



ORKUSTOFNUN
Vatnsorkudeild

Halldór Pétursson
Birgir Jónsson
Hákon Aðalsteinsson
Kristinn Einarsson

EFRI-ÞJÓRSÁ

Samræmd forathugun á virkjunarkostum

OS-92045/VOD-05
Reykjavík, nóvember 1992



ORKUSTOFNUN
Grensásvegi 9, 108 Reykjavík

Verknr. 720.846

Halldór Pétursson
Birgir Jónsson
Hákon Aðalsteinsson
Kristinn Einarsson

EFRI-ÞJÓRSÁ

Samræmd forathugun á virkjunarkostum

OS-92045/VOD-05

Reykjavík, nóvember 1992

ISBN 9979-827-13-0

ÁGRIP

Skýrsla þessa fjallar um samræmda forathugun Orkustofnunnar á virkjunarkostum í Efri-Þjórsá. Gefið er yfirlit um stöðu umhverfismála, vatnafræði og jarðfræði. Farið var yfir eldri hugmyndir um virkjun og þær endurmetnar, og auk þess sett fram ný hugmynd, svonefnd dæluvirkjun. Hún ásamt gangavirkjun reyndust þeir tveir kostir sem Orkustofnun telur vænlegasta til virkjunar á svæðinu, þ.e. virkjun með göngum frá miðlunarlóni við Norðlingaöldu að Ármótalóni og virkjun með dælingu á vatni Efri-Þjórsár í miðlanir vestan ár og virkjun þaðan niður í Armótalón. Lýst er einstökum mannvirkjum virkjunarkostanna og gefinn listi yfir helstu kennitölur þeirra. Tölur um orkugetu eru byggðar á hermireikningum og kostnaður er metinn á grundvelli virkjanalíkans Orkustofnunar. Meginniðurstaðan er sú að báðir þessir kostir séu hagkvæmir en að seinni kosturinn sé heldur hagkvæmari. Stofnkostnaður á orkueiningu er á bilinu 15,4-17,2 kr/kWh/ár. Orkustofnun leggur til að báðir þessir kostir verði skoðaðir áfram. Lagðar eru til nokkrar frekari rannsóknir til að auka nákvæmni áætlana, m.a. þarf að greina afrennsli þveráa Efri-Þjórsár betur, gera kort með 1 m hæðarlínum af stíflustæðum, kortleggja námusvæði betur og kanna dýpi jarðlaga á stíflu- og skurðstæðum. Á sviði umhverfisrannsókna þarf m.a. að athuga hugsanlegar landslagsminjar.

EFNISYFIRLIT

ÁGRIP	2
HELSTU KENNTÖLUR	7
1. INNGANGUR	13
2. VIRKJUNARTILHÖGUN	15
2.1 Almennt	15
2.2 Dæluvirkjun	16
2.2.1 Lýsing virkjunar	16
2.2.2 Einstök mannvirki	18
Veita Kisu í Lambafellskvísl	18
Miðlun Draugakvíslar við Lambafell - Draugalón	18
Miðlun Fellakvíslar og Kisu við Rjúpnafell - Fellalón	19
Miðlun Dalsár við Hlaup - Dalsárlón	19
Miðlun Þjórsár við Norðlingaöldu - Norðlingaöldulón	20
Dælustöð í Norðlingaöldu	20
Veitustífla í Kisu - Kislón	21
Skurður Kislón - Hnúkslón	21
Inntakslón virkjunarinnar - Hnúkslón	22
Aðrennslisgöng	23
Stöðvarhús, aðkomugöng og frárennslisgöng	23
2.14 Gangavirkjun	24
2.14.1 Lýsing virkjunar	24
2.14.2 Einstök mannvirki	25
Aðrennslisgöng	25
Inntak við Dalsá	25
Stöðvarhús, aðkomugöng og frárennslisgöng	25
3. LAUSLEGT JARÐFRÆÐIYFIRLIT	26
4. VATNAFRÆÐILEGAR FORSENDUR	28
4.1 Rennsli við vatnshæðarmæla	28
4.1.1 vhm 30 Þjórsá; Urriðafoss	30
4.1.2 vhm 97 Þjórsá; Tröllkonuhlaup/Sandafell	30
4.1.3 vhm 98 Tungnaá; Hald	30
4.1.4 vhm 100 Þjórsá; Norðlingaalda	31
4.1.5 vhm 112 Þjórsá; Dynkur	31
4.1.6 vhm 216 Þjórsá; Skúmstungur	31
4.1.7 vhm 272 Þjórsá; Búrfellsvirkjun	31
4.1.8 vhm 280 Dalsá; Hnúksver	32
4.2 Vatnasvið og reiknað rennsli	32
4.3 Rennsli til virkjunar	33
4.3.1 Dæluvirkjun	35
4.3.2 Gangavirkjun	36

