



ORKUSTOFNUN
Vatnsorkudeild

Erlingur E. Jónasson
Árni Snorrason

HRAUNAVIRKJUN

Kostnaðaráætlun - kerfisgreining

OS-96009/VOD-01

Reykjavík, febrúar 1996



ORKUSTOFNUN
Grensásvegi 9, 108 Reykjavík

Verknr. 520 767

Erlingur E. Jónasson
Árni Snorrason

HRAUNAVIRKJUN

Kostnaðaráætlun - kerfisgreining

OS-96009/VOD-01

Reykjavík, febrúar 1996

ISBN 9979-827-67-X

Ágrip

Hraunavirkjun er hér kynnt sem valkostur við Fljótdalsvirkjun. Í stað þess að veita Jökulsá í Fljótsdal út Fljótdalsheiði og virkja í mynni Norðurdals eins og lagt er til í áætlunum um Fljótdalsvirkjun er ánni veitt austur fyrir Suðurdal og fram með honum og virkjað í mynni hans. Vatninu er veitt um ámóta löng göng og í Fljótdalsvirkjun. Í Hraunavirkjun liggja göngin hins vegar um land sem gefur meira vatnsrennsli en í tilfelli Fljótdalsvirkjunar. Kostir Hraunavirkjunar umfram Fljótsdalsvirkjun felast því í meira virkjuðu rennsli við svipaðan tilkostnað ef eingöngu væri tekið vatn á gangnaleiðinni. Hins vegar er hagkvæmt að auka vatnsrennsli til virkjunarinnar verulega með tveimur veitum sunnan og austan við aðalveitugöng virkjunarinnar, og miðast gerð kostnaðaráætlana við það.

Í skýrslunni er greint frá þremur útfærslum af virkjuninni og þar af eru kostnaðarreiknaðar til fulls tvær, Hraunavirkjun efri og Hraunavirkjun neðri. Í þeirri efri er virkjað í einu þrepi frá Eyjabökkum. Í neðri útfærslunni er virkjað í tveimur þrepum, litlu og stóru. Byggingakostnaður útfærslanna er svipaður, um 50 milljarðar króna miðað við verðlag í desember 1994. Raforkuframleiðsla þeirra er einnig áætluð svipuð um 3200 GWh miðað við markað með 70% stóriðjuhlutfalli. Orkukostnaður er því áætlaður innan við 17 kr/kWh/ári við stöðvarvegg. Miðað við jafnaðargreiðslur til 40 ára á 6% ársvöxtum gefur það orkukostnað um 20 mills. Niðustaðan bendir til þess að orkuverð frá Hraunavirkjun yrði 15-20% lægra en frá Fljótdalsvirkjun. Hér fyrir neðan eru sýndar helstu kennistölur beggja útfærslna Hraunavirkjunar.

Helstu einkennistölur Hraunavirkjunar

	Efri	Neðri	Eining
Rennsli og miðlun			
Vatnasvið virkjunar	873	896	[km ²]
Heildar afrennsli	2,288	2,326	[Gl/ári]
Virkjað rennsli	2,159	2,218	[Gl/ári]
Til Eyjabakkamiðlunar	1,157	1,189	[Gl/ári]
Eyjabakkamiðlun (nettó)	1000	1090	[Gl]
Inntakslón		5	[Gl]
Smámiðlanir u.þ.b.	130	140	[Gl]
Afl og Orka			
Uppsett afl	496	461 og 51	[MW]
Rekstrarfallhæð	605	550 og 77	[m]
Framleiðslugeta	3,127	3,225	[GWh/ári]
Kostnaður			
Við Eyjabakka	4947	5040	[MKr]
Aðalvatnsvegur	8165	8429	[MKr]
Veitur	7140	7135	[MKr]
Stöðvarmannvirki	7962	9197	[MKr]
Annað	792	776	[MKr]
Samtals			
Verkkostnaður	29,005	30,577	[MKr 12.92]
Stofnkostnaður	51,721	54,524	[MKr 12.94]
Á orkuveiningu	16.5	16.9	[kr/kWh/ári]

Útgáfa þessarar skýrslu um Hraunavirkjun markar tímamót hvað varðar forathuganir Orkustofnunar á virkjunarkostum. Forathugun á Hraunavirkjun leiddi í ljós að mikil þörf var á meiri sjálfvirkni í útreikningum. Sérstaklega þurfti að tengja gerð kostnaðaráætlunar beint við virkjað rennsli. Það gerir mögulegt að reikna jaðarkostnað einstakra mannvirkja og veitna. Þetta var gert og ef forsendur breytast er auðvelt að endurmeta kostnað og virkjað rennsli.

1. Inngangur

Þessi texti er framhald þeirrar vinnu sem þegar hefur verið skýrt frá í skýrslum Hauks Tómassonar [Hraunavirkjun hin meiri. Lausleg forathugun, 1992] og Halldórs Péturssonar [Hraunavirkjun. Forathugun- kerfisgreining, 1993]. Þar var gert ráð fyrir að Fljótsdalsvirkjun yrði byggð, og Hraunavirkjun útfærð sem viðbót við hana. Eins og landsmenn þekkja var ekki ráðist í byggingu Fljótsdalsvirkjunar. Því hefur forathuginni á Hraunavirkjun verið beint í nýjan farveg, þ.e. hvort ekki sé til hagkvæmari leið við að virkja það vatn sem fellur til Fljótsdals. Kannaðar voru starlega tvær útfærslur af Hraunavirkjun og lauslega ein til viðbótar. Allar útfærslunar nýta afrennsli Jökulsár í Fljótsdal við Eyjabakka.

Meðan margar útfærslur eru til athugunar verður sérnafnið Hraunavirkjun notað sem samheiti allra útfærslanna. Einstaka útfærslur eru aðgreindar með auknefni. Einn meginmunur útfærslanna birtist í mismunandi hönnunarfallhæð þeirra. Því eru heiti tengd hæð notuð til aðgreiningar. Útfærslunar eru auknefndar: efri, milli og neðri.

Skýrslunni er skipt í sex kafla. Í öðrum kafla, Virkjunartilhaganir, er fjallað um veiturnar og veitumannvirkin. Sýndar eru yfirlitsmyndir af þeim tveimur útfærslum sem kannaðar voru starlega. Þriðji kafli fjallar um afrennsli Hrauna og uppbyggingu rennslislíkans sem gert var til að áætla orkuframleiðslu Hraunavirkjunar. Rennslislíkanið var einnig notað til að ákvarða hönnunarstærðir stórra vatnsvega og stífna. Í fjórða kafla er lýst kostnaðarlíkani sem gert var af Hraunavirkjun. Í fimmta kafla eru niðurstöður kynntar. Í sjötta kafla eru settar fram tillögur að framhaldsrannsóknum í tengslum við frumhönnun og verkhönnun virkjunarinnar. Aftast eru viðaukar sem sýna línurit af niðurstöðum rennslislíkansins. Viðauki I sýnir rennsli um stærstu göng Hraunavirkjunar efri. Viðauki II sýnir áætlaða þrýstihæð vatnsrennslisins í göngunum á nokkrum stöðum. Viðaukanum er skipt í tvo hluta, II-A fyrir Hraunavirkjun efri og II-B fyrir sambærileg göng Hraunavirkjunar neðri. Lesendur eru vinsamlegast beðnir um að athuga að vegna tæknilegra annmarka var ekki öðru komið við en að komma aðgreini milli þúsunda og punktur skiptir yfir í kommutölur, skv. amerískri hefð.

Ástæða er til að benda á tvær skýrslur sem nýlega hafa komið út tengdar Hraunavirkjun. Þær eru *Hraunavirkjun- Rannsóknir á lífríki vatna* eftir Hákon Aðalsteinsson (1995) og *Gróðurfar við Folavatn austan Eyjabakka* eftir Kristbjörn Egilson og Hörð Kristinsson (1995). Einnig hafa verið gefin út jarðfræðikort af nánast öllu svæðinu og skýrslur um þau. Nýlega hefur verið lokið við gerð gróðurkorta á tölvutæku formi af Hraunum og bíða þau útgáfu. Berggrunnskort (Sviðin-hornahraun) eftir Árna Hjartarson og Þórólf H. Hafstað liggur fyrir á tölvutæku formi í hvaða mælikvarða sem óskað er. Í deigluinni eru einnig skýrslur um vatnafar Hrauna og nálægra svæða í umsjá Árna Snorrasonar, og mannvirkjajarðfræði svæðisins í umsjá Birgis Jónssonar. Verið er að ganga frá skýrslu um gróðurfar á Hraunum austan Kelduár (Kristbjörn Egilsson), og hafin samantekt um almennt náttúrufar, landafræði og jarðfræðileg sérkenni (Einar Þórarinnsson), auk samantektar um helstu umhverfisáhrif (Hákon Aðalsteinsson).

2. Virkjunartilhaganir

Í þessum kafla eru birtar yfirlitsmyndir af Hraunavirkjun efri og neðri. Látið er nægja að birta stutta lýsingu af milliútfærslunni. Á myndunum má finna staðsetningu helstu mannvirka, örnefni og heiti veitna. Einnig er mannvirkjunum lauslega lýst og dregið fram það sem er sameiginlegt og frábrugðið með útfærslunum. Hönnunarstærðir vatnsvega og annarra mannvirkja eru í niðurstöðukaflanum.

Myndir 1 og 2 sýna Hraunavirkjun efri og neðri.

2.1 Lýsing mannvirkja og veitna

Hraunavirkjun nýtir afrennsli vatns af fimm meginvatnasviðum. Þau eru vatnasvið Jökulsár í Fljótsdal, Kelduár í Suðurdal, Fossár í Berfirði, Hamarsá og Geithellnaár í Hamarsfirði. Að auki er tekið vatn af vatnasviðum Gríms-, Gils- og Geitdalsár, og einnig af vatnasviðum Víðidalsár og Jökulsár í Lóni. Þrjár veitur skila vatninu til virkjunarinnar. Þær eru Hraunaveita sem nær til afrennslis Jökulsár í Fljótsdal, Kelduár og Jökulsár í Lóni úr Vatnadæld, Suðurfjarðaveita sem nær til afrennslis Víðidalsár og Hamarsfjarðaráranna og Lskárvatnsveita sem nær til afrennslis Berufjarðar, Gríms-, Gils- og Geitadalsár.

Þessum kafla er skipt niður eftir veitum, fyrst verður fjallað um mannvirki Hraunavirkjunar efri og því næst um mannvirki Hraunavirkjunar neðri. Í lok hvers kafla verður svo fjallað um mannvirki milliútfærslunnar. Þessi háttur er hafður á þar sem milliútfærslan er um margt frábrugðin Hraunavirkjun efri og neðri.

2.1.1 Hraunaveita










Til Hraunaveitu teljast öll mannvirki sem veita eða miðla vatni Jökulsár í Fljótsdal, Kelduár, Grjótár, Innri- og Ytri Sauðár, Fellsár, Sultarranaár og Vatnadældar.

Hraunavirkjun efri

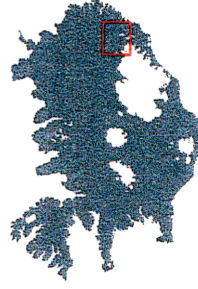
Fremstavatn í Vatnadæld er stíflað. Þannig má veita vatninu til Kelduár. Einnig er með pípu-skurði náð í lítinn hluta afrennslis norðvestur hluta Kollumúla til Fremstavatns. Með litlunum skurðum og jarðgangastubbi er vatninu veitt milli lítilla stöðuvatna í Vatnadæld inn á vatnasvið Kelduár.

Eyjabakkamiðlun er langstærsta miðlun veitunnar og aðalmiðlun Hraunavirkjunar. Hún mun miðla afrennsli Jökulsár í Fljótsdal, Hraunaveitu og Suðurfjarðaveitu. Nafnið Eyjabakkamiðlun verður hér notað sem samheiti yfir Eyjabakka- og Kelduárlón, enda um eina miðlun að ræða þar sem þær eru tengdar með göngum. Einnig verður stífla Eyjabakkamiðlunar samfelld frá Eyjabökkum til Kelduár með krónuhæð í rúmum 675 m y.s. Gert er ráð fyrir að göngin milli lónanna séu um 2.5 km löng. Við vestari enda ganganna er skurður. Gert er ráð fyrir að hann beri hönnunarrennsli við vatnsborð í 648 metra hæð. Við eystri enda ganganna er samfelldur skurður til Hraunaveituganga. Hönnun hans miðast við að skila hönnunarrennsli frá Eyjabakkalóni í 648 m y.s. til Hraunaveituganga. Við munna Hraunaveituganga er gert ráð fyrir inntaksmannvirki. Það verður að geta miðlað vatni inn og út úr göngunum. Það er vegna þess að Hraunaveitugöng eru bæði hugsuð til að veita vatni til virkjunar og til miðlunar. Nánar verður vikið að þessu atriði síðar.

Skýringar:

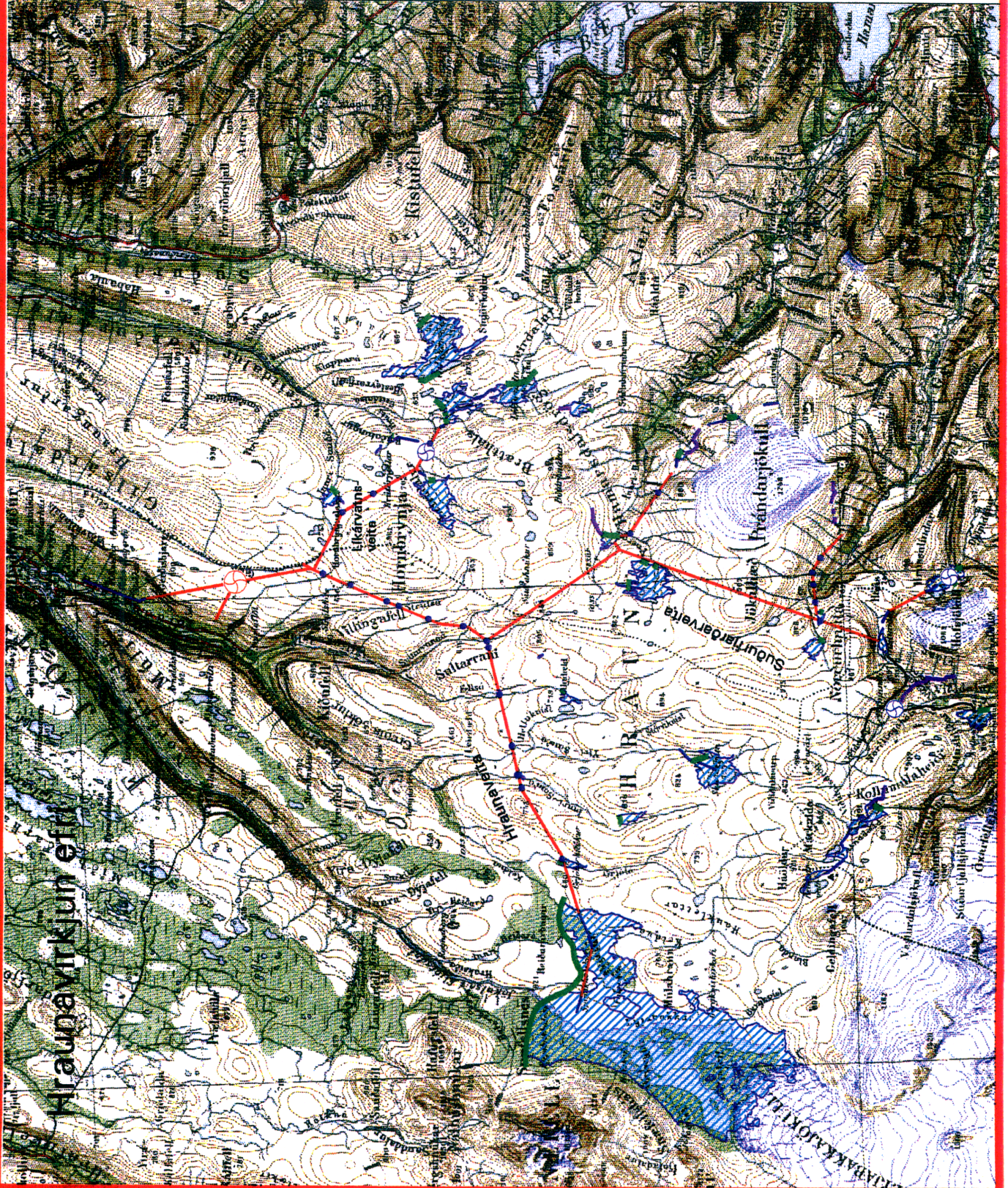
-  Göng
-  Skurðir
-  Stíflur
-  Pípuskurðir
-  PEH-leiðslur
-  Stöðvarhús
-  Dælustöð
-  Lækjarinntak
-  Lón

Mælikvarði 1:270000




Mynd 1

VOD-VÁ EEJ
 Jún 1995
 Unnió í Arc/Info



Skýringar:

-  Göng
-  Skurðir
-  Stfflur
-  Pípurskurðir
-  PEH-leiðslur
-  Stöðvarhús
-  Dælustöð
-  Lækjarinntak
-  Lón

Mælikvarði 1:270000

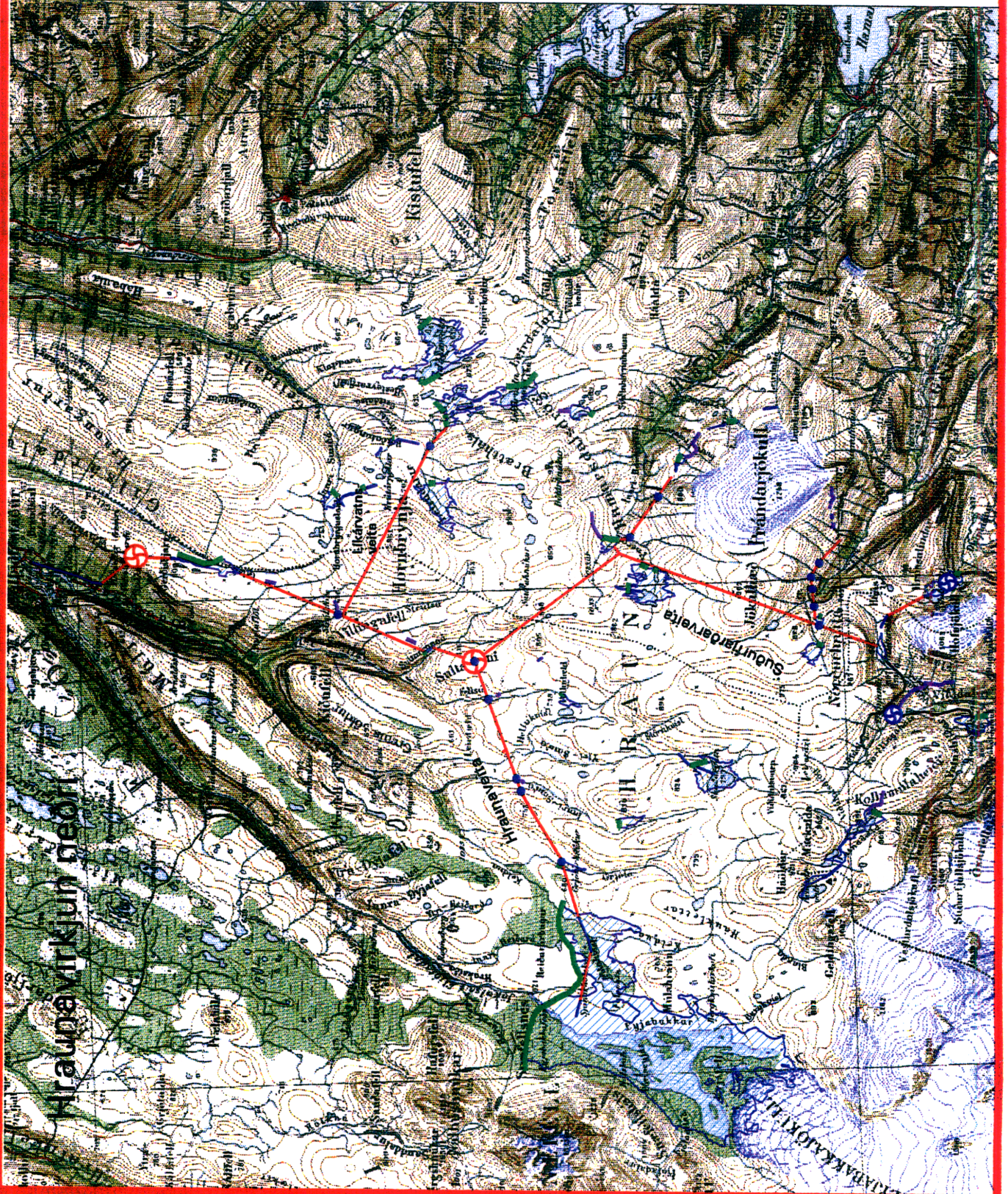


Mynd 2

VOD-VÁ EEJ

Jún 1995

Unnið í Arc/Info



Hraunaveitugöng liggja milli Kelduár og Sultarraná. Þau eru rúmlega 13 km löng. Tekið yrði vatn inn í þau um fimm lækjarinntök og einnig inn um munna hjálparganga við Ytri Sauðá.

Gert er ráð fyrir að stífla Grjóta því sem næst beint yfir Hraunaveitugöngum. Miðlunin er fyrst og fremst hugsuð að til að dempa flóðtoppa. Vatnið frá ánni er veitt til ganga Hraunaveitu inn um lækjarinntak.

Innri Sauðá er stífluð því sem næst inn á miðju vatnasviði sínu. Miðlunin er lítil og dempar því eingöngu flóðtoppa. Yfir Hraunaveitugöngum er lækjarinntak sem veitir vatni Innri Sauðár til ganganna. Einnig er lítið lækjarinntak eilítið austan aðalinntaksins. Það grípur vatn lítillar þverár Innri Sauðár.

Ytri Sauðá rennur um Sauðárvatn. Útfall vatnsins verður stíflað. Einnig er gert ráð fyrir allöngum skurði sem lægi eftir botni vatnsins og nokkuð eftir farvegi árinna. Þannig myndast nægt miðlunarrými til að jafna út aðrennsli Sauðárvatns. Vatnasvið Sauðárvatns er rúmur þriðjungur alls virkjaðs vatnsviðs Sauðár. Afrennsli nyrðri hluta vatnasviðsins rynni því ómiðlað til ganga. Vatninu verður beint inn um hjálpargöng Hraunaveituganga sem er gert ráð fyrir að þurfi við gerð þeirra.

Einnig er gert ráð fyrir að stífla Fellsá inn á miðju vatnasviði sínu til að dempa flóðtoppa. Líkt og áður er vatni Fellsár veitt inn um lækjarinntak í Hraunaveitugöng.

Ekki er gert ráð fyrir miðlun í Sultarranaá. Tvö lækjarinntök eru notuð til að grípa vatn Sultarranaár og lítillar þverár hennar austan við aðalvatnsfallið. Við Sultarranaá mætast Hraunaveitu- og Suðurfjarðagöng. Við taka Hornbrynjugöng sem veita vatninu í átt til stöðvarhússins í Suðurdal. Við gangamótin er gert ráð fyrir hjálpargöngum.

Hraunavirkjun neðri

Hraunaveita er útfærð mjög líkt því sem gert er í Hraunavirkjun efri. Helsta breytingin er að aðeins er um eitt lækjarinntak að ræða í Sultarranaá. Það lækjarinntak verður reyndar ekki hefðbundið eins og vikið verður að í undirkaflanum um stöðvarmannvirki. Einnig eru gangamótin þar eilítið norðvestar. Á gangamótunum verður smávirikun sem virkjar vatnið frá Hrauna- og Suðurfjarðaveitu niður í um 600 metra hæð. Fjallað verður betur um það síðar.

Hraunavirkjun milli

Hér er einugis gert ráð fyrir að stórra miðlun við Eyjabakka, þ.e. einungis er gert ráð fyrir lítilli veitustíflu við Kelduá. Göngin milli Kelduár og Kelduárskurðar yrðu óbreytt nema hvað þau lægju hærra og yrðu þar með ódýrari mannvirki. Í göngunum er gert ráð fyrir dælum til að nýta miðlunarrými Eyjabakkalóns niður að 648 m y.s og til að dæla vatni sem þarf að miðla frá Hraunum í lónið. Rennsli frá Eyjabakkalóni hefur ferð sína ávallt í rúmum 650 m y.s. Með þessu fyrir komulagi er hægt að færa vatnsveginn niður að 650 metra hæðarlínunni. Aðeins þyrfti stutta gangastubba undir hæstu höftin milli ána að Sultarrana. Að öðru leyti væri vatnsvegurinn smálón og skurðir. Við Sultarrana væri hægt að hafa inntakslón. Ókostur þessarar tilhögunar er sá að einungis er hægt að miðla hluta afrennslis Fellsár og ána vestan við hana til Eyjabakka. Einnig þyrfti að huga að ísamálum við verkhönnun Hraunaveitu.

2.1.2 Suðurfjarðaveita

Til Suðurfjarðaveitu heyrir afrennsli Víðidals, Geithellnadal og Hamarsárdals. Tilhögun Suðurfjarðaveitu er í aðalatriðum eins í öllum útfærslum, því verður umfjöllunin ekki aðgreind hér. Byrjað verður á að lýsa mannvirkjum syðst á veitusvæðinu.

Gert er ráð fyrir að stífla Kollumúlavatn og hækka vatnsborð þess um 10 metra í 635 m y.s. Þaðan er vatninu veitt um polyethelene plastleiðslu til dælustöðvar í Viðidal. Austan í Viðidalnum er pípurskurður sem veitir afrennsli vestanverðs Hofsjökuls til dælustöðvarinnar. Gert er ráð fyrir smástíflu í Viðidalsá með yfirfallshæð í 719 m y.s. Þaðan er vatninu veitt um polyethelene leiðslu til Hnútuvatns. Afrennsli neðan stíflunnar heim að dællunni í 625 m y.s er dælt. Frá dælustöðinni er vatninu veitt um trefjaplastleiðslu upp í fyrrgreinda polyethelene leiðslu.

Við efstu drög Hofsar eru tvö vötn. Vötnin eru í 712 og 700 m y.s. Þau verða því kölluð hér Hofsarvatn efra og neðra. Við útfall vatnanna er gert ráð fyrir smá stíflum. Vatni frá neðra stöðuvatninu verður dælt til þess efra. Frá efra vatninu liggja sprengd 2.1 km lágmarksgöng til Hnútuvatns.

Við útfall Hnútuvatns er gert ráð fyrir smástíflu. Vatnsborð vatnsins yrði hæst í um 685 m y.s. Við norðanvert vatnið byrja hin eiginlegu Suðurfjarðagöng sem liggja beina leið til Hamarsárvatns og þaðan til norðvesturs til Hraunaveituganga. Að Geithellnadal eru göngin nefnd Hnútuvegöng. Þangað duga lágmarksgöng til að veita vatninu. Frá Hnútuvatni til Geithellnadals eru um 2.7 km.

Á bergbrún við enda Geithellnadals er gert ráð fyrir smálóni, Geithellnalóni. Til lónsins er veitt vatni frá 4.5 km vélboruðum lágmarksgöngum er liggja sunnan undir Þrándarjökli. Suðaustan undir jöklinum er gert ráð fyrir nokkrum pípurskurðum sem veita vatni til ganganna. Í göngin rennur vatn inn um fjögur lækjarinntök. Afrennsli Geithellnavatns rennur einnig til þessa lóns. Gert er ráð fyrir stíflu við útfall vatnsins. Vatnsborð þess yrði hæst um 818 m y.s.

Úr Geithellnalóni rennur vatnið um lækjarinntak í göngin. Afrennsli á þessu svæði er mikið og því eru gert ráð fyrir að göngin séu víkkuð úr lágmarks göngum í það að geta borið ríflega 30 rúmmetra rennsli.

Þrýstihæð vatnsins við Geithellnavatn getur orðið meiri en við Hnútuvatn. Því þarf loku í göngin þar svo vatn renni ekki til Hnútuvatns við þær aðstæður. Frá Geithellnadal til Hamarsár liggja um 10.2 km löng göng, Geithellnagöng.

