsdal hefur verið gerður samanburður á mældu og reiknuðu rennsli í Tungnaá við Vatnaöldur. Þar hafa verið reiknaðar rennslisraðir með tveimur línulegum fylgnigreiningum ("regression") og með NAM2-líkani. Mælt rennsli liggur fyrir frá 1959.

Erfitt er að athuga fleiri raðir vegna þess að víða eru öll mæld gögn notuð við gerð reiknuðu raðanna og rennsli eftir það er truflað vegna virkjunarframkvæmda. Verkefnið verður því mun umfangsminna en upphaflega stóð til. Þó er ætlunin að bera reiknað rennsli í Jökulsá í Fljótsdal við Eyjabakka saman við mælingar sumurin 1981 - 1984.

3.2-02 Jökulsá í Fljótssdal við Hól

Í töflu 3.2-1 hér á eftir er yfirlit yfir reiknilíkön sem gerð hafa verið til að líkja eftir rennsli í Jökulsá í Fljótssdal og og metin hafa verið m.t.t. óvissu. Einnig er sýndur mismunur mælds og reiknaðs rennslis fyrir það tímabil sem ekki var notað við gerð líkananna en mælingar ná yfir (óháð tímabil). Háða tímabilið er það tímabil sem notað var við gerð viðkomandi reiknilíkans. Reiknilíkanið byggir þannig á upplýsingum frá háða tímabilinu. Til að meta gæði reiknilíkans er því eðlilegt að bera saman mælt og reiknað rennsli á óháða tímabilinu.

TAFLA 3.2-1

JÖKULSÁ Í FLJÓTSSDAL, REIKNIADFERÐIR

Aðferð	Heimild	Háð tímabil Vatnsár	Óháð tímabil Vatnsár	Heiti notað í skýrslunni	Mismunur mælds og reiknaðs rennslis yfir óháða tímabilið í %. 1)
línuleg fylgni- greining 2)	Helgi Sigv. og fl.1971	62-69	70-83	REGRESS(1971)	-0.6
línuleg fylgni- greining 3)	Almenna verkfræðist. og fl.1978	62-75	76-83	REGRESS(1978)	9
NAM2 reiknilíkan 4)	Sigurður L. Hólm 1982	65-79	62-64 80-83	NAM2	0

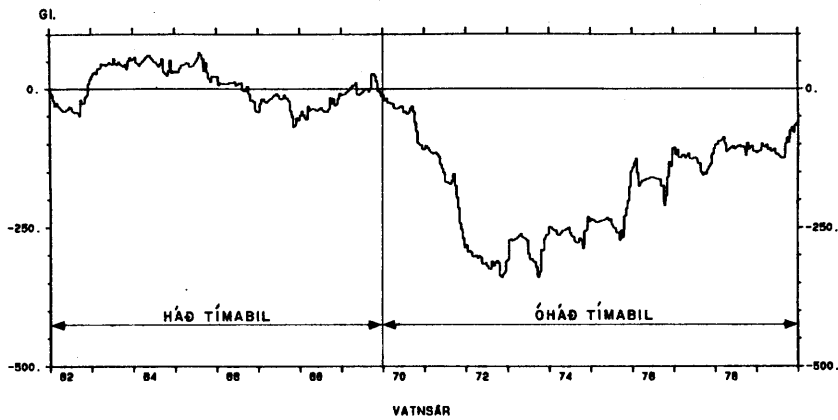
- 1) Jákvæður mismunur táknar að mælt rennsli er herra en reiknað.
- 2) Línuleg fylgnigreining með Lagarfljóti, Grímsá, gráðudögum á Hallormsstað og úrkomu á Teigarhorni.
- 3) Línuleg fylgnigreining með Lagarfljóti, gráðudögum á Hallormsstað og úrkomu á Teigarhorni.
- 4) NAM2 reiknilíkan með hitastigi á Hallormsstað og úrkomu á Hallormsstað og Teigarhorni.

Á myndum 3.2-1, 3.2-3 og 3.2-5 er sýndur uppsafnaður mismunur milli mælds og reiknaðs rennslis samkvæmt línulegri fylgnigreiningu og NAM2. Á myndum 3.2-2, 3.2-4 og 3.2-6 er sýndur mismunur mælds og reiknaðs rennslis í einstaka

vatnsárum. Jákvæð gildi tákna að mælt rennsli er herra en reiknað. Eins og sjá má af myndunum koma fyrir löng tímabil þar sem reiknað ársrennsli er annað hvort meira eða minna en mælt rennsli, t.d. vantar um 650 Gl á rennslið yfir tímabilið 1976 - 1983 fyrir REGRESS(1978). Meðalrennsli tímabilsins 1963 til 1982 er 842 Gl/ári.

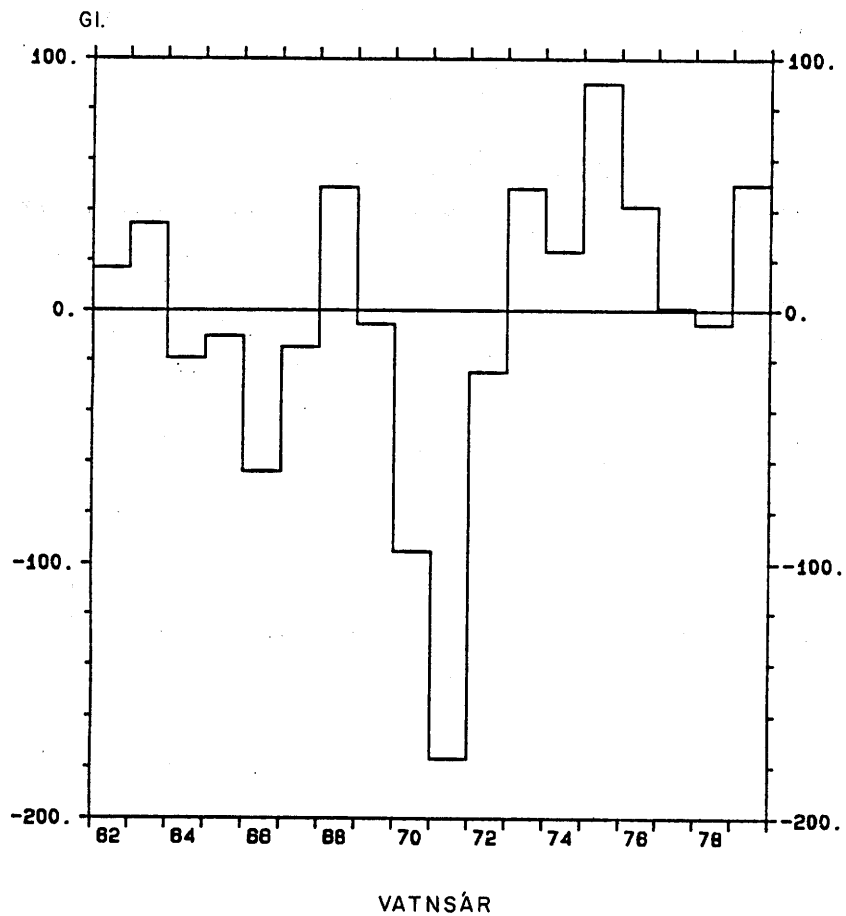
MYND 3.2-1

**JÖKULSÁ Í FLJÓTSDAL
UPPSAFNAÐUR MUNUR Á MÆLDU OG REGRESS(1971) RENNSLI**



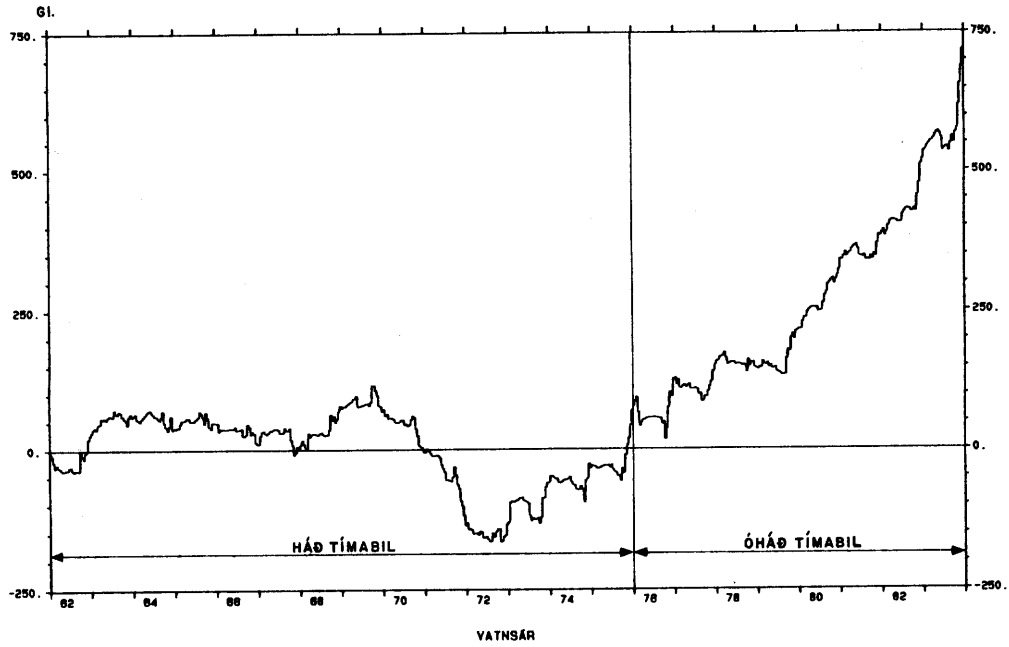
MYND 3.2-2

**JÖKULSÁ Í FLJÓTSDAL
ÁRLEGUR MUNUR Á MÆLDU OG REGRESS(1971) RENNSLI**



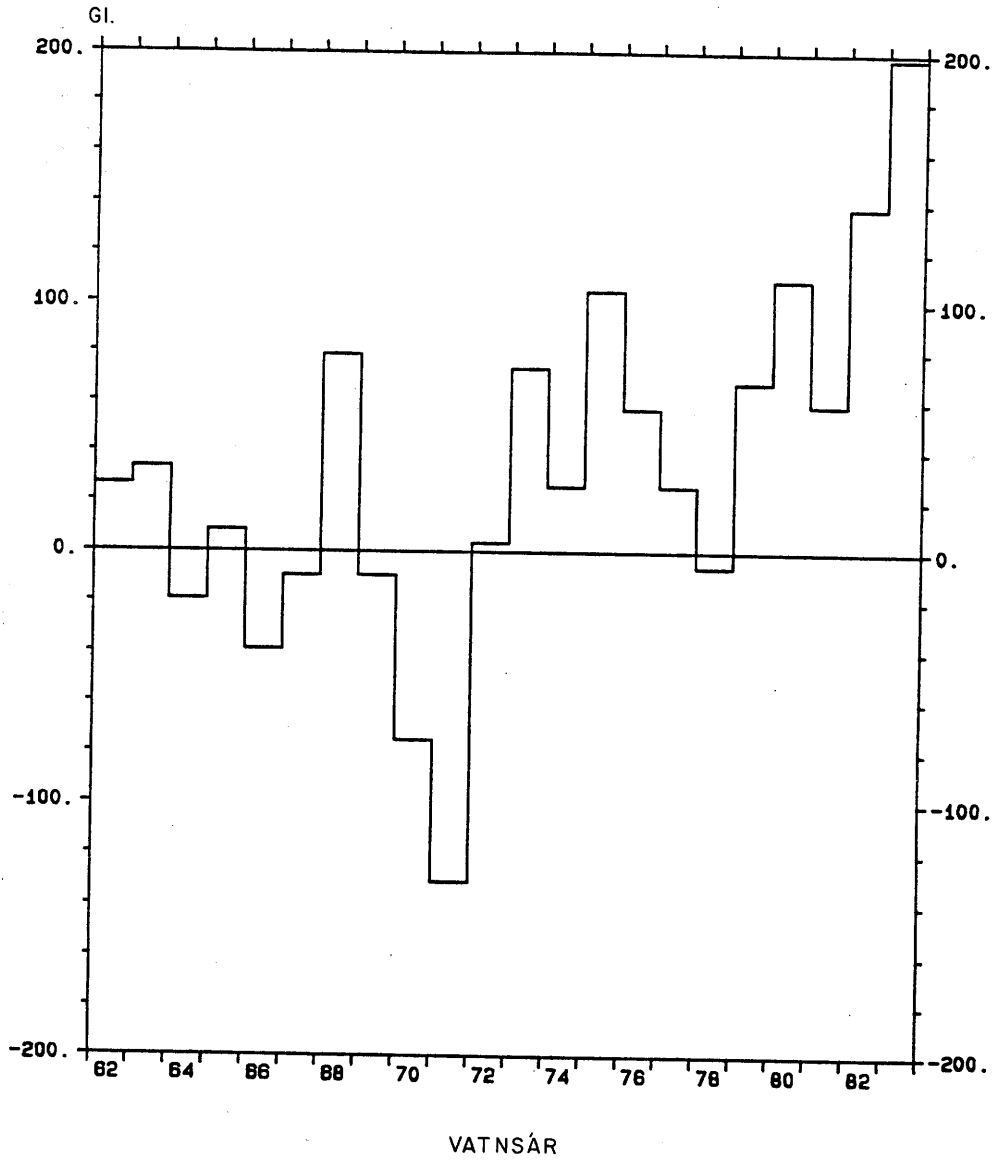
MYND 3.2-3

**JÖKULSÁ Í FLJÓTSDAL
UPPSAFNAÐUR MUNUR Á MÆLDU OG REGRESS(1978) RENNSLI**



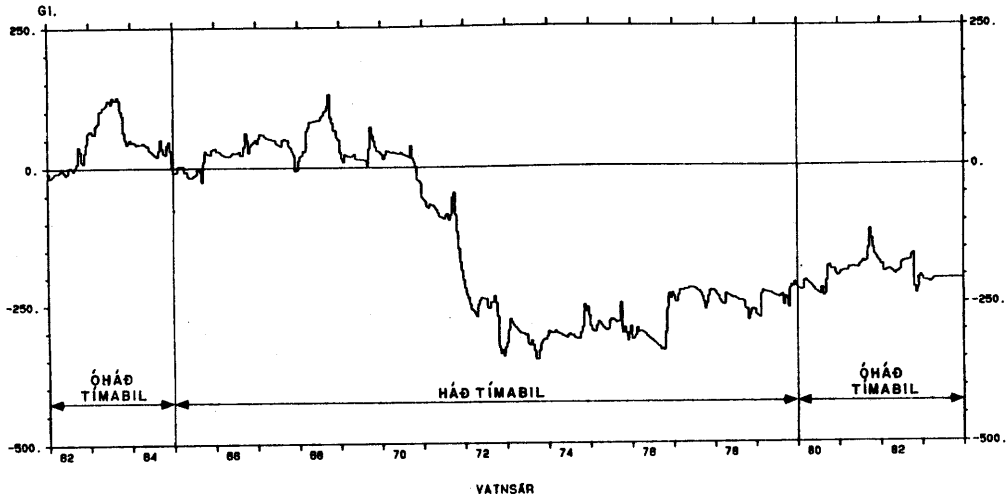
MYND 3.2-4

JÖKULSÁ Í FLJÓTSDAL
ÁRLEGUR MUNUR Á MÆLDU OG REGRESS(1978) RENNSLI



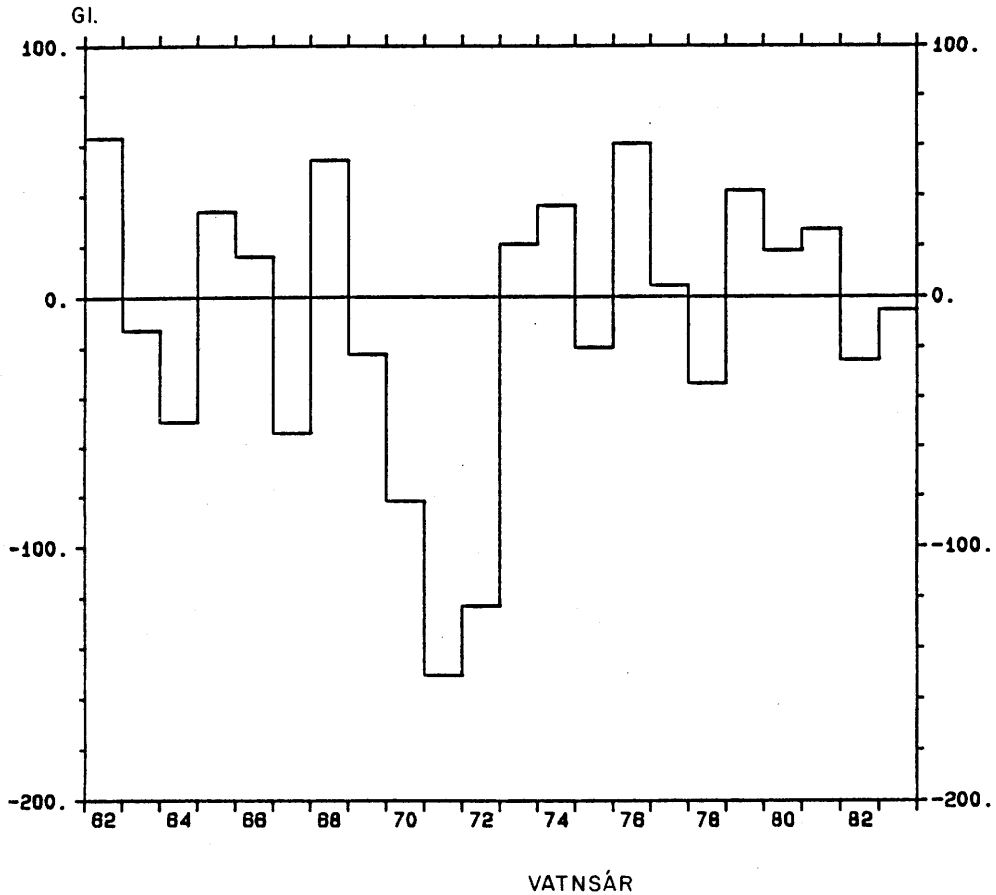
MYND 3.2-5

**JÖKULSÁ Í FLJÓTSDAL
UPPSAFNAÐUR MUNUR Á MÆLDU OG NAM2 RENNSLI**



MYND 3.2-6

**JÖKULSÁ Í FLJÓTSDAL
ÁRLEGUR MUNUR Á MÆLDU OG NAM2 RENNSLI**



3.2-03 Tungnaá við Vatnaöldur.