4.4	Flóð	36
4.5	Ísamál	37
5.	UMHVERFISÁHRIF	38
5.1	Inngangur	38
5.2	Norðlingaöldulón	38
5.2.1	Kortagögn	38
5.2.2	Rofhætta og forsendur hennar	39
5.2.3	Líkleg landspjöll	39
5.2.4	Breytingar á jarðraka	40
5.2.5	Áfok úr lóni	40
5.2.6	Niðurstöður	40
5.3	Önnur lón og vatnsvegir	41
5.4	Samanburður tilhagana	41
5.4.1	Hnappölduvirkjun	41
5.4.2	Dæluvirkjunartilhögun	42
5.4.3	Gljúfurleitarvirkjun (Króksvirkjun)	42
5.4.4	Gangavirkjunartilhögun	42
5.5	Stöðvarhúsbyggð	42
5.6	Samanburður virkjunarkosta	42
5.6.1	Breytingar á rennsli og fossum	42
5.6.2	Landmótun	43
5.6.3	Gróðurfur	43
5.7	Niðurstöður og ábendingar	45
6.	KOSTNAÐUR	47
6.1	Dæluvirkjun	49
6.2	Gangavirkjun	50
7.	ORKUVINNSLUGETA	51
7.1	Dæluvirkjun	52
7.2	Gangavirkjun	53
7.3	Niðurstöður	53
8.	AFBRIGÐI VIRKJUNARHUGMYNDANNA	55
8.1	Göng í stað skurðar milli Kisulóns og Hnúkslóns	55
8.2	Lækkun flóðhæðar Norðlingaöldulóns í 1 m	55
8.3	Niðurföllum í aðrennslisgöng Gangavirkjunar sleppt	55
8.4	Lágmarksyfirhæð stíflna 3,5 m	55
9.	HEILDARNIÐURSTÖÐUR	56
10.	FRAMHALDSRANNSÓKNIR	57
11.	HEIMILDIR	58
	VIÐAUKI: Stffluþversnið, lón og rúmmálsferlar	61

MYNDASKRÁ

1. Kerfismynd-Dæluvirkjun	18
2. Kerfismynd-Gangavirkjun	24
3. Vatnasvið helstu vatnshæðarmæla í Efri-Þjórsá, yfirlitsmynd	29
4. Rennsli í Þjórsá við Norðlingaöldu og rennsli í >600 m y.s. vestan Þjórsár	34
5. Langtíma skarað ársrennsli Þjórsár við Norðlingaöldu og >600 m y.s. vestan Þjórsár	35
6. Orkugeta og flutningsgeta dælustöðvar	53

TÖFLUSKRÁ

1. Efri-Þjórsá. Fjarlægð í efnisnámur	16
2. Efri-Þjórsá. Neðanjarðarvirki, gæðaflokkun bergs	17
3. Áætlað rennsli til dæluvirkjunar	36
4. Áætlað rennsli til gangavirkjunar	36
5. Áætluð flóð	37
6. Flatarmál gróins og ógróins lands og heildaruppskera á Gnúpverjafrétt	44
7. Lega og stærð lóna og gróf skipting lónskálar í gróið og ógróið	44
8. Leiðréttingastuðlar við mat á jarðgangakostnaði	47
9. Kennitölur fyrir virkjunarhugmyndirnar tvær	56