Hamarsárvatn er stíflað á þremur stöðum til að auka miðlunargetu þess. Einnig er gert ráð fyrir skurðum úr vatninu og nokkuð eftir farvegi árinna. Vatnsborð Hamarsárvatns verður hæst 818 m y.s.

Í um 700 m y.s er Hamarsá stífluð. Í lónið rennur vatn frá vélboruðum lágmarksgöngum 3.9 km að lengd norðan Þrándarjökuls og úr Hamarsárvatni. Kerfi veitustíflna, smáskurða og pípurskurða veita vatni frá norðanverðum jöklinum til ganganna. Í göngin rennur vatn um tvö lækjarinntök. Vatninu úr smálóninu við Hamarsá er veitt í Suðurfjarðagöngin um hjálpargöng. Af sömu ástæðu og fyrr eru göngin víkkuð í það að geta borið tæplega 60 rúmmetra rennsli. Göngin frá Hamarsá að Sultarana eru um 8.5 km löng og eru nefnd Hamarsgöng.

2.1.3 Líkárvatnsveita og Hornbrynjugöng

Hornbrynjugöng liggja frá gangamótum Hraunaveitu- og Suðurfjarðaganga til efstu draga Gilsárdals. Til Líkárvatnsveitu heyra Ódávötn, Líkárvatn, Leirudæld og Hornbrynjuslakki.

Hraunavirkjun efri

Hornbrynjugöng eru 9.0 km löng. Yfir göngunum verða sex lækjarinntök. Þau munu veita afrennsli Hornbrynju til þeirra. Við uppdrög Gilsárdals er gert ráð fyrir hjálpargöngum. Að loknum byggingartíma er gert ráð fyrir að veita Gilsá inn um þau. Gert er ráð fyrir pípurskurðakerfi norður eftir austuhlíð dalsins til að veita vatninu um hjálpargöngin

Bótaárvatn er norðan við Lskárvatn. Úr því rennur nú í Fossá í Berufirði. Gert er ráð fyrir að stífla vatnið og veita afrennsli þess til Lskárvatns. Lskárvatn verður einnig stíflað og einnig er gert ráð fyrir að stífla Geitdalsá við uppdrög dalsins. Milli lónanna verður vatninu veitt um skurð. Þessi tvö lón eru því nefnd einu nafni Lskárvatn. Vatnsborð Lskárvatns verður mest í um 596 m y.s.

Ódáðavötn eru nú þegar notuð sem miðlun fyrir Grímsárvirkjun. Gert er ráð fyrir að auka miðlunina í þeim. Til þess þarf að hækka núverandi stíflu og reisa nýja við syðri hluta þeirra. Vatnsborð þeirra verður hæst í 617 m y.s. Afrennsli Ódáðavatna verður veitt til Lskárvatns. Á svæðinu er miðlunarrými gott og munu þær jafna rennslinu verulega. Frá Lskárvatni er vatninu veitt um vélboruð lágmarksgöng.

Lskárvatnsgöng eru samtals um 9.6 km löng. Um einn km frá Lskárvatni er gert ráð fyrir lækjarinntaki. Í það mun renna vatn frá vesturhlífum Geitdals. Tveir skurðir og veitustífla í slakkanum munu skila vatninu rétta leið. Vestan við lækjarinntakið er gert ráð fyrir dælustöð. Hún mun lyfta vatninu úr tæpum 600 metra í rúmlega 680 m y.s.

Í Leirudæld er ágætis stíflustæði. Gert er ráð fyrir að mynda þar lón með vatnsborðshæð í 692 m y.s. Það mun jafna rennslið frá Leirudæld verulega. Úr Leirudæld mun vatnið renna í Lskárvatnsgöng um hjálpargöng. Við hjálpargöngin eru Lskárvatnsgöng eru sveigð norður til að sækja vatn í Hornbrynjuslakka. Smástíflur og skurðir veita vatninu til tveggja lækjarinntaka.

Hraunavirkjun neðri

Smálón í Sultarranaá skiptir Hornbrynjugöngum í tvo hluta. Annars vegar sem frárennslisgöng frá smávirjuninni sem virkjar fallið frá Eyjabakkalóni og Suðurfjarðaveitu niður í 600 m y.s. og hins vegar í göng frá smálóni við enda frárennslisganganna til inntakslóns sem verður við uppdrög Gilsárdals. Aðeins er þörf fyrir eitt lækjarinntak í þessari tilhögun. Notaðir eru þrjú pípu-skurðir, einn til að sameina læki og tvo til að beina vatninu til lónanna sitt hvoru megin við Hornbrynjugöng.

Í grófum dráttum er útfærsla Lskárvatnsveitu hin sama og höfð er við Hraunavirkjun efri. Meginbreytingin er sú að ekki er þörf fyrir dælustöð. Til að vatnið verði sjálfrennandi þurfa Lskárvatnstíflurnar að vera tveimur til þremur metrum hærrí en í efri útfærslunni. Í Hornbrynjuslakka er bætt við veitustíflum og smáskurðum til að losna við hlykkinn á gögunum og fækka lækjarinntökum. Úr Leirudældinni rennur vatnið í sínum náttúrulega farvegi niður að 600 m hæðarlínum. Þannig er hægt að fækka lækjarinntökum niður í eitt. Það verður staðsett á svipuðum slóðum og hið austasta í Hraunavirkjun efri.

Hraunavirkjun milli

Hornbrynjugöng yrðu í aðalatriðum útfærð líkt og í Hraunavirkjun efri, lækjarinntökk yrðu þó færri vegna lægri legu þeirra.

Hér er gert ráð fyrir að veita rennslinu frá Lskárvatni til Hornbrynjuslakka svipaða leið og því er veitt frá honum að lægsta lækjarinntakinu í Hraunavirkjun efri. Þannig væri hægt að stytta göngin að aðalvatnveginum talvert. Við enda ganganna er gert ráð fyrir dælustöð til að veita vatninu til aðalvatnvegarins.

2.1.4 Að- og frárennslisgöng og stöðvarmannvirki

Hraunavirkjun efri

Aðrennslisgöng Hraunavirkjunar efri byrja við gangamót Lskárvatns- og Hornbrynjuganga. Gert er ráð fyrir að þau verði rúmlega 4 km löng. Þar taka við hefðbundin stálfóðruð fallgöng til stöðvarhellis. Frá stöðvarhellinum liggja um 4 km frárennslisgöng til Suðurdals. Gert er ráð fyrir jöfnunarþróum við gangamót Lskárvatns- og Hornbrynjuganga en þar er landhæð um 675 m y.s.

Líklegast er hagkvæmast að nota hjálpargöngin með smábreytingum sem jöfnunarþró.

Vélum og rafbúnaði verður komið fyrir í stöðvarhelli. Án frekari rannsókna er ekki hægt að mæla með að aðrennslisgöng til hans verði lengri en fjórir km. Þetta er vegna vandamála sem gætu komið upp við þrýstijöfnun væru þau lengri. Staðsetning stöðvarhellisins miðast því við það skilyrði. Aðkomugöng verða um 1900 m löng til stöðvarhellisins. Trúlega er hagkvæmast að hafa vélarnar af Pelton gerð. Þó kemur til greina að hafa vélarnar af Francis gerð. Öxulhæð Pelton vélanna verður um 45 m y.s.

Frärennslisgöng liggja út í Suðurdal nálægt Sturlufliót. Lokaferð vatnsins um veituvirki Hraunavirkjunar efri er um skurð að mynni Suðurdals.

Hraunavirkjun neðri

Virkjað er á tveimur stöðum í Hraunavirkjun neðri, eins og komið hefur fram áður. Til að vatnið verði sjálfrennandi er vatn frá Suðurfjarða- og Hraunaveitu virkjað niður í 600 metra við gangamót veitnanna. Verg fallhæð í Suðurdal verður minni en í Hraunavirkjun efri eða rúmir 550 metrar.

Virkjunin við gangamót Hraunaveitu og Suðurfjarðaganga verður smá eða 50 MW. Framhjárrennsli til Hraunaveituganga verður að hafa til að veita vatni til Eyjabakkamiðlunar þegar þess er þörf. Gert er ráð fyrir hefðbundinni þrýstijöfnun. Reyndar mun þrýstijöfnunin einnig þjóna hlutverki lækjarinntaks. Gert er ráð fyrir um 0.4 km löngum aðkomugöngum til stöðvarhellisins. Stöðvarhellirinn mun hýsa vélar og rafbúnað. Fyrir valinu verða án efa vélar af Francisgerð.

Aðrennslisgöng virkjunarinnar í Suðurdal eru hefðbundin. Fyrsti hluti verður tæplega 2 km löng lágþrýst vélboruð göng. Þar taka við hefðbundin stálfóðruð fallgöng til stöðvarhellis.

Hagkvæmara er að staðsetja stöðvarhellinn nokkru norðar en í Hraunavirkjun efri. Þannig er hægt að ná öxulhæð vélanna niður í 31 m y.s. Vélbúnaður er sá sami og áður er lýst og allur annar frágangur. Aðkomugöng virkjunarinnar yrðu þó styttri eða rúmur einn km.

Hraunavirkjun milli

Hér er gert ráð fyrir svipuðum lausnum og fyrir neðri útfærsluna. Inntakslón virkjunarinnar er þó í farvegi Strútsár í 650 m y.s.

2.2 Aðrar hugmyndir

Fram hefur komið sú hugmynd að staðsetja stöðvarhús Hraunavirkjunar efri við gangamót Lfkárvatns- og Hornbrynjuganga. Þá væri hægt að setja vatnið frá Lfkárvatnsveitunni á sér vél sem yrði þá sjálfrennandi. Þetta fyrirkomulag myndi auka rekstraröryggi útfærslunnar til muna. Helsti ókosturinn er að aðkomugöng byrja í Strútsgili (gil til austurs í Villingadal), en þar er líparfínnskot. Líparfí er afar ótryggt jarðgangaberg. Útbreiðsla þess er einnig ókunn þannig að stöðvarhellirinn gæti allt eins lent í þessu innskoti. Því þyrfti mikla rannsóknarvinnu í kringum þessa útfærslu sem væri að öðru leyti afar hentug. Hentugt væri að rannsaka með láréttri kjarnaholu úr gilinu hvort þessi möguleiki sé raunhæfur.

3. Rennsli

Í kafla 3.1 er grófum dráttum farið yfir þau atriði sem þarf að hafa í huga þegar rennsli til virkjunar er metið og breytileiki þess. Í kafla 3.2 er gerir Árni Snorrason grein fyrir þeim rennslisröðum sem útbúnar voru til hermireikninga á rekstri Hraunavirkjunar. Í framhaldi af því er fjallað um uppbyggingu þess hermílkans sem gert var á rekstri virkjunarinnar. Hermílkanið metur miðlunarpörf á Eyjabökkum, og mögulega raforkuframleiðslu Hraunavirkjunar. Hér er ekki um eiginlega orkugetu virkjunarinnar að ræða því hún er ekki rekin sem ný eining í fyrirfram ákveðnu grunnkerfi.

3.1 Yfirlit

Þegar staðsetning mannvirka hefur verið ákveðin verður að meta rennsli til virkjunarinnar. Það er ákvarðandi þáttur um hagkvæmni hennar. Með hliðsjóna af jarðfræði svæðisins er ekki gert ráð fyrir að vatn tapist vegna leka. Að því gefnu er virkjað rennsli háð fimm þáttum: Afrennsli, stærð vatnasviða, miðlunarstigi, flutningsgetu vatnsvega og áætlaðri eftirspurn raforku. Þegar einhver þessara þátta breytist, breytist virkjað meðalrennsli að öllum líkindum.

Oft er samspil áður nefndra þátta það margslungið að gerð hermílkans af rekstri virkjunarinnar er eina leiðin til að fá raunhæft mat á framleiðslugetu hennar. Markmið hermireikninga er því í raun að ákvarða hönnunarstærðir mannvirkja virkjunarinnar sem afleiðingu af ákveðinni rekstrarstýringu hennar. Með rekstrarstýringu er hér átt við í hvaða röð vatnið skuli tekið frá veitunum til stöðvarhúss.

Til að hermílkanið skili tilætluðum árangri þurfa inntaksstærðir þess að vera sem nákvæmastar og einnig verður að fullnægja ákveðnum rekstrarskilyrðum.

Inntaksstærðum hermílkansins má í raun skipta í tvennt. Annars vegar fastar inntaksstærðir og hins vegar breytilegar. Fastar inntaksstærðir eru vatnasvið einstaka mannvirkja og veitna, afrennsli þeirra og raforkuþörf markaðarins innan þess tímabils sem hermireikningarnir eru gerðir fyrir. Breytilegar inntaksstærðir eru hæð stífina sem stýra miðlunstigi virkjunarinnar, og flutningsgeta einstakra vatnsvega. Mikið ríður á að hinar föstu inntaksstærðir séu rétt metnar því að þær hafa áhrif á breytilegu inntaksstærðinar.

Vatnasvið einstakra mannvirkja er ákvarðað með kortum í kvarða 1:20.000. Afrennsli vatnasviða grundvallast á kerfisbundnum vatnamælingum á vatnasviði Hraunavirkjunar. Margir mælanna eru í meira en 600 metra hæð yfir sjó. Sumir mælanna hafa verið reknir um alllangt skeið, en flestir þeirra eingöngu frá því eftir 1990. Aðstæður til mælinga í svo mikilli hæð eru erfiðar og óhjákvæmilega myndast langar glufur í mæliráðirnar. Með samanburði við mæla lægra á vatnasviði ána er unnt að fylla upp í glufurnar í mæliröðuðum. Þannig fæst mat á rennsliseinkennum þess vatns sem möguleiki er á að virkja allan ársins hring. Raðirnar ná yfir tímabilið 1.9.1990 til 31.8.1993 eða til fjögurra vatnsára.

Raforkuþörf markaðarins er einungis hægt að meta. Virkjun sem Hraunavirkjun verður hins vegar ekki reist án þess að fyrir hendi sé kaupandi að þeirri orku sem fyrirhugað er að framleiða. Sá kaupandi mun líklegast kaupa orkuna í jöfnum mæli. Framleiðsla Hraunavirkjunar mun því dempa þær sveiflur sem eru á orkuþörfinni. Sveiflur á raforkuþörf stafa af mestu leiti af almennri raforkunotkun. Hún er nú um helmingur eftirspurnarinnar. Komi til Hraunavirkjunar er áætlað að almenna notkunin verði um 30 % heildarnotkunar. [Halldór Pétursson, 1993].

3.2 Afrennsli Hraunavirkjunar

Í þessum undirkafla er að finna lýsingu á veður- og vatnafari Hraunavirkjunar. Hér er þó ekki sérstaklega fjallað um afrennsli til Eyjabakklóns. Um vatnafar þess er vísað til skýrslna verkfræðistofunnar Vatnaskils um Jökulsá í Fljótisdal. Í framhaldi af því er lýst tilurð rennslisraða sem notaðar voru í líkanreikningana. Höfundur textans í þessum kafla er Árni Snorrason.

Hraunin eru án efa einn illviðrasamasti staður hálandisins, ef jöklar eru undaskyldir. Þau eru háland (yfir 700 m y.s.) og opin fyrir verstu áttunum allt frá norðaustri til suðurs, en þó opnust fyrir þeirri stórviðrasömustu, sem er suðaustanáttin. Í suðvest- og vestlægum áttum er helst að vænta skaplegs veðurs og verður oft heitt á Hraunum í þessum áttum á sumrin. Einnig verður vart hnjúkaþeys, jafnvel að vetrarlagi. Mikil úrkoma fellur á Hraunin og þá helst í suðlægum áttum, þó geta austanáttir valdið gríðarlegri úrkomu, ef þannig háttar. Úrkomusamasti tíminn er frá síðsumri allt fram á síðvetur og eru miklar haust- og snemmetrarhlákur árvissar. Mikil munur er þó á úrkomunni, eftir því hvar á Hraunum er. Hún er mest á sunnanverðum Hraunum, en minnkar mjög hratt til norðvesturs yfir meginvatnaskilin til Eyjabakka. Hún minnkar einnig hratt til norðurs yfir í Fljótisdal og til norðaustur yfir í Skriðdal. Mikill hluti úrkomunnar fellur sem snjór á Hraunum og verða þar oft mikil snjóalög. Leysing fer seint af stað og ræður þar hæðin miklu um, en einnig það að þokur og súldaveður eru mjög algeng á þessum slóðum snemmsumars. Einnig hafa hin miklu snjóalög þau áhrif að vatn nær sér seint fram. Þessi áhrif eru áberandi, því vatn kemur mun seinna fram í Geithellnadal heldur en af svæðum sem norðar liggja og munar þar oft einhverjum vikum. Jöklarnir Þrándarjökull og Hofsjökull eiga tilvist sína undir öllum þessum þáttum.

Vatnafar á Hraunum mótast langmest af veðri en minna af landfræðilegum eiginleikum. Úrkomar ræður afrennslinu til lengri tíma litið, en hitafarið ræður miklum um það hvernig vatnið fer fram og helgast það af því hversu mikil hluti úrkomunnar fellur sem snjór. Þetta einfaldar mjög alla vatnafræði svæðisins, því þó úrkoma sé mjög breytileg eftir staðsetningu innan Hraunanna, þá er hitafar þar mjög svipað. Þetta hefur það í för með sér að mikil tengsl verða milli rennsliseiginleika vatnsfallanna, þó að meðalafrennsli sé töluvert breytilegt. Það sem helst veldur frávikum í rennslisháttum er það að sum vatnsföllin, svo sem Kelduá, Hamarsá og Geithellnaá eiga sér upptakakvíslar, sem ná til jökla. Einnig, eins og áður er getið, þá eru snjóalög á sunnaverðum Hraunum svo mikil að allt sumarið nægir vart til þess að taka þau upp. Ef sumur eru köld og snjóalög mikil, þá er mestur svipur með vatnsföllunum, en ef snjór er lítill og sumur heit, þá verður munur meiri, því þá tekur upp allan snjó og meira leysir af jökli.

Mikil flóð einkenna Hraunin meir en annað í vatnafari. Flóðunum valda lægðir með mikinn varma og raka og því úrfelli á Hraunum þegar þær koma yfir. Til þess að auka áhrif þessa, þá eru Hraunin nokkuð jafn há, án þess að stöðuvötn séu teljandi. Til viðbótar er svo yfirboðið jarðvegsnautt og þétt. Þessi flóð verða ofsafengnust snemma vetrar, þegar frost hefur þétt yfirborðið enn frekar og yfir svæðinu liggur nýfallinn snjór. Þegar síðan ofsahláka og úrfelli fara saman við þessi skilyrði verða ofsaflóð. Þessi flóð ná oftast til alls Hraunasvæðisins, því skilyrði eru svipuð og eins verða slík flóð ekki nema lægðirnar séu stórar og kraftmiklar og ná þær þá yfir allt svæðið.

3.2.1 Vatnamælingar á Hraunum

Allumfangsmiklar mælingar hafa verið gerðar á vatni því sem á a.m.k. að einhverju leyti uppruna sinn á Hraunum. Í töflu 1 er yfirlit yfir þessa mæla ásamt ýmsum kennitölum um þá, m.a. hæð

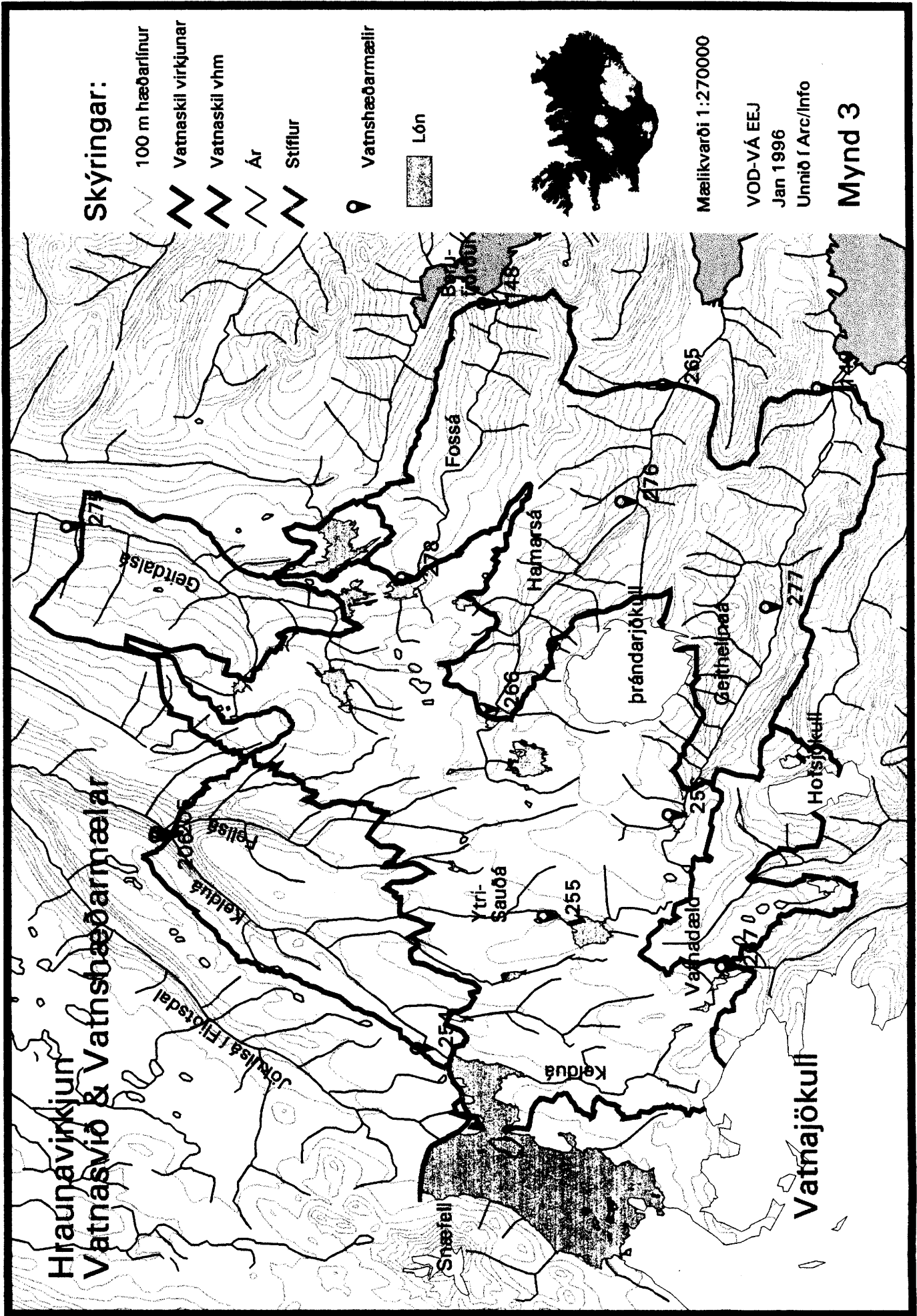
yfir sjó, vatnasvið, upphaf mælinga og meðalrennsli vatnsáranna 1990-93, nema úr mælum nr. 266 og 277 þar sem er byggt á tveggja og þriggja ára röð. Einnig er rétt að skýra frá því að gögn úr mæli 149 frá þessu tímabili eru ekki fullunnin. Staðsetning mælanna er sýnd á mynd 3 ásamt því vatnasviði sem þeim tilheyrir. Ofan á það er varpað vatnasviði Hraunavirkjunar.

Tafla 1

Vatnshæðarmælar, Yfirlit						
Vhm	Nafn stöðvar	Hæð stöðvar [m y.s.]	Vatnasvið [km ²]	Rekstur hófst áá.mm.dd	Meðalrennsli m ³ /s	Afrennsli [l/s/km ²]
148	Fossá, Berufirði; Eyjólfstaðir	70	112	68.01.19	8.44	75
149	Geithellnaá; gamla brú	10	187	70.12.10	17	90
205	Kelduá, Fljótsdal; Kiðafellstunga	100	262	77.05.10	16.6	63
206	Fellsá, Fljótsdal; Sturluflöt	110	125	77.05.14	7.39	59
254	Kelduá, Fljótsdal; ofan Grjótár	645	62	91.05.05	3.88	63
255	Ytri-Sauðá, Hraunum; Sauðárvatnsós	790	25	91.06.01	2.28	91
256	Geithellnaá; Norðurhnúta	810	17	91.05.11	2.02	119
265	Hamarsá, Hamarsfirði; Einstigsfoss	20	228	91.05.03	20.3	89
266	Hamarsá, Hamarsfirði; Bótarhnjúkur	580	52	91.07.17	5.58	107
267	Vesturdalsá, Hraunum; Vatnadæld	790	11	91.07.01	1.01	92
275	Geitdalsá, Geitdalur	200	145	92.05.15	8.55	59
276	Hamarsá; neðan Jökulgils	110	118	92.05.22	11.8	100
277	Geithellnaá; Skálahvamar	110	83	92.05.23	9.98	120
278	Fossá; Lfkárvatn	590	16	92.06.10	0.96	60

Mælingar á því vatni, sem af Hraunum rennur, hófust með mælingum á Lagarfljóti, við Lagar-foss, vhm017, og á Grímsá í Skriðdal, vhm024. Mælingar í Lagarfljóti eru til frá 1949, en frá 1944 í Grímsá. Mælingar, sem snéru sérstaklega að afrennsli Hrauna hófust rétt fyrir 1970. Gerð var tilraun til samanburðarmælinga inni á hálendinu sjálfu, en þær reyndust mjög erfiðar og köll-uðu á mun meiri fjármuni, en þá voru til reiðu. Á síðustu árum hefur verið gert átak í mælingum inni á hálendinu sjálfu, jafnframt því, sem grunnkerfi á láglandi hefur verið eflit. Þeir mælar, sem reistir hafa verið inn undir hálendisbrúninni, oft í 600-800 m hæð, skila einungis ósamfelldum mælingum. Helst eru mælingar áreiðanlegar eftir að auðnast hefur við mælistaði snemmsumars og allt fram á haust. Hinsvegar gefa þeir mælar sem eru neðar, oft í um 100 m hæð, samfelldar og áreiðanlegar upplýsingar um rennsli og vatnsbúskap. Þeir mælar, sem fyrst voru reistir, ættu síðan að gefa mat á langtímabreytingar, en ekki hefur enn verið gengið ótvírátt úr skugga um það að þessar mælingar séu áreiðanlegar aftur til upphafs síns. Mælingar á veðri hafa einnig verið stundaðar. Í því skyni var sett upp sjálfvirk veðurstöð haustið 1992 við Sauðárhjúk í um 850 m y.s. Stöðin mælir hitastig, lofþrýsting vindhraða og -stefnu. Einnig hefur verið fylgst með afkomu Þrándarjökuls til að styrkja gögnin.

Mælingar á vatnasviði Kelduár hófust 1977 með mælingum í Kelduá, vhm205 og Fellsá, vhm206, ofan ármóta þeirra. Síðan voru reyndar mælingar inni á hálendinu í Kelduá ofan Grjótár og í Ytri-Sauðá í tvö sumur. Vegna erfiðleika við rennismælingar við vhm205 og vhm206 var settur upp vatnshæðarmælir í Kelduá gent Klúku, vhm249 vorið 1990. Mælingar í Kelduá við Folavatn, vhm254 og í Ytri-Sauðá, vhm255 við Sauðárvatn hófust svo haustið 1990. Umtalsverður hluti þess vatns, sem mældur er í Fellsá næst til virkunar, auk þess eru efri mælarnir á vatna-sviði Kelduár staðsettir þannig að þeir eru nánast á fyrirhuguðum stíflustæðum.



Mælingar á vatnasviði Grímasár hófust eins og áður sagði árið 1944. Þær taka til vatnasviðs sem er um 500 km², og er einungis lítil hluti þess vatns nýtanlegur í virkjun af Hraunum. Því var settur upp vatnshæðarmælir í Geitdalsá, vhm275, vorið 1992.

Mælingar á vatnasviði Fossár í Berufirði hófust árið 1968. Þá var reistur vatnshæðarmælir, vhm148, niðrundi sjó. Vorið 1992 var settur upp vatnshæðarmælir, vhm278, við útrennsli Lfárvatns, til þess að fá fram dreifingu vatnsins innan vatnasviðsins. Talsvert vatn af þessu og nálægum svæðum er tekið til Hraunavirkjunar.