Í töflu 3.2-2 er yfirlit yfir reiknilíkön sem gerð hafa verið til að líkja eftir rennsli í Tungnaá við Vatnaöldur ásamt mismun mælds og reiknaðs rennslis yfir óháðu tímabilin.

TAFLA 3.2-2

TUNGNAÁ VIÐ VATNAÖLDUR, REIKNIADFERÐIR

Aðferð	Heimild	Háð tímabil Vatnsár	Óháð tímabil Vatnsár	Heiti notað í skýrslunni	Mismunur mælds og reiknaðs rennslis yfir óháða tímabilið í % 1)
línuleg fylgni- greining 2)	Helgi Sigv. og fl.1970	1959-67	1968-83	REGRESS(1970)	-10
línuleg fylgni- greining 2)	Vatnaskil 1983	1959-79	1980-83	REGRESS(1983)	-9
NAM2- reiknilíkan	Óbirtar upplýsingar frá S.L.Hólm Vatnaskil	1959-64 og 1972-82	1965-71 og 1983		3

1) Jákvæður mismunur táknar að mælt rennsli er herra en reiknað.

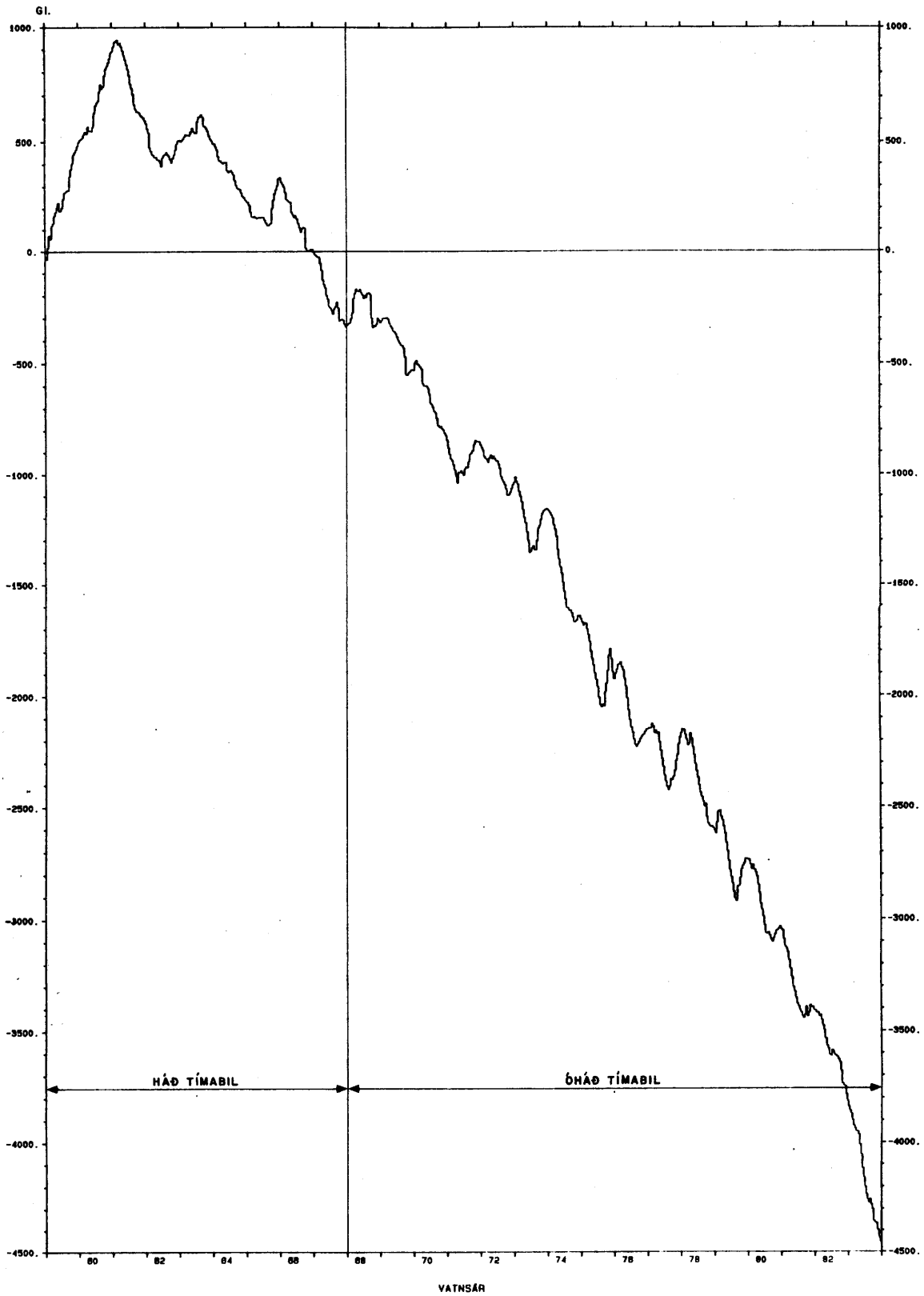
2) Línuleg fylgnigreining með Þjórsá, Vhm 30, gráudögum yfir 0° C og úrkomu á Hæli.

Á myndum 3.2-7, 3.2-9 og 3.2-11 er sýndur uppsafnaður mismunur á mældu og reiknuðu rennsli samkvæmt mismunandi reiknilíkönunum og árlegur mismunur er sýndur á myndum 3.2-8, 3.2-10 og 3.2-12. Meðalrennsli Tungnaár við Vatnaöldur tímabilið 1959 - 1983 er rúmlega 2600 Gl/ári. Hér eru eins og fyrir Jökulsá í Fljótsdal tímabil þar sem reiknað rennsli er langtímum saman annað hvort meira eða minna en mælt.

Við gerð NAM2 líkansins fyrir rennsli Tungnaár við Vatnaöldur var vitað að rennslismælingar væru 2 - 3 % lægri en lykillinn gaf til kynna, sjá kafla 3.1. Ennfremur var ætlunin að líkja eftir rennsli miðað við stærð jökulsins nú, en hann hefur hopað talsvert á tímabilinu sem mælingar ná til. Það er því ekki óeðlilegt að mismunur mælds og reiknaðs rennslis sé 3 %.