HELSTU KENNTÖLUR

Dæluvirkjun - Helstu kennitölur

Vatnasvið:

Þjórsá við Norðlingaöldu	845	km ²
Fellalón	180.8	km ²
Dalsárlón	67.2	km ²
Veituleið Þjórsár	129.5	km ²
Samtals:	1222.5	km ²

Rennsli:

Þjórsá við Norðlingaöldu	61.1	m ³ /s
Veitur úr ám að vestan	18.1	m ³ /s
Samtals:	79.2	m ³ /s

Norðlingaöldulón:

Flatarmál lóns	57	km ²
Nýtileg miðlun	325	Gl
Yfirfallshæð	581	m y. s.
Krónuhæð	585.5	m y. s.
Lægsta vatnsborð	570	m y. s.
Rúmmál stíflu	754500	m ³
Lengd stíflu	1453	m
Mesta stífluhæð	33.5	m
Lengd yfirfalls	500	m

Draugalón:

Flatarmál lóns	6	km ²
Nýtileg miðlun	68	Gl
Yfirfallshæð	700	m y. s.
Krónuhæð	703	m y. s.
Lægsta vatnsborð	673	m y. s.
Rúmmál stíflu	338900	m ³
Lengd stíflu	1414	m
Mesta stífluhæð	31	m
Lengd yfirfalls	140	m

Fellalón:

Flatarmál lóns	11.1	km ²
Nýtileg miðlun	92	Gl
Yfirfallshæð	629	m y. s.
Krónuhæð	632	m y. s.
Lægsta vatnsborð	611	m y. s.
Rúmmál stíflu	860800	m ³
Lengd stíflu	4670	m
Mesta stífluhæð	22	m
Lengd yfirfalls	182	m

Dalsárlón:

Flatarmál lóns	8	km ²
Nýtileg miðlun	70	Gl
Yfirfallshæð	635	m y.s.
Krónuhæð	638	m y.s.
Lægsta vatnsborð	615	m y.s.
Rúmmál stíflu	576800	m ³
Lengd stíflu	3200	m
Mesta stífluhæð	24	m
Lengd yfirfalls	50	m

Hnúkslón:

Flatarmál lóns	12.7	km ²
Nýtileg miðlun	80	Gl
Yfirfallshæð	599	m y.s.
Krónuhæð	601.5	m y.s.
Lægsta vatnsborð	590	m y.s.
Rúmmál stíflu	1752500	m ³
Lengd stíflu	8007	m
Mesta stífluhæð	19.5	m
Lengd yfirfalls	250	m

Kisulón:

Flatarmál lóns	6.7	km ²
Nýtileg miðlun	12	Gl
Yfirfallshæð	600	m y.s.
Krónuhæð	602.5	m y.s.
Lægsta vatnsborð	598	m y.s.
Rúmmál stíflu	525100	m ³
Lengd stíflu	2160	m
Mesta stífluhæð	29.5	m

Veita úr Kisu:

Yfirfallshæð	638	m y.s.
Krónuhæð	640	m y.s.
Hæsta vatnsborð	638	m y.s.
Rúmmál stíflu	14400	m ³
Lengd stíflu	200	m
Mesta stífluhæð	7	m
Lengd yfirfalls	100	m

Skurður í Norðlingaöldulóni:

Lengd skurðar	1280	m
Gröftur	20700	m ³
Sprengingar	103700	m ³
Flutningsgeta mv 2 m/s	90	m ³ /s

Skurður Kisulón-Hnúkslón:

Lengd skurðar	9890	m
Gröftur	229100	m ³
Sprengingar	719700	m ³
Flutningsgeta mv 1.0 m/s	90.0	m ³ /s