Mælingar á vatnasviði Hamarsár hófust með bráðabirgðamælingum við Hamar, vhm248, vorið 1990. Um haustið var reistur vatnshæðarmælir inni á hálendinu, vhm266, rétt neðan við fyrirhugað veitumannvirki. Árið eftir var settur upp varanlegur vatnshæðarmælir, vhm265, neðarlega á vatnasviðinu og vorið 1992 var reistur vatnshæðarmælir, vhm276, sem mælir vatn af öllu því svæði sem fyrirhugað er að veita, m.a. frá Prándarjökli.

Mælingar á vatnasviði Geithellnaár hófust árið 1970 með uppsetningu vatnshæðarmælis, vhm149, við þáverandi þjóðvegarbrú. Haustið 1990 var síðan settur upp mælir á hálendisbrúninni, vhm256, og vorið 1992 var síðan settur upp varanlegur mælir, vhm277, innarlega í Geithellnadal, sem mælir afrennsli af öllu því svæði sem ætlunin er að veita til Hraunavirkjunar, m.a. frá Prándarjökli.

Haustið 1990 var settur upp vatnshæðarmælir, vhm267, við útfall Vesturdalsár úr vötnum í Vatnaðeld.

Við mat á afrennsli til Hraunavirkjunar var annarsvegar stuðst við brotakenndar mælingar á hálendisbrúninni og hins vegar við áreiðanlegri og samfelldar mælingar neðar á vatnasviðum þeirra vatnsfalla sem falla af Hraunum. Við hönnun mælikerfisins var leitast við að hafa samfelldar, áreiðanlegar mælingar eins innarlega og nærri þeim svæðum sem nýtt verða til Hraunavirkjunar. Eins var viðhaldið þeim mælistöðum, sem upphaflega var stofnað til. Mælingar við hálendisbrúnina eru síðan grundvöllur þess að yfirfæra samfelldar mælingar inná þá staði sem nýtast Hraunavirkjun. Mesta óvissan í þessu mati liggur í þeirri óvissu sem er í hálendismælingunum og í þeirri yfirfærslu sem gerð er.

Til grundvallar við gerð rennslisraða til Hraunavirkjunar hafa verið notaðar þær upplýsingar sem legið hafa fyrir á hverjum tíma. Í fyrstu forathugun [Haukur Tómasson, 1992] var annarsvegar stuðst við mældar raðir á láglandi, sérstaklega frá vhm205 í Kelduá, vhm206 í Fellsá, vhm148 í Fossá og vhm149 í Geithellnaá, og vatnafræðilegt mat á því hvernig afrennslið dreifðist um vatnasvið Hraunavirkjunar. Í fyrstu kerfisgreiningu, [Halldór Pétursson, 1993] var stuðst við tveggja ára mælingar við hálendisbrún, ásamt með upplýsingum frá viðbótar mælum á láglandi, sérstaklega komu þar inn vhm277 í Geithellnaá, vhm276 í Hamarsá, vhm275 í Geitdalsá og vhm278 við Lfárvatn. Notast var við gögn úr mæli vhm234 við Eyjabakka til að útbúa rennslisröð fyrir Jökulsá í Fljótsdal.

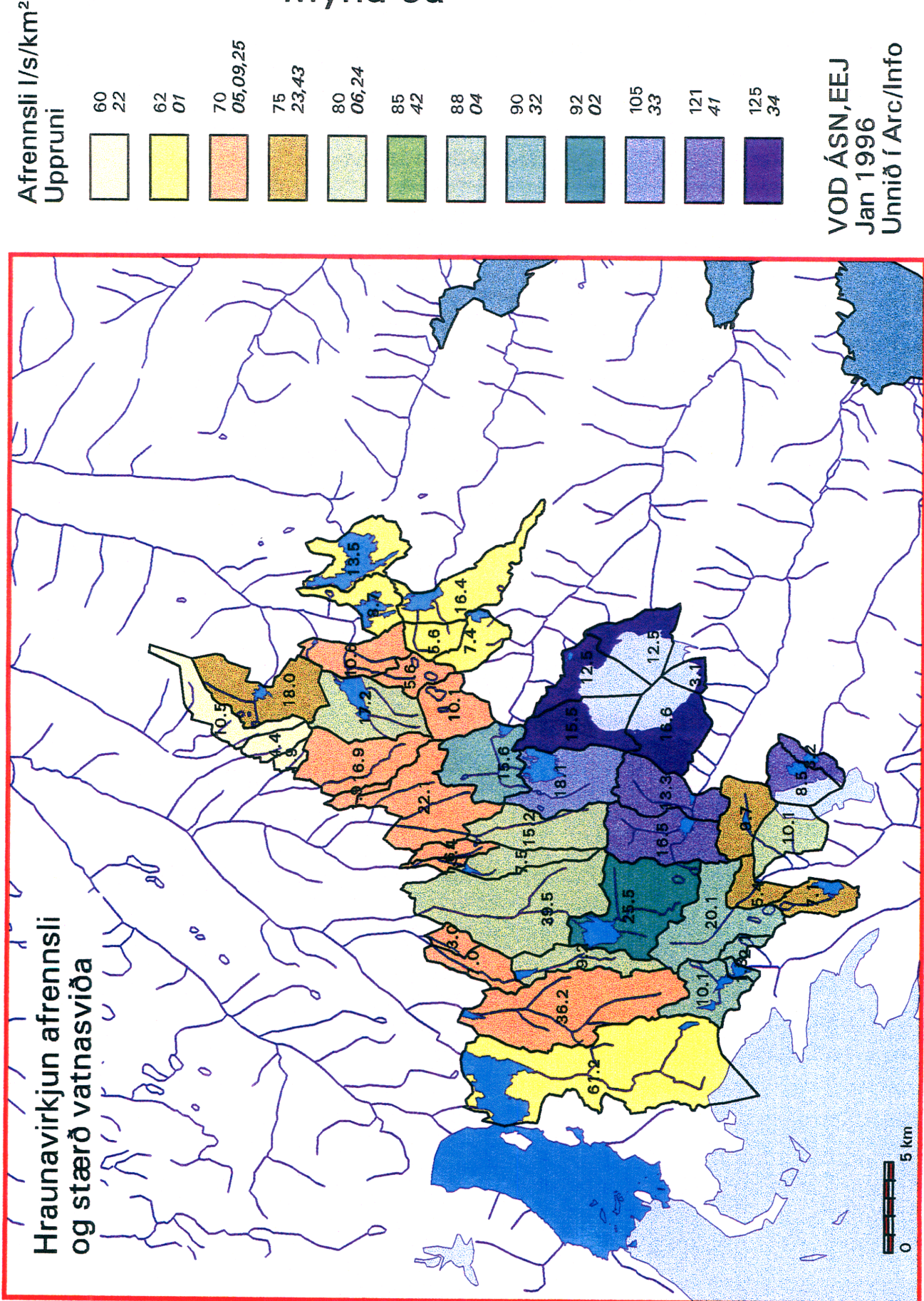
Við gerð rennslisraða í þetta skipti eru mælingar fjögurra vatnsára lagðar til grundvallar. Úrvinnsla tveggja fyrri árana er endurskoðuð frá grunni, en auk þess er bætt við úrvinnslu tveggja ára til viðbótar. Nú er úrvinnslan fyrst og fremst grundvölluð á gögnum frá þeim láglandismælum, sem næst hálendinu liggja, en þar hafa verið mældar raðir í allt að þrjú ár. Þessi gögn eru síðan notuð til þess að finna samband við mæla við hálendisbrún og það samband síðan notað til þess að búa til samfelldar raðir fyrir þá mæla. Þessi sambönd eru byggð á línulegum tengslum og er reyndar stundum gert ráð fyrir því að beint hlutfall gildi. Er það fyrst og fremst til þess að forðast neikvæðar rennslistöflur. Öll þessi gögn eru síðan notuð til þess að gera afrennslikort fyrir Hraunin. Rennslisraðir til Hraunavirkjunar eru svo byggðar annarsvegar á mati á afrennsli við-

komandi svæðis og hinsvegar á rennsliröð einhvers vatnshæðarmælis, sem talin er endurspegla þá rennslihætti, sem einkenna svæðið. Stundum er brugðið á það ráð að nota rennsliræðir frá tveimur mælum til þess að gefa þau einkenni sem best eru talin geta líkt eftir einkennum svæðisins. Reynt er síðan að gæta þess að vatnasvið neðan veitusvæða haldi bæði eðlilegu afrennsli og rennsliháttum og þá í samnburði við þær mælingar sem til eru. Af ofangreindu er því ljóst að umtalsvert vatnafræðilegt mat liggur til grundvallar virkjanaröðunum, mat sem verður ekki fullreynt nema með mun starlegri vatnafræðilegri líkangerð af svæðinu í heild sinni.

Niðurstöður eru sýndar á mynd 3a, en þar afrennsli hinna mismunandi veita Hraunavirkjunar auðkennt með mismunandi litum. Eins er gerð grein fyrir því hvaða rennsliröð liggur til grundvallar. Efri tölurnar við skýringarboxin eiga við afrennslið og vísar liturinn inn í því á vatnasviðið sem það afrennsli á við. Hverju vatnasviði var úthlutað ákveðinni rennsliröð. Neðri tölurnar fyrir aftan skýringarboxin vísa til þessara rennslisraða. Þegar rennslisráðir eru byggðar á mældum röðum, stundum fleiri en einni, sem skalaðar eru til samræmis við afrennsliskortið. Þegar um tvær tölur er að ræða er reglan sú að lággar rennslisráðatölur eru vestast svo hækka þær til austurs og suðurs. Þannig fær röðin sem útbúin var fyrir Kelduá lægsta númerið eða 01, en hæsta röðin fyrir Kollumúlavatn eða 43. Þannig má sjá að önnur rennsliröð var notuð fyrir Hornbrynjuslakka eða nr 23. Þær tölur sem skrifaðar eru á kortið eiga við stærð vatnasviðsins í ferkílómetrum.

Megineinkenni afrennslis af Hraunum koma skýrt fram á kortinu. Afrennsli er mest við Þrándar- og Hofsjökul en minnkar til vesturs og norðurs. Afrennsli Þrándarjökuls er tvöfallt á við afrennsli Kelduár og Lákárvatns. Minnsta afrennslið er talið af vatnasviði Gislár, en af því eru í raun ekki til beinar mælingar. Afrennsli vatnasviðs Kelduár neðan veitu er talið enn minna og þegar kemur yfir í vatnasvið Bessastaðarár vestan Fljótsdals þá er afrennsli komið í tífunda til sjötta hluta afrennslis Þrándarjökuls.

Mynd 3a



3.3 Uppbygging rennslislíkans fyrir Hraunavirkjun

Í forritunarumhverfinu Matlab var útbúið hermálkan af rekstri Hraunavirkjunar hér nefnt rennslislíkan. Líkanið er byggt upp í þremur hlutum. Fyrsti hlutinn metur rennsli til ganga virkjunarinnar frá smámiðlunum og lækjarinntökum. Annar hluti metur frá hvaða veitum vatni er veitt til virkjunarinnar og hvenær skuli taka vatn úr eða miðla vatni til Eyjabakkamiðlunar og þá frá Hrauna- og Suðurfjarðaveitu. Sá hluti metur því rennslið um aðalvatnsveg (Hraunaveitu, Hornbrynju- og aðrennslisgöng) virkjunarinnar, þau göng sem tengjast honum og afkomu Eyjabakkamiðlunar. Þriðji hlutinn notar loks rennslið um göngin til að meta þrýstihæð vatnsins á völdum stöðum í þeim. Í þessum kafla verður skýrt frá hverjum hluta líkansins fyrir sig.

Til að átta sig á hvernig rennslislíkanið í heild sinni virkar er gott að byrja á að skoða kerfisuppbyggingu hverrar útfærslu fyrir sig. Myndir 4, 5 og 6 sýna kerfisuppbyggingu Hraunavirkjunar efri, milli og neðri. Myndirnar sýna hvernig einstaka rennslisraðir eru meðhöndlaðar innan rennslislíkansins.

Þrífyrmingur sýnir að reiknað sé með að vatnið renni um miðlun. Allar miðlanir nema Eyjabakkamiðlun eru látnar leitast við að senda frá sér fyrir fram ákveðið rennsli. Yfirleitt er það rennsli jafnt meðalinnrennsli miðlunarinnar. Þó er rennslið stundum ákveðið fyrirfram fyrir hvern dag, t.d. frá Viðidal þar sem rennslið er háð þrýstihæðinni í Geithellnadal. Fyllist miðlunin er yfirfallsvatni bætt við útrennslisröðina ef vatnsvegurinn frá henni er innan vatnasviðs virkjunarinnar, annars ekki. Ef miðlunin er við inntak ganga, er yfirfallsvatninu bætt við útrennslisröðina þangað til að inntakið flytur ekki meira.

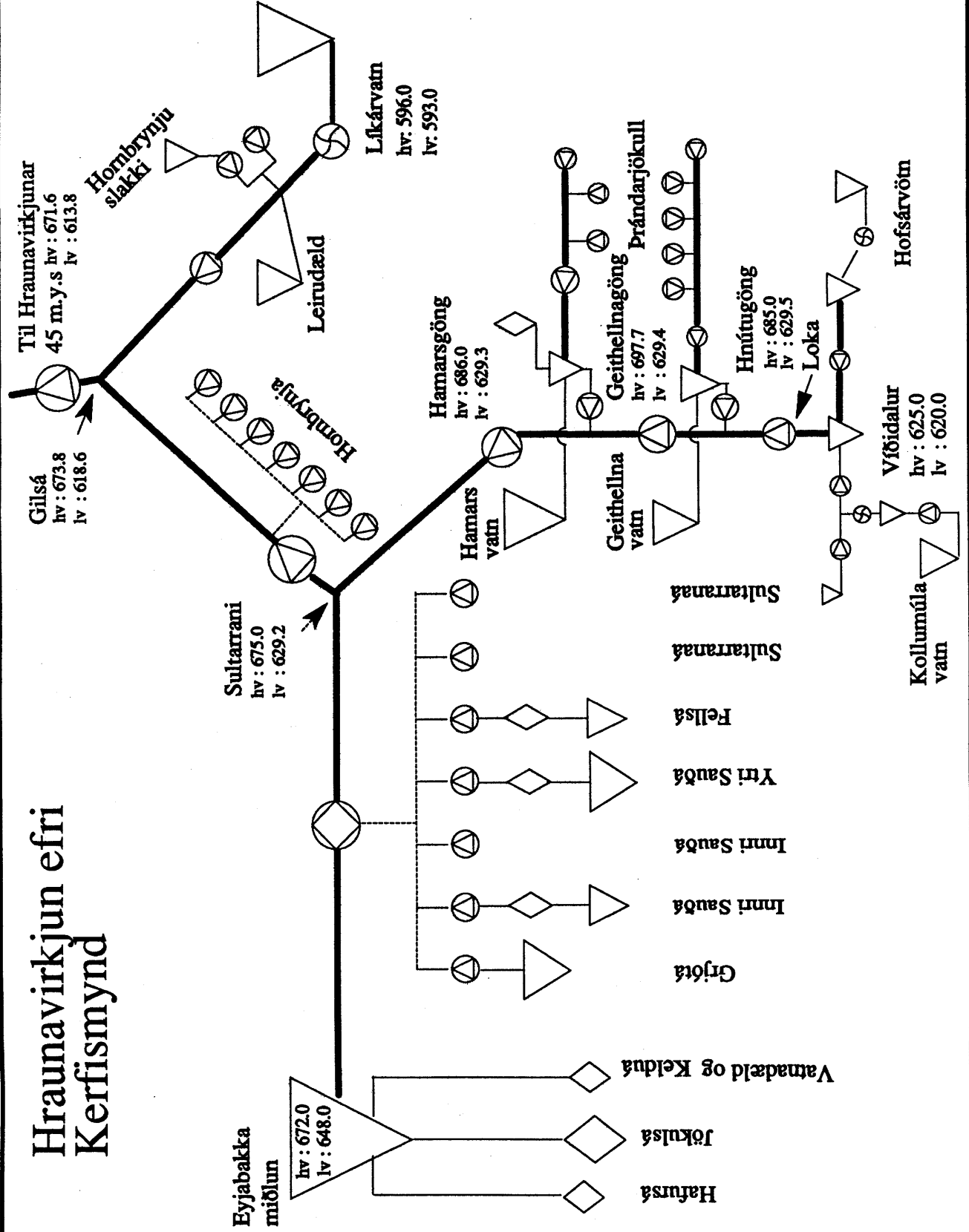
Tígull táknað ómiðlaða rennslisröð. Hann er notaður þegar fleiri en eitt vatnsfall rennur til miðlunarinnar eða þegar ómiðlaðri rennslisröð er bætt við miðlaða.

Hringur með ör innan í táknað flutningstakmörkun. Fari rennslið upp fyrir hana er umframvatnið dregið frá og litið á að það vatn hafi farið á yfirfall og aldrei komist í vatnsveginn. Flutningstakmörkunin er yfirleitt göng og lækjarinntök þeirra eða plastleiðslur.

Fyrsti hluti rennslislíkansins metur rennsli til Suðurfjarða-, Lfárvatns-, Hraunaveitu, og Hornbrynjuganga. Það eru höfuðvatnsvegir hverrar veitu fyrir sig. Til þess að það verði mögulegt verður að vera búið að ákvarða stærð miðlana og flutningsgetu lækjarinntaka. Sem inntaksstærðir eru því notaðar vatnsborðshæðir allra lóna og skurða og flutningsgeta lækjarinntaka. Vikið verður að því í næsta kafla hvernig þessar stærðir voru ákvarðaðar.

Suðurfjarðaveitu er skipt í þrennt. Ein röð kemur frá Hnútuvatni en hún verður til í fyrsta hluta rennslislíkansins eftir því sem kerfismyndirnar sýna. Önnur kemur frá Geithellnalóni og þriðja frá Hamarslóni. Kerfismyndirnar sýna hvernig vatn sem rennur til Hraunaveituganga er meðhöndlað. Göngunum er ekki skipt upp heldur er raðirnar lagðar saman fyrst og svo sendar til ganga. Á Hraunaveitugöngum er hringur með ör í báðar áttir. Það táknað að vatnið sem er veitt til þeirra getur runnið í hvora áttina sem er. Rétt er minna á að það á líka við vatn frá Suðurfjarðargöngum séu Hraunaveitugöng óslitin. Innrennsli í Hornbrynjugöng er lagt saman og sent beint til þeirra. Rennsli frá Lfárvötnum er ýmist dælt eða ekki. Kerfismyndirnar sýna hvernig vatni frá Leirudæld og Hornbrynjuhlakka er veitt til Lfárvatnsganga fyrir hverja útfærslu fyrir sig.

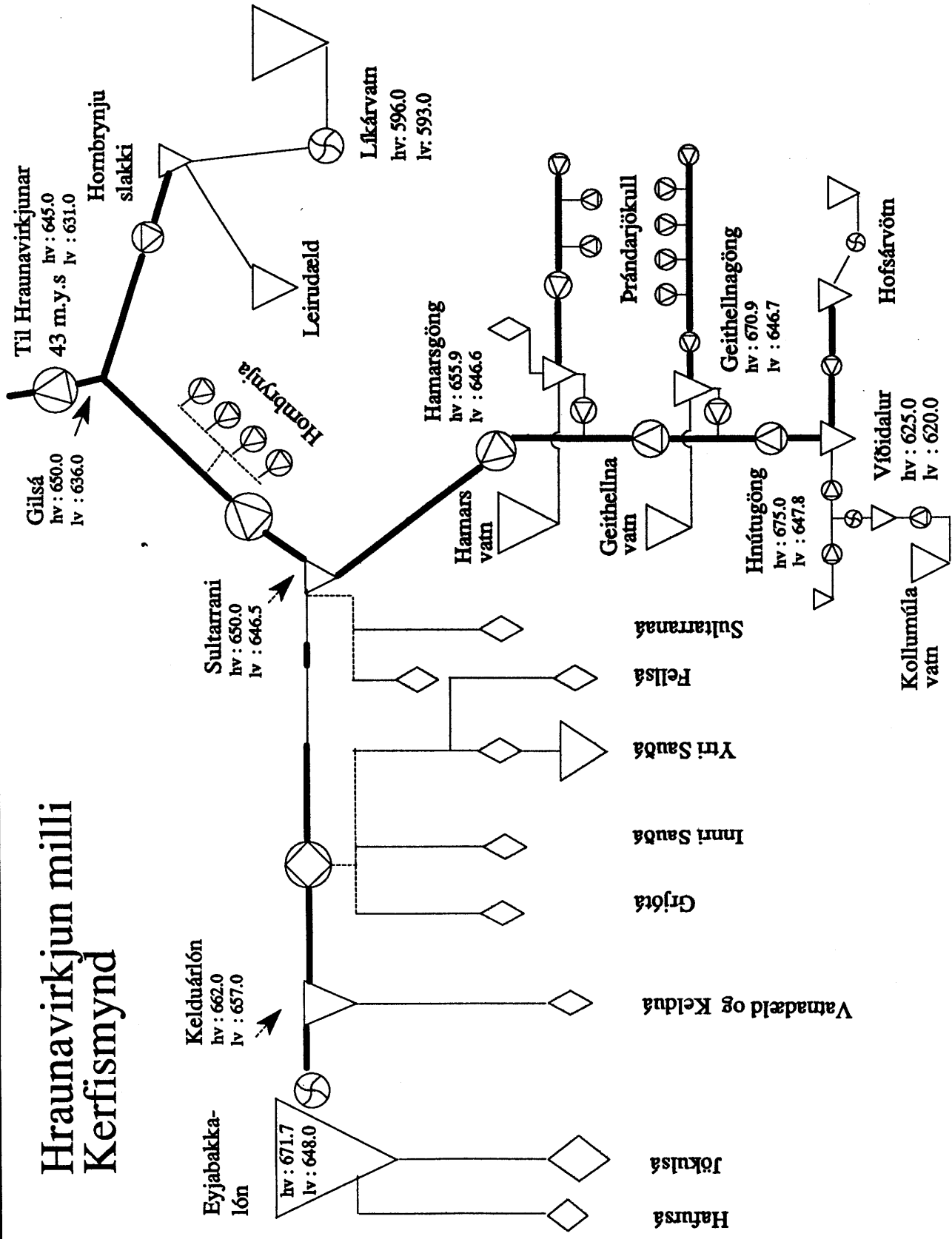
Hraunavirkjun efri Kerfismynd



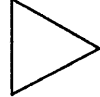
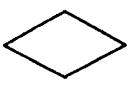





Skýringar

- Miðlun
 - Ómiðluð rennisslóð
 - Lækjarinntak eða flutningstak
 - mörkun í stefnu örvar
 - Dæla
 - Göng
 - Vatnsvegur
 - Rennissferli í líkani
- Mynd 4

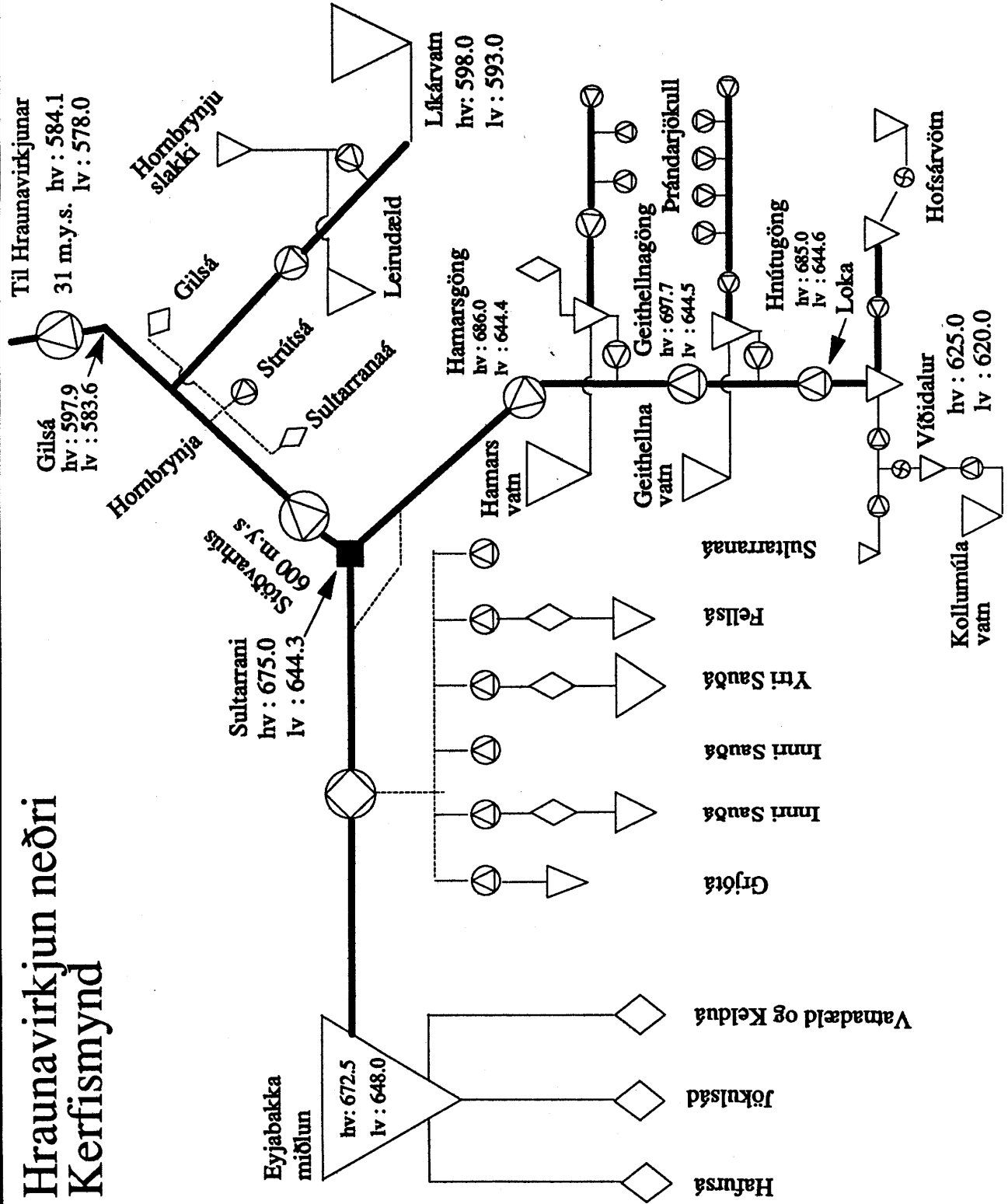
Hraunavirkjun milli Kerfismynd



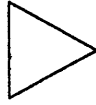
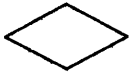





Skýringar

-  Miðlun
 -  Ómiðluð rennslisröð
 -  Lækjarinntak eða flutningstakmörkun í stefnu örvar
 -  Dæla
 -  Göng
 -  Vatsvegur
 -  Rennsliferli í líkani
- Mynd 5

Hraunavirkjun neðri Kerfismynd



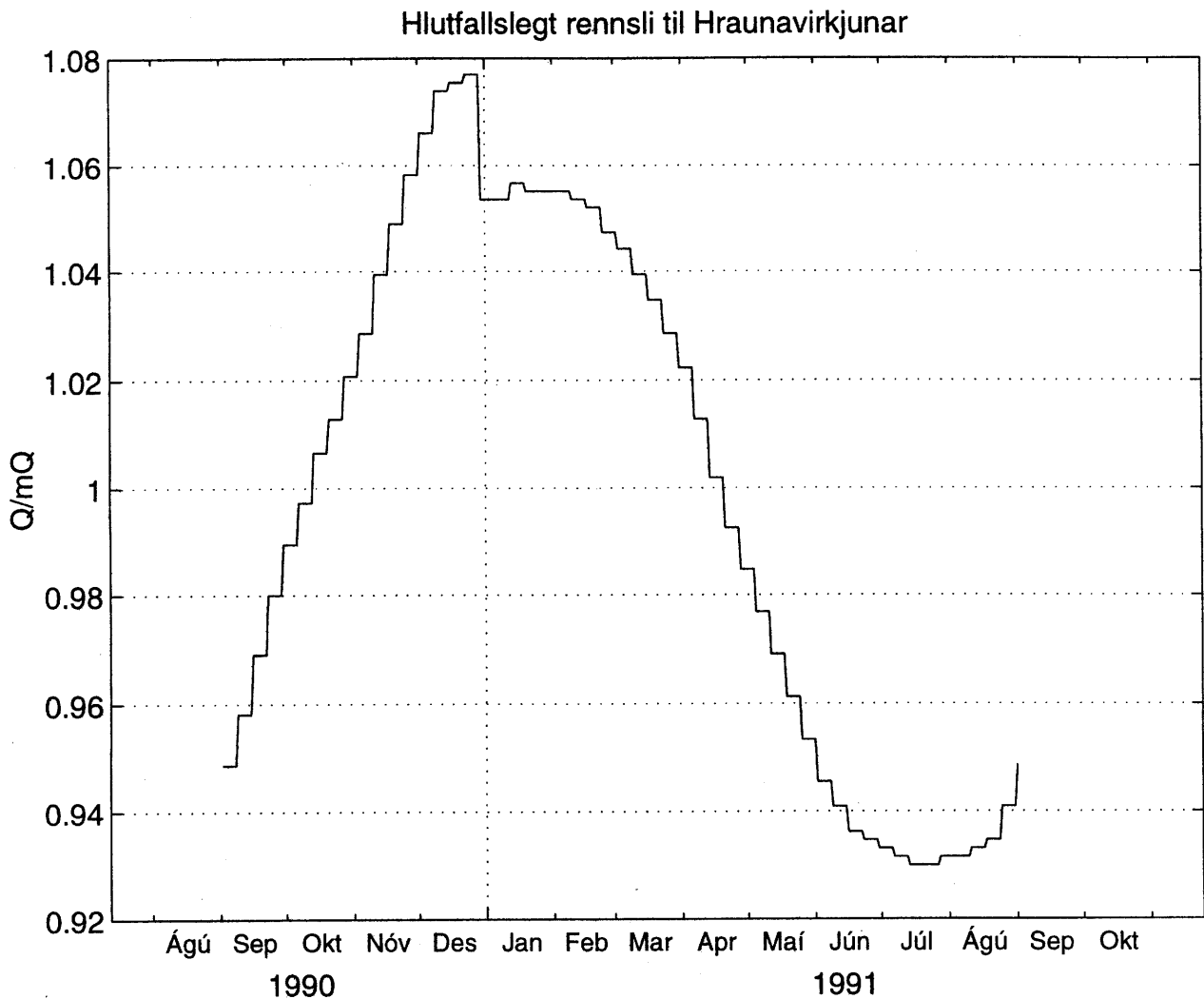
Skýringar

-  Miðlun
-  Ómiðuð rennslis-röð
-  Lækjarinntak eða flutningstakmörkun í stefnu örvar
-  Dæla
-  Göng
-  Vatnsvegur
-  Rennslisferli í líkani
- Mynd 6**

Annar hluti rennslislíkansins metur hvað verður um vatnið eftir að því hefur verið veitt til ganga. Til að byrja með er flutningsgeta ganganna ákveðin. Ekki er ástæða til að hafa Lskárvatnsgöng stærri en sem nemur lágmarksgöngum. Burðargeta hvers hluta Suðurfjarðaganga er ákveðin útfrá meðalinnrennsli til ganganna. Beitt var jaðarkostnaðarreikningum til að finna hagkvæmustu stærð ganganna og verður því betur lýst seinna. Stærð Hraunaveituganga er miðuð við að miðla vatni til Eyjabakkamiðlunar. Fyrir Hraunavirkjun efri og milli er stærð Hornbrynjuganga miðuð við að geta tryggt virkjuninni nægt rennsli þegar hún er keyrð á reiðuafli. Fyrir Hraunavirkjun neðri er miðuð við að geta tryggt virkjuninni nægt vikurennsli. Reiknað er með að inntakslón miðli dagssveiflum og Lskárvötn sjái fyrir reiðuafli. Stærð að- og frárennslisganga miðast við að geta keyrt á reiðuafli án vandræða. Til þess þarf umframflutningsgetu sem tryggir virkjuninni nægt rennsli vegna álagsaukningar í eftirspurn á viku- og dagsgrunni og bilanna í raforkukerfinu. Þessar stærðir valda í sömu röð um 8%, 10% og 15% yfirhönnun gangna og velbúnaðar eða alls um 37% umfram virkjað meðalrennsli.