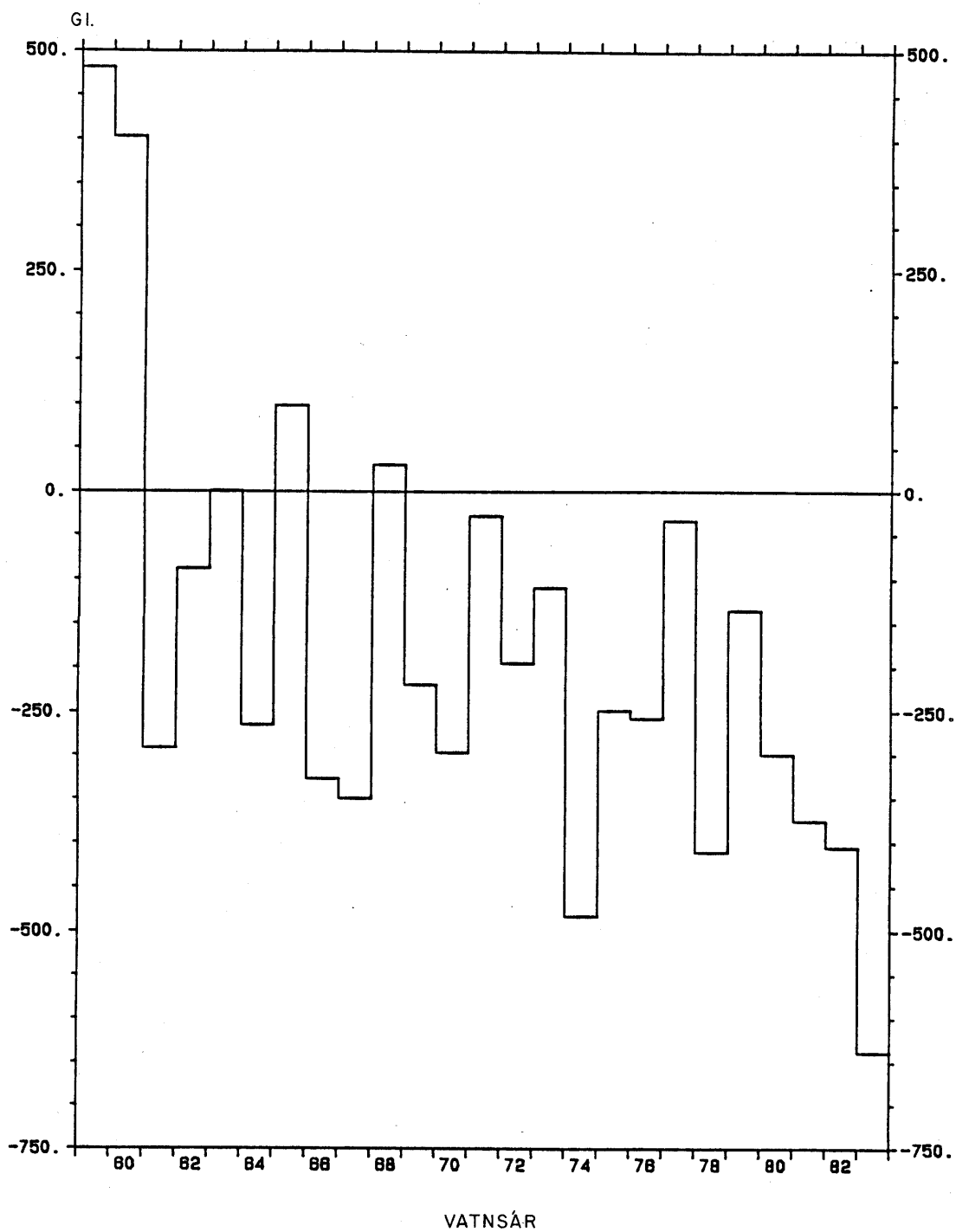
MYND 3.2-7

**TUNGNAÁ VIÐ VATNAÖLDUR
UPPSAFNAÐUR MISMUNUR Á MÆLDU OG REGRESS(1970) RENNSLI**



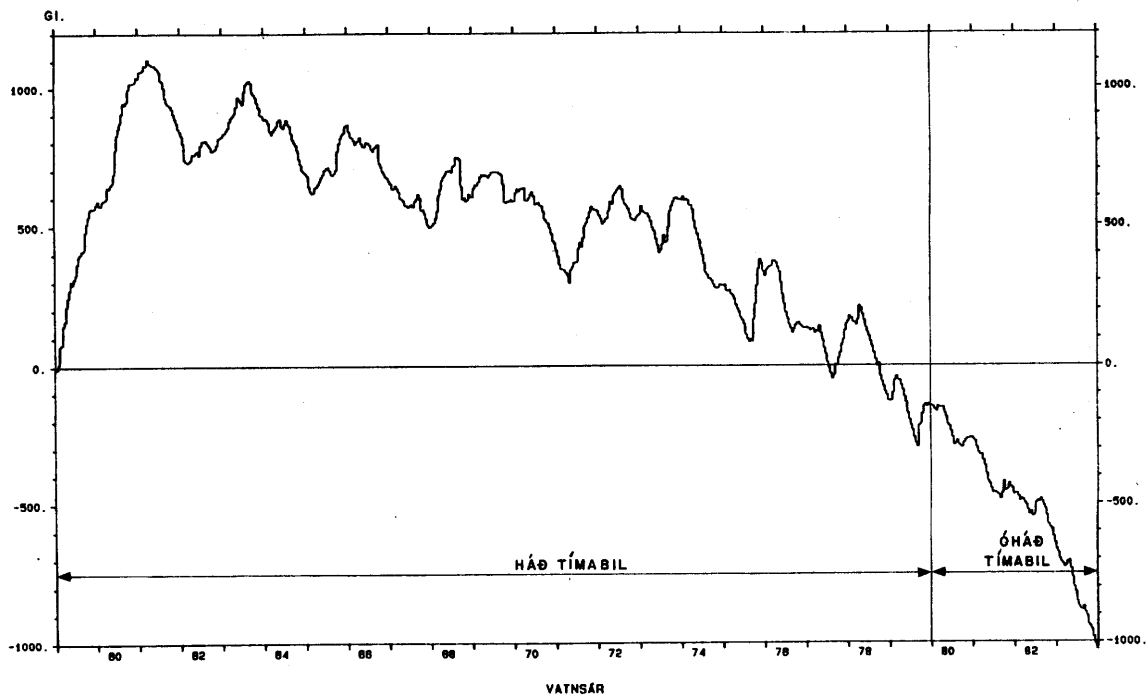
MYND 3.2-8

TUNGNAÁ VIÐ VATNAÖLDUR
ÁRLEGUR MISMUNUR Á MÆLDU OG REGRESS(1970) RENNSLI



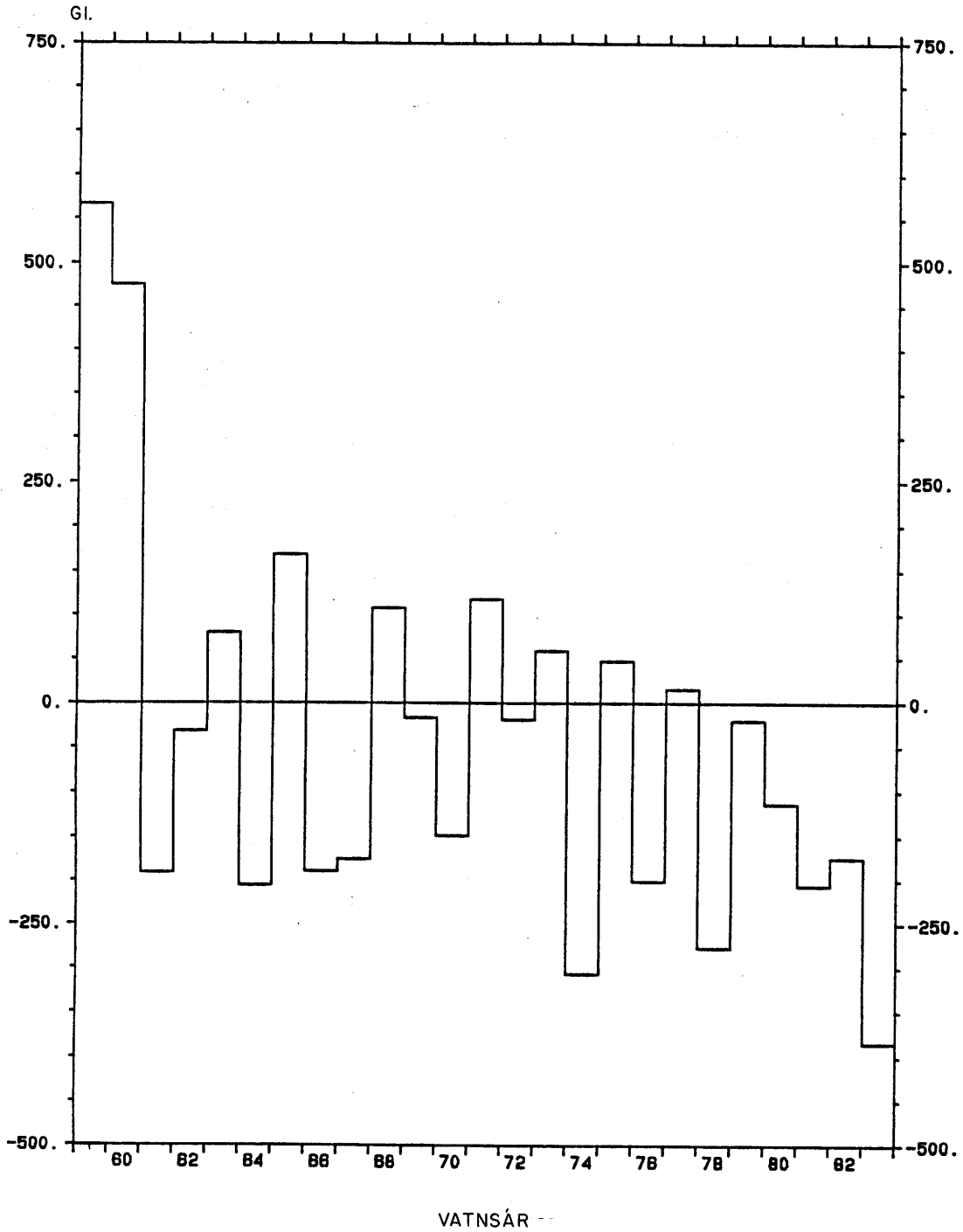
MYND 3.2-9

**TUNGNAÁ VIÐ VATNAÖLDUR
UPPSAFNAÐUR MISMUNUR Á MÆLDU OG REGRESS(1983) RENNSLI**



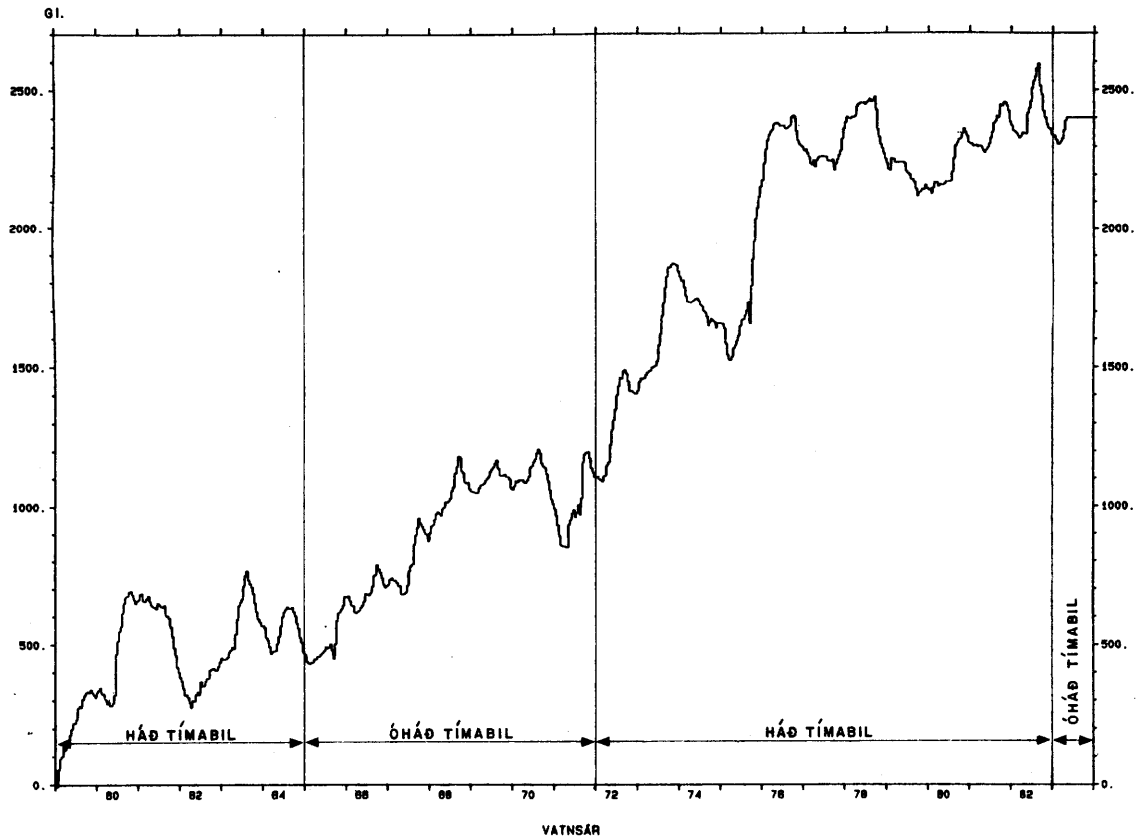
MYND 3.2-10

TUNGNAÁ VIÐ VATNAÖLDUR
ÁRLEGUR MISMUNUR Á MÆLDU OG REGRESS(1983) RENNSLI



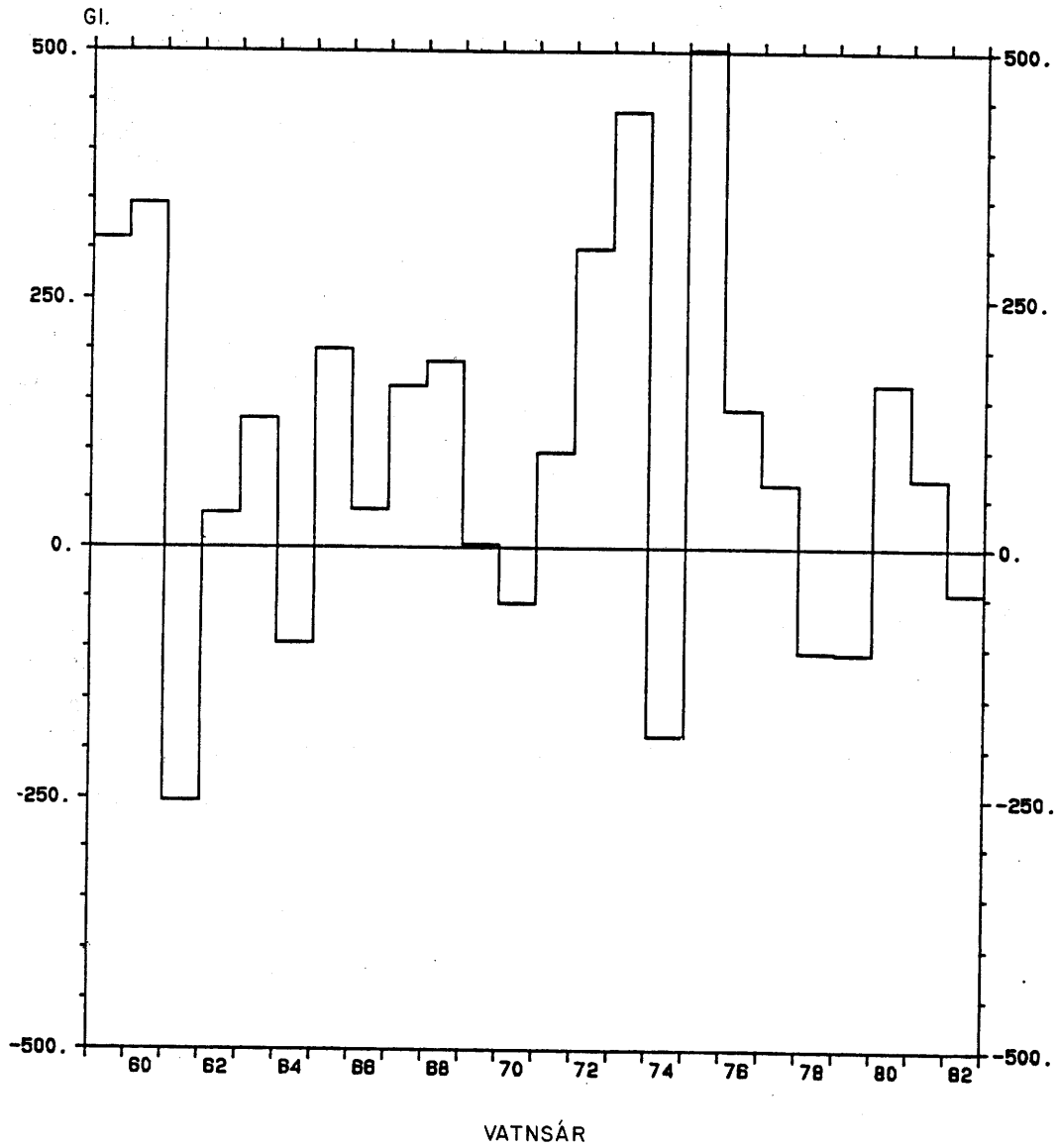
MYND 3.2-11

**TUNGNAÁ VIÐ VATNAÖLDUR
UPPSAFNAÐUR MISMUNUR Á MELDU OG NAM2 RENNSLI**



MYND 3.2-12

TUNGNAÁ VIÐ VATNAÖLDUR
ÁRLEGUR MISMUNUR Á MÆLDU OG NAM2 RENNSLI



3.2-04 Áfanganiðurstöður

Þar sem verkefninu er ekki lokið er ekki unnt að setja fram ákveðnar niðurstöður á þessu stigi en þó má nefna eftirfarandi:

- Að meðaltali er mismunur á mældu og reiknuðu ársrennsli skv. línulegri fylgnigreiningu innan við 10%.
- Að meðaltali er mismunur á mældu og reiknuðu ársrennsli skv. veður-rennslislíkani (NAM2) innan við 5%.
- Ef litið er á óháð tímabil mælds og reiknaðs rennslis sýna allar reiknuðu raðirnar visst ójafnvægi og mismunur mælds og reiknaðs rennslis vex stöðugt yfir löng tímabil, þar sem reiknað rennsli er annað hvort meira eða minna en mælt rennsli.

Að lokum má nefna, að til viðbótar kemur óvissa í mældu rennsli, sjá kafla 3.1.

Laufey B. Hannesdóttir vann að verkefni þessu, fyrst á Orkustofnun til áramóta 1984-85, en síðan sem ráðgjafi. Verkefnið er nú á lokastigi.

3.3 STÓKASTÍSKAR RENNSLISRAÐIR

3.3-01 Yfirlit

Telja verður að 30 ára rennslisröð sé fremur stutt þegar verið er að meta orkugetu raforkukerfisins. Orkugetan stýrist mest af einu til þremur vatnsrýrustu tímabilunum í rennslisröðinni og eru það því mjög fáir þættir sem ráða útkomunni. Til að styrkja þann grunn sem slíkir reikningar byggja á, hefur víða verið farið út í að búa til langar rennslisraðir með tölfræðilegum hætti (stókastískar raðir). Þessar raðir geta verið nokkur hundruð ára eða jafnvel nokkur þúsund ára langar. Með þessu móti er reynt að nýta betur þær upplýsingar sem búa í sögulegu röðinni.

Á vegum Landsvirkjunar hefur verkfræðistofan Strengur gert reiknilíkan til að mynda langar rennslisraðir út frá þeim 30-ára rennslisröðum sem notaðar eru í rekstrareftirlíkingum, en þar er um að ræða bæði mældar og áætlaðar raðir. Til aðgreiningar eru þær síðarnefndu kallaðar sögulegar raðir hér. Um nánari skýringar á því hvernig raðirnar eru myndaðar er vísað til lýsingar á reiknilíkönunum Landsvirkjunar í skýrslu frá verkfræðistofunni Streng (sjá Verkfræðistofan Strengur, 1985). Hægt er að nota fleiri en eina aðferð við myndun slíkra raða og er tveimur aðferðum lýst í fyrrnefndri skýrslu. Hér er einungis fjallað um rennsli sem myndað er samkvæmt aðferð sem kennd er við Matalas.

3.3-02 Reiknilíkan

Stókastískar rennslisraðir verða að endurspeglar tölfræðilega eiginleika sögulegu raðanna og er þá einkum átt við:

- a) Meðaltal
- b) Staðalfrávik
- c) Fylgnieiginleika, þ.e.
 - Fylgni milli tímabila, en í eftirlíkingum er oftast unnið með hálfsmánaðar tímæiningu.
 - Fylgni milli staða innan sömu tímæiningar.
 - Fylgni milli ára.
 - Fylgni í ársrennsli milli staða.

Gert er ráð fyrir að rennsli á virkjunarstað nr. i megi skrifa sem tímaröð á eftirfarandi hátt:

$$Q_i(t) = P_i(t) + S_i(t) \cdot y_i(t) \quad (I)$$

Meðalrennslið $P_i(t)$ og staðalfrávikíð $S_i(t)$ eru ákvarðanlegir þættir með tíðnina eitt ár. $y_i(t)$ er tilviljanabreyta með meðaltal = 0 og staðalfrávik = 1.

Þær rennslisráðir sem myndaðar eru með þessum hætti, nýta sér þá þekkingu sem fæst frá sögulegu röðinni. Langtímabreytingar á veðurfari og rennsli koma því ekki inn í myndina.

3.3-03 Niðurstöður útreikninga

Fjögur mismunandi kerfi voru athuguð.

- 1) Núverandi kerfi að loknum 4. áfangi Kvíslaveitu (grunnkerfi)
- 2) Kerfi 1 + Blönduvirkjun
- 3) Kerfi 2 + 5. áfangi Kvíslaveitu + stækkun Þórisvatns + stækkun Búrfells
- 4) Kerfi 3 + Fljótsdalsvirkjun

Upplýsingar um grunnkerfið og viðbætur koma fram í töflu 3.3-1.

TAFLA 3.3-1

EINKENNISTÖLUR GRUNNKERFIS OG VIRKJANA

	Uppsett	Nettó	Nýtanleg	
	Afl	fallhæð	miðlun	
	MW	m	Gl.	GWh
Grunnkerfi	770	*	1510	980
Blönduvirkjun	150	278	420	285
5. áfangi Kvíslaveitu, st. Þórisvatns og st. Búrfells	140	107	330	210
Fljótsdalsvirkjun	252	561	670	920

Búnar voru til fimmtíu 30-ára rennslisraðir og reiknuð orkugetan fyrir hverja um sig. Á þann hátt fékkst fram dreifing á reiknaðri orkugetu sem bera má saman við sögulegu röðina. Útreikningurinn fór fram á sama hátt og í rekstrareftirlíkingum með sögulegu rennslisraðirnar, en innfærður var nýr ódýrari skortflokkur en venjulega er notaður. Hér var um bráðabirgðaaðgerð að ræða þar til skortverðlagningin hefur verið tekin til athugunar.

Í töflu 3.3-2 er yfirlit yfir niðurstöður útreikninga fyrir öll kerfin ásamt samanburði við sögulegu röðina.

TAFLA 3.3-2

ORKUGETA VIÐMIÐUNARKERFA

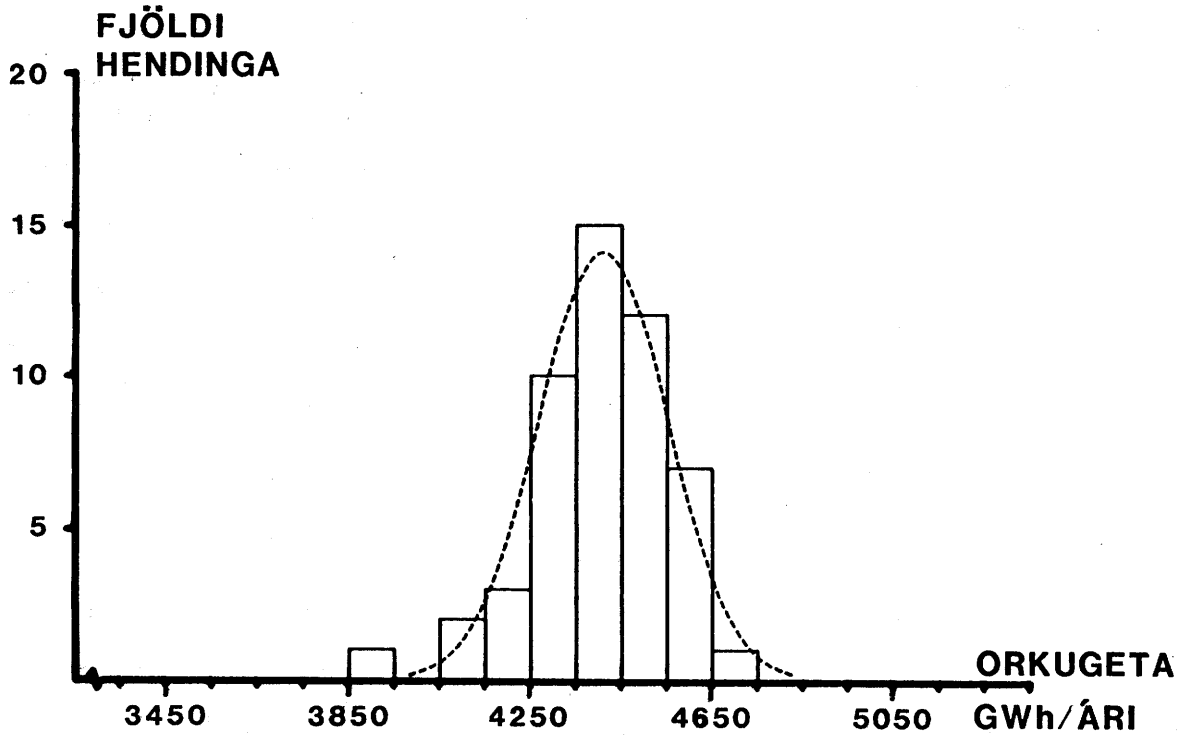
Kerfi nr.	Sögulegt rennsli GWh/ári	Rennsli myndað með stókastískri aðferð Samtals fimmtíu 30-ára raðir (1500 ár)			
		Lægsta GWh/ári	Meðal GWh/ári	Hæsta GWh/ári	Staðalfrávik GWh/ári
1	4420	3920	4410	4660	140
2	5190	4860	5210	5540	150
3	5660	4880	5750	6130	230
4	7080	6450	7160	7660	310

Mismunur lágsta og hæsta gildis orkugetu einstakra kerfa er á bilinu 680 til 1250 GWh/ári og er meiri eftir því sem kerfið er stærra. Þessi mismunur er allmikill og má til samanburðar nefna að orkugeta Blönduvirkjunar er tæplega 800 GWh/ári. Staðalfrávik fer einnig vaxandi eftir því sem kerfið stækkar, úr 140 í 310 GWh/ári (úr 3,2 í 4,3 %).