Skurður í Hnúkslóni:

Lengd skurðar	400	m
Gröftur	6900	m ³
Sprengingar	39000	m ³
Flutningsgeta mv 1 m/s	90	m ³ /s

Veitugöng í Norðlingaöldu:

Vélboruð göng

Lengd	2500	m
Þvermál	6.7	m
Rúmmál bergs	88100	m ³

Aðrennslisgöng:

Boruð, hallandi ófóðruð

Lengd	4600	m
Þvermál	7.2	m
Rúmmál bergs	186000	m ³
Halli	6	%
Straumhraði við Q= 107.1m ³ /s	2.6	m/s

Frárennslisgöng:

Sprengd

Lengd	970	m
Þvermál	7.8	m
Rúmmál bergs	52700	m ³
Straumhraði við Q= 107.1m ³ /s	2.0	m/s

Aðkomugöng:

Sprengd

Lengd	700	m
Breidd	6	m
Rúmmál bergs	22500	m ³
Halli	7	%

Stöðvarhús og vélbúnaður:

Stöðvarhús neðanjarðar

Vélar-Francis	3	stk
Virkjað rennsli	107.1	m ³ /s
Rekstrarfallhæð	297.7	m
Afl	276	MW

Dælustöð:

Stöðvarhús neðanjarðar

Vélar-Francis	1	stk
Rennsli	60	m ³ /s
Lyftihæð	32	m
Afl	22	MW

Gangavirkjun - Helstu kennitölur

Vatnasvið:

Þjórsá við Norðlingaöldu	845	km ²
Fellalón	180.8	km ²
Dalsárlón	67.2	km ²
Gangaleið	130	km ²
Samtals:	1223	km ²

Rennsli:

Þjórsá við Norðlingaöldu	61.1	m ³ /s
Veitur úr ám að vestan	18.3	m ³ /s
Samtals:	79.4	m ³ /s

Norðlingaöldulón:

Flatarmál lóns	57	km ²
Nýtileg miðlun	325	Gl
Yfirfallshæð	581	m y. s.
Krónuhæð	585.5	m y. s.
Lægsta vatnsborð	570	m y. s.
Rúmmál stíflu	754500	m ³
Lengd stíflu	1453	m
Mesta stífluhæð	33.5	m
Lengd yfirfalls	500	m

Draugalón:

Flatarmál lóns	6	km ²
Nýtileg miðlun	68	Gl
Yfirfallshæð	700	m y. s.
Krónuhæð	703	m y. s.
Lægsta vatnsborð	673	m y. s.
Rúmmál stíflu	338900	m ³
Lengd stíflu	1414	m
Mesta stífluhæð	31	m
Lengd yfirfalls	140	m

Fellalón:

Flatarmál lóns	11.1	km ²
Nýtileg miðlun	92	Gl
Yfirfallshæð	629	m y. s.
Krónuhæð	632	m y. s.
Lægsta vatnsborð	611	m y. s.
Rúmmál stíflu	860800	m ³
Lengd stíflu	4670	m
Mesta stífluhæð	22	m
Lengd yfirfalls	182	m

Dalsárlón:

Flatarmál lóns	8	km ²
Nýtileg miðlun	70	Gl
Yfirfallshæð	635	m y. s.
Krónuhæð	638	m y. s.
Lægsta vatnsborð	615	m y. s.
Rúmmál stíflu	576800	m ³
Lengd stíflu	3200	m
Mesta stífluhæð	24	m
Lengd yfirfalls	96	m

Veita úr Kisu:

Yfirfallshæð	638	m y. s.
Krónuhæð	640	m y. s.
Hæsta vatnsborð	638	m y. s.
Rúmmál stíflu	14400	m ³
Lengd stíflu	200	m
Mesta stífluhæð	7	m
Lengd yfirfalls	100	m

Skurður í Norðlingaöldulóni:

Lengd skurðar	1280	m
Gröftur	20700	m ³
Sprengingar	103700	m ³
Flutningsgeta m. v. 2 m/s	90	m ³ /s

Aðrennslisgöng:

Vélboruð

Lengd	28100	m
Þvermál	7.3	m
Rúmmál bergs	1176000	m ³
Halli frá Dalsá	2	%
Straumhraði við Q= 110.8m ³ /s	2.6	m/s

Frárennslisgöng:

Sprengd

Lengd	750	m
Þvermál	8.0	m ³
Rúmmál bergs	42900	m ³
Straumhraði við Q= 110.8m ³ /s	1.9	m/s

Aðkomugöng:

Sprengd

Lengd	800	m
Breidd	6	m ³
Rúmmál bergs	25700	m ³
Halli	7	%

Stöðvarhús og vélbúnaður:

Stöðvarhús neðanjarðar

Vélar-Francis	3	stk
Virkjað rennsli	110.8	m ³ /s
Rekstrarfallhæð	269.5	m
Afl	243	MW

1. INNGANGUR

Þessi skýrsla fjallar um samræmda forathugun á virkjunarkostum í Efri-Þjórsá. Athugaðir eru tveir möguleikar á nýtingu fallsins frá Norðlingaöldu að Ármótalóni, alls um 282 m fall (úr 581 m y.s. í 299 m y.s.). Að dómi Orkustofnunnar eru eftirtaldar hugmyndir þær sem helst koma til greina.

- Fyrri hugmyndin, hér nefnd Dæluvirkjun, byggir á því að dæla vatni Þjórsár úr 581 m y.s. upp í 600 m y.s. og veita því þaðan með lónum og skurði, eða göngum, í inntakslón undir Örafahnúk í 599 m y.s. og virkja síðan fallið þaðan niður í Ármótalón í 299 m y.s. Hugmyndin byggir á því að landslag er hentugra fyrir veitur og miðlun uppi á hásléttunni í 600 m y.s. en í 570-580 m y.s. efst í dalbrún "Þjórsárdals".
- Seinni hugmyndin, hér nefnd Gangavirkjun, byggir á að veita Þjórsá í göngum alla leið frá Norðlingaöldulóni í stöðvarhús í Gljúfurleit.

Á leiðinni frá Norðlingaöldu að Ármótalóni falla nokkrar þverár í Þjórsá. Þar sem vatnsvegir eru ráðgerðir vestan ár, nýtist vatnið úr vatnsmestu þveránum að vestan til virkjunarinnar. Stærstu árnar eru Kisa og Dalsá. Í báðum hugmyndunum, sem lýst er hér, er vatninu úr þessum þverám miðlað sérstaklega með háu miðlunarhlutfalli til að mæta hinu lága miðlunarhlutfalli í Þjórsá vegna takmörkunar á miðlun í Þjórsárverum.

Saga forathugana á þessu svæði er löng. Á árunum 1978-1980 var unnið að gerð mynsturáætlunar á vatnasviði Þjórsár. Á þeim tíma kviknuðu hugmyndir um svokallaða Kvíslaveitu sem veitir vatni af vatnasviði Efri-Þjórsár yfir í Þórisvatn. Þessar hugmyndir hafa orðið að veruleika í Kvíslaveitu minni, og þegar Kvíslaveitu meiri verður lokið hefur rennsli til hugsanlegrar virkjunar í Efri-Þjórsá minnkað um 43%. Fram undir 1980 var gengið út frá því að hægt væri að nýta stóra miðlun í Þjórsárverum, en 1981 var ákveðið að Þjórsárver skyldu friðlýst og miðlun Þjórsár við Norðlingaöldu skyldi takmörkuð við 581 m y.s. Svo stórt lón skyldi einungis leyft ef slík lónsmyndun væri framkvæmanleg án þess að náttúruverndargildi rýrni verulega að mati Náttúruverndarráðs. Þessar breytingar gera það að verkum að virkjunarhugmyndir í Efri-Þjórsá frá árunum fyrir 1980 eru úr gildi fallnar.