Rennslisröðin frá Hamarslóni er dregin frá flutningsgetu Hamarsganga. Röðin sem þá myndast skilgreinir vatnspörf frá Geithellnadal. Þannig myndast í raun tvöföld rennslitakmörkun fyrir rennsli frá Geithellnadal, annars vegar vegna flutningsgetu Geithellnaganga sjálfra og hins vegar vegna skertrar flutningsgetu Hamarsganga. Fyrir hvern dag er lægri flutningsgetan notuð til að skilgreina hámarksrennsli um Geithellnagöng. Á sama hátt eru í raun þrjár takmarkanir fyrir vatn frá Vöðidal. Rennsli frá Suðurfjarðagöngum er þannig summa þess rennslis sem kemst um hvern gangahluta sérhvern dag. Rennsli um Lskárvatnsgöng er meðhöndlað eins og rennsli um Suðurfjarðagöng, þ.e röðin sem kemur inn næst Hornbrynjugöngum er dregin frá flutningsgetu ganganna og þær upplýsingar notaðar til að veita vatni frá Lskárvötnum. Þegar hér er komið við sögu eru raðirnar sem skilgreina rennslið inn í aðalvatnsveginn til reiðu. Þær er hægt að nota til að meta afkomu Eyjabakkamiðlunar og rennslið um þau göng.

Áður en afkoma Eyjabakkamiðlunar er metin er rennslisröð frá Hraunavirkjun ákvörðuð. Rennslisröðin er kvörðuð eftir væntanlegri markaðspörf sem miðast við 70% hlutdeild stóriðju. Það vill segja að útbúin var röð sem hefur meðalrennsli $1 \text{ m}^3/\text{s}$ en með rennslissveiflum sem nema breytileika 70/30 markaðar. Mynd 7 sýnir þessa röð fyrir eitt ár. Á myndinni sést t.d. hvernig eftirspurnin snöggþækkar eftir jóli. Útrennslisröðin er mynduð með því að margfalda þá röð með því meðalrennsli sem ætlast er til að fari í gegnum virkjunina. Rennslislíkanið sker svo úr um hvort það takist.



Mynd 7

Til að ákvarða frá hvaða veitum vatnið til Hraunavirkjunar kemur er innrennsli í Hornbrynju-göng, afrennsli af vatnasviði Gilsár og rennsli frá Líkárvatnsveitu lagt saman. Þetta vatn hefur lágt miðlunarstig og er því sett í forgang og sent strax til stöðvarhússins. Þegar áðurgreint rennsli hefur verið dregið frá útrenslisröð virkjunarinnar er vitað hversu mikið vatn þarf frá öðrum veitum. Nægi vatnið frá Suðurfjarðaveitu rúmlega, er afgangurinn og allt innrennsli Hraunaveitu sent til Eyjabakkamiðlunar. Nægi það ekki er vatn frá Hraunaveitu sent til virkjunar eftir því sem við á og afgangurinn til miðlunarinnar. Dugi samanlagt rennsli Suðurfjarðaveitu og Hraunaveitu ekki er vatn tekið úr miðlun.

Þegar vatn er tekið úr Eyjabakkamiðlun stjórnast þrýstihæð vatnsins við Sultarrana þ.e. gangamót Hraunaveitu- og Suðurfjarðaganga af vatnspörf virkjunarinnar. Flutningsgeta Hraunaveituganga til Eyjabakkamiðlunar ræðst af lónstöðu hennar. Þegar þarf að miðla er flutningsgetan metin út frá þrýstimuninum milli miðlunarinnar og Sultarrana. Þá er þrýstihæðin við gangamótin metin út frá því hversu miklu vatni þurfi að miðla og lónstöðu Eyjabakkalóns. Hámarks þrýstihæð við Sultarrana er 675 m y.s. Þurfi meiri þrýstihæð en það til að veita vatninu til Eyjabakkamiðlunar glatast umframvatnið. Þá brestur sú forsesnda í hermireikningum Hraunavirkjunar efri að setja vatn frá Líkárvatnsveitu í forgang. Þá er hagstæðara að dæla ekki þaðan heldur nota það vatn sem

ella hefði tapast til virkjunarinnar. Í líkaninu er þetta leyst með því að halda utan um hversu miklu vatni er fleygt og draga það frá endainnrennsli Líkárvatnsganga.

Þegar annar hluti rennslislíkansins hefur verið keyrður er afkoma Eyjabakkamiðlunar ljós. Tæmist hún, er meðalrennsli til Hraunavirkjunar (virkjað rennsli) skert og annar hlutinn keyrður aftur. Það þarf að gera þar til viðunandi afkoma miðlunarinnar næst. Með viðunandi afkomu er átt við að lóninu sé skilað a.m.k í sömu stöðu og í upphafi. Ekki er reiknað með að lónið sé fullt þegar reikningar hefjast. Reiknað er með að 10% miðlunarrýmisins sé til reiðu í upphafi. Það er gert því miðlun af stærð Eyjabakkamiðlunar er hugsuð sem milliáramiðlun og einnig vegna þess að vatnsárið hefst á þessu svæði ekki fyrr en upp úr miðjum september. Það vill segja að yfirleitt er ekki byrjað að taka úr miðlun fyrr en þá.

Nú er komið að þriðja hluta rennslislíkansins. Hann metur þrýstihæð vatnsins á mismunandi stöðun í göngunum. Það er metið út frá rennsli sérhvers gangahluta fyrir sig. Vatnsborðshæð Eyjabakkamiðlunar fæst við keyrslu annars hluta rennslislíkansins, sem og þrýstihæð við Sultarrana þegar vatni er veitt til Eyjabakkamiðlunar. Þriðji hlutinn notar rennslið um Hraunaveitugöng frá Eyjabakkamiðlun til að meta þrýstihæð við Sultarrana þá daga sem upp á vantar. Þrýstihæðin þar er því næst notuð til að meta þrýstihæðina í Suðurfjarða- og Hornbrynjugögum og við stöðvarvegg. Þrýstihæðin við stöðvarvegg er því næst notuð til að meta orkuframleiðsluna fyrir efri og milli útfærsluna. Fyrir neðri útfærsluna er haldið utan um hvert vatninu er veitt og þrýstihæðin við Sultarrana notuð til að meta orkuframleiðsluna.

Á kerfismyndunum er gefin upp hæsta og lægsta vatnsborðshæð fyrir helstu miðlanir svo og hæsta og lægsta þrýstihæð á völdum stöðum í göngunum. Hæsta þrýstihæðin fæst úr rennslislíkaninu, en sú lægsta er miðuð við að virkjunin sé keyrð á reiðuafli við lægstu mögulegu vatnsborðstöðu. Þar sést að fyrir Hraunavirkjun efri og neðri getur þrýstihæð við Geithellnadal orðið meiri en vatnsborðshæð Hnútuvatns. Þá verður að loka fyrir rennsli frá Víðidal þegar veitt er vatni frá Suðurfjörðum til Eyjabakka. Það yrði að gera með loku í göngunum milli Víðidals og Geithellnaár. Af þrýstireikningunum má ráða hvaða daga þetta ástand varir. Farið er með þá niðurstöðu aftur í fyrsta hluta rennslislíkansins og rennsli frá Hnútuvatni endurreiknað með þetta fyrir augum. Með þessu móti má fá lauslega tengingu milli þrýstihæðar í göngum og rennslis í þeim. Líkanið gefur einnig betri mynd af því hvort stíflur í eða við höfuðvatnsvegina hafi næginlega hæð.

Þegar allir þrjú hlutar rennslislíkansins hafa verið keyrðir eru hönnunarstærðir allra mannvirkja þekktar. Í fyrsta hluta eru hæðir allra stífna og skurða ásamt flutningsgetu lækjarinntaka notaðar til að meta rennsli í aðalvatnsveg virkjunarinnar og þau göng er tengjast honum. Í öðrum hluta fæst hvernig Eyjabakkamiðlun reiðir af miðað við fyrirfram ákveðið meðalrennsli í gegnum virkjunina. Einnig fæst rennsli um aðalvatnsveg virkjunarinnar og göngin sem tengjast aðalvatnsveginum og stærð þeirra. Að lokum notar þriðji hlutinn rennslið í göngunum til að meta þrýstihæð vatnsins við stöðvarvegg og öðrum stöðum í gangakerfinu. Þær upplýsingar sem rennslislíkanið leiðir af sér eru allar mjög mikilvægar til að meta kostnað við gerð virkjunarinnar. Því er lýst í næsta kafla.

4. Kostnaðarreikningar

Virkjanalíkan Orkustofnunar [feb. 93, hefti I-VI 85-88] er haft til grundvallar við gerð kostnaðar-áætlunar. Kostnaður er gefinn upp miðað við verðlag í des. 92 og des 94. Kostnaðurinn á verðlagi des. 94 er fenginn með því að umreikna verðið frá des. 92 með vísitölu virkjunarkostnaðar. Ástæðan fyrir þessu er að gerð kostnaðarlíkinga miðaðist við verðlag í des. 92. Kostnaður er gefinn upp sem verkkostnaður eða stofnkostnaður. Verkkostnaður er framkvæmdakostnaður auk 6.2% álags á hann vegna kostnaðar við vinnubúðir og tygjun. Inn í stofnkostnað eru talið, vextir á byggingartíma, ýmislegur og ófyrirséður kostnaður, undirbúningur, eftirlit o.fl. Alls er bætt 64.4% við verkkostnað til að fá stofnkostnað, þar af er 20% ýmislegt og ófyrirséð.

Gert er ráð fyrir fáeinum gerðum mannvirkja sem virkjanalíkaníð nær ekki yfir. Fyrir þau mannvirki voru útbúnar kostnaðarlíkingar sérstaklega svo skjóta mætti gróflega á kostnaðinn við gerð þeirra. Hér á eftir verður farið yfir forsendur hinna nýju kostnaðarlíkinga og einnig verður fjallað um uppbygginu kostnaðarlíkans sem gert var í Matlab og tengsl þess við rennslislíkaníð.

4.1 Viðbætur við Virkjanalíkan Orkustofnunar

Þegar fallhæð virkjunar er mikil verður vatnið verðmætt. Þess vegna borgar sig að sækja vatn langar leiðir þó það sé ekki mikið. Hins vegar er þversagnakennt að gera jarðgöng sem geta borið allt að 20 rúmmetra rennsli fyrir örfáa rúmmetra. Því kom sú hugmynd fram að nota High Density Polyethelene leiðslur. Þessar leiðslur er hægt að fá allt að 1.6 m að ytra þvermáli. Falltöpp reiknast sem falltöpp í trefjaplastleiðslum sbr. Virkjanalíkan Orkustofnunar. Efniskostnaður var metinn skv. gjaldskrá Reykjalundar þar sem reiknað var með að andvirði flutningskostnaðar fengist endurgreitt með magnafslætti. Kostnaður við lagningu leiðslanna var áætlaður sem helmingur kostnaðar við lagningu óvaranlegs vegar.

Gert er ráð fyrir dælum í Víðidal, við Hofsárvatn neðra og Líkárvatnsgöngum í Hraunavirkjun efri og milli. Dælur hafa aldrei verið notaðar í tengslum við virkjanir héraendis þó að það sé vel þekkt erlendis. Þar sem dælurnar eru litlar er hægt að nota staðlaðar framleiðslueiningar til verksins. Í því skyni var Sæþór Jónsson fengin til að afla tilboða. Gerð tilboðsgagnanna var m.a. miðuð við Hraunavirkjun. Niðurstöður þessa verks má finna í skýrslu Orkustofnunar, *Dælur fyrir virkjanir*, [Sæþór L. Jónsson ofl., 1994].

Þar sem stíflur eru víðast hvar litlar og kjarnaefni mjög víða af skornum skammti var að jafnaði ákveðið að reikna með svonefndum RCC-stíflum í stað hefðbundinna jarðstíflna. Roller Compacted Concrete (RCC) kallast þjöppuð þurrsteypa á íslensku. Stíflur úr þessu efni hafa þann kost að vera um leið yfirföll. Þær eru einnig mun rúmmálsminni en hefðbundnar jarðstíflur og eru því botnrásir þeirra ódýrari. Einnig þarf ekki að gera miklar gæðakröfur til fylliefnisins. Þessar stíflur eru því mjög hentugar á svæði þar sem laus jarðefni eru af skornum skammti. Við gerð kostnaðarlíkingar fyrir RCC-stíflur var greinargerð Birgis Jónssonar [Birgir Jónsson, 1993] höfð til grundvallar.

4.2 Kostnaðarlíkan af Hraunavirkjun

Kostnaður við virkjanagerð greinist í grófum dráttum niður í fjóra þætti: stíflugerð, gerð vatnsvega, gerð stöðvarhúss og annan kostnað. Í virkjanalíkani Orkustofnunar er stíflugerð eini kostnaðarþátturinn sem ekki er beint háður rennsli, fyrir utan mat á kostnaði við vegagerð. Þar sem stíflur eru yfirleitt reistar til að búa til miðlanir ráða þær mjög miklu um meðalrennsli til virkjunarinnar. Þar sem allir aðrir kostnaðarþættir virkjunarinnar eru háðir meðalrennsli beint eða óbeint riður mikið á að geta miðlað upplýsingum frá rennslislíkani til kostnaðarlíkans fyrirhafnar-

lítið.

Forritunarumhverfið Matlab er mjög hentugt fyrir þetta verkefni. Þar er hægt að vinna með tölur og rennslisraðir sem einstakar breytur. Einnig var útbúið fall fyrir hvert mannvirki sem er háð ákveðnum breytistærðum og skilar verkkostnaði við gerð þeirra. Þannig var t.d. útbúið fall sem reiknar kostnað við gerð stíflna sem fall af yfirfallshæð þeirra. Yfirfallshæðin er aftur á móti notuð til að meta miðlun. Fyrsti hluti rennslislíkansins notar því þessa sömu stærð til að meta rennsli til ganga. Því var í upphafi útbúin skrá yfir allar stíflur og yfirfallshæðir þeirra. Rennslislíkanið notar þær til að meta miðlunina og rennslisraðirnar frá þeim en kostnaðarlíkanið tekur svo strax við yfirfallshæðunum og metur kostnaðinn. Frá rennslislíkaninu koma einnig nauðsynlegar hönnunarstærðir vatnsveganna og meðalrennsli til virkjunarinnar. Þær stærðir eru svo notaðar til að meta kostnað við síðustu þrjá þætti virkjunarkostnaðarins sem voru nefndir áðan.

4.2.1 Stíflur

Við hæðina 670 m y.s. renna Eyjabakka- og Kelduárstíflur saman í eina. Stífluprófíll þeirrar stíflu, sem verður hér eftir kölluð Eyjabakkastífla, var fenginn af kort í mælikvarðanum 1:5000. Eyjabakkastífla er kostnaðarreiknuð sem jarðstífla. Hæð hennar er miðuð við að nægjanlegt lónrými verði fyrir hendi eða að jaðarkostnaður hennar sé innan viðmiðunarmarka. Hæð Eyjabakkastíflu var jaðarkostnaðarreiknuð. Í ljós kom að jaðarkostnaður takmarkar ekki hæð hennar.

Aðrar stíflur voru annað hvort reiknaðar sem RCC- eða jarðstíflur og teknar upp af kortum í mælikvarðanum 1:20.000. Hæð þeirra var ákvörðuð út frá mörgum mismunandi þáttum. Svo nefnd miðlunartala var látin ráða ferðinni nema þegar stíflan er til þess ætluð að koma vatninu í ákveðna þrýstihæð. Fyrir mjög ódýrar miðlanir var hæð stíflunnar miðuð við að jafna út rennslinu sem mest.

4.2.2 Vatnsvegir

Hönnunarforsendur vatnsvega eru mismunandi eftir hlutverki þeirra. Þeir vatnvegir sem veita vatni frá inntakslóni til stöðvarhúss verða að geta borið rennsli sem samasvarar uppsettu afli virkjunarinnar. Aðrir stórir vatnsvegir eru hannaðir með það fyrir augum að jaðarkostnaður við gerð þeirra sé innan ákveðinna marka. Hér er átt við Hraunaveitu- og Suðurfjarðagöng. Þau skila vatni til Eyjabakkamiðlunar og því er nauðsynlegt að jaðarkostnaðarreikna þvermál þeirra. Miðað við að jaðarkostnaðurinn fari ekki upp fyrir 19 kr/kWh/ári. Þá er miðað við að virkjunin verði fullnýtt á 1-2 árum eftir gangsetningu [Agnar Olsen, munnleg h., 1995]. Minni skurðir og PEH-leiðslur voru hannaðir út frá þeirri forsendu að geta borið u.þ.b. 95% af langæi rennslisins, Q_{95} . Þípuskurðir voru hannaðir með það fyrir augum að tryggja lágmarksrennsli á veturnum. Þá er reiknað með að sumarrennsli flæði yfir þípunar og berist eftir skurðinum sem þær liggja í.

Suðurfjarða- og Hraunaveitugöng voru jaðarkostnaðarreiknuð. Fyrir Suðurfjarðagöng var meðalrennsli um hvern gangahluta fyrir sig notað sem grunneining og það margfaldað upp þangað til að jaðarkostnaðarmörkunum var náð. Þetta var gert með því að samkeyra rennslis- og kostnaðarlíkon. Hraunaveitugöng voru jaðarkostnaðarreiknuð á sama hátt. Grunneining flutningsgetu þeirra ganga var hins vegar notuð sem hönnunarstærð þeirra. Fyrir Hraunavirkjun efri er sú stærð ákvörðuð með það fyrir augum að veitan geti séð fyrir a.m.k. nægu vatni til að keyra virkjunina á uppsettu afli að frádregnu lágmarkrennsli frá veitunum nær stöðvarhúsinu. Á sama hátt var hönnunarstærðin ákvörðuð fyrir Hraunavirkjun neðri með það fyrir augum að geta séð a.m.k. fyrir vikulegum sveiflum. Reiknað er með að inntakslónið og Líkársvötn (sjálfrennandi vatn) sjái fyrir dagssveiflum og reiðuafli.

4.2.3 Stöðvarhús og annað

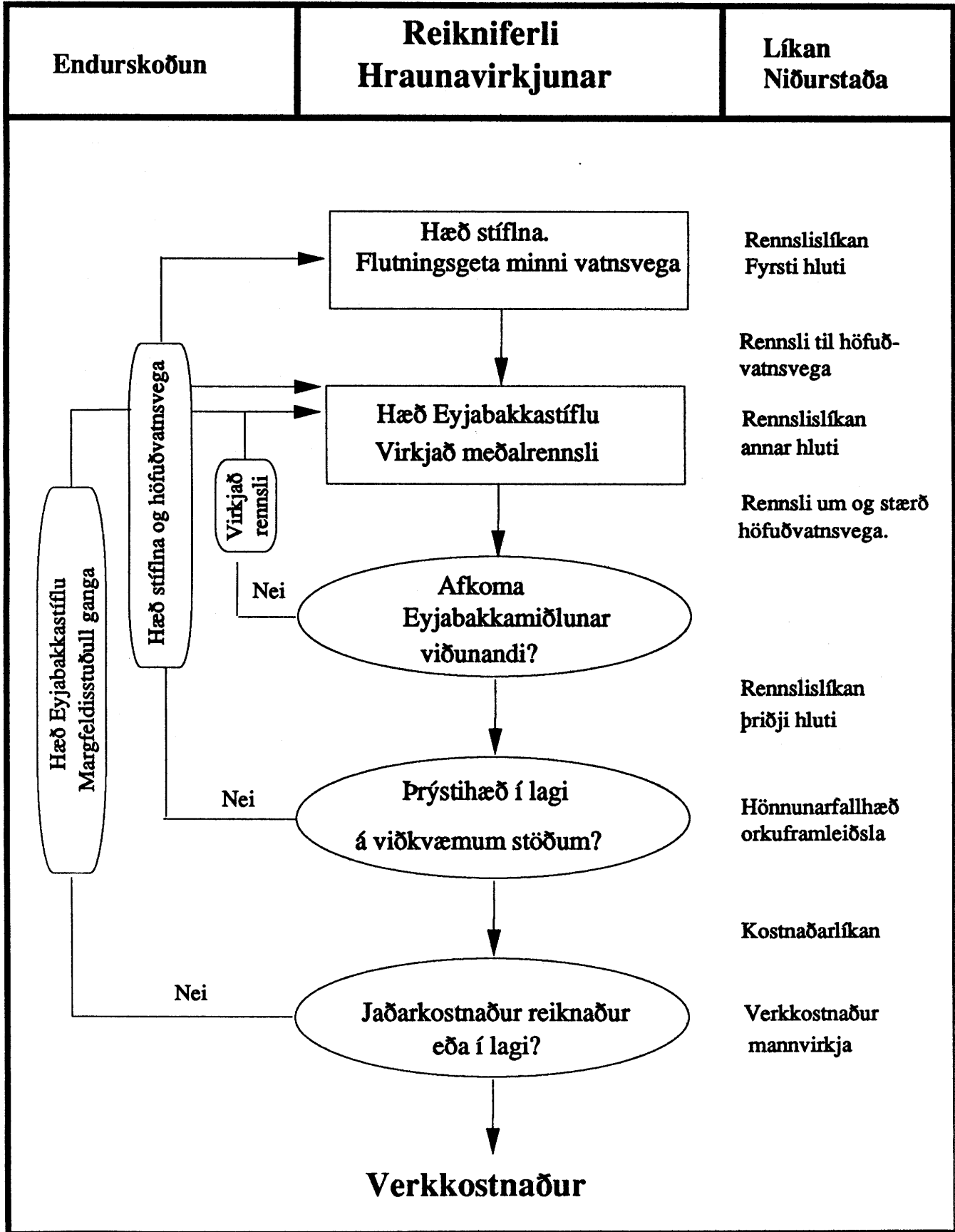
Sem áður sagði er rekstrarfallhæð áætluð fyrir hvern dag yfir hermireikningstímann. Hönnunarfalshæð virkjunarinnar er sett sem meðalþrýstihæð við stöðvarvegg og afl véla metið eftir því. Kostnaður við vélar og rafbúnað og kostnaður við gerð stöðvarhúss er háður þessum tveimur stærðum. Kostnaður við þrýstijöfnun var áætlaður sem 4.5% við gerð aðrennslisganga Hraunavirkjunar. Kostnaður við uppsetningu vinnubúða er einnig metinn út frá uppsettu afli. Kostnaður við gerð varanlegra- og vinnuvega var áætlaður út frá heildarlengd hvorrar gerðar fyrir sig.

4.2.4 Jaðarkostnaður veitna

Virkjuninni er skipt upp í fjórar veitur: Viðidalsveitu, þ.e. þann hluti Suðurfjarðaveitu sem er sunnan Geithellnaár, Geithellnaveitu þ.e. frá Geithellnaá að Hamarsá, og Hamarsveitu þ.e. frá Hamarsá að Sultarrana og Lskárvatnsveitu. Jaðarkostnaður hvorrar veitu var fundinn þannig að henni er sleppt og virkjunin endurhönnuð miðað við það. Rennlislíkanið sá um að skerða rennslíð til virkjunarinnar. Það sá einnig um að breyta hönnunarstærðum aðalvatnsvega í samræmi við rennslisskerðinguna. Í kostnaðarlíkaninu var kostnaðareikningum við gerð viðeigandi mannvirkja sleppt. Fyrst var kostnaður Viðidalsveitu metinn og framleiðslugeta virkjunarinnar. Þetta tvennt nægir til að meta jaðarkostnaðinn. Þannig var haldið áfram uns Lskárvatnsveitu hafði verið sleppt. Ekki reyndist þörf fyrir að reikna jaðarkostnað fyrir göngin upp á nýtt þegar einstaka veitur höfðu verið skornar af.

4.3 Samantekt um rennslis- og kostnaðarlíkon

Mynd 8 sýnir myndrænt hvernig kostnaðar- og rennslislíkonin vinna saman. Myndinni er skipt upp í þrjá dálka. Í miðju dálknum eru gefnar upp lykil ákvarðanir. Box gefa til kynna handstýrðar instaksstærðir, en sporöskjulaga ferillinn þær spurningar sem þarf að svara áður en farið er í keyrslu á næsta líkans. Dálkurinn til hægri gefur svo upp hvar í ferlinu hvert líkan er keyrt og helstu niðurstöður þess. Til hægri er svo gefið upp hvaða breytur eru endurskoðar til að fullnægja þeim skilyrðum sem sett eru. Með höfuðvatnsvegum er átt við aðalvatnsveg og göngin sem tengjast honum.