Mjög forvitnilegt er að skoða hvernig útreiknuð orkugeta 30-ára raða dreifist. Á myndum 3.3-1 til 3.3-4 koma fram dreifingar útreiknaðrar orkugetu fimmtíu 30-ára raða fyrir öll kerfin sem til athugunar voru. Hver súla sýnir fjölda niðurstaða (hendinga) sem lenti á hverju 100 GWh bili, t.d. sýnir mynd 3.3-1 að flestar niðurstöður voru á bilinu 4350-4450 GWh/ári eða samtals 15. Til samanburðar eru sýnd á myndunum tíðniföll (normaldreifð) með sama meðaltal og staðalfrávik. Á myndunum kemur fram, að orkugetan úr stókastíska líkaninu er nálægt því að vera normaldreifð, en nokkur munur er á því milli athugunarkerfa.

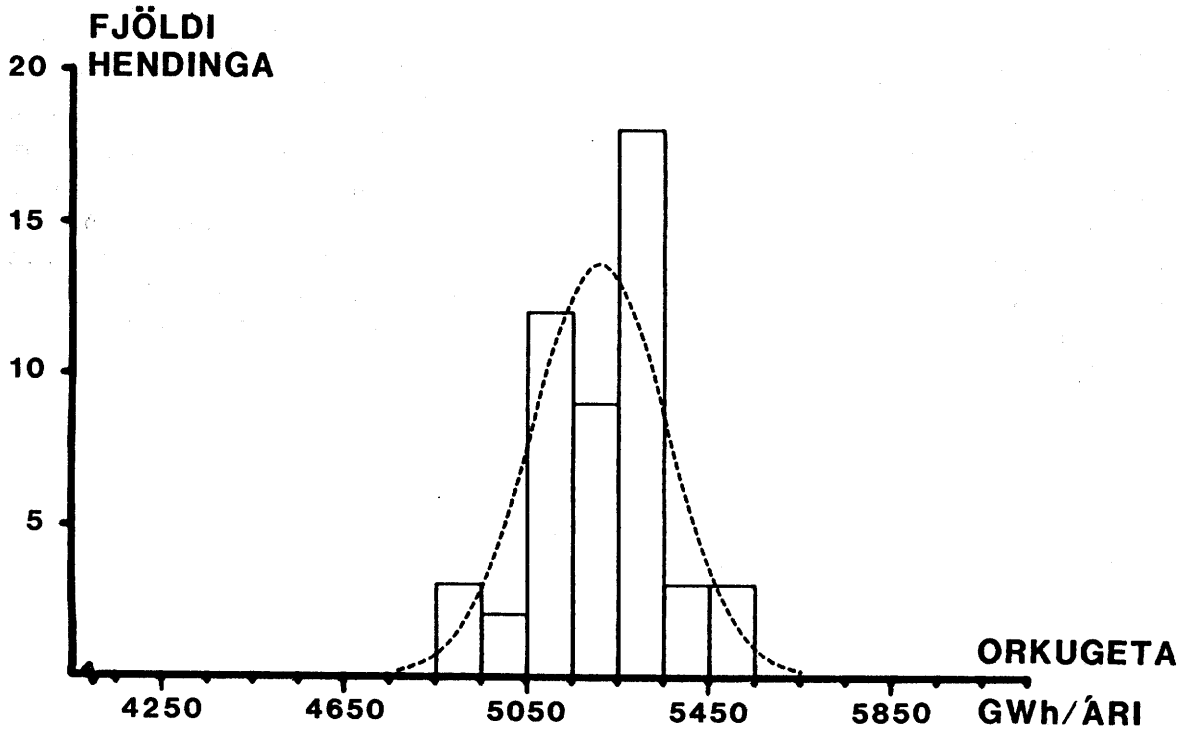
MYND 3.3-1

ORKUGETA VIDMIDUNARKERFIS 1
DREIFING SAMKVÆMT STÓKASTÍSKU LÍKANI



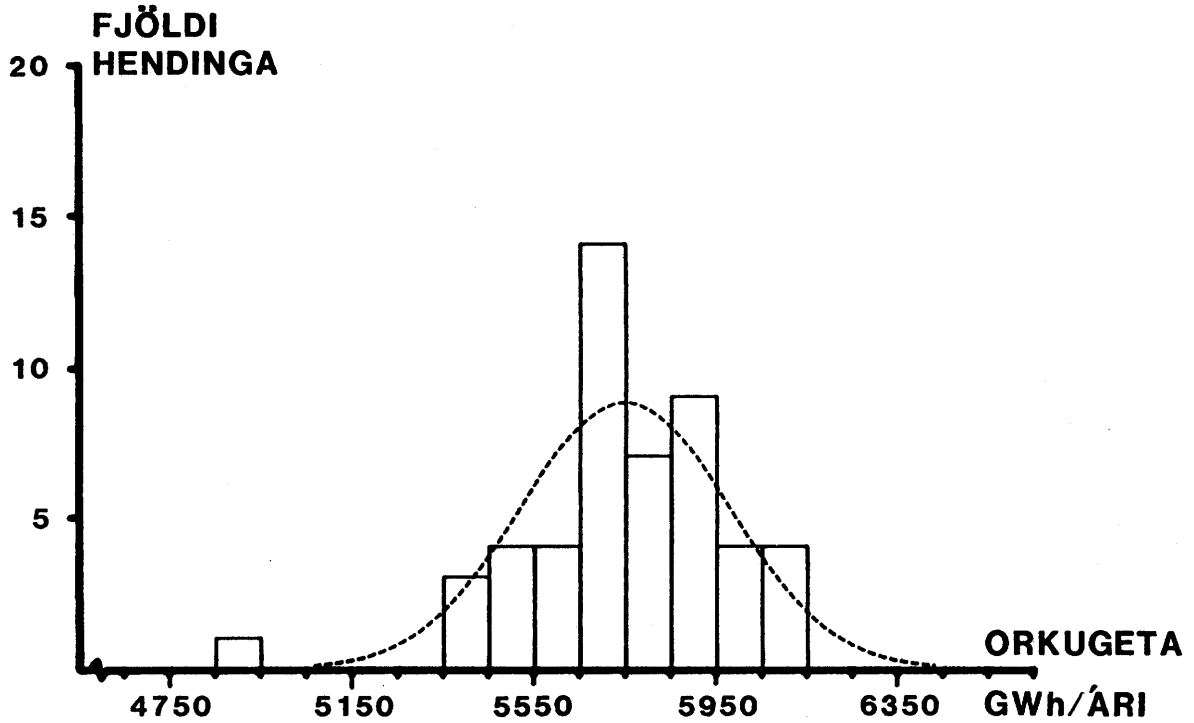
MYND 3.3-2

ORKUGETA VIDMIDUNARKERFIS 2
DREIFING SAMKVÆMT STÓKASTÍSKU LÍKANI



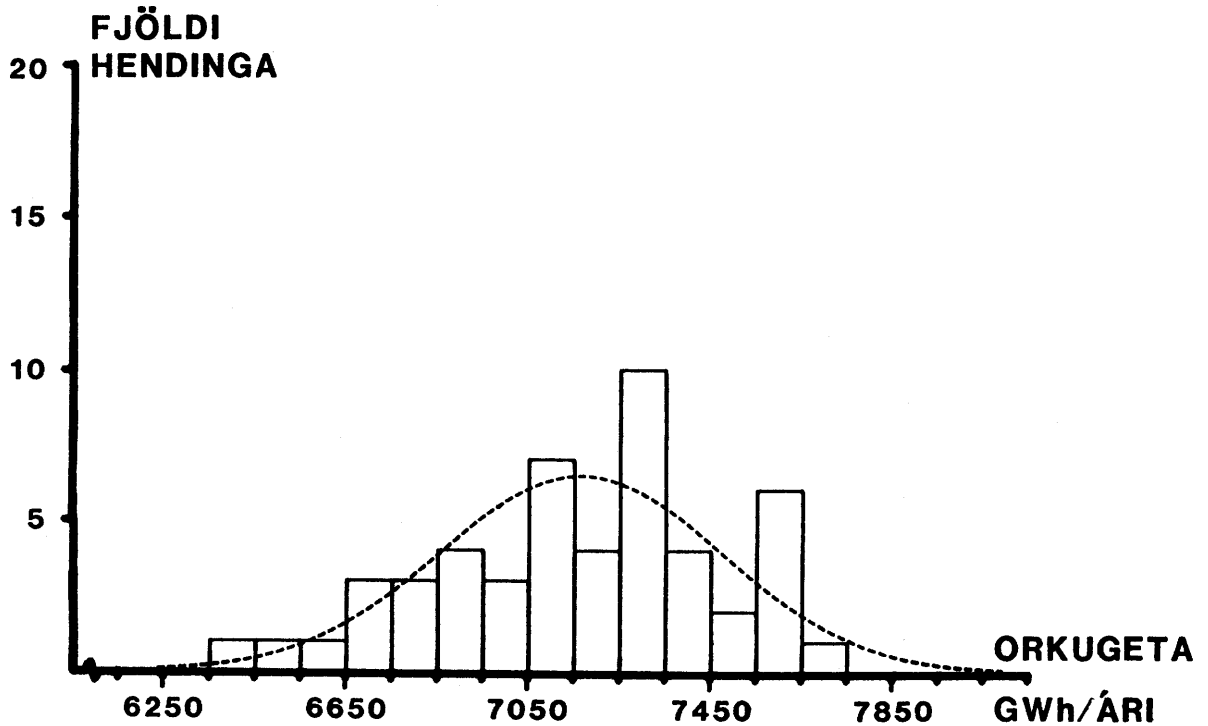
MYND 3.3-3

ORKUGETA VIÐMIÐUNARKERFIS 3
DREIFING SAMKVÆMT STÓKASTÍSKU LÍKANI



MYND 3.3-4

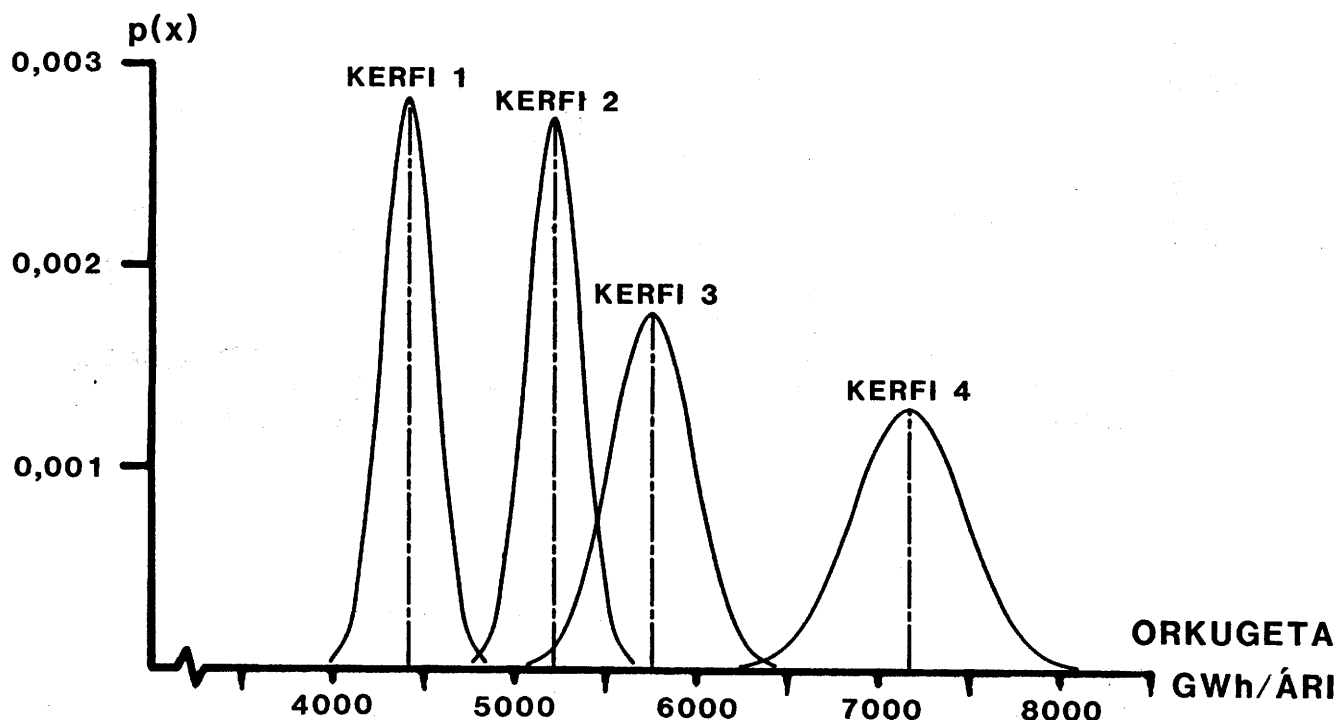
ORKUGETA VIÐMIÐUNARKERFIS 4
DREIFING SAMKVÆMT STÓKASTÍSKU LÍKANI



Til að átta sig betur á mismuninum milli einstakra viðmiðunarkerfa, getur verið gott að skoða öll tíðniföllin saman eins og gert er á mynd 3.3-5. Á þeirri mynd kemur greinilega fram, hvernig dreifingin fer vaxandi við stækkun kerfisins.

MYND 3.3-5

ORKUGETA VIÐMIÐUNARKERFA
TÍÐNIFÖLL ÚR STÓKASTÍSKU LÍKANI



Dreifingin í kerfum 3 og 4 er nokkru meiri en í kerfum 1 og 2 og má skýra það að einhverju leyti með stækkun Búrfellsvirkjunar sem þá hefur bæst við. Við það hættir afltakmörkun í Búrfellsvirkjun að hafa áhrif á orkugetuna og sveiflan í rennslinu kemur því meira fram í reiknaðri orkugetu. Eftir er að kanna þessi mál betur og einnig þá þætti í reiknilíkaninu sem áhrif geta haft á niðurstöður. Hér er því ekki um endanlegar niðurstöður að ræða varðandi þennan þátt.

Oft getur verið mun þægilegra að vinna með líkindadreifingar en fjölda talna. Ef gengið er út frá dreifingunum er t.d. hægt að segja, með hvaða vissu við getum sagt orkugetuna vera. Þetta er sýnt nánar í töflu 3.3-3. Þar kemur fram að fyrir kerfi 1 er hægt að segja með 50 % vissu að orkugetan sé 4410 GWh/ári eða meiri, en með 95 % vissu að orkugetan sé 4180 GWh/ári eða meiri.