Eftir 1981 hafa Orkustofnun og Almenna verkfræðistofan, fyrir hönd Landsvirkjunar, gefið út sína skýrsluna hvor um virkjunarhugmyndir í Efri-Þjórsá. Orkustofnun hefur skoðað svokallaða Hnappölduvirkjun (Þorbergur Þorbergsson o.fl. 1984), en athygli Almennu Verkfræðistofunnar hefur helst beinst að svokölluðum Gnúpverja- og Gljúfurleitarvirkjunum (Almenna Verkfræðistofan 1984). Á síðastliðnu ári hefur Orkustofnun farið yfir þessar virkjunarhugmyndir og endurskoðað þær í ljósi breyttra kostnaðarforsendna, og á það sérstaklega við um jarðgangakostnað (Halldór Pétursson 1992). Samhliða voru þeir kostir sem eru kynntir í þessari skýrslu skoðaðir lauslega. Niðurstaða þeirra athugana var sú, að þeir virkjunarkostir sem til umræðu eru í þessari skýrslu eru álitnir hagkvæmastir. Hagkvæmnin byggist fyrst og fremst á því að jarðgöng eru orðin mun ódýrari en áður var talið. Einnig hafa verið skoðaðir nýir miðlunarmöguleikar, bæði á vatni Þjórsár og einnig á vatni þveráanna. Því hefur Orkustofnun valið þessa tvo kosti til lokaforathugunar.

Þessar forathuganir eru byggðar á staðfræðikortum í mælikvarða 1:20.000 með 5 metra bili á milli hæðarlína. Einnig hafa verið notaðar upplýsingar af jarðgrunns-, gróður- og vatnafarskortum af svæðinu og berggrunnskorti sem er í vinnslu á Orkustofnun. Upplýsingar um rennsli eru

í upphafi byggðar á vatnamælingum Orkustofnunar í Þjórsá. Rennslis- og grunnvatnslíkan Landsvirkjunar á Þjórsár/Tungnaárvæðinu, unnið af Verkfræðistofunni Vatnaskilum og aðhæft mældu rennsli, hefur nýlega verið stækkað (Verkfræðistofan Vatnaskil 1991), og nær það nú til alls Þjórsár/Tungnaárvæðisins ofan Búrfells. Þessu líkani hefur verið beitt til lengingar rennslisraða og til rennslisáætlana á völdum stöðum, undir eftirliti Rennslisgagnanefndar. Eru rennslisraðir skv. líkaninu notaðar við þessa forathugun. Kostnaðaráætlanir eru byggðar á virkjanalíkani Orkustofnunnar sem gert var á Verkfræðistofu Sigurðar Thoroddsen. Útreikningar á orkuvinnslugetu hafa verið gerðir á verkfræðistofunni Streng í hermílkani Landsvirkjunar.

Eftirtaldir sérfræðingar á Orkustofnun hafa unnið að gerð þessarar skýrslu: Hákon Aðalsteinson hefur unnið að umhverfisrannsóknnum; Birgir Jónsson að mannvirkjajarðfræðilegum athugunum og Halldór Pétursson að verkfræðiáætlunum. Einnig hefur Kristinn Einarsson skrifað lýsingu á vatnafari og rennslisröðum á svæðinu.