Mynd 8

5. Niðurstöður

Hér verða birtar niðurstöður rennslis- kostnaðarreikninga. Í kafla 5.1 er farið lauslega yfir helstu niðurstöður rennslisreikninganna. Kafli 5.2 sýnir niðurstöður jaðarkostnaðarreikninga fyrir Hraunavirkjun. Kafli 5.3 rekur þær niðurstöður sem fengust fyrir Hraunavirkjun efri, kafli 5.4 fyrir Hraunavirkjun neðri. Ekki var gerð kostnaðaráætlun fyrir Hraunavirkjun milli. Ástæðan er skýrð í kafla 5.1. Í köflum 5.3 og 5.4 eru birtar kostnaðaráætlanir og áætlanir um áfangaskiptingu virkjananna. Í kafla 5.5 er birt samantekt.

5.1 Rennsli

Myndir 4a, 5a og 6a sýna hvernig meðalrennsli vatnsáranna frá einstaka veitum skilar sér til virkjunarinnar fyrir hverja útfærslu fyrir sig. Stærð miðlana og flutningsgeta lækjarinntaks eða vatnsvegs sem vatnið fer um er einnig birt. Þær tölur eru hafðar í svigum til aðgreiningar frá rennslislistölunum. Myndirnar eru systurmyndir kerfismyndanna og bera því sama númer og þær. Tölurnar um afrennsli sýna náttúrulegt rennsli í m^3/s , og það af því sem næst til virkjunar.

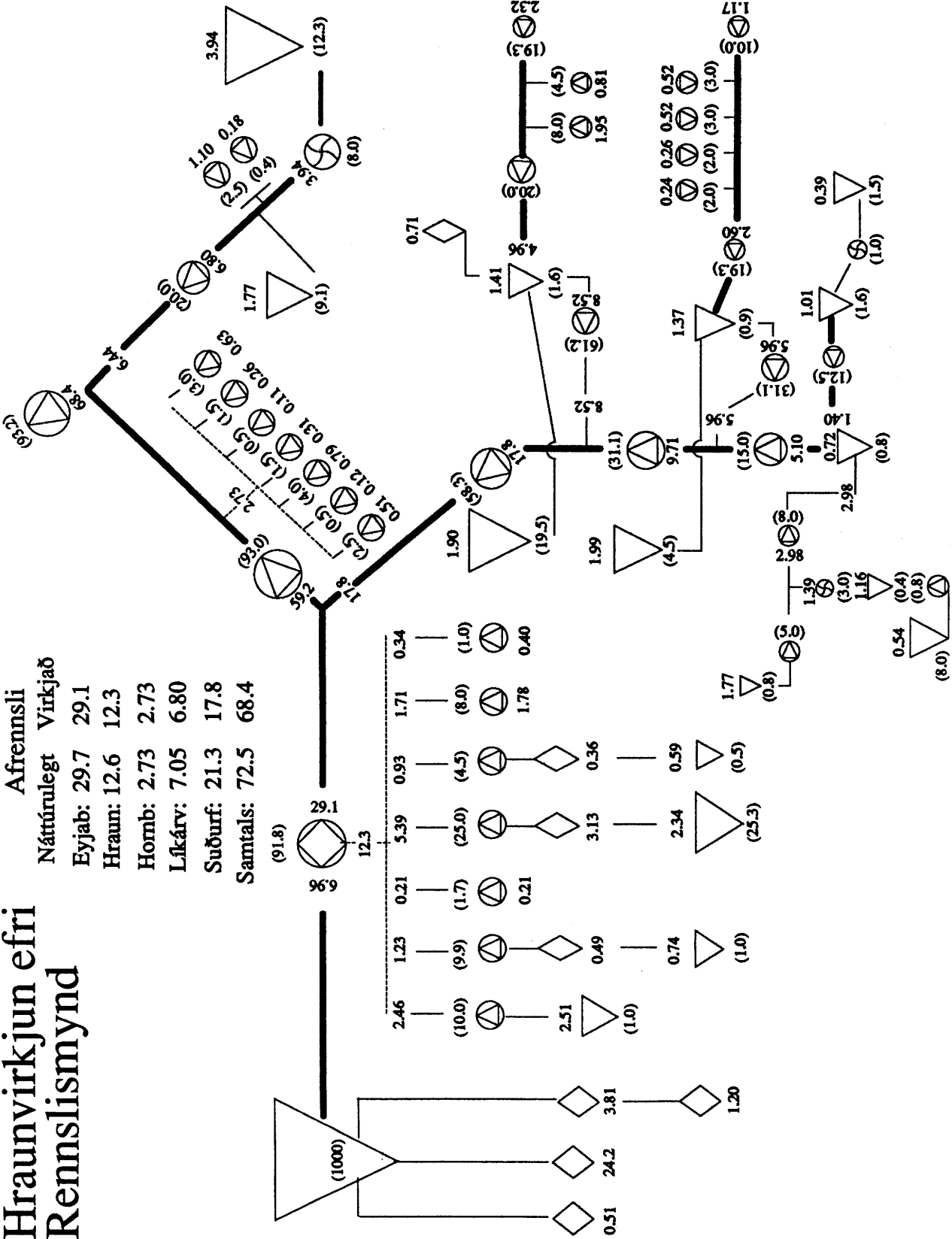
Á mynd 3a sést t.d. að ársmeðalrennsli frá Hnúturvatni til ganga er $5.1 m^3/s$. Einnig sést að rennsli um Geithellnagöng er $9.71 m^3/s$ og frá Geithellnalóni $5.96 m^3/s$. Þetta vill segja að aðeins komast $3.75 m^3/s$ af vatninu frá Viðidal í Geithellnagöng. Á sama hátt má finna hvernig vatn frá öðrum veitum skilar sér.

Rennslismyndirnar sýna ótvífrætt hversu mikilvægt er að geta miðlað vatni frá Suðurfjarðaveitu. Virkjað rennsli Hraunavirkjunar efri er $68.4 m^3/s$ en $65.0 m^3/s$ fyrir milli útfærsluna. Þessi munur gerði það að verkum að ekki var ráðist í gerð sundurliðaðrar kostnaðaráætlunar fyrir milli útfærsluna, þar sem fyrstu skot bentu til svipaðs kostnaðar og fyrir efri útfærsluna. Útkoman hefði því verið dýrari virkjun á orkueiningu. Enga að síður er þess virði að hafa milli útfærslana í huga ef upp koma vandamál við frekari úrvinnslu á hinum tveimur.

Rennslislíkanið gefur þannig einnig ótvífrætt til kynna hversu mikilvæg stór miðlun á Eyjabökkum er. Minni miðlun þar myndi þýða verri nýtingu vatns frá Suðurfjörðum og þar með minna virkjað rennsli. Í viðauka I má sjá línurit af rennsli í Aðalvatnsvegi og Suðurfjarðagöngum efri útfærslunnar. Á þeim sést ótvífrætt mikilvægi þess að geta miðlað vatni frá Suðurfjörðum.

Hraunvirkjun efri Rennslismynd

Afrennslí
Náttúrulegt Virkjað
 Eyjab: 29.7 29.1
 Hraun: 12.6 12.3
 Hornb: 2.73 2.73
 Líkár: 7.05 6.80
 Suðurf: 21.3 17.8
 Samtals: 72.5 68.4



Skýringar

Innrennslí [m³/s]	10.0	
Miðlunarrými [GI]	(10.0)	
Rennslí [m³/s]	10.0	
Rennslí [m³/s]	10.0	
Flutningsgeta [m³/s]	(10.0)	
Rennslí [m³/s]	10.0	
Dælugeta [m³/s]	(10.0)	
mq í vatnsvegi [m³/s]	10.0	

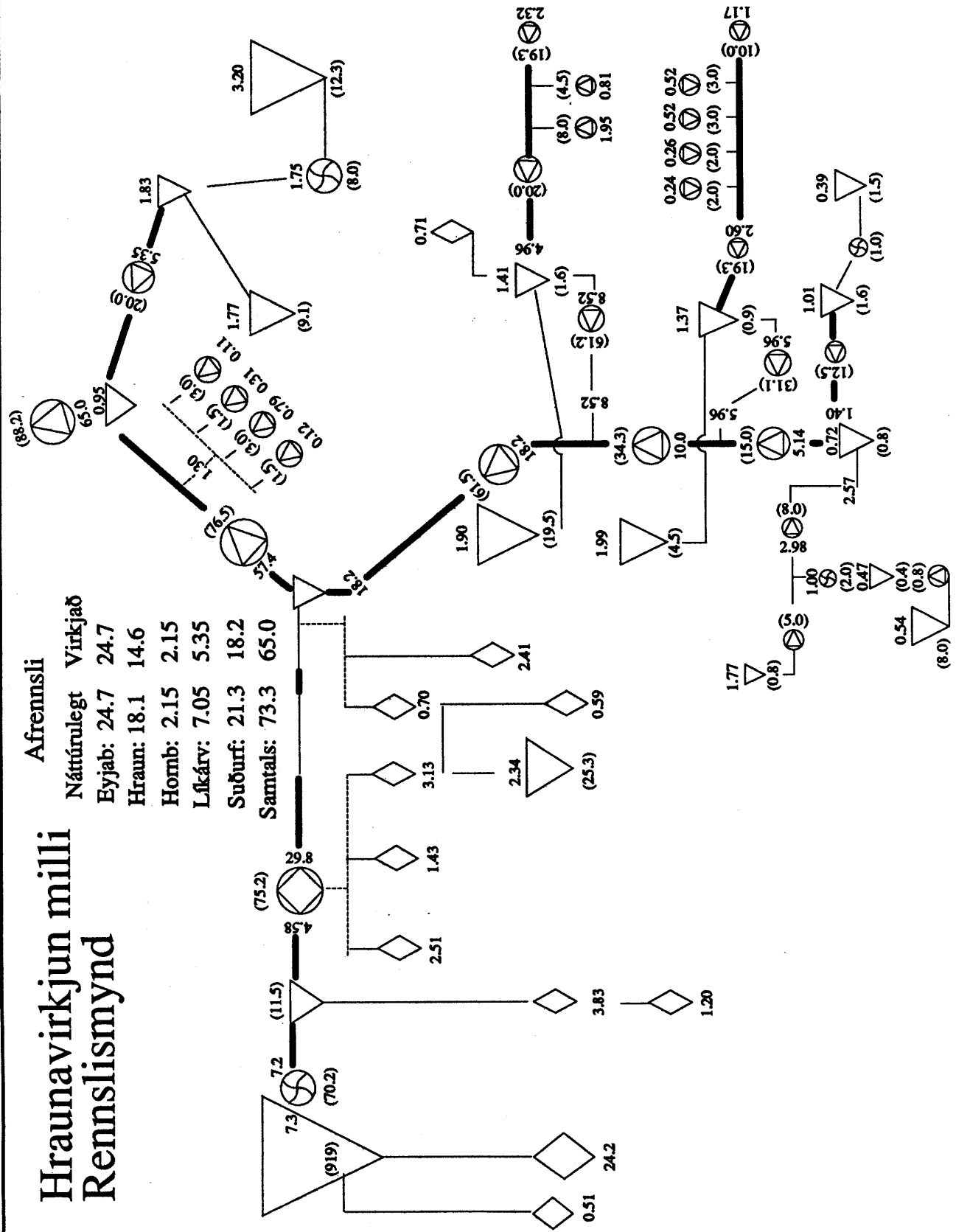
Mynd 4 a

Hraunavirkjun milli Rennslismynd











Afrennsli

Náttúrulegt Virkjað

Eyjab: 24.7 24.7
 Hraun: 18.1 14.6
 Hornb: 2.15 2.15
 Lfakárv: 7.05 5.35
 Suðurf: 21.3 18.2
 Samtals: 73.3 65.0



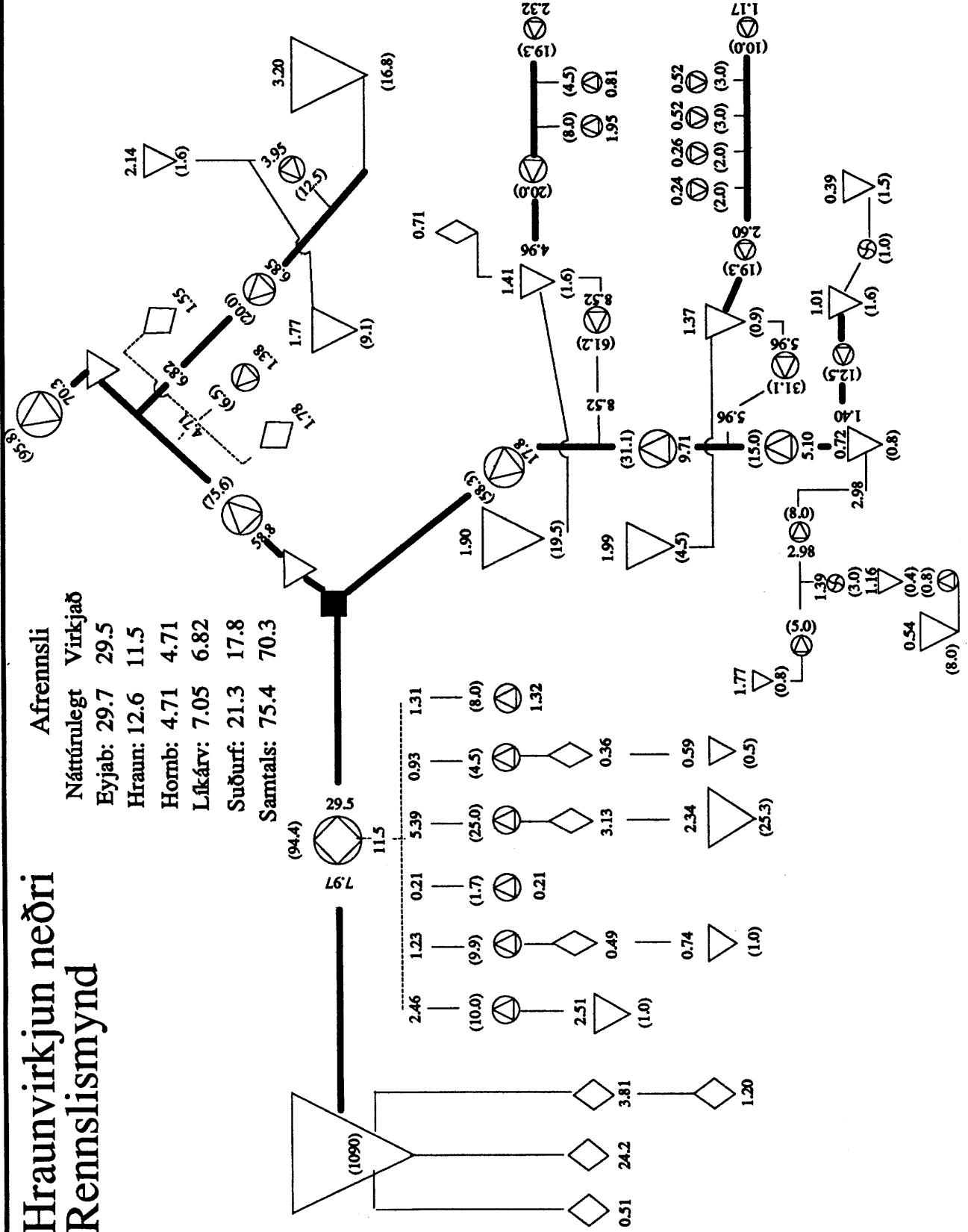
Skýringar

- 10.0  Innrennsli [m³/s]
- (10.0)  Miðlunarymi [Gl]
- 10.0  Rennsli [m³/s]
- 10.0  Rennsli [m³/s]
- (10.0)  Fluttingsgeta [m³/s]
- 10.0  Rennsli [m³/s]
- (10.0)  Dælugeta [m³/s]
-  mq í vatnsvegi [m³/s]
-  —
-  —

Mynd 5 a

Hraunvirkjun neðri Rennslismynd

Afrennslí	Náttúrulegt	Virkjað
Eyjab:	29.7	29.5
Hraun:	12.6	11.5
Hornb:	4.71	4.71
Lákarv:	7.05	6.82
Suðurf:	21.3	17.8
Samtals:	75.4	70.3



Skýringar

Innrennslí [m³/s] (10.0)

Miðlunarárými [Gl] (10.0)

Rennslí [m³/s] (10.0)

Rennslí [m³/s] (10.0)

Flutningsgeta [m³/s] (10.0)

Rennslí [m³/s] (10.0)

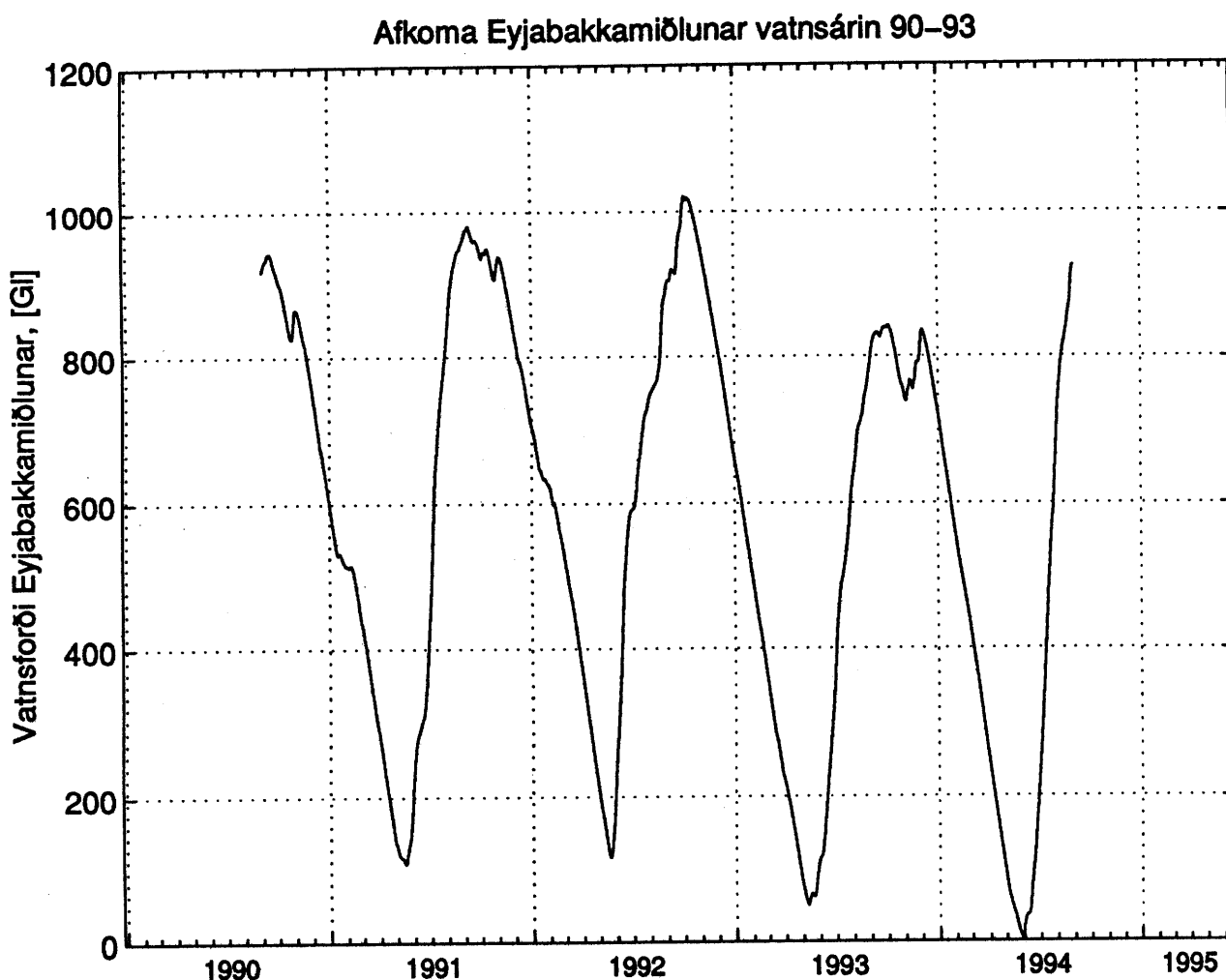
Dælugeta [m³/s] (10.0)

mq í vatnsvegi [m³/s] (10.0)

Mynd 6 a

5.1.1 Afkoma Eyjabakkamiðlunar

Eins og vikið hefur verið að er Eyjabakkamiðlun lykilatriði að hagkvæmum rekstri Hraunavirkjunar. Mynd 9 sýnir vatnsforða Eyjabakkamiðlunar fyrir Hraunavirkjun efri. Mjög áþekkar niðurstöðu fengust fyrir hinar útfærslunar tvær.



Mynd 9

Á mynd 9 sést að fyrstu tvö vatnsárin eru hagstæðari en tvö síðari. Bæði árin blotar það mikið rétt eftir áramót að verulega dregur úr rennsli frá miðluninni. Einnig verða minni blotar þannig að miðlunarþörf þessi ár er u.þ.b. 870 Gl. Árið endar með góðri leysingu og skilar fullri miðlun. Næstu tvö ár á eftir eru hins vegar erfiðari. Engir umtalsverðir vetrarblotar, mjög kaldur vetur og lítil leysing vatnsárið 92 veldur mjög slæmri afkomu Eyjabakkamiðlunar og tæplega 1000 Gl miðlunarþörf. Veturinn vatnsárið 93 er einnig blotalaus sem veldur enn meira álagi á miðlunina. Hins vegar er leysing um vorið góð sem skilar góðri afkomu yfir heildina.

Hvernig vatnsárin 1990-93 eru í samanburði við önnur vatnsár verður að bíða frekari úrvinnslu og vatnaræðilegri líkangerðar. Þó er ljóst að vatnsárin í kringum miðjan sjöunda áratuginn (hafísárin) voru verri en þessi ár sem nú voru notuð. Einnig er ljóst að oft er mun meira rennsli af

Hraunum en þessi ár gerfa til kynna [Árni Snorrason, munnl. h.].

Af vatnsárunum má þann lærdóm draga að verði Hraunavirkjun reist með öllum veitum er þörf á rúmlega 1000 GJ miðlun a.m.k. við Eyjabakka til að tryggja að hægt sé að virkja að meðaltali um 70 m³/s á ári niður í Suðurdal. Stækkun miðlunarinnar frá því sem lagt er til við Fljótsdalsvirkjun er um 17 ferklómetrar. Sú aðgerð mun ekki valda því að meira af votlendisgróðri fari í kaf og aðeins lítið eitt af þurrlendisgróðri. Það ætti því ekki að valda mikilli röskun að stækka hana.

5.2 Jaðarkostnaðarreikningar

Einungis voru framkvæmdir jaðarkostnaðarreikningar fyrir Hraunavirkjun efri. Sú ákvörðun var tekin á þeirri forsendu að meðhöndlun rennslisins er mjög lík í öllum útfærslunum og þar með ólíklegt að reikningar fyrir Hraunavirkjun neðri gefi marktækan mun.

5.2.1 Jaðarkostnaður ganga

Tafla 2 sýnir kostnaðarreikninga fyrir mismunandi flutningsgetu Suðurfjarðaganga, og Hrauna-veituganga. Göngin voru jaðarkostnaðarreiknuð þannig að valið var grunnrennsli um göngin jafnt meðalinnrennsli í hvern hluta fyrir sig. Það rennsli var síðan margfaldað með ákveðnum stuðli og orkuframleiðsla og stofnkostnaður metin. Því næst var nýr stuðull valinn og ferlið endurtekið. Í töflunum má sjá margfeldistölu grunnrennslisins sem valin var í jaðarkostnaðarreikningana.

Tafla 2

Jaðarkostnaður Suðurfjarðaganga						
Veita Grunnrennsli		Viðid. 5.1	Geith. 9.7	Ham. 18.1		
Stuðull	[MKr-d94]	[GWh]	[dk/dE]	[Qút]	[kr/kWh]	Athugasemdir
2.0	50,785	3,041	8.4	66.4	16.70	
2.1	50,869	3,051	8.2	66.6	16.67	
2.2	50,953	3,062	8.8	66.8	16.64	
2.3	51,034	3,070	9.8	67.0	16.62	
2.4	51,115	3,078	10.0	67.2	16.61	
2.5	51,195	3,086	10.7	67.4	16.59	
2.6	51,274	3,093	7.9	67.5	16.58	
2.7	51,300	3,099	11.7	67.7	16.55	
2.8	51,424	3,106	15.6	67.8	16.56	
2.9	51,500	3,112	13.2	68.0	16.55	
3.0	51,575	3,117	14.4	68.1	16.55	
3.1	51,650	3,122	15.2	68.2	16.54	
3.2	51,721	3,127	19.8	68.4	16.54	Valið
3.3	51,818	3,131	23.7	68.4	16.55	

Margfeldisstuðull Suðurfjarðaganga (allra þriggja hluta) var valin sem 3.2 þar sem sú tala gefur jaðarkostnað næst ráðlögðum jaðarkostnaði. Þá er flutningsgeta ganganna frá Viðidal að Geithellnadal 3.2*5.1 eða um 17 m³/s. Í þessu tilfalli eru valin lágmarksgöng sem bera 20.31 m³/s. Flutningsgeta hinna gangahlutanna í töflu 2 fæst á sama hátt. Jaðarkostnaðarölurnar gefa til kynna hversu næmir reikningarnir eru, mjög erfitt er að keyra rennslislíkanið þannig að Eyjabakkamiðlun sé skilað nákvæmlega í sömu stöðu og upphaflega. Vegna þess hversu kostnaðurinn og rennslið eykst hlutafallsega lítið kemur fram talsvert flókt í jaðarkostnaðartölunum.

Hraunaveitugöng takmarka rennsli vatns frá Suðurfjörðum og Hraunaveitu. Því þarf að jaðarkostnaðarreikna þau en ekki hanna þau eftir vatnspörf virkjunarinnar sjálfrar við reiðuafli. Jaðarkostnaðarreikningarnir fyrir Hraunaveitugöng sýndu á sambærilegan hátt að flutningsgeta sem dyggði fyrir reiðuafli Hraunavirkjunar efri væri hagkvæmust. Því eru Hraunaveitugöng í Hraunavirkjun neðri einnig látin bera rennsli sem er nærri því rennsli sem þarf til að sjá virkjuninni fyrir reiðuafli.

5.2.2 Jaðarkostnaður Eyjabakkamiðlunar

Eins og áður sagði er Eyjabakkamiðlun mikilvæg Hraunavirkjun, og hagkvæmni hennar sést glögglega þegar litið er á töflu 3.

Tafla 3

Jaðarkostnaður Eyjabakkastíflu					
Krónuhæð [m.y.s]	Stofnkostn. [MKr-12-94]	Orka [GWh]	Rennsli [m ³ /s]	Lónrými [Gl]	Jaðarkostn. [kr/kwh]
672.0	51,721	3,127	68.4	1016	13.0
671.0	50,931	3,066	67.1	949	10.0
670.0	49,621	2,918	63.9	883	8.6
669.0	48,279	2,759	60.4	820	8.4
668.0	46,969	2,604	57.1	759	8.5

Ekki var farið herra þar sem frekari hækkun eykur virkjað rennsli lítið sem ekkert. Niðurstaðan gefur því til kynna að bjargist vatn við hækkun Eyjabakkastíflu, þá borgar sig að öllum líkindum að hækka hana.

5.2.3 Jaðarkostnaður einstakra veitna

Jaðarkostnaður einstakra veitna er sýndur í töflu 4. Dálkurinn lengst til hægri sýnir nafn veitunnar sem bætt er við. Taflan sýnir kostnaðinn við byggingu Hraunavirkjunar með viðkomandi veitu, þ.e hönnun allara mannvirkja miðast við það rennsli sem sú veita og þær sem eru tilteknaðar í línunum fyrir ofan myndu skila. Jaðarkostnaðurinn er fenginn sem mismunur stofnkostnaðar virkjunarinnar með og án viðkomandi veitu á móti mismuni orkuframleiðslunnar.