TAFLA 3.3-3

**ORKUGETA VIÐMIÐUNARKERFA
ÁKVÖRÐUÐ MEÐ MISMUNANDI HETTI**

	Söguleg röð	<-----Stókastískar raðir----->					
		vissa um orkugetu					
		50 %	60 %	70 %	80 %	90 %	95 %
	GWh	GWh	GWh	GWh	GWh	GWh	GWh
Kerfi 1	4420	4410	4370	4340	4290	4230	4180
Kerfi 2	5190	5210	5170	5130	5090	5020	4970
Kerfi 3	5660	5750	5690	5630	5560	5460	5370
Kerfi 4	7080	7160	7090	7000	6910	6770	6660

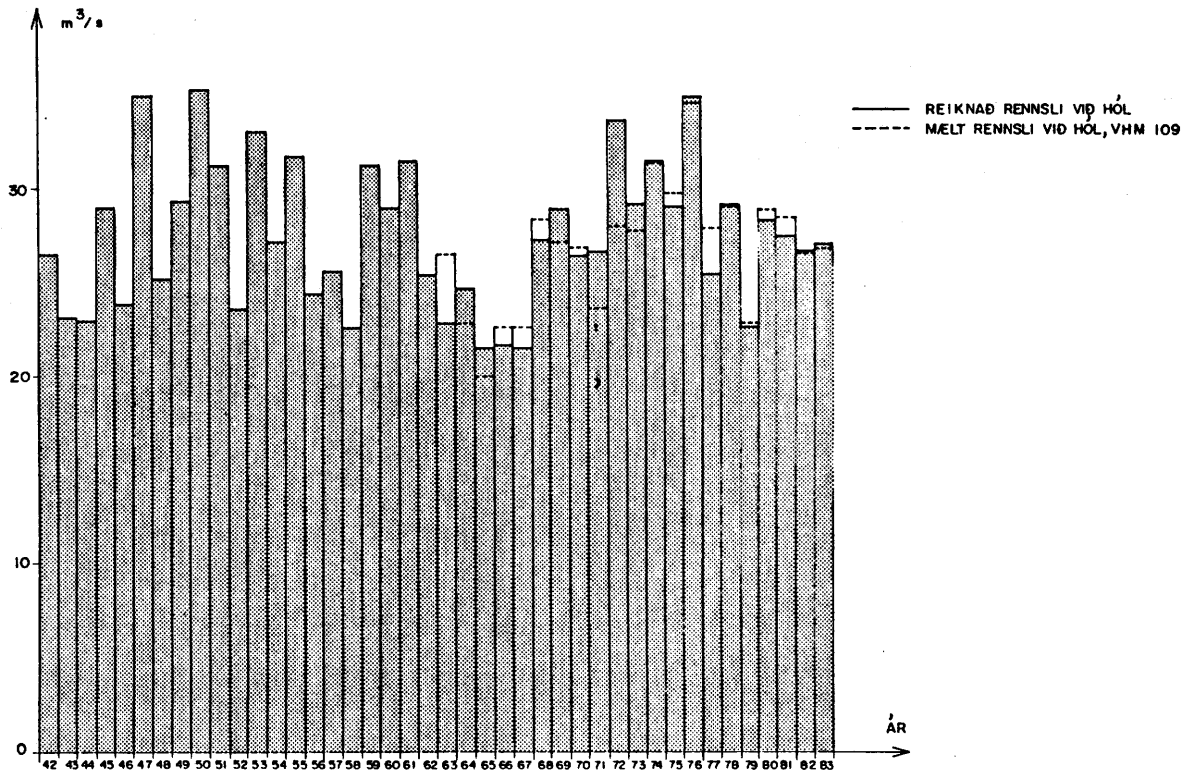
3.4 LENGING RENNSLISRAÐA APTUR Í TÍMANN

Nokkur umræða hefur orðið um áhrif langtímasveiflna í veðurfari á rennsli vatnsfalla og rekstraröryggi vatnsorkuvera. Í því sambandi hefur verið bent á kuldatímabil í lok 18. og 19. aldar og að gera þurfi ráð fyrir slíkum tímabilum við áætlanir um virkjanir og rekstur raforkukerfa. Þá má benda á að í köldum árum fer saman minna rennsli og meiri raforkuþörf. M.a. hafa ýmsir velt því fyrir sér að nota veðurmælingar í Stykkishólmi (frá 1845) og í Teigarhorni (frá 1873) til að áætla rennsli í ám landsins. Tilgangur þessa verkefnis sem nú verður lýst, er að kanna hvort þetta sé unnt. Síðan á að nota þær raðir sem unnt verður að gera á þennan hátt við rekstrareftirlíkingar og reikna út orkugetu fyrir mismunandi tímabil.

Orkustofnun fékk Verkfræðistofuna Vatnaskil h.f. til að áætla dagsrennsli í Jökulsá í Fljótsdal frá 1941. Gefin var út greinargerð um athugunina í janúar 1984. Í ljós kom að kerfisbundin skekkja í jöklareikningum NAM2 líkansins, sem notað var við lenginguna var meiri en talið hafði verið og því nauðsynlegt að gera breytingar á því áður en verkefninu yrði haldið áfram. Í líkaninu safnaðist snjór á jökul án þess að hann breyttist í ís og fór allur varminn smám saman til að halda þessum snjófyrningum við 0 °C án þess þó að hann bráðnaði. Breytingar voru gerðar á líkaninu á síðasta ári og hefur Verkfræðistofan Vatnaskil h.f. reiknað nýja röð fyrir framangreint tímabil (sjá Verkfræðistofan Vatnaskil, 1985). Ljóst er að tekist hefur að yfirstíga vandkvæðin í reikningum á jökulþætti líkansins og allgott samræmi er milli mælds og reiknaðs rennslis fyrir tímabilið 1962 til 1983. Á mynd 3.4-1 er sýnt áætlað rennsli frá 1942 til 1983 ásamt mælingum frá 1962 til 1983.

MYND 3.4-1

**JÖKULSÁ Í FLJÓTSDAL
ÁRSMEDALRENNSLI 1942 TIL 1983**



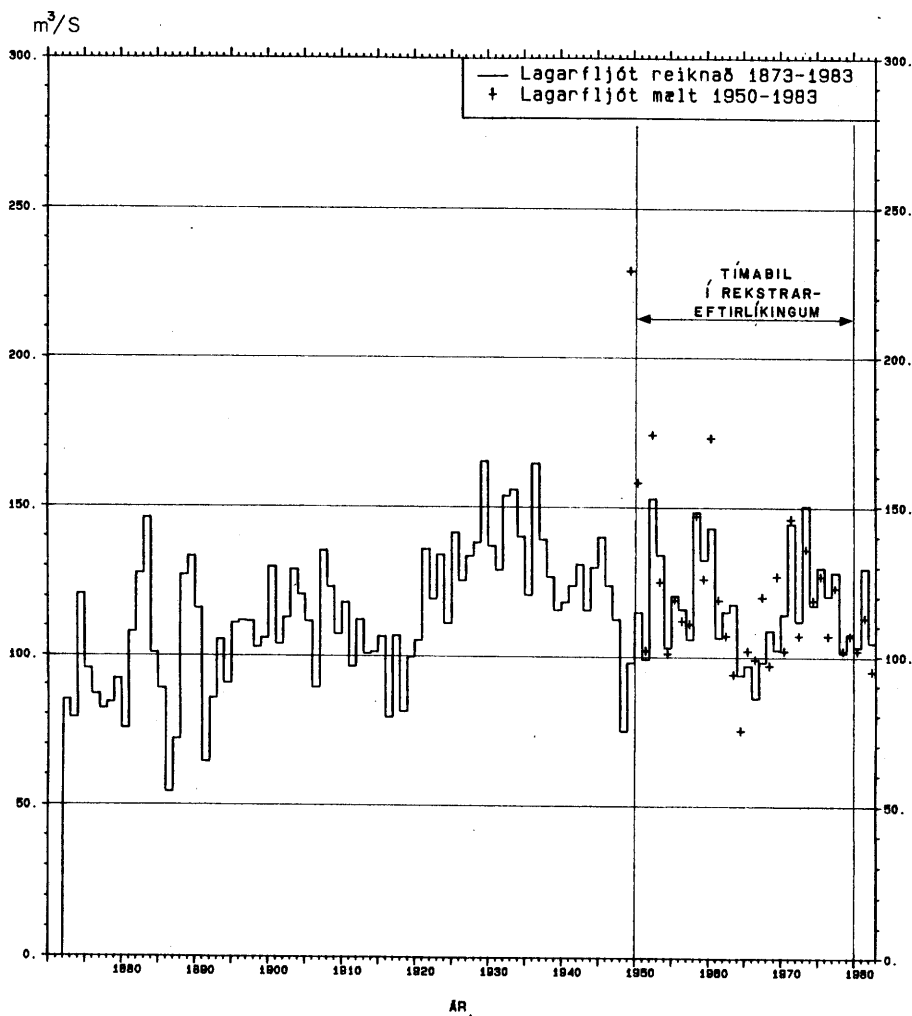
Um s.l. áramót fól Orkustofnun Laufeyju B. Hannesdóttur vatnafræðingi, að kanna hvort unnt væri að nota veðurmælingar í Stykkishólmi og á Teigarhorni til að áætla ársrennsli í nokkrum ám. Fundið var línulegt samband ársrennslis fyrir það tímabil sem rennslismælingar ná yfir og veðurþátta (meðalárshitastig og ársúrcoma). Það samband sem þannig fékkst var síðan notað til að áætla rennsli frá 1873 fram til þess tíma er mælingar á rennsli hefjast. Eftirfarandi ár voru teknar til athugunar (aftan við nöfn þeirra eru fyrst númer vatnshæðamælanna og síðan tímabil mælinga):

Djórsá við Urriðafoss, vhm 30	1948 - 1983
Ölfusá við Selfoss, vhm 64	1951 - 1983
Blanda við Guðlaugsstaði, vhm 50	1950 - 1983
Jökulsá á Fjöllum, vhm 20	1940 - 1983
Jökulsá á Dal við Hjarðarhaga, vhm 110	1964 - 1983
Lagarfljót við Lagarfoss, vhm 17	1950 - 1983

Marktæk fylgni reyndist milli rennslis í Ölfusá og hita og úrkomu í Stykkishólmi (skýrður breytileiki 69%) og einnig milli rennslis í Lagarfljóti og hita og úrkomu á Teigarhorni (skýrður breytileiki 66%). Á myndum 3.4-2 og 3.4-3 er áætlað rennsli sýnt ásamt mælingum eftir að þær hófust.

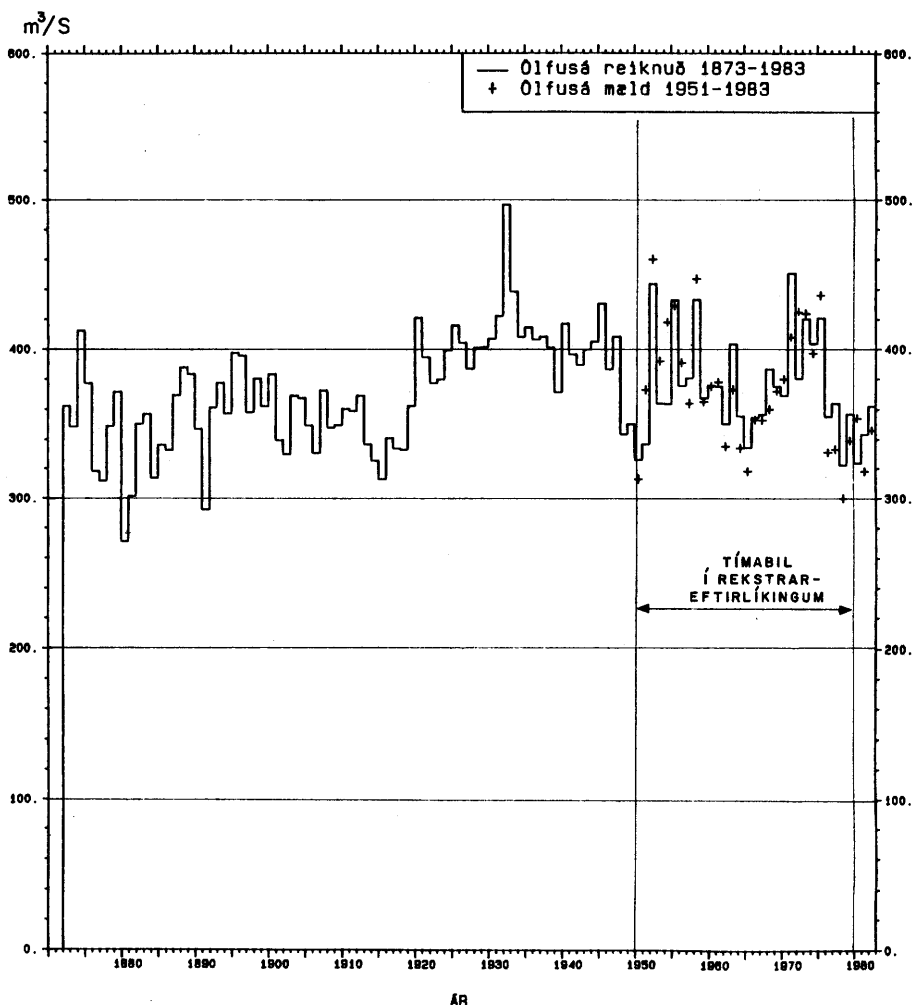
MYND 3.4-2

**ÁRSMEDALRENNSLI LAGARFLJÓTS
REIKNAD RENNSLI 1873-1983 OG MÆLT RENNSLI 1950-1983**



MYND 3.4-3

ÁRSMÉDALRENNSLI ÖLFUSÁR
REIKNAD RENNSLI 1873-1983 OG MÆLT RENNSLI 1951-1983



Mældu og reiknuðu röðunum í Ölfusá ber þokkalega saman. Áberandi er að áætlað rennsli er mun meira á tímabilinu 1920 - 1948 ($405 \text{ m}^3/\text{s}$) en á tímabilinu 1873 til 1919 ($351 \text{ m}^3/\text{s}$). Meðalrennsli yfir tímabilið sem mælingar ná yfir (1951 til 1983) er $373 \text{ m}^3/\text{s}$. Lægst er rennslið áætlað árin 1881, $271 \text{ m}^3/\text{s}$ og 1892, $292 \text{ m}^3/\text{s}$.

Mældu og reiknuðu rennsli í Lagarfljóti ber illa saman árin 1950 og 1951 stafar það af því að tímabilið 1949-'51 var mikil úrkoma norðan Vatnajökuls (um 27 % yfir meðaltali á Hallormsstað). Á Teigarhorni mældist hún aftur á móti 30 % undir meðaltali. Líklega stafar þetta af langvarandi NA átt. Ljóst er að þetta atriði getur haft veruleg áhrif á rennslið á öðrum tímabilum og að nauðsynlegt er að kanna það betur. Að öðru leyti ber mældu og reiknuðu rennsli þokkalega saman. Lægst er rennslið áætlað árin 1887, $54 \text{ m}^3/\text{s}$ og 1892, $64 \text{ m}^3/\text{s}$. Sömu einkenni eru á röðinni fyrir Lagarfljót og Ölfusá, t.d. er

áætlað rennsli Lagarfljóts 103 m³/s tímabilið 1873 til 1919, 130 m³/s tímabilið 1920 til 1948, en 121 m³/s yfir tímabilið sem mælingar ná yfir (1950 til 1983).

Taka verður þessari áætlun um rennsli með fyrirvara. Alls óvíst er hvort líkan sem þetta geti lýst jöklaleysingu yfir svo langt tímabil sem frá 1873. Til dæmis er vitað að jöklar gengu fram á síðari hluta 19. aldar en fóru að hopa upp úr 1920. Þá er óvíst hvort sama líkan sé unnt að nota fyrir kalda tímabilið frá 1873 til 1920 og tímabilið eftir 1920 eða hvort nákvæmni veðurmælinga er sambærileg yfir allt tímabilið (t.d. hitamælaskýli, vindhlífar á úrkomumæla, fjöldi veðurathuguna á sólarhring o.fl.). Öll þessi atriði þarfnast nánari athugunar áður en unnt er að segja fyrir um nákvæmni áætlunarinnar.

Ekki eru til samfelldar mælingar á úrkomu á öðrum mælistöðvum en Stykkishólmi og Teigarhorni sem ná aftur á síðustu öld, en eftirfarandi mælingar eru tiltækar frá öðrum veðurstöðvum.

Eyrarbakki úrkoma	1880 - 1911 og frá 1927
Akureyri hiti	frá 1882
Akureyri úrkoma	frá 1927
Reykjavík hiti	frá 1881
Reykjavík úrkoma	1884 - 1907 og frá 1920

Hugsanlegt er að bæta megi reiknilíkönin með því að nota úrkomumælingarnar frá Reykjavík og Eyrarbakka og áætla rennsli yfir tímabilið sem þær ná yfir. Einnig er líklegt að hitamælingar á Akureyri megi nota til að bæta áætlun um rennsli í jökulánum á Norðurlandi. Þá er líklegt að betri fylgni náist með því að aðlaga einfalt tímaraðalíkan að mánaðargildum rennslis og veðurbátta fremur en að árgildum eins og hér hefur verið gert. Loks er hugsanlegt að nota megi veður-rennslislíkanið NAM2 til að áætla dagsrennsli frá 1873. Líkanið notar upplýsingar um veðurfar (dagsgildi) bæði frá Hallormsstað og Teigarhorni. Það þyrfti að byrja á að stilla líkanið miðað við veðurfar á Teigarhorni eingöngu, síðan þyrfti að setja inn í tölvuskrár veðurmælingar dag fyrir dag allt tímabilið 1873 til 1937. Allt er þetta kostnaðarsamt og tímafrekt og rétt að biða með ákvörðun um það þar til ljóst verður hvort unnt er að bæta nákvæmni áætlunar um árs- og mánaðarrennsli.

Áætlað er að við áframhaldandi vinnu að verkefninu verði veðurmælingum á Eyrarbakka, Reykjavík og Akureyri bætt við og kannað hvort bæta megi áætlanir um ársrennsli. Að því loknu

verði kannað hvort ástæða sé til að nota mánaðargildi til að
meta rennsli yfir allt tímabilið frá 1873.

3.5 DREIFISTUÐLAR ORKUNOTKUNAR, VIKU GILDI

Ein grundvallarstærð sem rekstrareftirlíkingar af raforkukerfinu byggja á er markaðurinn sem kerfið á að anna. Áætlanir um þróun raforkumarkaðarins er að finna í raforkuspám Orkuspárnefndar, en þar er sett fram raforkunotkun ár hvert fram til ársins 2000. Við rekstrareftirlíkingar er notuð tímaeiningin tvær vikur og er því ekki nóg að áætla orkunotkun hvers árs, heldur þarf einnig að vera fyrir hendi skipting hennar á tveggja vikna tímabil. Til þessara hluta hafa verið notaðir svokallaðir dreifistuðlar.