Annar kafli skýrslunnar inniheldur lýsingu á virkjunarhugmyndunum tveimur. Í honum er bæði almenn lýsing á virkjununum og lýsing á einstökum mannvirkjum ásamt mannvirkjajarðfræðilegu mati á aðstæðum. Í 3. kafla er lýsing á jarðfræðilegum aðstæðum á svæðinu. Í 4. kafla er vatnafræði svæðisins lýst svo og áætluðu rennsli. Fimmti kafli fjallar um umhverfisáhrif virkjunarhugmynda á Efra-Þjórsárvæðinu og er þar fjallað um helstu hugmyndir sem fram hafa komið um virkjanir á svæðinu. Í 6. kafla eru kostnaðaráætlanir um virkjunarhugmyndirnar tvær og í 7. kafla er áætlunir um orkugetu virkjunarhugmyndanna. Áttundi kafli fjallar síðan um hugsanleg afbrigði frá virkjunarhugmyndunum. Í 9. kafla er loks samantekt á helstu niðurstöðum skýrslunnar. Í 10. kafla er tillögur að framhaldsrannsóknnum og þar á eftir eru heimildir, teikningar og önnur fylgiskjöl.

2. VIRKJUNARTILHÖGUN

Í þessum kafla verður virkjunarhugmyndum lýst. Fyrst kemur almenn lýsing en síðan fylgir kafla með lýsingum á einstökum mannvirkjum. Áætlarnirnar sem lýst er hér eru miðaðar við 70/30 markað (orkufrekur iðnaður/almennur markaður) þar sem gera verður ráð fyrir að sú markaðssamsetning sé líklegri en 50/50 markaður sem hingað til hefur verið miðað við. Kostnaðaráætlanir í kafla 6 eru byggðar á þeim útfærslum sem lýst er í þessum kafla. Þar eru einnig kostnaðaráætlanir sem eru miðaðar við 50/50 markað.

2.1 Almennt

Báðar hugmyndirnar eiga það sameiginlegt að miða við líftíð hallandi, ófóðruð aðrennslisgöng í stað fallganga og er hér byggt á norskri hönnun og reynslu (Broch 1991). Norðmenn hafa búið til formúlur til að reikna nauðsynlegt þak yfir ófóðruðum aðrennslisgöngum þar sem bergþykktin er fall af þrýstihæð. Hefur þetta verið athugað í Gljúfurleit og er með góðu móti hægt að uppfylla þessar kröfur. Nokkuð hefur verið rætt um hættuna á "hydraulic fracturing" eða e.t.v. enn frekar "hydraulic jacking" í íslensku bergi, sérstaklega í sambandi við ófóðruð aðrennslisgöng. Var þetta meðal annars athugað í sambandi við Fljótsdalsvirkjun og komust menn þar að því að láréttar spennur væru svo litlar í berginu að ekki væri hættandi á að nota ófóðruð hallandi aðrennslisgöng. Gerð hafa verið "hydraulic fracturing" próf í berggrunninum í Sandafelli við Sultartanga og benda þau próf til þess að láréttar spennur séu nægilegar háar til að óhætt sé að nota ófóðruð hallandi aðrennslisgöng (Haimson 1981). Því er áætlunin hér miðuð við að þau séu notuð og sparast þá kostnaður við stálfóðruð fallgöng að talsverðu leyti. Reiknað er með að síðustu 60 m ganganna séu stálfóðraðir.

Í báðum hugmyndunum er miðað við að boruð séu lóðrétt göng upp á yfirborð til sveiflujöfnunar. Í stað þeirra er hugsanlegt að nýta sér reynslu Norðmanna í gerð loftpúða í bergi til sveiflujöfnunar (Kjörholt et al. 1992). Helst er hætt við að íslenskt berg sé of lekt til að púðarnir séu nógu þéttir. Norðmenn hafa leyst slík vandamál með vatnstoppi yfir púðanum með góðum árangri, og í dag er verið að athuga möguleika á að nota frystingu til þéttingar. Hugsanlegt er að lausn með loftpúða sé ódýrari en venjuleg sveifluþró, en ekki eru til nægar upplýsingar um þetta atriði til að óhætt væri að reikna með því hér.