Tafla 4

Jaðarkostnaður veitna						
Einstakar veitur	Stofnkostn	Framleiðsla	Eyjab.-miðlun	Jaðarkostn	Virkjað rennsli	Verðlag Des 94
Viðbótarveita	[MKr]	[GWh]	[m.y.s]	[kr/kWh]	[m ³ /s]	[kr/kWh]
Aðalvatnsv.	29,141	2,001	667.4		43.8	14.6
Líkarvatn	34,769	2,290	668.7	19.5	50.4	15.2
Hamarsá	41,701	2,696	670.4	17.1	59.0	15.5
Geithellnaá	47,150	2,953	671.4	21.2	64.1	16.0
Víðidalur	51,721	3,127	672.0	26.3	68.4	16.5

Niðurstöðurnar sýna að jaðarkostnaður veitnanna nema Víðidalur er innan eða mjög nálægt hinum ráðlögðu 19 kr/kWh/ári efri mörk. Víðidalur er hins vegar nokkuð frá þessum mörkum. Það verður hins vegar að ráðast á frum- eða verkhönnuurstigi hvort ráðist verði endanlega í gerð veitunnar

eða ekki. Heildar kostnaðaráætlun miðast því við að ráðist verði í allar veiturinnar.

5.3 Kostnaðaráætlun

Kostnaður við gerð einstakra mannvirka er birtur í sérstökum töflum. Til að auðvelda lestur taflanna hefur þeim verið skipt upp í eftir veitum. Niðurstöðurnar eru birtar í töflum sem hafa átta dálka auk athugasemda dálks. Dálkarnir átta bera heitin sem sýnd eru hér fyrir neðan.

Mannvirki	Q	L	H	D	V	S	verkk
	[m ³ /s]	[km]	[m]	[m]	[Ml]	[o/oo]	[Mkr]

Tafla 5 skýrir heiti dálkanna.

Tafla 5

Heiti dálks	Skýring
Q	Hönnunarrennsli mannvirkis í rúmmetrum á sek.
L	Lengd mannvirkis í kílómetrum
H	Hæð stíflna/yfirfalla og lægsta þrýstihæð gangna við inntak í m.y.s. Hæð botnrása, verg lyftihæð dælna og hönnunarfallhæð véla í metrum.
D	Þvermál mannvirkis í metrum.
V	Heildarrúmtak efnis í þús. rúmmetra.
S	Þrýstihalli vatnsvegar í prómillum.
verkk	Verkkostnaður viðkomandi mannvirkis í milljónum króna Verðlag er des 92.

Í lok hvernar töflu eru birtar upplýsingar um raforkuframleiðslu og heildarkostnað. Einnig er kostnaðurinn birtur í krónum á ársklówattsstund [kr/kWh/ári].

5.3.1 Hraunavirkjun efri

Tafla 6 sýnir sundurliðaða kostnaðaráætlun fyrir Hraunavirkjun efri. Töflunni er skipt niður eftir veitum. Reynt er að haga framsetningunni þannig að fyrst eru tiltekin þau mannvirki sem eru hæst í veitunni og svo eru þau talin upp í straumstefnu að næstu veitu. Aftast í töflunni er að finna samantekt um rennsli og uppsett afl og áætlun um raforkuframleiðslu.

Tafla 6

Hraunavirkjun efri, Kostnaðaráætlun								
Mannvirki	Q	L	H	D	V	S	verkk	ATH
	[m ³ /s]	[km]	[m]	[m]	[Ml]	[o/oo]	[Mkr]	
ADALVATNSVEGUR								
Við Eyjabakka								
Eyjabakkastífla		7.200	676		4.351		3.531.4	Jarðstífla
Botnrás	569.0		35				195.7	
Grjótvarið yfirfall	57.0	0.010	672				2.3	
Skurður	73.6	0.600	648		48	0.27	41.5	Í Eyjabakkalóni
Sprengd göng	73.6	2.500	648	6.70	89	1.36	538.6	Milli lónanna
Skurður	73.6	1.800	644		420	0.27	285.5	Í Kelduárlóni
Stöðvarinntak	92.0		30				283.9	
Hafursá							68.2	
Samtals							4,947.1	
Kelduá-Sultarrani								
Vélboruð göng	91.7	13.300	642	6.60	459	1.19	2,755.9	Klón-Sultarrana
Grjótárstífla		0.290	675		5		33.1	RCC
Botnrás	26.0		11				7.3	
Lækjarinntak	10.0	0.033		2.01			20.9	Grjótá
Innri-Sauðárstífla		0.530	756		13		83.9	RCC
Botnrás	19.0		12				7.2	
Lækjarinntak	10.0	0.059		2.01			25.0	Innri Sauðá
Lækjarinntak	2.1	0.049		1.27			10.0	Pverá I-Sauðár
Sauðárvatnsstífla		0.920	797		17		115.1	RCC
Botnrás	34.0		14				10.5	
Sauðárvatnssturður	1.3	1.400	782		118	0.35	59.3	
Hjálpargöng		0.3		7.13	10.2		49.1	Við Ytri-Sauðá
Lækjarinntak	25.0	0.000		3.18			47.2	Í hjálpargöngum
Fellsárstífla		0.160	747		2		11.6	RCC
Lækjarinntak	4.5	0.030		1.35			10.8	Fellsá
Lækjarinntak	1.0	0.065		1.27			10.6	Sultarrana á
Lækjarinntak	8.0	0.050		1.80			19.5	Pverá-Sultarr. á
Hjálpargöng		0.300		7.13	10		49.1	Við Gangnamót
Samtals							3,326.1	
Sultarrani-Gilsá								
Vélboruð göng	93.0	9.000	626	6.70	314	1.18	1,810.1	
Hjálpargöng		0.400		7.66	19		85.0	
Lækjarinntak	2.5	0.051		1.27			10.5	Syðsta í Hombr.
Lækjarinntak	0.5	0.068		1.27			10.6	
Lækjarinntak	4.0	0.053		1.27			12.3	
Lækjarinntak	1.5	0.056		1.27			10.1	
Lækjarinntak	0.5	0.085		1.27			12.3	
Lækjarinntak	1.5	0.071		1.27			11.6	Nyrsta í Hombr.
Lækjarinntak	3.0	0.000		1.27			6.1	Gilsá í hjálparg.
Pípukurður	0.3	2					43.2	Gilsárdal
Samtals							2,011.7	
Gilsá-Suðurdalur								
Vélboruð göng	93.1	4.000	621	6.70	140	1.18	808.1	Aðrennsli
Fallgöng	93.1	0.477	627	4.12	6	7.19	780.5	Lóðrétt
Vélboruð göng	93.1	4	38	6.7	139.7	1.18	808.1	Frárennsli

Mannviki	Hraunavirkjun efri, Kostnaðaráætlun							ATH
	Q [m ³ /s]	L [km]	H [m]	D [m]	V [MI]	S [o/oo]	verkk [Mkr]	
Frárennlisskurður	93.1	0.6	37		416	0.69	145.2	Syðri kaffi
Frárennlisskurður	93.1	2.200	36		990	0.06	284.5	Nyrðri kaffi
Samtals							2,826.3	
Stöðvarmannvirki								
Aðkomugöng		1.900					526.8	
Hjápargöng		0.300		7.17	10		49.4	F. Aðrennalsig.
Stöðvarhellir	93.1		605				1,485.8	493 MW
Vélar og Rafbúnaður	93.1		605				5,664.0	493 MW
Prýstijöfnun							235.9	
Samtals							7,961.8	
Samtals Aðalvatnsveita							21,073.1	
Jaðarveitur								
Vatnaðæld								
Pípuskurður	0.3	1.500					32.4	Í Fremstavatn
Fremstavatnsstífla		0.670	812		32		64.4	Jarðstífla
Botnrás	13.0		10				12.3	
Grjótvarið yfirfall	43.0	0.010	808				1.7	
Skurður	4.5	0.7	807		59.7	0.45	42.8	Til Miðvatns
Sprengd göng	4.5	0.500	806	3.00	4	0.38	41.4	Til Kelduárvatns
Skurður	4.5	0.500	806		37	0.45	27.8	Til Kelduár
Samtals							222.8	
Suðurfirðir								
Víðidalur Neðri								
Múlapverárstífla		0.270	635		16		89.3	RCC
Botnrás	46.0		26				24.6	
Polyethelyne-leiðsla	0.8	4.200	8	0.81		1.79	54.8	Til Víðidalsstíflu
Víðidalsstífla		0.070	625		7		40.1	RCC
Botnrás	68.0		19				20.6	
Pípuskurður	0.3	4.000					86.3	A-hlfi Víðidals
Dælustöðvarhús	3.0		86				25.8	2.9 MW
Dælur	3.0		86				52.0	2.9 MW
Trefjaplastpípa	3.0	0.400	86	1.22		3.32	29.0	Frá Dælustöð
Samtals							422.676	
Víðidalur Efri								
Veitustífla		0.090	712		4		23.2	RCC
Polyethelyne-leiðsla	5.0	2.400	8	1.49		3.33	95.5	Til Trefjaplastpípu
Polyethelyne-leiðsla	8.0	3.500	19	1.62		5.43	164.4	Til Hnútuvatns
Hofsárstífla		0.320	700		7		42.9	Neðra vatn
Botnrás	25.0		13				8.9	RCC
Dælur og -stöð	1.0		17				6.5	0.2 MW
Polyethelyne-leiðsla	1.0	0.100	20	0.36		197.67	0.4	Til efra vatns
Hofsárstífla		0.130	712		1		9.5	RCC
Botnrás	18.0		10				5.7	
Skurður	1.0	0.500	708		49	1.22	37.4	Að gangnaopi
Sprengd göng	12.5	2.100	705	3.00	15	2.77	167.9	Til Hnútuvatns
Skurður	1.0	0.100	701		3	1.22	1.8	Frá gangnaopi
Hnútuvatnsstífla		0.360	689		85		78.6	RCC
Botnrás	50.0		19				40.7	
Véliboruð göng	15.0	2.700	644	3.50	26	0.92	256.4	Til Geithellnads
Samtals							939.6576	

Mannvirki	Hraunavirkjun efri, Kostnaðaráætlun							verkk [Mkr]	ATH
	Q [m ³ /s]	L [km]	H [m]	D [m]	V [MI]	S [o/oo]			
Geithellna á									
Pípuskurður	0.1	0.500					7.3	Austasti s. Þ.j.	
Pípuskurður	0.2	0.500					9.3		
Pípuskurður	0.7	0.300					9.0		
Lækjarinntak	3.2	0.000		1.27			6.3	Í munna gangna	
Lækjarinntak	3.0	0.035		1.27			9.5	Til vesturs	
Pípuskurður	0.3	0.300					6.5	Í hlið norðan g.	
Lækjarinntak	3.0	0.026		1.27			8.6		
Lækjarinntak	2.0	0.062		1.27			11.2		
Lækjarinntak	2.0	0.063		1.27			11.3		
Vélboruð göng	20.0	4.500	750	3.50	44	1.56	406.0	Sunnan Þrándarj.	
Geithellnavatnsstífla		0.090	819		3		17.1	RCC	
Botnrás	46.0		14				11.9		
Geithellna árstífla		0.130	715		7		41.6	RCC	
Botnrás	125.0		21				29.2		
Lækjarinntak	30.8	0.045		3.53			73.9		
Vélboruð göng	30.8	10.200	644	4.20	143	1.44	1,113.0	Til Hamarsár	
Samtals							1,771.6		
Hamarsá									
Hamarsvatnsstífla		0.430	823		77		77.3	Jarðstífla	
Botnrás	40.0		20				39.1		
Grjótvarið yfirfall	3.0	0.000	819				0.1		
Hamarsvatnsskurður	2.0	0.600	804		13	0.47	9.8		
Skurður	1.2	0.200	781		7	1.08	4.8	Norðan Þjökuls	
Skurður	1.6	0.300	765		8	0.89	5.9	Vestari	
Veitustífla		0.100	692		2		12.5	Til Y-Þrándáar	
Botnrás	32.0		13				9.8	RCC	
Pípuskurður	0.2	1.700					31.6		
Veitustífla		0.220	689		1		11.8	Ytri Þrándará	
Þrándáarskurður	8.0	1.000	689		65	0.31	29.1		
Veitustífla		0.040	689		1		6.4	Innri Þrándará	
Lækjarinntak	8.0	0.000		1.80			12.6	Austara	
Lækjarinntak	4.5	0.050		1.35			13.0	Vestara	
Vélboruð göng	20.0	3.900	692	3.50	38	1.56	357.0	N. Þrándarjökuls	
Pípuskurður	1.4	1.000					40.5	Til Hamarsárlóns	
Hamarsárlónsstífla		0.980	688		109		130.7	RCC	
Botnrás	91.0		17				46.0		
Hjálpargöng		0.200		6.48	8		42.3		
Vélboruð göng	58	8.5	644	5.5	200.7	1.29	1,295.2	Til Sultarrana	
Samtals							2,175.5		
Likárvatn neðra									
Likárvatnsstífla		1.190	600		25		76.6	Jarðstífla	
Botnrás	21.0		10				15.2		
Steypt yfirfall	90.0	0.020	596				5.1		
Skurður	3.0	1.300	593		109	0.59	59.7	Til Geitárdalslóns	
Ódávötn		1.190	617		5		48.0	RCC	
Geitárdalsstífla		0.850	600		44		79.0	Jarðstífla	
Botnrás	18.0		12				16.1		
Grjótvarið yfirfall	62.0	0.020	596				2.5		
Pípuskurður	0.1	0.700					10.3	Hrútárveita	
Pípuskurður	0.2	0.300					5.6	Hrútárveita	
Hrútárskurður	1	0.5	649		13	0.19	3.7		
Hrútárstífla		0.130	648		3		18.4	RCC	

Mannvirki	Hraunavirkjun efri, Kostnaðaráætlun							verkk [Mkr]	ATH
	Q [m ³ /s]	L [km]	H [m]	D [m]	V [Ml]	S [o/oo]			
Lækjarinntak	7.5	0.025		1.74				15.2	A. við dælustöð
Dælustöðvarhús	8.0		86					63.0	7.8 MW
Dælur	8		86					138.9	7.8 MW
Vélboruð göng	8.0	2.400	590	3.50	23	0.26		227.8	Til dælna
Samtals								785.1366	
Líkárvatn efra									
Leirudalsstífla		0.330	696		49			54.2	Jarðstífla
Botnrás	43.0		18					36.1	
Grjótvarið yfirfall	35.0	0.010	692					1.5	
Leirudalsskurður	5.0	0.600	673		17	0.42		12.0	
Lækjarinntak	5.0	0.070		1.42				16.0	Hornbrynjuslakka
Hornbrynjustífla		0.290	721		3			24.2	RCC
Botnrás	12.0		10					4.5	
Lækjarinntak	2.5	0.105		1.27				15.8	Hornbrynjuslakka
Veitustífla		0.060	717		1			5.6	Hornbrynjuslakka
Botnrás	6.0		12					4.5	RCC
Lækjarinntak	0.4	0.110		1.27				14.7	Hornbrynjuslakka
Vélboruð göng	20.0	7.200	682	3.50	71	1.56		633.5	Til Gilsár
Samtals								822.519	
Annað									
Stöðvarbyggð								154.6	
Vegir (Varanl./vinnu)		72/81						637.7	
Samtals								792.3582	
Verkkostnaður alls								29,005	Des 92
Stofnkostnaður alls								47,685	Des 92
kr/kwh/ári								15.3	Des 92
Verkkostnaður alls								31,461	Des 94
Stofnkostnaður alls								51,721	Des 94
kr/kwh/ári								16.5	Des 94
Orka									
Afl								495.8	MW
Framleiðsla (30/70)								3,169.3	GWh/ári
Dæling								(42.5)	GWh/ári
Samtals								3,126.8	GWh/ári

Í töflu 6 er nokkuð áberandi hversu dýr þrúskurðurinn er í austurhlíðum Viðidals. Ástæða er til að benda á að færa mætti hann ofar og sleppa þannig við að dæla vatninu sem rennur um hann. Það hefði reyndar í för með sér að vatnasvið veitunnar minnka heldur. Það kæmi hins vegar ekki mikið að sök þar sem léleg nýting er á vatni veitunnar.

5.3.2 Áfangaskipting Hraunavirkjunar efri

Framleiðslugeta Hraunavirkjunar efri er mikil eða tæpar 3200 GWh á ári. Ekki er líklegt að auka þurfi raforkuframléiðslu hér á landi um svo mikið í einu. Því er nauðsynlegt athuga hvort hagkvæmt sé að áfangaskipta virkjuninni. Eðlilegt er að skipta virkjuninni niður eftir veitum, og bæta þeim við einni af annari. Veitunum var skipt niður á svipaðan hátt og í jaðarkostnaðarreikningunum.

Við kostnaðarreikningana var bætt við 64.4% á verkkostnað við hvern áfanga til að áætla stofnkostnaðinn. Innifalið í þessum 64.4% er m.a. vextir á byggingatíma. Hefðbundið er að áætla 5 ár frá upphafi útboðsgerðar að afhendingu virkjunar. Líklegt er að vextir á byggingatíma séu eitt-hvað lægri við gerð hvernar viðbótarveitu, þar sem örugt er að hún komist í full not eftir bygg-

ingu. Á móti kemur að verið er að greiða vexti af ónýttri fjárfestingu í upphafi. Ekki er ástæða til að ætla að mismunurinn þarna á milli sé verulegur, og var því ekki farið út í þá vinnu að meta hann.

Tafla 7 sýnir hvernig áfangaskiptingin kemur út. Fyrsta línan sýnir kostnað við gerð virkjunarinnar einungis með Hraunaveitu- og Hornbrynjugöngum. Reiknað er með að göngin geti borið það rennsli sem verður þegar allir áfangar eru komnir í notkun og vélar verði þrjár af fjórum. Reiknað er með að í fyrsta áfanga verði Eyjabakkastífla byggð að fullu og stöðvarhúsið allt reist. Næsta lína sýnir þá viðbót sem bygging Hamarsárveitu myndi gefa, bæði í orku og kostnaði og svo koll af kolli.

Tafla 7

Afangaskipting Hraunavirkjunar efri.							
Einstakar veitur	Stofn-kostn.	Upps. afl	Afl-þörf	Framleiðsla	Rennsli frá veitu	Verðlag Des 94	Athugasemdir
Veita	[MKr]	[MW]	[MW]	[GWh]	[m ³ /s]	[kr/kWh]	
Aðalvatnsvegur	36,749	371	331.00	2,046.0	44.4	18.0	Allt stöðvarhús
Hamarsá	3,879	371	396.00	411.2	8.3	8.9	
Geithellnaá	5,684	498	435.00	242.1	5.4	22.1	Fjórfra vél
Lífkárvatn	2,980	498	481.00	266.7	6.5	10.5	
Víðidalur	2,429	498	498.00	160.8	3.8	14.2	
Samtals	51,721			3,126.8	68.4	16.5	

Tafla 7 sýnir að hagkvæmt er að áfangaskipta virkjuninni. Áætlunin sýnir að eftir hvern áfanga skilar virkjunin hagkvæmri orku. Vegna þessa að kostnaður við ísetningu fjórðu vélarinnar er allur settur á veituna til Geithellnaár er sá áfangi töluvert dýrari en hinir. Þegar Hraunaveitu er bætt við er uppsett afl minna en aflþörf. Það þýðir í raun að horfið er frá kröfunni um að reiðuafi sé 15%. Reiðuafi virkjunarinnar þá er um 8%. Það stefnir ekki rekstraröryggi raforkukerfisins í hættu skv. nýjustu athugunum Landsvirkjunar [Edvard G. Guðnason, munnl. h.,1995].

5.3.3 Hraunavirkjun neðri

Tafla 8 sýnir sundurliðuða kostnaðaráætlun. Athugið að hér eru einungis sýndir kostnaðarliðir aðalvatnsvegar. Sundurliðuð kostnaðaráætlun fyrir jaðarveitur er mjög áþekkt efri útfærslunni.

Tafla 8

Mannvirki	Hraunavirkjun neðri, Kostnaðaráætlun							ATH
	Q [m ³ /s]	L [km]	H [m]	D [m]	V [Ml]	S [o/oo]	verkk [Mkr]	
ADALVATNSVEGUR								
Við Eyjabakka								
Eyjabakkastífla		7.250	677		4,564		3,673.5	Jarðstífla
Botnrás	579.0		35				199.9	
Grjótvandið yfirfall	54.0	0.010	673				2.2	
Skurður	74.2	0.600	648		48	0.27	41.7	Í Eyjabakkalóni
Sprengd göng	74.2	2.500	648	6.70	88	1.36	529.7	Milli lónanna

Hraunavirkjun neðri, Kostnaðaráætlun								
Mannvirki	Q [m ³ /s]	L [km]	H [m]	D [m]	V [ML]	S [o/oo]	verkk [Mkr]	ATH
Skurður	74.2	1.800	644		421	0.27	286.5	Í Kelduárlóni
Stöðvarinntak	74.0		30				239.0	
Hafursárveita							68.2	Úr akýrslu L.V.
Samtals							5,040.7	
Kelduá-Sultarrani								
Vélboruð göng	94.4	13.500	642	6.70	477	1.18	2,852.6	Klón->Sultarrana
Grjótárstífla		0.290	675		5		33.1	RCC
Botnrás	26.0		11				7.3	
Lækjarinntak	10.0	0.025		2.01			19.6	Grjótá
Innri-Sauðárstífla		0.530	756		13		83.9	
Botnrás	19.0		12				7.2	RCC
Lækjarinntak	10.0	0.050		2.01			23.6	Innri Sauðá
Lækjarinntak	2.1	0.027		1.27			7.9	Þverá I-Sauðár
Sauðárvatnsstífla		0.920	797		17		115.1	RCC
Botnrás	34.0		14				10.5	
Sauðárvatnsskurður	1.3	1.400	782		118	0.35	59.3	
Hjálpargöng		0.200		7.21	7		35.2	Við Ytri-Sauðá
Lækjarinntak	25.0	0.000		3.18			47.2	Í hjálpargöngum
Fellsárstífla		0.160	747		2		11.6	RCC
Lækjarinntak	4.5	0.030		1.35			10.8	Fellsá
Fallgöng	75.6	0.040	74	3.71	0	8.13	49.8	Smávirrkjun
Vélboruð göng	75.6	2.100	598	6.10	62	1.23	396.3	Til Sultaranalóns
Samtals							3,771.1	
Sultarrani-Gilsá								
Sultarranastífla		0.150	598		8		49.0	RCC
Botnrás	44.0		14				12.1	
Vélboruð göng	75.6	9.700	593	6.10	285	1.23	1,733.5	Til Gilsár
Lækjarinntak	6.5	0.015		1.62			12.2	Í Hornbrynju
Pípurskurður	0.5	0.500					13.2	Til Sultaranalóns
Pípurskurður	0.5	0.500					13.2	Í Lækjarinntak
Pípurskurður	0.5	0.900					23.7	Til Inntakslóns
Samtals							1,856.8	
Gilsá-Suðurdalur								
Skurður	95.8	0.600	585		87	0.67	75.1	I lóni frá göngum
Inntaksstífla		2.650	589		362		406.4	Jarðstífla
Botnrás	30.0		16				27.9	
Grjótvarið yfirfall	68.0	0.020	585				2.7	
Inntaksskurður	95.8	1.600	580		197	0.67	133.0	Í lóni
Stöðvarinntak	96.0		5				224.6	
Vélboruð göng	95.8	1.700	578	6.70	61	1.18	373.5	
Fallgöng	95.8	0.454	554	4.17	6	7.08	713.6	
Vélboruð göng	95.8	2.200	29	6.70	79	1.18	471.7	
Vélboruð göng	95.8	3.200	26		498	0.29	372.4	
Samtals							2,800.9	
Stöðvarmannvirki								
Aðkomugöng		1.100					322.8	
Stöðvarhús	95.8		550				1,459.2	460.9 MW
Vélar og Rafbúnaður	95.8		550				5,440.8	460.9 MW
Aðkomugöng		0.400					144.4	
Stöðvarhús	75.6		77				403.6	50.9 MW
Vélar og Rafbúnaður	75.6		77				1,312.1	50.9 MW
Þrýstijöfnun							114.2	

Hraunavirkjun neðri, Kostnaðaráætlun								
Mannvirki	Q	L	H	D	V	S	verkk	ATH
	[m ³ /s]	[km]	[m]	[m]	[Ml]	[o/oo]	[Mkr]	
Samtals							9,197.1	
Samtals Aðalveita							22,666.6	
Jaðarveitur								
Vatnæld								
Samtals							218.2	
Suðurfjarðarveita								
Viðidalur Neðri								
Samtals							422.7	
Viðidalur Efri								
Samtals							939.4	
Geithellnaá								
Samtals							1,776.9	
Hamarsá								
Samtals							2,178.6	
Líkárvatn Neðra								
Samtals							1,345.2	
Líkárvatn Efra								
Samtals							253.3	
Annað								
Stöðvarbyggð							149.0	
Vegir (Varanl./vinnu)		70/80					626.6	
Samtals							775.6	
Verkkostnaður alls							30,577	Des 92
Stofnkostnaður alls							50,268	Des 92
kr/kwh/ári							15.6	Des 92
Verkkostnaður alls							33,165	Des 94
Stofnkostnaður alls							54,524	Des 94
kr/kwh/ári							16.9	Des 94
ORKA								
Afl							460.9	MW
Smávirikjun							50.9	MW
Framleiðslugeta 30/70 markaður							2,965.3	GWh/ári
Smávirikjun							277.2	GWh/ári
Dæling							(17.3)	GWh/ári
Samtals							3,225.3	GWh/ári

Kostnaður við gerð Hraunavirkjunar neðri er áætlaður lítið eitt meiri en Hraunavirkjunar efri. Það ber að hafa í huga að þessir reikningar fela í sér ekkert áhættumat, hvorki við byggingu eða rekstur virkjananna. Þar má búast við að Hraunavirkjun neðri komi betur út, þar sem hönnun hennar er hefðbundnari en Hraunavirkjunar efri.

5.3.4 Áfangaskipting Hraunavirkjunar neðri

Með sömu rökum og fyrr er rétt að líta á kostnað við áfangaskiptingu virkjunarinnar þegar Jökulsá í Fljótisdal er virkuð í Suðurdal.

Tafla 9

Áfangaskipting Hraunavirkjunar neðri							
Einstakar veitur	Stofn-kostn.	Upps. afl	Afl-þörf	Fram-leiðsla	Rennslí frá veitu	Verðlag Des 94	Athugasemdir
Veita	[MKr]	[MW]	[MW]	[GWh]	[m ³ /s]	[kr/kWh]	
Aðalvatnsvegur	39,766	399	354	2,143.2	46.1	18.6	Bæði stöðvarhús
Hamarsá	3,879	399	408	394.9	8.3	9.3	
Geithellnaá	5,605	514	442	257.4	5.4	20.5	Fjórða vél
Lfkárvatn	2,845	514	486	274.4	6.7	9.8	
Víðidalur	2,429	514	514	155.4	3.8	14.7	
Samtals	54,524	514	514	3,225.3	70.3	16.9	

Tafla 9 sýnir að hagkvæmt er að áfangaskipta virkjuninni. Hér mætti skjóta inn Lfkárvatnsveitu fyrir án þess að hafa áhrif á kostnaðinn beint, þar sem hún er sjálfrennandi.

5.4 Samantekt

Í þessum kafla er ætlunin að bera saman virkjunarkosti Hraunavirkjunar. Einnig verður dregið saman kostnaður við gerð stíflna og jarðganga. Auk þess verður hér velt upp ýmiss konar spurningum er sækja á sem varða samanburð Hraunavirkjunar við Fljótdalsvirkjun.

5.4.1 Samanburður

Í töflu 10 eru virkjunarkostirnir bornir saman.