Þeir dreifistuðlar almennrar raforkunotkunar án húshitunar sem nú eru notaðir eru settir fram í skýrslu Helga Sigvaldasonar og Gunnars Ámundasonar frá árinu 1970, en stuðlarnir byggja á gögnum frá Rafmagnsveitu Reykjavíkur. Í rekstrareftirlíkingum hefur hitanotkun verið greind sér og um þá dreifistuðla sem þar eru notaðir er fjallað í skýrslu Helga Sigvaldasonar og Gunnars Ámundasonar frá 1972. Þessir stuðlar byggja aftur á móti á gögnum um vatnsnotkun hjá Hitaveitu Reykjavíkur á árunum 1963 og 1968.

Þeir dreifistuðlar raforkunotkunar sem notaðir eru við rekstrareftirlíkingar byggja því á 15 til 20 ára gömlum gögnum, en sem dæmi má nefna að á árunum 1972 til 1984 meira en tvöfaldaðist almenn raforkunotkun hér á landi. Því má segja að tími sé til kominn að endurskoða dreifistuðlana, en að tilstuðlan þessa starfshóps og Orkuspárnefndar var á fyrri hluta árs 1984 gerð athugun á þeim og birtist niðurstaðan í skýrslunni "Dreifistuðlar raforkunotkunar" (sjá Jón Vilhjálmsson, 1984). Þar er litið á tímabilið 1951 til 1982 og byggt á mánaðarlegum gögnum um raforkuframleiðslu í virkjunum og orkusölu til stóriðju. Í ljós kom að mánaðarlegir dreifistuðlar hafa breyst tiltölulega lítið á þessu tímabili. Einnig voru könnuð áhrif hitastigs á notkun, en allir dreifistuðlar sem settir eru fram í fyrirnefndri skýrslu eru miðaðir við meðalhitastig í Reykjavík árin 1951 til 1982. Í töflu 3.5-1 eru sýndir mánaðarlegir dreifistuðlar.

TAFLA 3.5-1

**MÁNAÐARGILDI DREIFISTUÐLA ALMENNRRAR RAFORKUNOTKUNAR
MIÐAÐ VIÐ MEÐALHITASTIG ÁRIN 1951 TIL 1982.
TIL GRUNDVALLAR ER LAGT TÍMABILID 1980 TIL 1982.**

	Jan.	Feb.	Mars	Apríl	Maí	Júní	Júlí	Ágúst	Sept.	Okt.	Nóv.	Des.
A	0,320	0,315	0,295	0,266	0,236	0,215	0,209	0,222	0,249	0,286	0,324	0,353
B	9,9	8,8	9,1	8,0	7,3	6,5	6,5	6,9	7,5	8,9	9,7	10,9

A: Notkun í % á dag.

B: Notkun í % á mánuði.

Einungis eru fyrir hendi takmörkuð gögn sem nota má til að áætla dreifistuðla einstakra vikna ársins og voru þeir því áætlaðir með að setja fram stærðfræðilega jöfnu fyrir mánaðargildi stuðlanna sem síðan var yfirfærð með smávægilegum breytingum yfir á vikugildi (breytingar gerðar út frá þeim takmörkuðu gögnum sem fyrir hendi eru). Þeir stuðlar sem þá fengust eru sýndir í töflu 3.5-2.

TAFLA 3.5-2

**ÁÆTLUÐ VIKUGILDI DREIFISTUÐLA ALMENNRRAR RAFORKUNOTKUNAR
FYRIR ÁRIÐ 1982 MIÐAÐ VIÐ MEÐALHITASTIG ÁRIN 1951-1982.**

Vika	Dreifistuðlar		Vika	Dreifistuðlar	
	% á dag	% á viku		% á dag	% á viku
1	0.320	2.25	27	0.207	1.44
2	0.323	2.26	28	0.206	1.44
3	0.324	2.27	29	0.207	1.44
4	0.324	2.27	30	0.208	1.45
5	0.323	2.27	31	0.211	1.47
6	0.322	2.26	32	0.214	1.49
7	0.319	2.24	33	0.219	1.52
8	0.315	2.21	34	0.224	1.56
9	0.311	2.18	35	0.230	1.61
10	0.306	2.14	36	0.237	1.66
11	0.300	2.10	37	0.245	1.72
12	0.294	2.06	38	0.253	1.77
13	0.287	2.01	39	0.261	1.83
14	0.273	1.91	40	0.270	1.90
15	0.257	1.80	41	0.280	1.96
16	0.270	1.89	42	0.289	2.03
17	0.262	1.84	43	0.298	2.09
18	0.255	1.79	44	0.308	2.16
19	0.247	1.73	45	0.317	2.22
20	0.236	1.65	46	0.325	2.28
21	0.229	1.61	47	0.333	2.34
22	0.224	1.56	48	0.346	2.43
23	0.219	1.52	49	0.353	2.49
24	0.214	1.49	50	0.360	2.53
25	0.211	1.47	51	0.365	2.57
26	0.208	1.45	52	0.342	2.40

Ef bera á þessa stuðla saman við þá sem hafa verið í notkun síðustu einn til tvo áratugina þá koma í ljós vissir erfiðleikar þar sem eldri stuðlarnir eru miðaðir við vatnsár (það hefst 1. september). Þar sem raforkumarkaðurinn fer vaxandi er ekki hægt að nota þessa stuðla beint með raforkuspá, heldur þarf fyrst að yfirfæra hana á vatnsár og hefur það verið gert með að taka 35 % af notkun fyrra ársins og 65 % af notkun þess seinna. Einnig hefur, eins og áður er komið fram, almennu notkuninni verið skipt í tvennt þannig að húshitun hefur verið áætluð 30 % af henni. Reynt var að bera eldri dreifistuðlana saman við þá sem hér er fjallað um. Nýju stuðlarnir eru heldur hærri yfir sumarið, en lægri yfir veturinn nema í desember.

Nánari umfjöllun um dreifistuðla er að finna í fyrrnefndri skýrslu, en dreifistuðlar til notkunar með raforkuspá verða skilgreindir í næstu spá Orkusparnefndar.

Fyrir stóriðju hefur verið gert ráð fyrir að notkunin sé jöfn innan ársins og ekki er nein ástæða til að breyta þeirri forsendu.

Sú raforka sem Landsvirkjun selur til kyntra hitaveitna (R/O-veitna) er skilgreind sem forgangsorka í raforkuspá og einnig í rekstrareftirlíkingum. Á móti er tekið sérstakt tillit til þess, að olíukatlar þeirra eru ódýrasta varaaflið sem til er í kerfinu í dag. Í dag er hér um að ræða fimm veitur, þ.e. á Seyðisfirði, Höfn, Ísafirði, Patreksfirði og Bolungarvík. Fyrir þrjár fyrstu veiturnar eru til gögn um raforkunotkun árin 1983 og 1984 á mánaðargrunni. Hér verða dreifistuðlar fyrir kyntar hitaveitur áætlaðar út frá þessum gögnum og eru mánaðargildin sýnd í töflu 3.5-3.

TAFLA 3.5-3

**MÁNAÐARGILDI DREIFISTUÐLA RAFORKUNOTKUNAR KYNTRA HITAVEITNA
MIÐAÐ VIÐ MEÐALHITASTIG ÁRIN 1951 TIL 1982.
TIL GRUNDVALLAR ER LAGT TÍMABILID 1983 TIL 1984.**

	Jan.	Feb.	Mars	Apríl	Mái	Júní	Júlí	Ágúst	Sept.	Okt.	Nóv.	Des.
A	0,360	0,361	0,334	0,288	0,235	0,191	0,168	0,175	0,210	0,264	0,325	0,377
B	11,2	10,1	10,4	8,7	7,3	5,7	5,2	5,4	6,3	8,2	9,8	11,7

A: Notkun í % á dag.

B: Notkun í % á mánuði.

Þessi stuðlar byggja eins og áður sagði á gögnum fyrir einungis tvö ár auk þess sem veiturnar eru tiltölulega nýjar og getur það skýrt það að notkun er nokkru meiri í desember en janúar sem er kaldasti mánuðurinn. Því má búast við að þegar fram líða stundir muni notkun minnka hlutfallslega seinni hluta ársins.

Ekki eru fyrir hendi nein gögn um dreifingu þessarar notkunar á vikur og var hún því áætluð á sama hátt og gert var fyrir almennu notkunina og er niðurstaðan sýnd í töflu 3.5-4.

TAFLA 3.5-4

**ÁÆTLUÐ VIKUGILDI DREIFISTUÐLA RAFORKUNOTKUNAR HJÁ KYNTUM
HITAVEITUM MIÐAÐ VIÐ MEÐALHITASTIG ÁRIN 1951 TIL 1982.
TIL GRUNDVALLAR ERU LÖGÐ ÁRIN 1983 TIL 1984.**

Vika	Dreifistuðlar		Vika	Dreifistuðlar	
	% á dag	% á viku		% á dag	% á viku
1	0.358	2.52	27	0.168	1.19
2	0.364	2.56	28	0.164	1.16
3	0.368	2.59	29	0.161	1.14
4	0.370	2.60	30	0.161	1.13
5	0.371	2.61	31	0.162	1.14
6	0.370	2.60	32	0.164	1.16
7	0.368	2.58	33	0.168	1.19
8	0.364	2.56	34	0.174	1.23
9	0.358	2.52	35	0.182	1.27
10	0.351	2.47	36	0.190	1.33
11	0.342	2.41	37	0.201	1.40
12	0.333	2.34	38	0.212	1.48
13	0.322	2.26	39	0.224	1.57
14	0.310	2.18	40	0.238	1.66
15	0.298	2.10	41	0.252	1.76
16	0.285	2.01	42	0.266	1.86
17	0.272	1.92	43	0.281	1.97
18	0.259	1.82	44	0.296	2.07
19	0.246	1.73	45	0.311	2.18
20	0.233	1.64	46	0.325	2.28
21	0.221	1.56	47	0.339	2.38
22	0.209	1.48	48	0.353	2.47
23	0.199	1.40	49	0.365	2.56
24	0.189	1.33	50	0.377	2.64
25	0.181	1.28	51	0.387	2.71
26	0.174	1.23	52	0.396	2.77

Nýlega hefur hafist vinna hjá Landsvirkjun við að kanna dreifistuðla fyrir styttra tímabil en viku, en slíkir stuðlar eru t.d. notaðir í afllíkaninu sem kynnt er hér að framan.

3.6 NÚVERANDI AÐFERÐIR VIÐ REKSTRAREFTIRLÍKINGAR

3.6-01 Orkulíkan

Á vegum Landsvirkjunar hefur verið gefin út skýrslan "Rekstrareftirlíkingar, Reiknilíkan til langtímastýringar raforkukerfis" (sjá Verkfræðistofan Strengur, 1985) þar sem orkulíkani Landsvirkjunar er lýst mjög ítarlega. Verkfræðistofan Strengur hefur séð um þróun líkansins fyrir Landsvirkjun. Starfshópurinn hafði frumkvæði að því að skýrslan var gerð, þar eð tilfinnanlega vantaði rit um þá aðferðafræði sem beitt er. Um alla nánari umfjöllun er vísað til fyrrnefndrar skýrslu, en hér verður þó dregið á nokkur atriði.

Líkanið hefur tekið miklum breytingum frá því það komst fyrst í notkun árið 1982. Helsta notkun líkansins er eftirfarandi:

- Að ákvarða orkugetu kerfisins og einstakra virkjana
- Að athuga hagkvæmni við hönnun virkjana, t.d. við ákvörðun á veitum, stærð miðlana, stærð vatnsvega og uppsett afl
- Að athuga rekstrarhorfur yfirstandandi vetrar. Þessi þáttur er enn í mikilli þróun
- Að athuga rekstrarhorfur næstu ára
- Að tímasetja nýjar virkjanir og virkjunaráfanga
- Að athuga virkjunarleiðir.

Við þær athuganir sem að framan eru nefndar, má bæði beita sögulegum og framleiddum (stókastískum) rennslisröðum. Of langt mál er að telja upp alla þá möguleika sem líkanið býður upp á, heldur er vísað til skýrslunnar sjálfrar, en segja má, að líkanið hafi reynst mjög sveigjanlegt og flestar breytingar og endurbætur skeð hratt og vel. Hér verður frekar reynt að benda á þá vankanta sem komið hafa fram við notkun líkansins og verða ekki leystir á einfaldan hátt í núverandi gerð þess.

1. Þetta líkan framkvæmir rekstrareftirlíkingu á kerfinu og í því felst bæði styrkur og veikleiki. Styrkur vegna þess, að það notar ekki meiri upplýsingar til ákvörðunar en þær sem rekstraraðili hefur í raunverulegum rekstri, þ.e.

ástandið á hverjum tíma og þekking á fortíðinni. Þetta er hins vegar veikleiki þegar gerðar eru næmniathuganir á ýmsum þáttum í hönnun virkjana, þar sem líkanið framkvæmir ekki bestun yfir löng tímabil í einu og því koma áhrif smávægilegra breytinga í útfærslu virkjana ekki nægilega vel fram undir vissum kringumstæðum.

2. Við ákvörðun á vatnsnotkun á hverju tímabili er notuð línuleg bestun. Helsti galli hennar er sá, að hún gefur lausnir í jöðrunum og við það verður framleiðsla virkjana nokkuð rykkjótt þegar hún er skoðuð í rétttri tímaröð. Þetta veldur vissum erfiðleikum í sambandi við nákvæma skoðun á rekstrareftrilíkingum til notkunar við hönnun nýrra virkjana. Þetta vandamál hefur þó verið leyst að nokkru leyti með ýmsum "þvingunum" á miðlunarstýringar og keyrslumáta.
3. Líkanið vinnur með tveggja vikna tímaeiningar, en á síðustu árum hefur þörfin fyrir líkan með tímaeiningu upp á eina klst. orðið brýnni. Þetta hefur verið leyst með því að taka niðurstöður úr líkaninu og keyra þær í gegnum annað líkan, þ.e. afllíkan Landsvirkjunar. Öll afturverkun fer fram með því að skoða niðurstöður afllíkans og breyta síðan stýrireglum orkulíkans. Þannig er um ítrun að ræða þar til eftirlíking telst fullnægjandi. Þetta mál verður aldrei að fullu leyst, fyrr en afllíkan er orðið tengt orkulíkani og afturverkun verði virk á hverju einstöku tímabili.

3.6-02 Afllíkan

Þegar talað er um afllíkan Landsvirkjunar er í raun verið að tala um tvö óháð líkön. Í fyrsta lagi er líkan sem notað er til að kanna rekstur kerfisins með tímaeiningu uppá eina klst., með það að markmiði, að athuga hvort sá rekstur sem orkulíkanið gerir ráð fyrir sé mögulegur þegar tekið er tillit til dægur- og vikusveiflu álagsins. Þetta líkan gengur almennt undir nafninu skammtímalíkan. Í öðru lagi er um að ræða svokallað bilanalíkan sem notað er til að meta afleiðingar bilana í vatnsorkuverum.

Til kasta skammtímalíkansins kemur eftir að orkulíkanið hefur skrifað út í skrá framleiðslu allra virkjana í hverju hálfsmánaðar tímabili fyrir öll 30 vatnsárin; sú skrá er lesin inn í skammtímalíkanið. Einnig les skammtímalíkanið inn upplýsingar um markaðinn á hverju tímabili og dreifir honum á klukkustundir með sérstökum dreifistuðlum sem hægt er að hafa mismunandi fyrir hvern álagsflokk og fyrir hvert tímabil ársins. Þannig er tekið tillit til breytinga í álagssamsetningu innan ársins. Þá eru lesnar inn upplýsingar um allar virkjanir,

takmarkanir á keyrslumáta þeirra, t.d. lágmarks- og hámarksframleiðslu o.s.frv. Skammtímalíkanið dreifir síðan þeirri framleiðslu sem orkulíkanið gerði ráð fyrir á klukkustundir og reynir að uppfylla þau skilyrði sem sett eru um rekstur einstakra virkjana og að framleiðslan á hverjum tíma sé sú sama og markaðurinn. Ef þetta tekst ekki koma fram upplýsingar um þær virkjanir sem þarf að breyta keyrslu á til að lausn finnist. Þetta er ekki bestunarforrit sem finnur hagkvæmasta keyrslumáta virkjana með tilliti til nýtni, en líkanið finnur lausn ef hún er á annað borð fyrir hendi. Þannig er um að ræða athugun á niðurstöðum orkulíkans. Nota má niðurstöður líkansins um keyrslu einstakra virkjana til ýmissa athugana vegna hönnunnar virkjana, t.d. við aflákvörðun og nýtniathuganir. Líkanið fylgist með reiðuafli í kerfinu á hverjum klukkutíma og eru þá kröfur um reiðuafll lesnar inn og skilgreint í hvaða virkjunum það á að liggja, en ekki er leyft að hafa það í smávirkjunum sem dreifðar eru um landið og eru oft að meira eða minna leyti vatnslausar á þyngsta álagstíma vetrarins. Líkanið fylgist þannig með rekstrarörygginu í kerfinu og mælir hve mörg MW vantar á hverjum klukkutíma, til að rekstur kerfisins sé með því öryggi sem krafist er. Oftast er reiðuafllskrafan sú sama og stærsta vél kerfisins og gefur líkanið þannig upp þann aflskort sem yrði ef viðkomandi vél myndi bila. Líkanið heldur saman þessum reiðuafllsskortum og gefur hann upp í "MWh" fyrir hvert tímabil. Sú tala jafngildir því þeirri orkuþörf sem yrði að anna með öðru móti, ef viðkomandi vél bilaði. Víðast erlendis er gerð sú krafa að þetta reiðuafll sé alltaf til staðar og t.d. gastúrbínur látnar ganga í tómgangi þann tíma sem reiðuafll skortir í öðrum orkuverum. Uppgefnar "MWh" eru því mat á umfangi tómgangskeyrslu. Einnig má hugsa sér að mæta þessu með öðrum aðferðum. Líkanið tekur tillit til lækunar í aflgetu virkjana þegar vatnsborð lækkar í lónum á bak við virkjanirnar, t.d. í hugsanlegri virkjun í Vatnsfellsskurði milli Þórisvatns og Krókslóns, en upplýsingar um vatnsborðsbreytingar fást úr orkulíkani.

Bilanalíkanið byggir á aðferð sem mikið er notuð í varmaafllskerfum og hefur hún reynst mjög vel við að meta raunhæft þann eldsneytiskostnað sem verður við að anna ákveðnum markaði. Þetta er svokallað líkindaafllíkan (probabilistic simulation) sem meðhöndlar virkjanir á tölfræðilegan hátt. Þetta líkan gerir ekki ráð fyrir að um sé að ræða takmörkun á hráorkunni, t.d. vatni, heldur er eingöngu miðað við að framleiðsla takmarkist vegna bilana. Þetta er að fullu í gildi í varmaafllskerfum, þar sem aðföng eldsneytis eru yfirleitt tryggð til langs tíma og rekstraráætlanir ganga út á að halda eldsneytiskostnaði í lágmarki. Hér hefur þetta líkan verið notað til að áætla olíukeyrslu í varmastöðvum sem verður við bilanir í vatnsorkuverum. Stærstan hluta ársins er aflgeta vatnsafllsstöðva það mikil, að við bilun í einni einingu má anna markaðnum með aukinni framleiðslu í öðrum. Sú staða getur hins

vegar komið upp, að á þyngsta álagstíma dugi vatnsaflið ekki til við bilanir og grípa þurfi til varastöðva. Helsta vandamálið í notkun þessa líkans er að áætla á raunhæfan hátt, hve mikið nýtanlegt afl er í vatnsaflsstöðvum á þessum þyngsta álagstíma. Þær virkjanir sem hafa miðlanir á bak við sig, geta nær alltaf aukið afl sitt upp að hámarki, en þær stöðvar sem litla eða enga miðlun hafa, framleiða einungis úr því vatni sem til þeirra rennur á hverjum tíma. Nauðsynlegt er því að lækka aflgetu ýmissa stöðva áður en þær eru settar inn í líkanið. Hversu mikil þessi lækkun á að vera er hinsvegar umdeilanlegt.

Hér hefur afllíkönum Landsvirkjunar verið lýst nokkuð, en töluvert er enn í land með að þau teljist fullnægjandi. Nokkur grundvallarvinna er eftir á því sviði, en ekki þarf síður að endurskrifa forritin til að flýta vinnslu þeirra. Ef horft er til þess, að í 30 árum eru 262.800 klst., þá er ljóst að útreikningar með klst. upplausn eru ekki raunhæfir í öllum tilvikum og mætti hugsa sér eitthvert millistig. Að lokum eru hér tekin saman nokkur atriði varðandi þessi líkön.

1. Skammtímalíkan þarf að tengjast orkulíkani þannig að afturverkun verði í hverju tímabili.
2. Undirbyggja þarf betur þá dreifistuðla sem notaðir eru fyrir álagið innan hálfsmánaðar tímabils (verkefni B.3.2).
3. Bilanalíkan þarf að tengjast orkulíkani þannig að upplýsingar um vatnsbúskapinn í orkulíkani séu notaðar til að ákvarða það afl sem telst til reiðu á hverju tímabili.

4. KAFLI

ÁFRAMHALDANDI STARF

Hér að framan hefur verið lýst stöðu verkefna í byrjun árs 1985. Eins og þar kemur fram er starfið tiltölulega skammt á veg komið og mikil vinna eftir. Í þessum kafla er lýst hvernig starfshópurinn hefur hugsað sér að haga verki sínu út þetta ár.

Á næstu mánuðum verður lögð mikil áhersla að vinna úr þeim niðurstöðum sem nú liggja fyrir til að þær geti nýst Landsvirkjun við endurskoðun á framkvæmdaáætlunum við Blönduvirkjun sem fyrirhuguð er nú í vor. Hér er aðallega um að ræða athuganir á áhrifum óvissu í rennsli á orkugetu og athuganir á raforkumarkaðnum sem unnar eru á vegum orkuspárnefndar. Síðar á árinu er ætlunin að koma áleiðis verkefnum sem lítið hefur verið hugað að hingað til. Í lok ársins er ætlunin að áfangaskýrsla 2 komi út. Í henni gætu komið fyrstu tillögur starfshópsins um það, hvernig taka eigi tillit til óvissu í forsendum við ákvarðanir í orkumálum.

Í töflu 4.1 er sýnd verkáætlun starfshópsins út þetta ár, en hér á eftir verður nánar fjallað um einstök verkefni.

A) Forsendur, rennsli og rennslisraðir

Eins og fram kemur í kafla 3 liggja fyrir vissar niðurstöður um óvissu í rennsli. Á næstu mánuðum verður lögð áhersla á að kanna áhrif þessarar óvissu á reiknaða orkugetu. Ekki er mögulegt að nota neinar almennar aðferðir við þessa athugun heldur verða sett fram einstaka dæmi og orkugeta reiknuð. Fá má þannig fram visst mat á áhrifum óvissu í rennsli á orkugetu. Starfshópurinn þarf að undirbúa þessa reikninga og er sú vinna þegar hafin. Fyrstu dæmin varðandi óvissu í mældu rennsli (A.1) hefur hópurinn þegar skilgreint, en Verkfræðistofan Strengur sér um reikningana. Unnið verður að verkefnum A.1, A.2 og A.4 í þessari röð, en þegar liggja fyrir fyrstu niðurstöður úr verkefni A.3, stókastískar rennslisraðir. Þegar þessari úrvinnslu er lokið þarf að huga að því hvort þörf sé frekari vinnu í þessum verkefnum, en hér er ekki gert ráð fyrir því á þessu ári.

B) Forsendur, orkumarkaður og áætlanir

Orkuspárnefnd stefnir að því að vera komin með nýja raforkuspá með vorinu og ætti þá að liggja fyrir mat á óvissu í orkuspá. Starfshópurinn þarf þá að kanna hvernig nota má þær niðurstöður við tímasetningu virkjana. Í orkuspánni verður notkuninni einnig dreift á tveggja vikna tímabil innan ársins. Á næstu mánuðum mun Landsvirkjun einnig kanna dreifingu notkunar innan tveggja vikna tímabila og stefnt er að því að niðurstaða í því verkefni liggi fyrir um mitt ár.

Sú verkefnaskrá sem lýst er í þessari skýrslu var í upphafi miðuð við fyrstu áfanga verksins, en gert var ráð fyrir að ný verkefni bættust við þegar vinna hópsins væri komin eitthvað áleiðis. Starfshópurinn hefur ákveðið að bæta inn nýju verkefni í áætlun þessa árs, en það fjallar um óvissu í áætlunum um virkjanir, t.d. áætlanir um leka úr lónum og veituskurðum, falltöp og stofnkostnað svo eitthvað sé nefnt. Í verkáætlun ársins verður þetta verkefni nefnt: B.4 Óvissa í áætlunum um virkjanir.

C) Hagrænar forsendur

Vinna við þessi verkefni er ekki hafin, en þó hefur verið safnað miklu af upplýsingum um verðlagningu orkuskorts. Á Orkustofnun verður næsta sumar unnið úr þessum upplýsingum það sem áhugavert er fyrir okkur hér á landi. Í framhaldi af því þarf starfshópurinn að ákveða hvernig standa skuli að framhaldi þessa verkefnis. Margar þjóðir hafa gert athuganir meðal almennings og fyrirtækja á kostnaði við orkuskort og gæti komið til greina að gera slíka könnun hér á landi. Stefnt er að því að vinna önnur verkefni í þessum flokki næsta sumar ef starfsmenn fást til þess, en hópurinn telur sig ekki hafa næga sérfræðipækkingu til að vinna þau verkefni sjálfur.

D) Reiknilíkön

Eins og fram kemur hér að framan hefur á vegum starfshópsins verið unnin skýrsla um núverandi aðferðir við rekstrareftirlíkingar, en þar er fjallað um orkulíkan það sem þróast hefur hér á landi síðustu tvo áratugina. Sem framhald þessa verkefnis (D.1) er ætlunin að athuga hvaða áhrif það hefur á niðurstöður að breyta forsendum sem ganga inn í reiknilíkanið (næmleikagreining). Þessi vinna verður unnin á Landsvirkjun á næstunni. Einnig stefnir Landsvirkjun að áframhaldandi þróun afllíkans. Tímasetning Blönduvirkjunar ræðst að stórum hluta af aflþörf markaðarins og er því afllíkan mikilvægt í því sambandi. Þróun nýrra líkana biður aftur á móti eftir því að athugunum á forsendum ljúki. Taka má fram að allt eins

5. KAFLI

LOKAORD

Á síðustu árum hefur miklu fjármagni verið varið til virkjanarannsóknna og má rekja það til áætlana stjórnvalda um nýja sókn í nýtingu vatnsorku landsins. Athyglisvert er að á sama tíma hefur hlutfallslega litlum fjármunum og mannafla verið varið til rannsókna og þróunar varðandi rekstur og uppbyggingu raforkukerfisins þrátt fyrir að það hafi stöðugt orðið flóknara. Þessi staðreynd er eftirtektarverð þegar litið er til þeirra miklu fjármuna sem í húfi eru, t. d. þegar valið er á milli virkjunarkosta og virkjanir tímasettar. Í þessu sambandi má nefna að árlegar afborganir og vaxtakostnaður meðalstórrar virkjunar, sambærilegrar við Blönduvirkjun, eru nálægt hálfum miljarði króna. Um helmingur af erlendum skuldum þjóðarinnar er vegna orkuframkvæmda og af þeim er hlutur Landsvirkjunar rúm 50 %. Því er mikilvægt að allar ákvarðanir um framkvæmdir í orkumálum séu sem best undirbyggðar og að allur rekstur orkukerfa sé sem hagkvæmastur. Meginmarkmið með starfi hópsins er því að fá fram aðferðir sem tryggja að rekstur og uppbygging raforkuöflunarkerfisins sé sem hagkvæmust að teknu tilliti til stofnkostnaðar, rekstrar og afhendingaröryggis orku. Einnig ber starfshópnum að hafa í huga að líkön séu þannig úr garði gerð að með notkun þeirra megi svara ýmsum almennum spurningum stjórnenda, stjórnámálanna og tæknimanna á auðskiljanlegan hátt.

Flestum má því ljós vera að miklu skiptir að vandað sé til starfa hópsins og að mikla vinnu þarf að leggja í þau störf. Verkefni hópsins er geysilega umfangsmikið og tekur langan tíma í vinnslu. Er eðlilegt að verkefnið takmarkist ekki við ákveðinn tíma, heldur sé stöðugt að því hugað.

HEIMILDASKRÁ

Almenna Verkfræðistofan hf., Virkir hf. og Verkfræðistofa
Sigurðar Thoroddsen, 1978:

"Austurlandsvirkjun, forathugun virkjana á vatnasviði Jökulsár
á Fjöllum, Jökulsár á Brú og Jökulsár í Fljótsdal".
Orkustofnun og Rafmagnsveitur ríkisins, OSROD7818

Electricity division, Ministry of Energy, New Zealand, 1982:
"Report of the Electricity Sector Planning Committee".

Helgi Sigvaldason og Gunnar Ámundason, 1972:
"Revision and Sensitivity Analysis on Power Production Capability".
Landsvirkjun

Helgi Sigvaldason, Gunnar Ámundason og Guttormur Sigurbjarnarson, 1971:
"Aðgerðarannsóknir á orkuvinnslugetu Fljótsdalsvirkjunar
(I. áfanga Austurlandsvirkjunar og Bessastaðaárvirkjunar)".
Orkustofnun

Helgi Sigvaldason og Gunnar Ámundason, 1970:
"Operation Research Study on Landvirkjun's Present Assured Power
System with Addition of the Sigalda Projects".
Landsvirkjun

Helgi Sigvaldason, Gunnar Ámundason og Jakob Björnsson, 1970:
"Aðgerðarrannsóknir á nýtingu vatnsorku í Tungnaá og Þórisvatni".
Orkustofnun

Jón Vilhjálmsson, 1984:
"Dreifistuðlar raforkunotkunar".
Orkustofnun, OS-84038/OBD-02B.

Ministry of Energy, New-Zealand, 1982:
"1982 Energy Plan".

Nils Anderson, Torbjörn Granström, Lars Hallquist, Margareta Heldt och
Lennart Moden, CDL-SA:
"Information om det statistiska energikriteriet".

N. Lucas and D. Papaconstantinou, 1982:
"Electricity Planning under Uncertainty".
Energy Policy, June 1982.

Olje- og energidepartementet, st.prp. nr. 130, 1981-1982, Norge:
"Om kraftdekkingen i 1980-aarene og forholdet
til Samlet plan for vassdrag".

Olje- og energidepartementet, st.meld nr. 54, 1979-1980, Norge:
"Norges framtidige energibruk og -produktion. Vedlegg 1: Uttalelse
fra NVE til Olje- og energidepartementet om Norges energiforsyning".

Orkuspárnefnd, 1981:
"Raforkuspá 1981-2000".

Sigurður Lárus Hólm, 1982:
"Jökulsá í Fljótsdal, rennsli áætlað með
rennslislíkaninu NAM2".
Rafmagnsveitur Ríkisins og Orkustofnun, OS8203/VOD04

Verkfræðistofan Strengur, 1985:
"Rekstrareftirlíkingar, reiknilíkan til
langtímastýringar virkjunarkerfis".
Landsvirkjun

Verkfræðistofan Vatnaskil, 1985:
"Reiknað rennsli Jökulár í Fljótsdal við Hól 1941-1983".
Orkustofnun, OS-85009/VOD04B.

Verkfræðistofan Vatnaskil, 1984:
"Reiknað rennsli Jökulár í Fljótsdal við Hól 1941-1983".
Orkustofnun, OS-84012/VOD07B.

Verkfræðistofan Vatnaskil, 1983:
"Athugun á framlengingu rennslisraða".
Orkustofnun, OS-83046/VOD05.

Verkfræðistofan Vatnaskil, 1983:
"Athugun á rennslisröðum til rekstrareftirlíkinga".
Landsvirkjun

Þorbergur Þorbergsson, Kristinn Einarsson og Hörður Svavarsson, 1984:
"Hnappölduvirkjun. Forathugun".
Orkustofnun, OS-84072/VOD-08.

VIÐAUKI 1

SAMSTILLING FRAMLEIÐSLUKERFIS OG

ORKUMARKAÐAR Í NOKKRUM LÖNDUM

Í skýrslunni hefur verið fjallað nokkuð um þær forsendur sem útreikningur á orkugetu byggist á og hugsanleg áhrif óvissu þeirra á útreikninga. Hér er um að ræða tiltölulega nýjan flöt á orkumálunum sem lítt hefur verið til umræðu opinberlega fyrr en á síðustu mánuðum. Umræðan hefur vanalega byggst á einföldum samanburði reiknaðrar orkugetu og áætlaðs orkumarkaðar. Slíkt er eðlilegt þegar um er að ræða yfirlitsathuganir og frumáætlanir, en þegar að því kemur að áætla framkvæmdir miðað við einhverja spá um orkuþörf, þá koma inn miklu fleiri atriði sem taka þarf tillit til. Hvaða atriði það eru, er nokkuð háð aðstæðum á hverjum stað.

Í þessum viðauka eru teknar fyrir þær aðferðir sem notaðar eru í nokkrum löndum við að ákveða framkvæmdaþörf út frá spá um orkumarkað. Þau lönd sem um ræðir eru Svíþjóð, Noregur og Nýja-Sjáland. Kerfin í þessum löndum hafa sín séreinkenni og eru misjafnlega samsett af framleiðslueiningum (vatnsafl og varmafl).

V1.1 SVÍPJÓÐ

Til skamms tíma var notað svokallað þurrársskilyrði við áætlanir um uppbyggingu sænska raforkukerfisins. Sérhvert orkubú varð að geta annað sínum skuldbindingum í þurrasta ári í röðinni 1940 - 1970, án þess að til skorts kæmi og miðað við að tiltækt varmaafli sé skv. meðallíkum á bilunum. Afhendingaröryggi heildarkerfisins varð þá betra en einstakra orkubúa vegna samlögunaráhrifa, en ekki voru skilgreindar neinar kröfur um hvert það þyrfti að vera.