Tafla 10

Samantekt			
	Efri	Neðri	ATH
Verkkostnaður	31461	33165	Des 94
Stofnkostnaður	51721	54524	Des 94
kr/kWh/ári	16.5	16.9	Des 94
Afl	496	460.9 & 50.9	[MW]
Orka	3127	3225	[GWh/ári]
Rekstrarfallhæð	605	550 & 77	[m]
Virkjað Rennslí	68.4	70.3	[kl/s/ári]

Tafla 10 sýnir að Hraunavirkjun efri og neðri eru mjög sambærilegir kostir hvað varðar kostnað á orkueiningu. Í raun er mjög erfitt um að dæma á þessu stigi málsins með hvorri útfærslunni skuli mæla. Frekari rannsóknir um jarðfræði Hornbrynju- og að- og frárennslisganga á frum- og verk-hönnunarstigi virkjunarinnar verða að skera úr um það, sem og rannsóknir um daglegan rekstur virkjunarinnar. Farið verður nánar í þessa sálma í næsta kafla.

5.4.2 Stíflur og jarðgöng, yfirlit

Töflur 11 og 12 sýna yfirlit yfir göng og stíflur Hraunavirkjunar neðri. Hér er valið að sýna einungis neðri því hún hefur heldur fleiri stíflur en efri og göng eru nánast þau sömu. Athuga ber að tölurnar sem gefnar eru í 6. dálki gangayfirlitsins, rúmmálsdálknum eru rúmmál fast bergs. Auka þarf þessa tölu um 60-70% til að fá rúmmál pakkaðs efnis þegar út úr göngunum er komið.

Tafla 11

Hraunavirkjun neðri, Yfirlit yfir stíflur					
Mannvirki	L	H	V	verkk	Lýsing
	[km]	[m]	[Ml]	[Mkr]	
Hraunaveita					
Eyjabakkastífla	7.250	677	4,564	3,673	Jarðstífla
Grjótárstífla	0.290	675	5	33	RCC
Innri-Sauðárstífla	1	756	13	84	RCC
Sauðárvatnsstífla	1	797	17	115	RCC
Fellsárstífla	0	747	2	12	RCC
Sultarranastífla	0.150	598	8	49	RCC
Inntaksstífla	2.65	589	362	406	Jarðstífla
Vatnadæld					
Fremstavatnsstífla	1	812	32	64	Jarðstífla
Suðurfirðir					
Múlþverárstífla	0	635	16	89	RCC
Vföidalsstífla	0	625	7	40	RCC
Veitustífla	0	712	4	23	RCC
Hofsárstífla	0	700	7	43	Neðra vatn
Hofsárstífla	0	712	1	9	RCC
Hnútvatnsstífla	0	680	8	48	RCC
Geithellnavatnsstífla	0	819	3	17	RCC
Geithellna árstífla	0	715	7	42	RCC
Hamarsvatnsstífla	0	823	77	77	Jarðstífla
Veitustífla	0	692	2	13	Til Y-Prándáar
Veitustífla	0	689	1	12	Ytri Prándará
Veitustífla	0	689	1	6	Innri Prándará
Hamarsárlónsstífla	1	684	20	118	RCC
Lfkárvatn neðra					
Lfkárvatnsstífla	1	600	25	77	Jarðstífla
Geitárdalsstífla	1	600	44	79	Jarðstífla
Hrútárstífla	0	648	3	18	RCC
Lfkárvatn efra				0	
Leirudalsstífla	0	696	49	54	Jarðstífla
Hornbrynjustífla	0	721	3	24	RCC
Veitustífla	0	717	1	6	Hornbrynjustlakka
Samtals	18.1		5,283	5,557	Des 92
Stofnkostn				9,909	Des 94

Tafla 12

Hraunavirkjun neðri, Yfirlit yfir göng								
Mannvirki	Q [m ³ /s]	L [km]	H [m]	D [m]	V [Ml]	S [o/oo]	S [Mkr]	Lýsing
Hraunaveita								
Spr.göng	74.2	2.500	648	6.70	88	1.36	530	Eyjab.-Kelduá
Vélb.göng	94.4	13.500	642	6.70	477	1.18	2,853	Keld-Sultarr.
Hjálpargöng		0.200		7.21	7		35	Sauðá
Hornbrynjug.								
Vélb.göng	75.6	2.100	598	6.10	62	1.23	396	Frárennsli
Vélb.göng	75.6	9.700	593	6.10	285	1.23	1,734	Til inntakslóns
Aðrennsli								
Vélb.göng	95.8	1.700	582	6.70	61	1.18	374	
Vélb.göng	95.8	2.200	29	6.70	79	1.18	472	
Stöðvarm.								
Aðkomugöng		1.100					323	Stóra virkjun
Aðkomugöng		0.40					144	Minni virkjun
Fallgöng	75.6	0.040	74	1.85	0		17	Minni virkjun
Fallgöng	95.8	0.454	554	2.09	2		232	Stóra virkjun
Vatnadæld								
Spr.göng	4.5	0.50	806	3.0	4	0.38	41	Til Kelduárvatns
Suðurfirðir								
Spr.göng	12.5	2.10	705	3.0	15	2.77	168	Hofs-Hnútuvatn
Vélb.göng	20.0	2.700	644	3.50	26	0.92	256	Hnútu-Geithell.
Vélb.göng	20.0	4.50	750	3.5	44	1.56	406	Pránd. Syðri
Vélb.göng	30.8	10.200	644	4.20	143	1.44	1,113	Geit-Hamarsá
Hjálpargöng		0.20		6.2	6		40	Hamarsá
Vélb.göng	20.0	3.90	692	3.5	38	1.56	357	Pránd nyrðri
Vélb.göng	58	8.5	644	5.5	200.7	1.29	1,295	Hamarsá-Sultarr.
Líkárvatnsveita								
Vélb.göng	20.0	10.60	593	3.5	102	0.10	927	
Samtals		77.094			1,638		11,712	Des 92
Stofnkostnaður							20,885	Des 94

Séu töflur 11 og 12 bornar saman sést, ef Eyjabakkastflla er talin frá, að massarnir úr göngum nægja í stíflurnar. Ef hægt er án mikillar meðhöndlunar að nota efnið sem kemur úr göngunum í stíflur yrði það til verulegs hagræðis. Þá er ekki tekið með í reikninginn mun minni umhverfisröskun af völdum efnistöku.

Heildarlengd ganga er mikil í báðum tilhögunum, og þar af eru 70 km vélboraðir. Því er mikilvægt að kanna allar leiðir sem leiða til hagræðingar við þessa aðferð jarðgangagerðar. Bent verður á einn möguleika í næsta kafla.

5.4.3 Hugleiðingar um Fljótsdals- og Hraunavirkjun

Niðurstöðurnar hér á undan sýna að Hraunavirkjun er ódýr virkjunarkostur. Komi til byggingar 200 t álvers líft og Atlansálshópurinn hefur hug á að reisa er Hraunavirkjun mjög hentug eining. Hana væri jafnvel hægt að byggja í áföngum í takt við uppbyggingu álversins, ef það yrði reist í áföngum.

Ekki verður litið fram hjá þeirri staðreynd að Fljótsdalsvirkjun er verkhönnuð virkjun. Verði hún hins vegar reist í þeirri mynd yrði dýrara að nýta vatnið af Hrauna- Suðurfjarða- og Lfkárvatns-svæðunum, yrði það nokkurn tíma gert. Vatnið af þessum svæðum væri hægt að nýta með tvennum hætti. Annars vegar með því að gera ráð fyrir því með stærri aðrennslisgöngum til Fljótdalsvirkjunar og stækka hana eftir því sem veitunum yrði bætt við einni af annari. Hin leiðin væri að halda sig við Fljótdalsvirkjun eins og hún er áætluð nú og reisa minni Hraunavirkjun í einum áfanga síðar [Haukur Tómasson, 1992, Halldór Pétursson, 1993].

Verkkostnaður við stækkun aðrennslisganga Fljótsdalsvirkjunar í um 90 m³/s flutningsgetu myndi líklega einn og sér vera tæpir 3 milljarðar króna á verðlagi desember 94. Að auki þyrfti að koma rennsli veitnanna til Eyjabakka. Það yrði líklegast gert með ámóta legu vatnsvega og eru lagðir til fyrir Hraunavirkjun. Hins vegar kæmi upp sá ókostur að við Sultarrana gæti vatnið nú eingöngu runnið til Eyjabakka en ekki til Suðurdals. Það hefði í för með sér að Hraunaveitugöng yrðu að vera stærri til að veiturnar myndu skila sama rennsli og í Hraunavirkjun. Kostnaðurinn við vatnsvegi veitnanna yrði því a.m.k svipaður og áætlaður er fyrir Hraunavirkjun efri og hann myndi bætast við útlagðan kostnað við Fljótdalsvirkjun. Orkuframeiðsla þeirrar virkjunar yrði fyrir utan það trúlega minni. Af þessu má ljóst vera að slík tilhögun væri óhagkvæmari en Hraunavirkjun.

Bygging Fljótsdalsvirkjunar upp á 31.2 rúmmetra virkjaðs ársmeðalrennslis og því næst Hraunavirkjunar, upp á tæplega 40 rúmmetra rennsli, er einnig möguleiki. Með sömu rökum og áður er sá möguleiki dýrari en að virkja eingöngu í Suðurdal. Þannig myndi Hraunavirkjun efri a.m.k kosta um 19 kr/kWh/ári.

Einnig má benda á að Hraunavirkjun án Suðurfjarða- og Lfkárvatnsveitu er hagkvæmur kostur borið saman við Fljótdalsvirkjun. Aðalvatnsvegir virkjananna tveggja eru mjög svipaðir á lengd, munurinn er sá að töluvert meira vatn næst til vatnsvegar Hraunavirkjunar. Áætlað virkjað rennsli til Fljótdalsvirkjunar er 31.2 m³/s en 43.4 m³/s fyrir Hraunavirkjun efri án veitnanna. Áætlað er að verkkostnaður Fljótdalsvirkjunar verði 13,271 milljarðar króna. [Fljótsdalur, Project Planning Report, 1991] á verðlagi des 90. Miðað við sömu forsendur og eru notaðar við kostnaðaráætlun Hraunavirkjunar fengist að stofnkostnaður Fljótdalsvirkjunar yrði 25,218 milljarðar króna á verðlagi des 94. Sambærilegur kostnaður við gerð Hraunavirkjunar án allra veitna er áætlaður 29,141 milljarðar [Tafla 3]. Rekstrarfallhæð virkjananna yrði svipuð. Þannig að öðrum forsendum óbreyttum hlýtur að vera hagkvæmara að virkja rennsli Jökulsár í Fljótsdal í Suðurdal.

Hagkvæmni jafn stórrar virkjunar og Hraunavirkjunar er byggð á því að hún verði fullnýtt sem fyrst. Verði brestir þar á verður fjárfestingin ekki jafn hagkvæm og gefið er hér til kynna. Því hlýtur að vera umhugsunarefni hvort ekki eigi í framtíðinni að beina athyglinni að Þjórsársvæðinu þar sem uppbyggingin getur farið fram í minni skrefum og geyma virkjun sem Hraunavirkjun fyrir stóru skrefin.

6. Tillögur að framhaldsrannsóknnum

Þörf er fyrir vatnafræðilegt líkan af vatnasviði Hraunavirkjunar. Tvær ástæður eru helstar fyrir því. Sú fyrri er að þörf er fyrir 40 ára raðir til rekstrareftirlýkingar Hraunavirkjunar við raforku-kerfið í heild sinni til að fá nákvæmt mat á orkugetu hennar. Einnig myndi 40 ára raðir gefa betri mynd af því hversu stóra miðlun þarf við Eyjabakka til að tryggja rekstur virkjunarinnar.

Einnig er þörf fyrir hermillskan af rekstri Hraunavirkjunar efri innan hvers dags. Rennslislíkanið sem notar dagsmeðalrennsli sýndi (sjá gröf í viðauka II.a) að allt að 10 m þrýstibreytingar geta átt sér stað milli daga við stöðvarvegg og annarsstaðar í aðalvatnsvegi. Enn meiri breytingar gætu átt sér stað innan hvers dags. Hvernig þrýstisveiflur muni myndast, hvaða álagi þær munu valda og hvernig sé best að bregðast við eru spurningar sem slíkt líkan svarar. Verkefni sem þetta er mjög hentugt sem samstarfsverkefni Orkustofnunnar, Landsvirkjunar og Háskóla Íslands.

Eins og fram hefur komið er gert ráð fyrir nokkrum gerðum mannvirkja sem ekki hefur fengist reynsla fyrir hér á landi. Þessi mannvirki eru púskurðir, PEH-leiðslur, dælur, RCC-stíflur. Hætt var við að hafa aðrennslisgöng Hraunavirkjunar hallandi háþrýstigöng vegna óhagstæðrar jarðfræði og þá aðallega neðst í jarðlagastaflanum. Vitað er að þetta fyrirkomulag býður upp á hagkvæma virkjunarkosti annars staðar. Því þarf að kanna hvort basalt henti fyrir loftþrýstihella sem eru notaðir sem þrýstijöfnun þegar aðrennslisgöng eru hallandi háþrýstigöng.

Ekki er vitað til þess að púskurðir séu í notkun erlendis, né að þeir séu þar á teikniborðinu. Kæmi til gerð þeirra hér yrðu Íslendingar brautryðendur á því sviði. Því er lagt til að lagður verði púskurður í tilraunaskyni áður en til stórframkvæmda kemur. Athuga þarf, hvort og þá hvernig festa eigi púrnar við botn skurðarins, hvort þurfi að verja þær á einhvern hátt, og hvort þær skili vatninu eins og til er ætlast og þá aðallega á vetrum og að vori. Einnig þarf að fá betra mat á kostnað við lagningu þeirra. Æskilegt er að tilraunin fari fram á svæði jarðfræðilega áþekku Hraunum og þægilegt verði að hafa eftirlit með honum að vetri. Við mjög lauslega athugun kom í ljós að leggja má um 1500 m langan púskurð til að auka vatnsrennsli um 1000 l/s í Þiðriksvallavatni við Steimgrímsfjörð. Virkjunin er í eigu O.B.V. og hefur aðeins um 2000 stunda nýtingatíma, og getur því tekið við viðbótarvatni. Líkur eru á að fjárfestingin skili tæplega 3 GWh viðbótarorku og myndi borga sig upp á u.þ.b. 3-4 árum.

Varðandi notkun polyethelene-leiðslana mætti hugsa sér samskonar tilraun og lögð er til varðandi púskurðina, því betra mat þarf fyrir flest alla þá þætti sem greint var þar frá.

Eins og fram hefur komið er búið að gera nokkuð starlega úttekt á kostnaði og notkun dælna við virkjanir á vegum Orkustofnunnar. Hins vegar er aldrei of varlega farið, og er æskilegt að öðlast reynslu með tilraunaverkefni.

Nú þegar er í samvinnu við Orkustofnun verið að undirbúa frumathugun á hæfni jarðgangaborvélamulnings í RCC-steypu. Rannsóknin verður framkvæmd í vetur og verður gerð í tengslum við lokaverkefni nemanda í byggingarverkfræði í Gautarborgarháskóla. Í rannsóknina verður notaður basaltmulningur frá Færeyjum. Vegna tímaskorts er ólíklegt að nauðsynlegar prófanir verði gerðar nema á einni blöndu af RCC-steypu. Mjög mismunandi er hversu mikið fínefni og sement þarf í RCC-steypu. Því þarf að gera prófanir á fleiri en einni blöndu á svipuðum forsendum og verða gerðar eða lagðar til í vetur.

Einnig þarf að gera úttekt á notkun færribanda við jarðgangagerð með borvélum. Líkur eru á að þau geti stýtt framkvæmdatíman við göngin verulega, og þar með lækkað kostnaðinn við gerð þeirra. Líkur eru á að færribandakerfi gæti nýtt sér lækjarinntök til að losa efni til framkvæmda á þeim vatnasviðum sem þau veita vatni af. Því mætti einnig samfara úttektinni á færriböndunum gera úttekt á framkvæmd og kostnað við gerð niðurfalla í lágþrýstigöng til að fá betra mat á

kostnað við gerð lækjarinntaka.

Einnig þarf vart að minna á þær rannsóknarboranir sem gera þarf á gangaleiðum ef önnur hvor tilhögunin verður verkhönnuð.

1. Þakkarorð

Að lokum langar mig að þakka þeim sem hafa aðstoðað við gerð þessarar skýrslu. Fyrst eru sérstakar þakkir til Hauks Tómassonar sem á fyrstu hugmyndina að virkjuninni og hefur verið óþreyndandi við að athuga nýjar hugmyndir sem hafa komið upp síðar. Halldór Pétursson, forveri minn, á þakkir skilið fyrir það starf sem hann lagði til, sérstaklega við gerð korta af svæðinu. Einnig langar mig að þakka Árna Snorrasyni forstöðumanni Vatnamælinga fyrir það djarfa verk að útbúa rennslisráðir til rekstarareftirlýkinga af virkjuninni og leggja til texta í skýrsluna. Að lokum langar mig til að þakka öllum þeim starfsmönnum á Orkustofnun og Landsvirkjun sem hafa lagt til nauðsynlegar upplýsingar svo að skýrsla þessi gæti litið dagsins ljós.

2. Heimildir

Birgir Jónsson, 1993. Stíflur úr Þjappaðri Þurrsteypu (RCC-stíflur), Orkustofnun, Greinargerð, BJ-93/01.

Fljótsdalur, 1991. Hydroelectric Project, Project Planning Report, Volume I-II, Landsvirkjun.

Halldór Pétursson, 1993. Hraunavirkjun, Forathugun-kerfisgreining, OS-93064.

Haukur Tómasson, 1992. Hraunavirkjun meiri, Lausleg forathugun, OS-92046.

Hákon Aðalsteinsson, 1995. Hraunavirkjun. Rannsóknir á lífríki vatna. Orkustofnun, OS-95026/VOD-03#B.

Kristbjörn Egilsson og Hörður Kristinsson, 1995. Gróðurfar við Folavatn austan Eyjabakka. Skýrsla unnin fyrir Orkustofnun af Náttúrufræðistofnun Íslands. Orkustofnun, OS-95038/VOD-01.

Sæþór L. Jónsson, Haukur Tómasson, Erlingur Jónasson, 1994. Virkjanalíkan VOD, Dælur fyrir dæluvirkjanir, Orkustofnun, OS-94053.

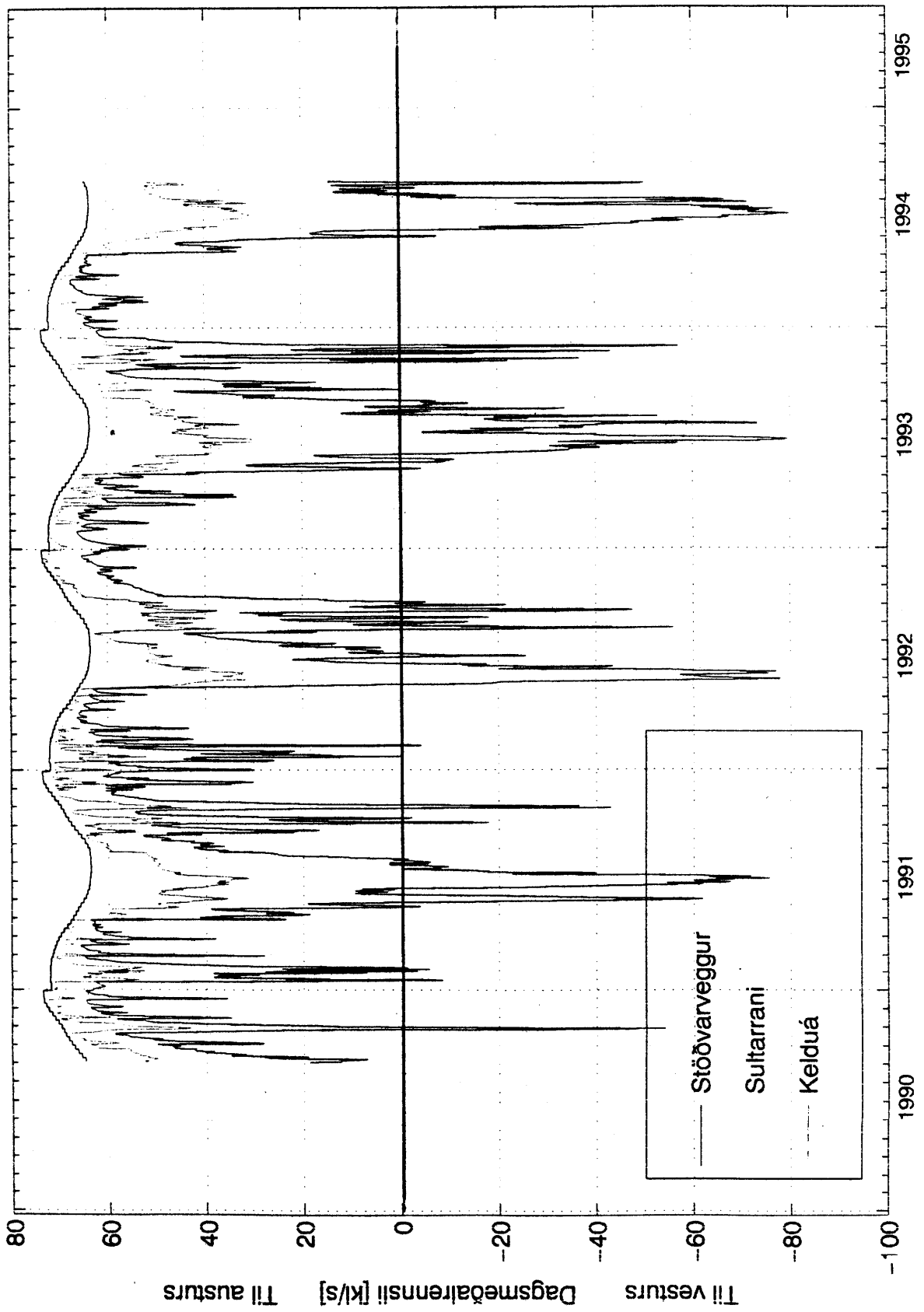
Virkjanalíkan Orkustofnunar, 1993. Verkfræðistofa Sigurðar Thoroddsen hf.

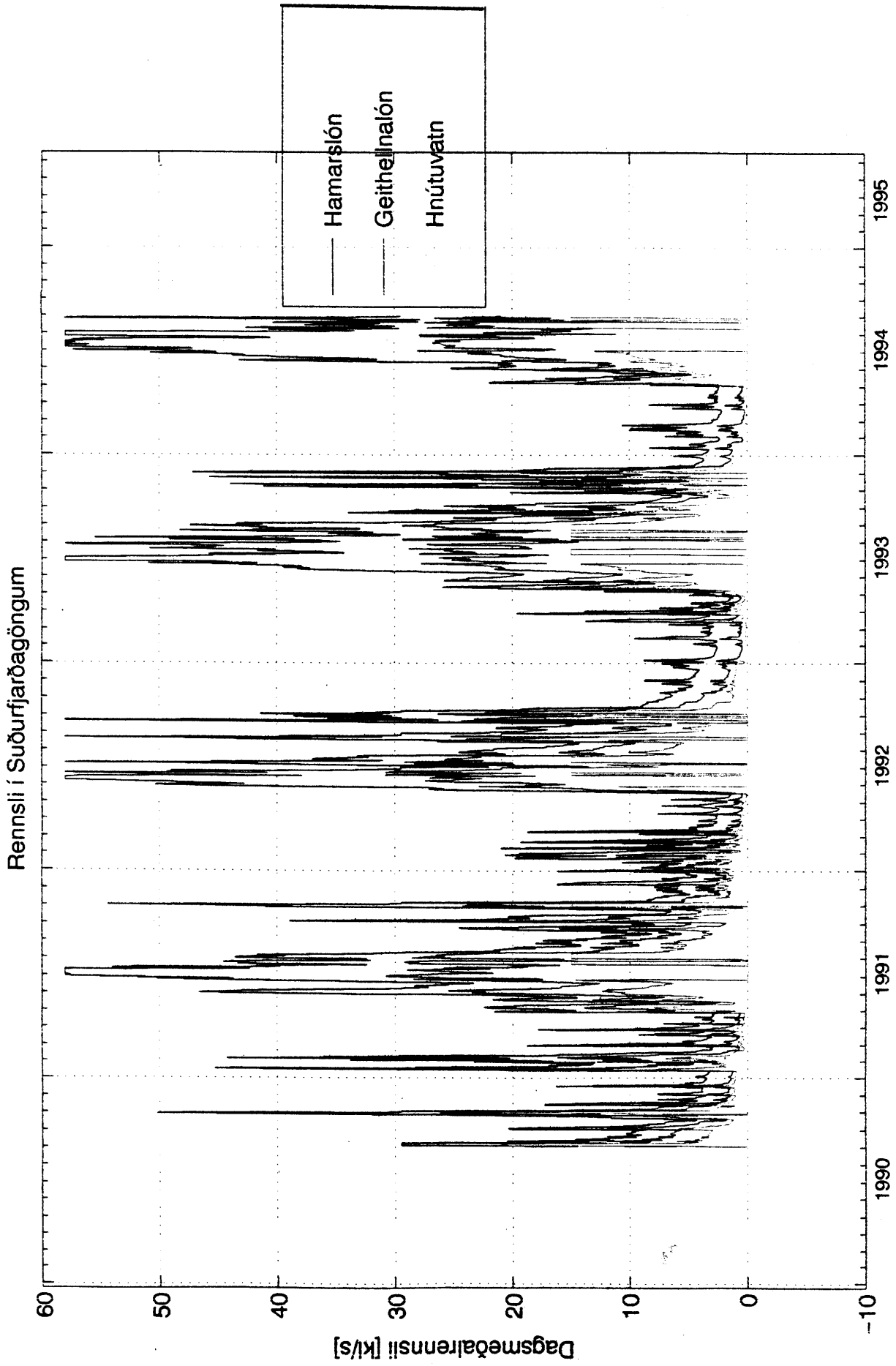
Virkjanalíkan Orkustofnunar, Hefti I-VI, 1985-1988. Verkfræðistofa Sigurðar Thoroddsen hf.