Ofangreint skilyrði um orkugetu í vatnsrýrasta ári tekur aðeins tillit til breytileikans í orkuframboði vatnsaflsvirkjana, en ekki til breytileika í markaði eða tiltæku varmaafli. Eftir því sem hlutur varmaaflsins vex í sænska orkukerfinu, verða áhrif breytileika í tiltæku varmaafli meiri og afhendingaröryggi orkunnar færi því lækkandi ef þurrársskilyrðið væri notað áfram.

Vegna þeirra galla á þurrársskilyrðinu, sem að framan eru nefnd, var sett á stofn nefnd til að endurskoða þau skilyrði sem nota á við áætlanagerð um uppbyggingu orkuvinnslukerfisins. Þessi nefnd lagði til, að notað yrði svokallað "tölfræðilegt orkuskiilyrði" (statistiska energikriteriet), en það er frábrugðið þurrársskilyrðinu á eftirfarandi hátt: Skilyrðið tekur ekki eingöngu til óvissunnar í vatnsafl, heldur er einnig litið á markaðinn og tiltækt varmaafli sem óvissar stærðir, sem meðhöndla verður á tölfræðilegan hátt. Einnig er reiknaður leyfilegur markaður fyrir heildarkerfið, miðað við hagkvæmasta afhendingaröryggi. Markaðnum er síðan skipt niður á einstök orkubú.

Við notkun tölfræðilega orkuskiilyrðisins er gengið út frá því, að raforkuöflunarkerfið grundvallist á eftirfarandi þrem þáttum:

- * Orkuforða langtímamiðlana kerfisins.
- * Rennslisorku kerfisins að frádregnu framhjárennslis
- * Tiltækri orku frá varmaflsstöðvum

Rekstrareftirlíkingar í tölvu hafa sýnt, að sú orka sem til ráðstöfunar er í vatnsrýrum árum fæst frá þessum þáttum á eftirfarandi hátt:

- Langtímamiðlanir eru að meðaltali nýttar niður í 20% af fullri miðlun. Í vatnsrýrum árum er hægt að nýta þær niður í um 5% af fullri miðlun. Þannig má

reikna með að 15% orkuinnihalds langtímamiðlana sé tiltækt sem miðlun milli ára þegar orkuskortur er.

- Nýta má alla rennslisorkuna að frádregnu framhjárennsli (spillkorrigerad tillrinningsenergi).

- Kerfistakmarkanir leyfa ekki meira en 93% nýtingu á tiltækri varmaorku í skortári.

Þetta má draga saman á eftirfarandi hátt:

TAFLA V1.1-1

FRAMLEIDSLUÞETTIR Í SÆNSKA RAFORKUKERFINU

Heildarorka í			Nýtanleg miðlun
langtímamiðlunum	x	0.15 =	milli ára (Þurrársmiðlun)
Rennslisorka að frá-			Nýtanleg
dregnu framhjárennsli	x	1.00 =	rennslisorka
Tiltæk orka frá			Nýtanleg
varmastöðvum	x	0.93 =	varmaorka

Útreikningur á afhendingaröryggi grundvallast á þessum þáttum sem fram koma í töflunni auk þess sem markaðurinn gengur einnig inn í þá reikninga. Mikilvæg forsenda þess að hægt sé að gera útreikningana á auðveldan hátt, er að þættirnir séu allir normaldreifðir og ekki fylgni á milli þeirra. Athugun leiddi í ljós að þessar forsendur eru nálægt réttu lagi.

Þau staðalfrávik sem gilda fyrir fyrrnefnda þætti er sýnd í töflu V1.1-2.

TAFLA V1.1-2

BREYTILEIKI Í FRAMLEIÐSLUPÁTTUM

Framleiðslupáttur	Staðalfrávik
Nýtanleg miðlun milli ára	30 %
Nýtanleg rennslisorka	14,75 %
Nýtanleg varmaorka	3,41 % 1)

1) Breytilegt fyrir einstakar stöðvar

Auk þess er reiknað með, að staðalfrávik á orkuspá sé 5%. Umframgeta orkuvinnslukerfisins á hverjum tíma er síðan reiknuð á eftirfarandi hátt:

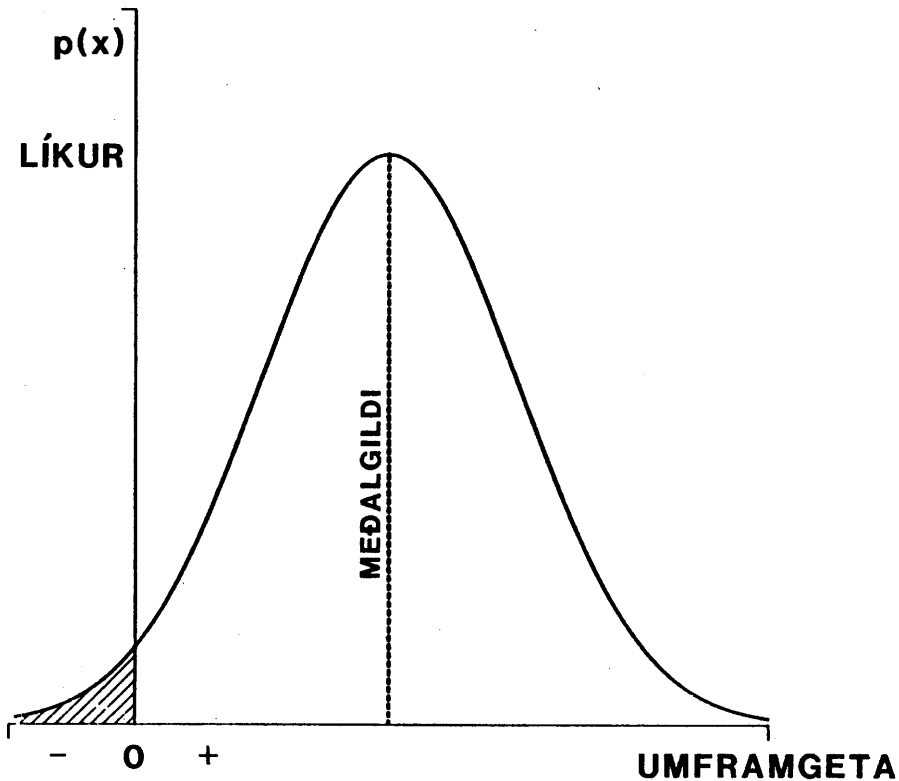
	Staðalfrávik
Nýtanleg miðlun	S_m
+ Nýtanleg rennslisorka	S_r
+ Nýtanleg varmaorka	S_v
- Orkumarkaður	S_o

Umframgeta $S_u = (S_m^2 + S_r^2 + S_v^2 + S_o^2)^{1/2}$

Líkindadreifingin fyrir umframgetu kerfisins er normaldreifing þar sem gert er ráð fyrir að allar stærðir sem inn í útreikning á henni ganga séu það. Stöðluð mynd af dreifingu umframgetu er sýnd á mynd V1.1-1.

MYND V1.1

LÍKINDADREIFING UMFRAMGETU



Á myndinni kemur fram, að það eru nokkrar líkur á að umframgetan sé minni en núll, eða með öðrum orðum, að það eru líkur á því að orkukerfið geti ekki annað orkueftirspurn. Hversu miklar þær líkur eru, má reikna út frá flatarmáli þess svæðis sem takmarkast af líkindakúrfunni að ofan og núllásnum til hægri (skyggða svæðið á myndinni).

Samkvæmt athugun í Svíþjóð er hagkvæmasta afhendingaröryggi kerfisins þar 97 %. Þetta þýðir, að 3 % líkur eru á orkuskorti í kerfi sem rekið er við hagkvæmasta afhendingaröryggi. Við mat á markaðsgetu ákveðins framleiðslukerfis, er markaðurinn stilltur af þangað til hann gefur 3% líkur á orkuskorti. Það er þá markaðurinn sem kerfið annar.

Fyrir kerfið í Svíþjóð rekstrarárið 1982/83 gildir eftirfarandi:

TAFLA VI.1-3

RAFORKUKERFIÐ Í SVÍÐJÓÐ 1982/83

	Meðalgildi GWh	Staðalfrávik GWh
Nýtanleg miðlun milli ára	4774	1434
Nýtanlegt rennsli	58494	8629
Nýtanlegt varmaafli	80325	2742

SAMTALS	143593	9167
- Markaður	94147	4707
=====		
Umframgeta	49446	10305

Sú umframgeta sem þarna kemur fram ásamt staðalfrávikinu þýðir 0,1 % líkur á orkuskorti, eða mun lægra en hagkvæmast þykir. Sá markaður sem gæfi hagkvæmustu líkur á orkuskorti er 122818 GWh. Þetta er sýnt í meðfylgjandi töflu.

TAFLA VI.1-4

**SAMANBURÐUR Á GETU KERFIS OG MARKAÐI
VIÐ HAGKVÆMUSTU LÍKUR Á ORKUSKORTI**

	Meðalgildi GWh	Staðalfrávik GWh
Nýtanleg miðlun milli ára	4774	1434
Nýtanlegt rennsli	58494	8629
Nýtanlegt varmaafli	80325	2742

SAMTALS	143593	9167
- Markaður	122818	6141
=====		
Umframgeta	20753	11034

V1.2 NOREGUR

Áður fyrr var forgangsorkugeta (fastkraft produktionsevne) norska raforkukerfisins skilgreind sem það orkumagn sem kerfið gat afhent í 90 % af vatnsárum, t.d. í 27 árum af hverjum 30. Í 10 % áranna varð að grípa til skerðingar í meira eða minna mæli, en í öðrum árum var hægt að framleiða mismikla afgangsorku auk forgangsorkunnar.

Í staðinn fyrir þessa einföldu skilgreiningu er nú farið að nota skilgreiningu sem tekur meira tillit til hagrænna sjónarmiða. Hagkvæmasta forgangsorkugeta kerfis, miðast við það stig sem gefur besta hagræna rekstrarárangur. Tekið er tillit til möguleika á afgangsorkusölu og einnig tjóns notenda ef skerða þarf forgangsorkuafhendingu (verðlagning orkusurts). Hér skipta miklu máli, möguleikar Norðmanna á sölu afgangsorku til Danmerkur og Svíþjóðar, stundum á mun herra verði en forgangsorkuverð er innanlands. Hagkvæmasta forgangsorkugeta kerfisins er því nú lægri en fyrri skilgreiningar gefa vegna þessara nýju sjónarmiða.

Forgangsorkugeta norska raforkukerfisins var áætluð ca. 75 TWh 1. jan 1979. Framleiðslugeta kerfisins eins og þá var taldist 85 TWh í meðalári, 70 TWh í mjög þurrum árum (extremt tórkear) og 95 TWh í mjög votum árum. Það eru því að meðaltali um 10 TWh á ári í afgangsorkugetu (tilfeldig kraft). Með gagnkvæmum samningum við aðrar þjóðir Norðurlanda, er u.þ.b. 4,2 TWh breytt í forgangsorku. Einnig eykur uppsetning varmaafis í norskum iðnaði forgangsorkugetuna um 0,6 TWh, þannig að forgangsorkugeta norska kerfisins taldist um 80 TWh 1. jan 1979. Vegna erfiðleika á að reikna nákvæmlega afkastagetu í stóru samtengdu raforkukerfi og vegna ónákvæmra grundvallarupplýsinga, telst nákvæmni í útreikningum vera \pm 1 TWh.

Við ákvarðanir um nauðsynlega uppbyggingu orkuöflunarkerfisins í Noregi er miðað við fyrirliggjandi orkusþá og í töflu V1.2-1 eru sýnd sundurgreining vegna ársins 1985.

TAFLA V1.2-1

**FORGANGSORKUÞÖRF Í TWh Á ÁRI SEM LEGGJA Á TIL
GRUNDVALLAR VIÐ UPPBYGGINGU Í NORSKA RAFORKUKERFINU**

1985

Takmark fyrir
uppbyggingu

Almenn notkun	59
Orkufrekur iðnaður	31
Viðbót vegna :	
- kalds vetrar, ófyrir- sjáanlegrar markaðsaukningar, og óvissu í tillögum 1)	2
- af skipulagslegum ástæðum 2)	2
Forgangsorkuþörf	94

1) Spá um almenna notkun er miðuð við meðalhita, þannig að raunveruleg notkun getur orðið mun meiri ef vetur er kaldur. Einnig er óvissa í sjálfri spánni.

2) Samtals 370 aðilar sjá um orkuframleiðsluna í Noregi. Hver um sig hefur fyrst og fremst skyldur við eigið orkuveitusvæði, þannig að hver aðili hugsar fyrst um eigin hag og hag sinna orkukaupenda við samreksturinn. Það er því óraunhæft að reikna með að nýta fræðilega getu kerfisins að fullu.

Eins og fram kemur í töflunni, eru það samtals 4 TWh sem lagðar eru ofan á spá um orkuþörf og uppbygging við það miðuð. NVE (Norges Vassdrags- og Elektrisitetsvesen) lagði til árið 1979 að miða þessa viðbótarorku við 5 TWh, en norska ríkisstjórnin lækkaði þá tölu í 4 TWh eins og fram kemur í töflunni. Norska ríkisstjórnin hefur ákveðið að miða við 1,5 TWh ofan á áætlaðan markað ársins 1990 við virkjanaáætlanir. Þessi lækkun er talin möguleg vegna betri reikniaðferða og samræmdari framleiðslustjórnunar.

V1.3 NÝJA-SJÁLAND

Raforkuöflunarkerfi Nýja-Sjálands samanstendur af vatnsafl, jarðgufu og varmaorkuverum og stendur vatnsaflíð fyrir um 2/3ju af orkugetu kerfisins.

Orkuráðuneyti Nýja-Sjálands telur nauðsynlegt að hafa ákveðna umframgetu orkukerfisins ef viðhalda eigi nægilegu afhendingaröryggi orkunnar. Þau atriði sem einkum eru höfð í huga eru:

- * Vanmat í orkusþá
- * Minnkun í framleiðslu vatnsaflsstöðva
- * Seinkun í gangsetningu nýrra stöðva
- * Skammtímasveiflur í rennsli
- * Áreiðanleiki aflstöðva
- * Mikill kostnaður við keyrslu olíustöðva, ef keyra þarf þær um lengri tíma

Geta kerfisins er ákveðin út frá framleiðslu í hæfilega þurru ári (moderately severe dry year) og telst þá framleiðsla vatnsaflsstöðva vera 15 % undir meðalgetu. Nýting olíustöðva í slíku ári má ekki vera meiri en 15 % fyrir ódýrari stöðvarnar, en 5 % fyrir stöðvar með gashverfla. Við áætlanagerð er þess síðan krafist, að þessi framleiðslugeta, vatnsafl og olíustöðvar, sé a.m.k. 7 % hærri en áætluð markaðspörf hvers ár. Þetta skilyrði um umframgetu í þurru ári (dry year energy margin) er því ráðandi um tímasetningar nýrra virkjana.

Í orkuáætlun fyrir 1982 frá orkuráðuneyti Nýja-Sjálands segir m.a. (sjá Ministry of Energy, New Zealand: 1982 Energy Plan):

"Venjulega er hægt að finna margar virkjunarleiðir sem allar uppfylla staðalkröfuna um 7 % getu umfram álag í einu þurru ári af 20 (skilgreint sem það ástand þegar vatnsaflskerfið framleiðir aðeins 85 % af meðalgetu). Þessar leiðir kosta mismikið, en hafa einnig mismunandi eiginleika. T.d. mun leið með mörgum smástöðvum sem koma inn í takt við álagið, fylgja mörkunum um 7 % umframgetu mun nákvæmar en leið með fáum stórum (en kannski ódýrari á orkueiningu) stöðvum. Vegna breytileika í vatnsrennsli hafa þær virkjunarleiðir, sem byggjast á vatnsafl, öðruvísi eiginleika en þær sem byggjast á varmaorkuverum. Til að geta borið leiðirnar saman er því nauðsynlegt að geta áttað sig á þeim kostnaði sem leiðir af óvissunni.

Möguleg aðferð er sú, að sleppa algjörlega því að nota skilyrðið um umframgetu og reikna kostnað við stækkun

kerfisins með öllum óvissuþáttum inniföldum. Sú virkjunarleið sem þá kæmi ódýrust út, er valin. Hvernig á að beita þessari aðferð er enn ekki nógu þróað til að hægt sé að leggja skilyrðið um 7 % umframgetu til hliðar. Hins vegar hafa athuganir á þessu ári sýnt, að notkun þess virðist ekki óeðlileg (not inappropriate). "

Í orkuáætluninni fyrir 1982 kemur einnig fram mat á óvissu í markaðsspá. Þar eru gefin upp 80 % líkindasvæðin fyrir raforkuspá 5, 10 og 15 ár fram í tímann. Mörkin eru \pm 5 % fyrir 5 ára spána, \pm 10 % fyrir 10 ára spána og \pm 15 % fyrir 15 ára spána.