VIÐAUKI I

Rennsli um göng Hraunavirkjunar efri

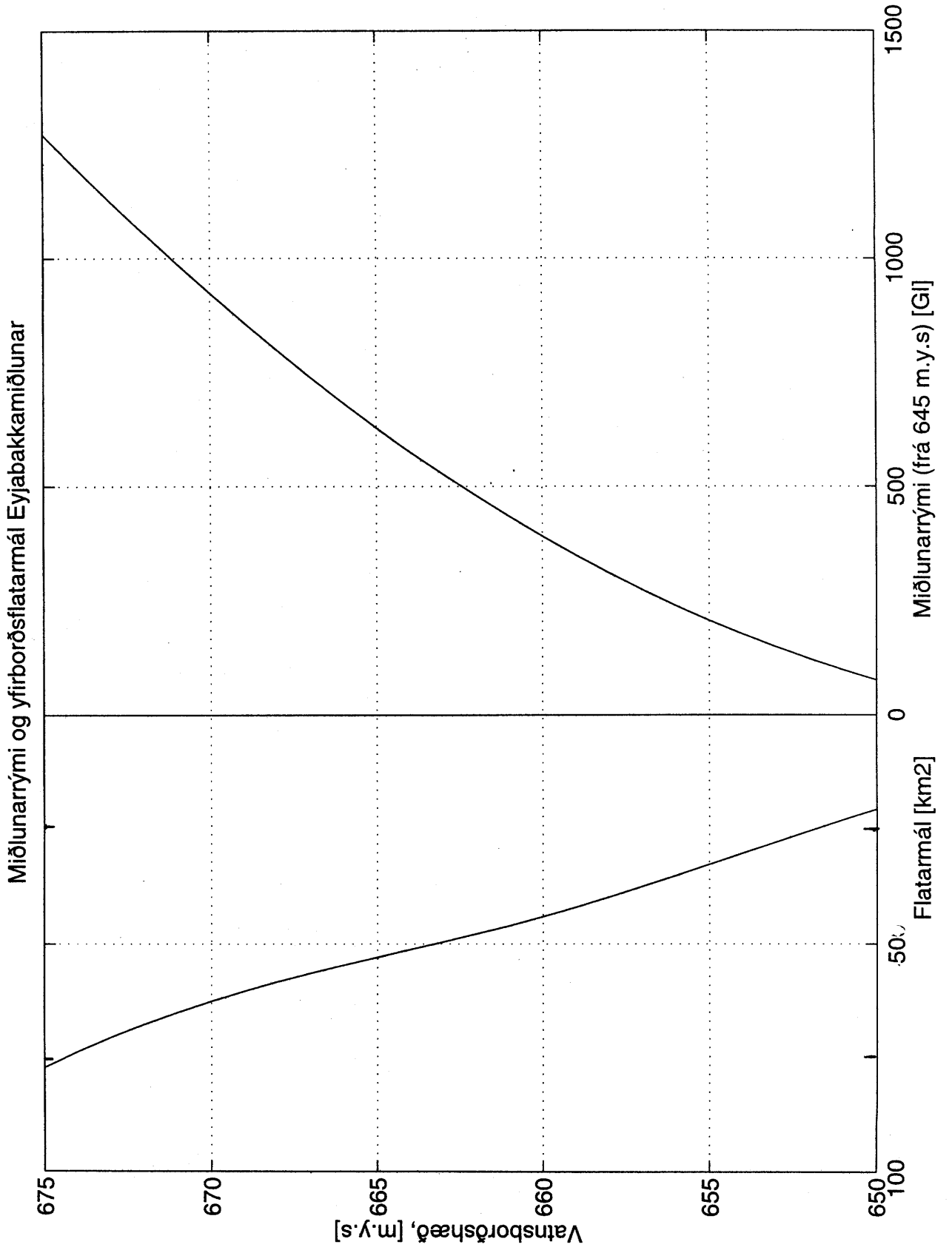
Rennsi í aðalvatnsvegi Hraunavirkjunar efri

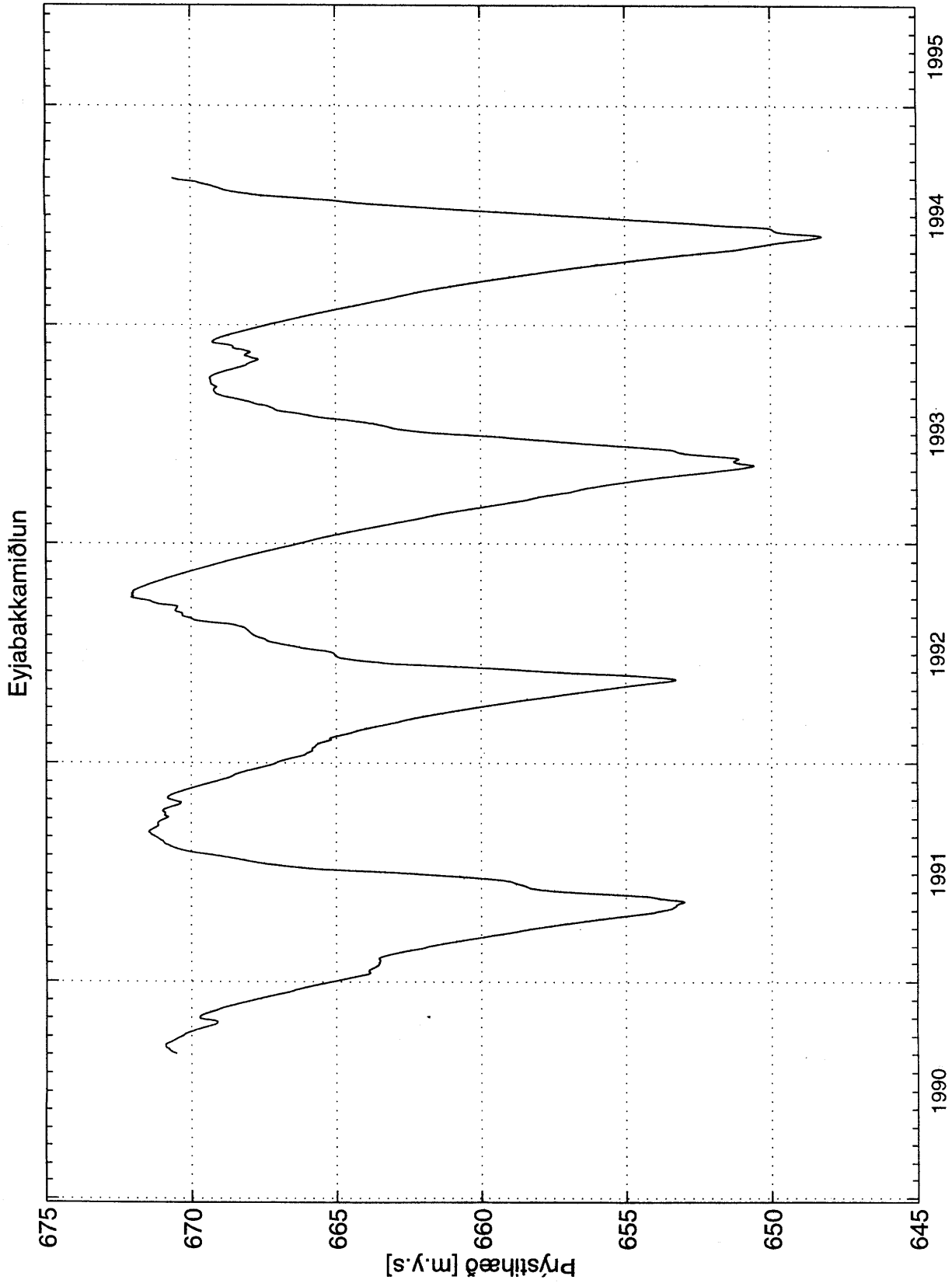


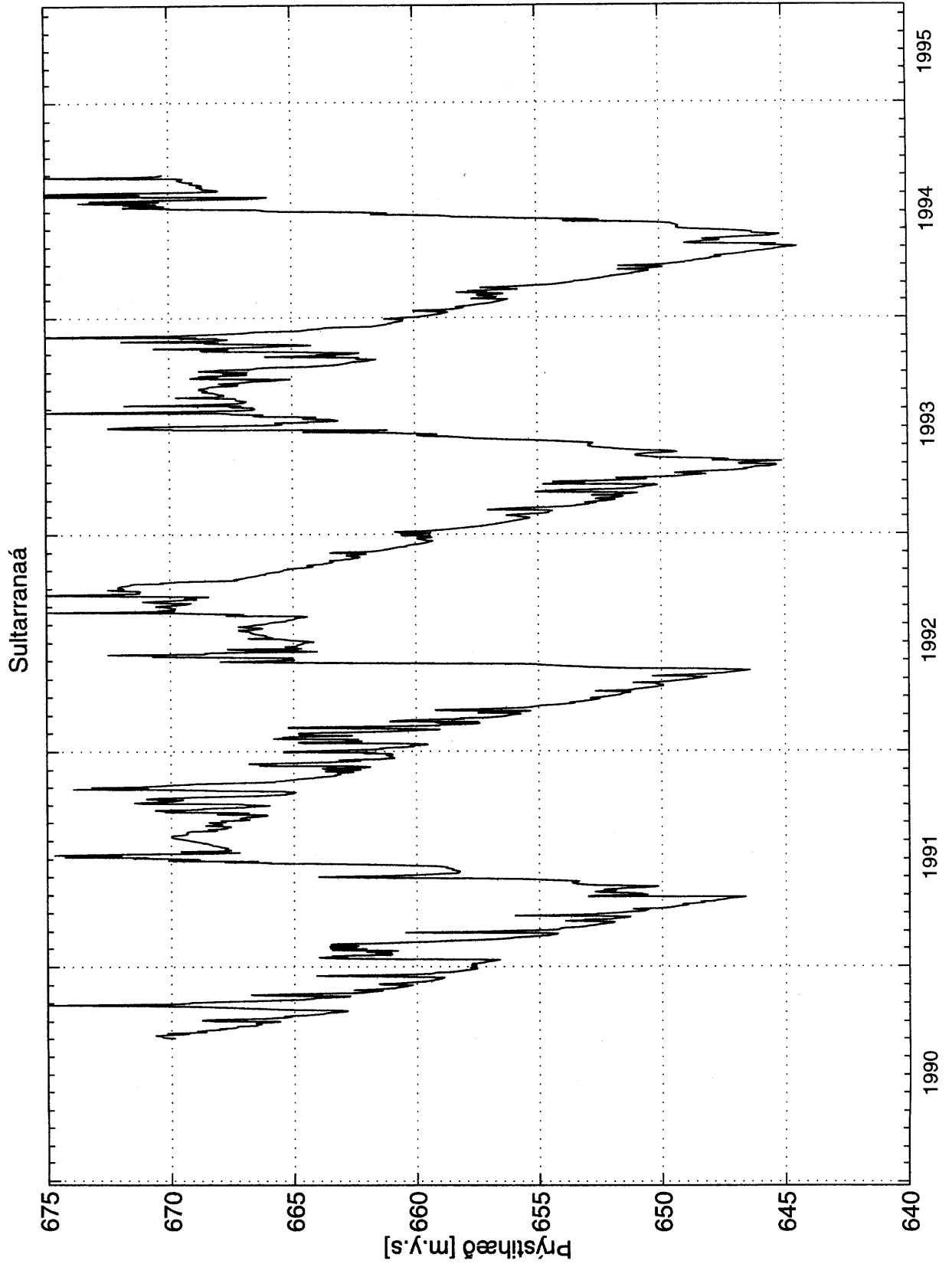


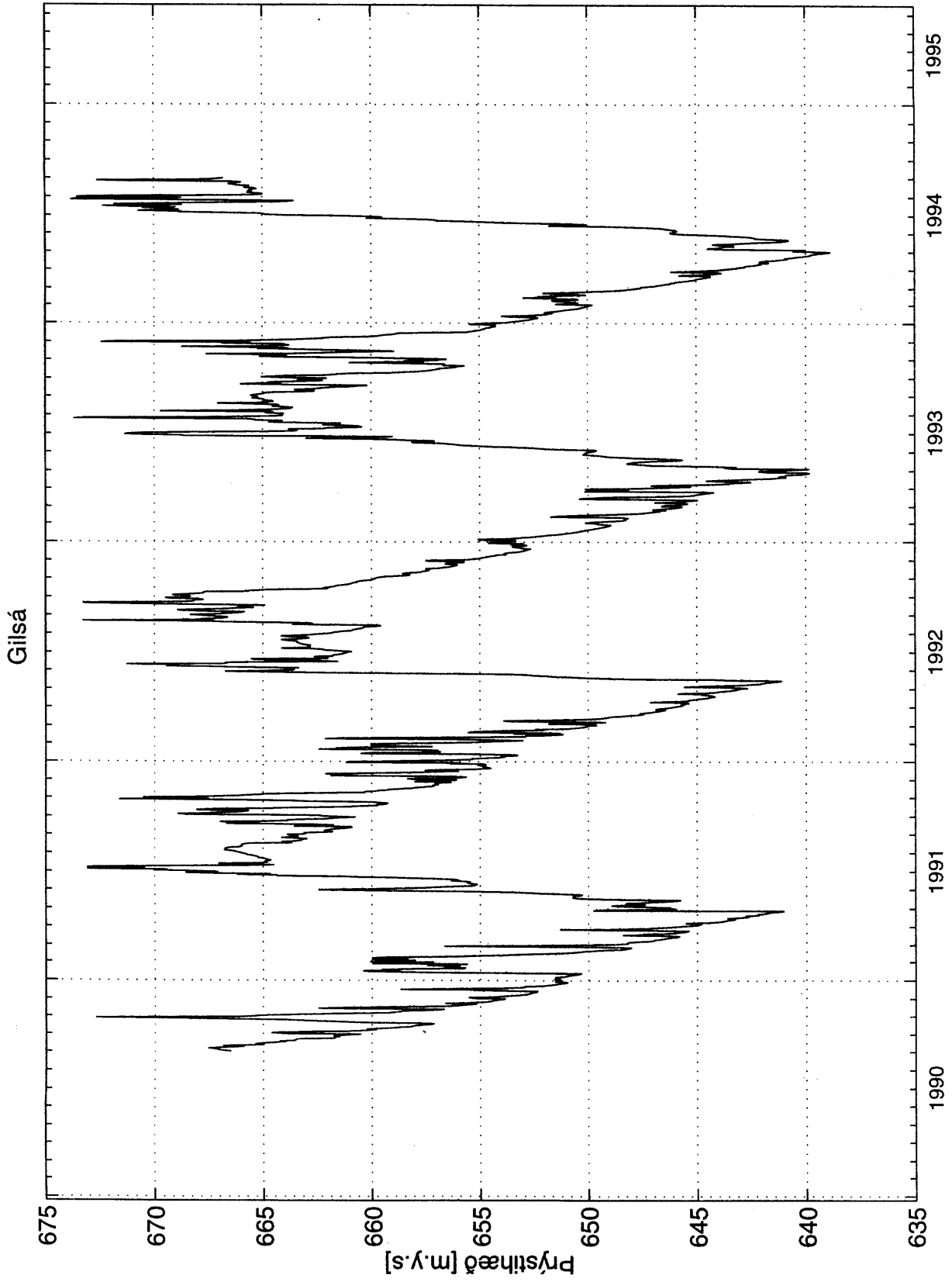
VIÐAUKI II-A

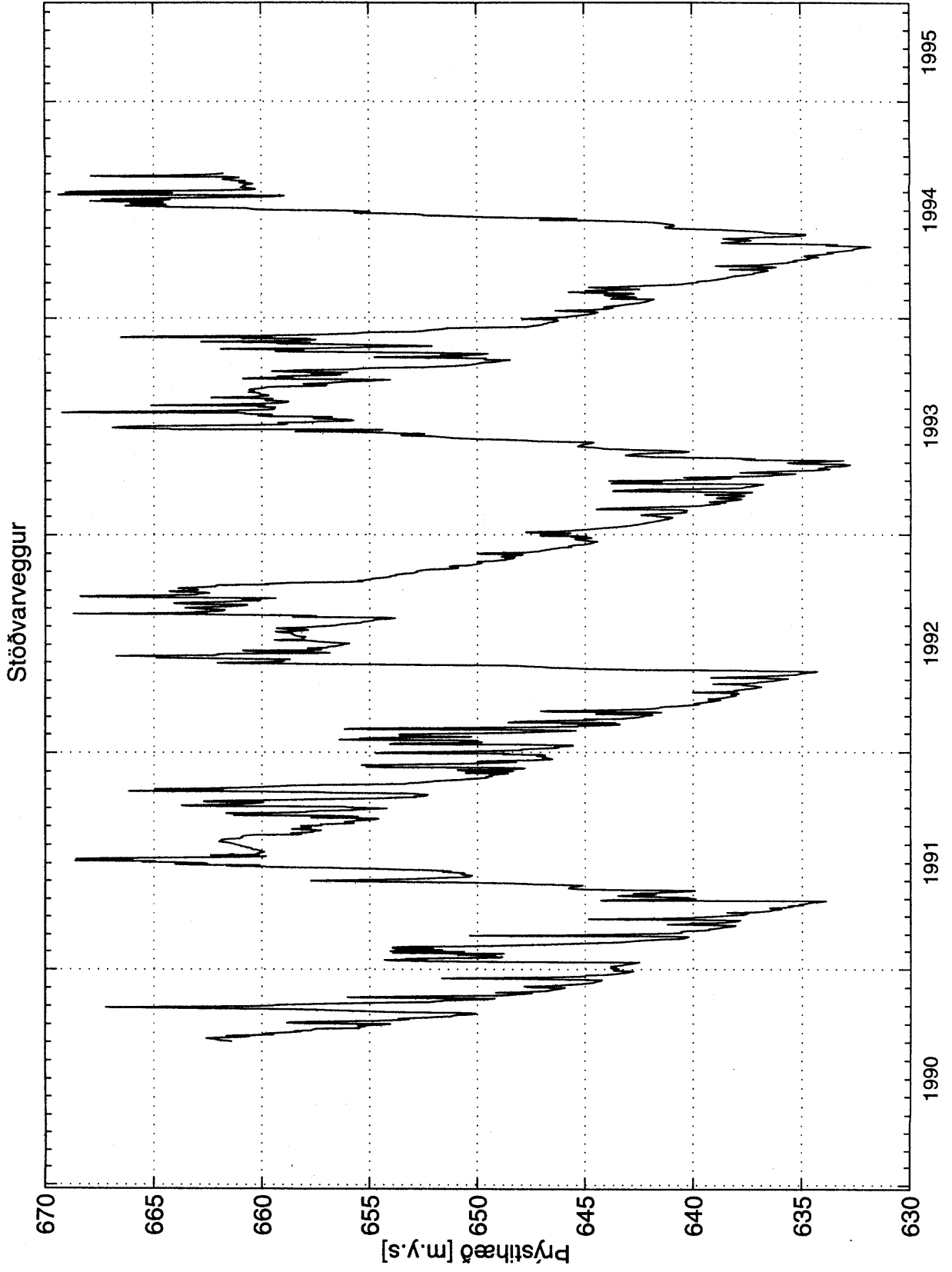
Þrýstihæð vatnsrennslis í göngum Hraunavirkjunar efri

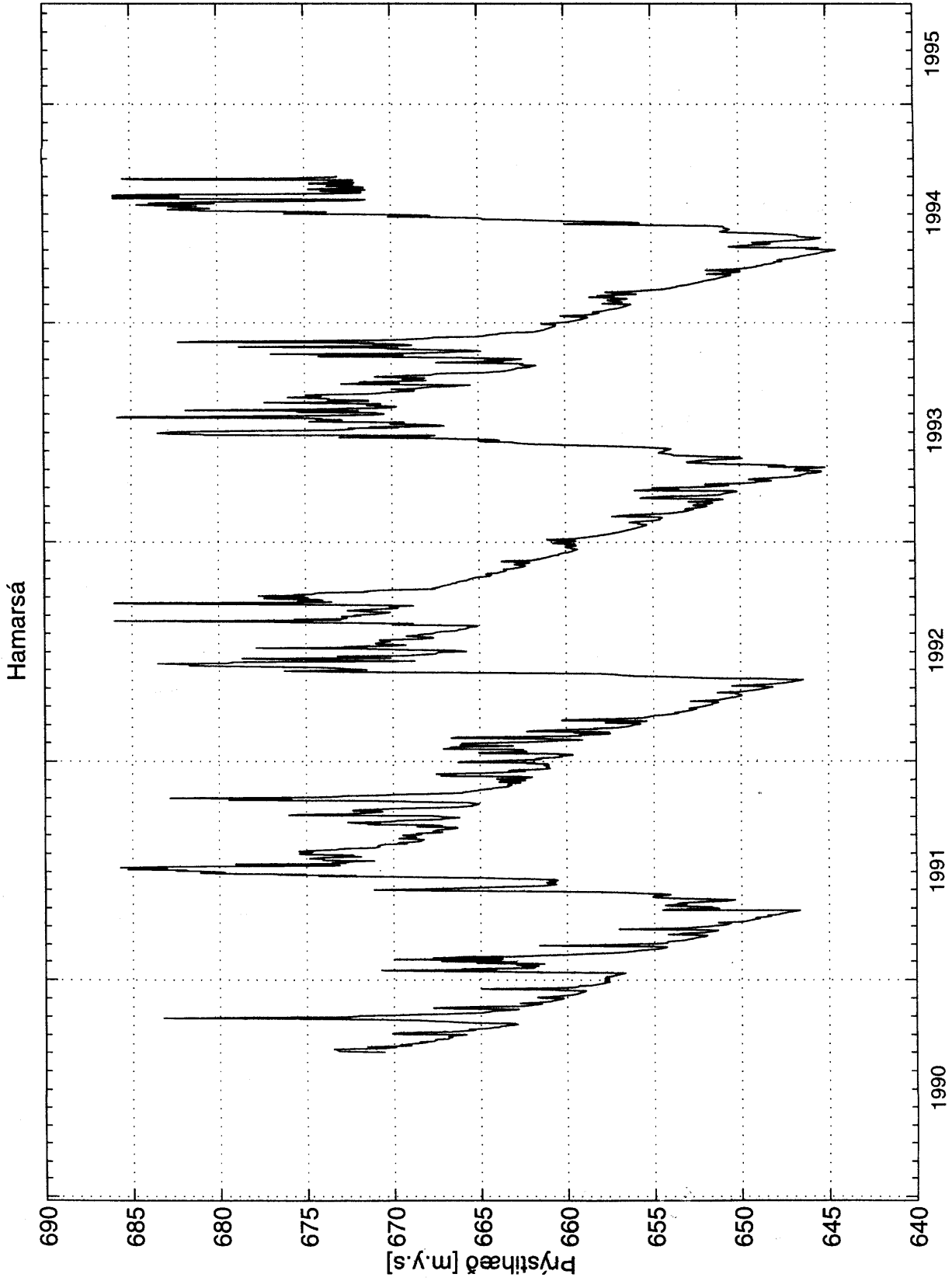


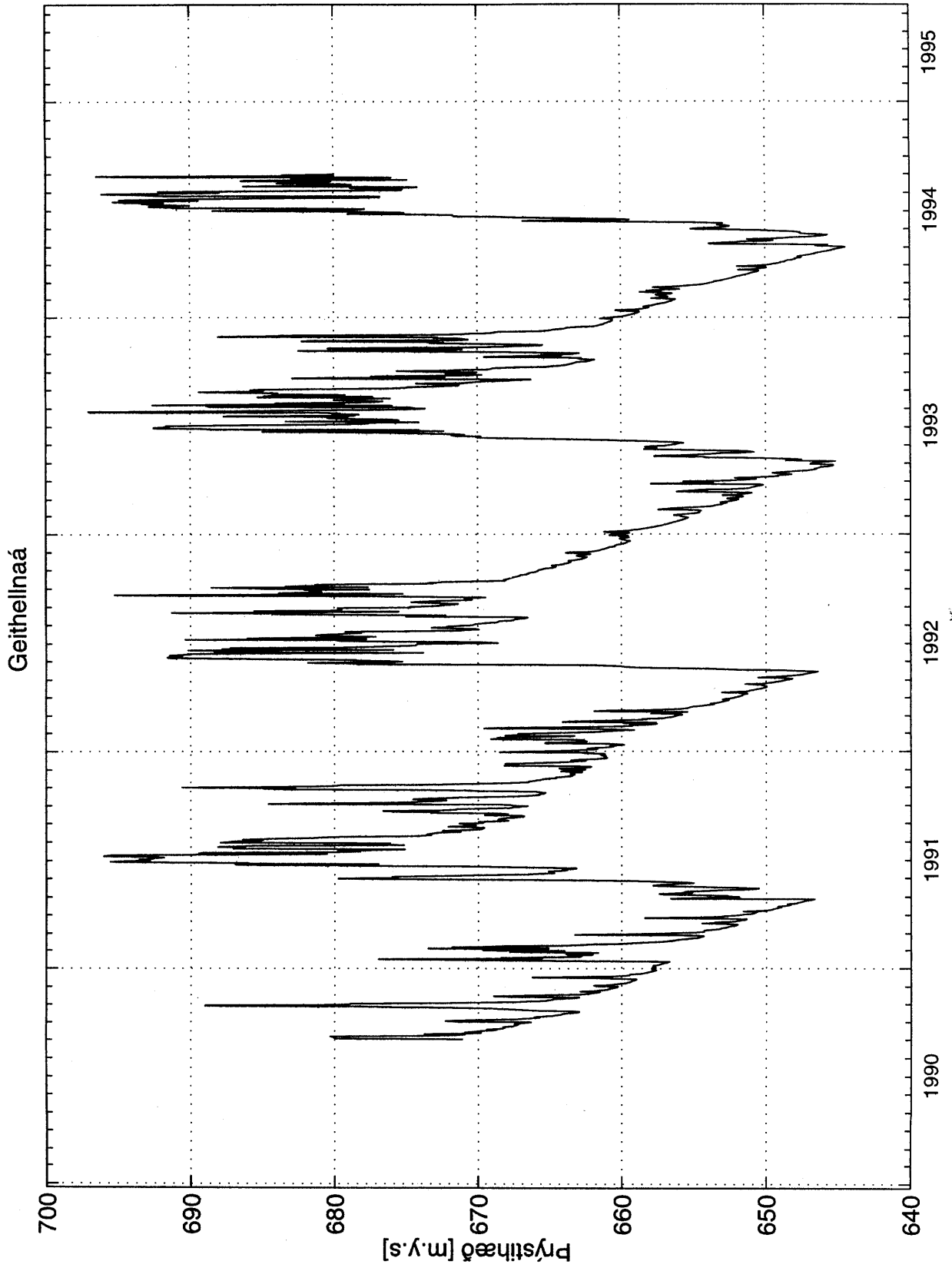


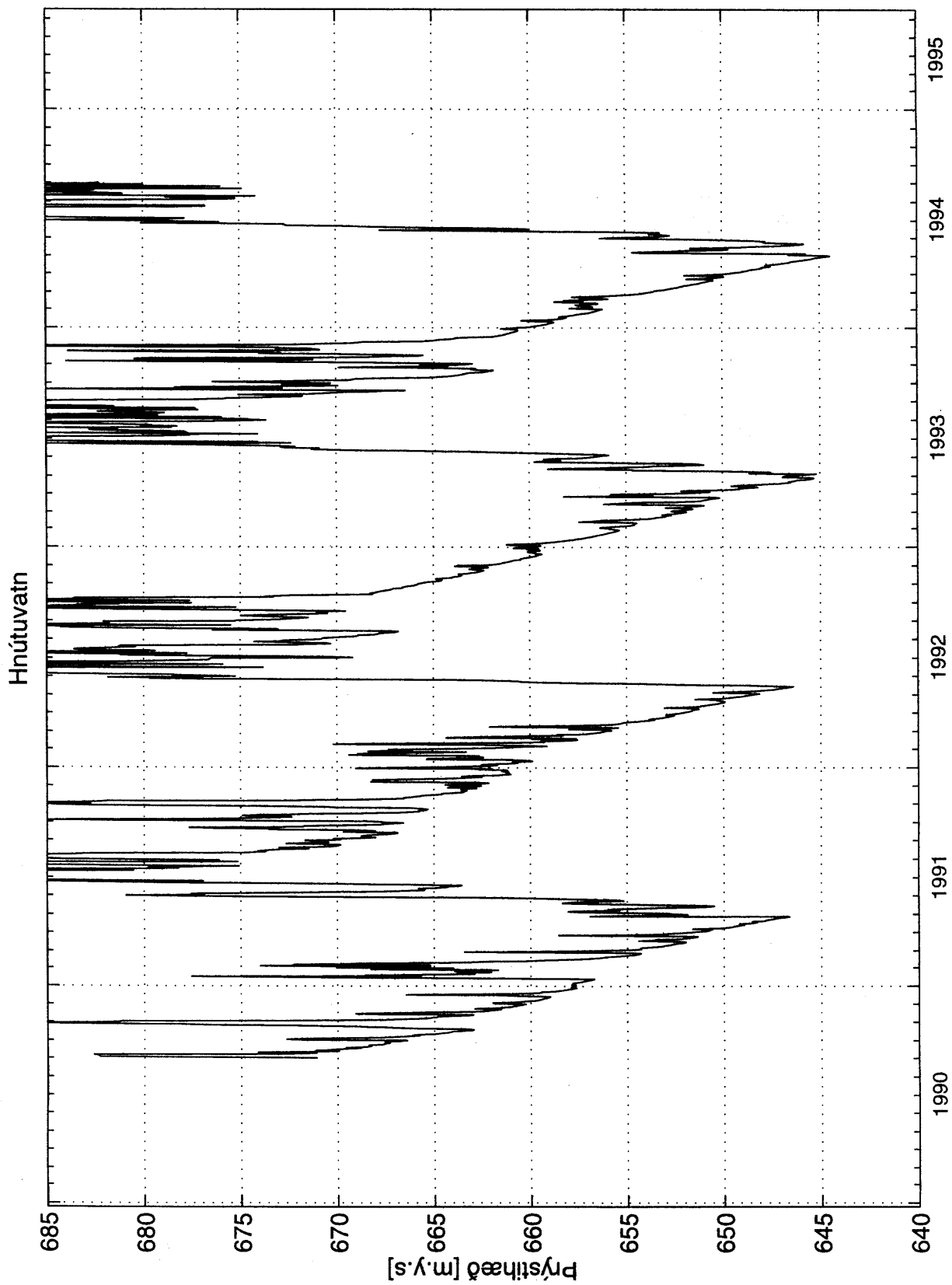












VIÐAUKI II-B

Þrýstihæð vatnsrennslis í göngum Hraunavirkjunar neðri