Í Dæluvirkjunarhugmyndinni er gert ráð fyrir að notuð sé dæla til að lyfta vatni Efri-Þjórsár upp um u.þ.b. 23-32 m. Ekki er til reynsla fyrir gerð slíkra mannvirkja hér. Starfsmenn Orkustofnunnar hafa rætt þetta mál við norska sérfræðinga á þessu sviði. Samkvæmt þeirra upplýsingum má gera ráð fyrir að nýtni dæluhverfils sé u.þ.b. 3% lakari en samsvarandi hverfils. Kostnaður dælustöðvar er líklega svipaður og kostnaður samsvarandi virkjunar. Er reiknað með þessum forsendum í áætlunum hér. Hér hefur verið valin sú leið að hafa dæluna sem minnsta til að minnka veituna frá henni. Þetta þýðir það að gera verður ráð fyrir að virkjunin hafi afl fyrir dæluna því ekki er hægt að gera ráð fyrir að hún dæli öllu vatni utan álagstíma. Önnur leið hefði verið að hafa dæluna stærri, og þá veituna frá henni, og stýra dælingunni yfir á tíma þar sem umframafi er til staðar. Kostnaðarbestun í hönnun ræður því hvor leiðin er hagkvæmari.

Í Gangavirkjuninni er reiknað með að lækirnir á gangaleiðinni séu teknir inn í gegnum niðurföll. Lítil reynsla er af hönnun slíkra niðurfalla hér á landi. Erlendis hafa verið byggð slík mannvirki og er hér byggt á norskri hönnun við áætlun þeirra (Bekkeintakkomiteen 1986).

Við mat á jarðfræði- og jarðtæknilegum aðstæðum á mannvirkjastöðum er að mestu byggt á at-
hugunum jarðfræðinganna Skúla Víkingssonar hvað varðar laus jarðlög og byggingarefni og
Ágústs Guðmundssonar varðandi eiginleika berggrunnins.

Samantekt á vegalengdum í efnisnámur fyrir hvert mannvirki er sýnd í töflu 1; "Efri Þjórsá -
Fjarlægðir í efnisnámur" og gæðaflokkun á bergi til gangagerðar er sýnd í töflu 2; "Efri Þjórsá -
Neðanjarðarvirki, gæðaflokkun bergs". Hverri mannvirkjalýsingu fylgir síðan lýsing á jarð-
fræðiaðstæðum og mögulegum efnisnámunum. Í töflunni um gæðaflokkun bergs er Króksvirkjun
tekin með til samanburðar.

Tafla 1. Efri-Þjórsá. Fjarlægð í efnisnámur (vegalengdir í km).

Stíflur	Kjarni	Sía	stoðfylling	Grjótvörn
Norðlingaalda (aðalstífla)	1	1-3	1-2	4
Norðlingaalda við Þröskuld	1	1	1	1
Kisulón	0.5-1	2	2	0-2
Hnúkslón nyrðri 4 km	0.5-1	1	1-2	1-2
Hnúkslón syðri 4 km	0.5-1	1-1.5	1-1.5	1
Draugalón	0.5	1	1-2	1
Fellalón	0.5	2	2	1-3
Dalsárlón	0.5	1	1	0.5-1.5

Í töflunni er aðstæðum til gangagerðar skipt niður í 3 gæðaflokka, þar sem flokkur 2 (miðflokk-
urinn) er nokkuð "venjulegar" aðstæður fyrir Ísland, en flokkur eitt um 20% ódýrari við hefð-
bundna gangavinnslu (10% ódýrari ef um er að ræða heilboruð göng), og flokkur 3 væri þá
20% dýrari en "venjulegar" aðstæður (10% dýrari ef heilboruð væri).

2.2 Dæluvirkjun

2.2.1 Lýsing virkjunar

Þjórsá er stífluð við Norðlingaöldu og myndað lón sem nær upp í 581 m y.s. Miðlunin er nýtt
niður í 570 m y.s. og næst þá 325 Gl miðlun. Vatninu í Þjórsá er síðan dælt um göng í gegnum
Norðlingaöldu upp í 600 m y.s. í lón í farvegi Kisu. Þetta lón er hér nefnt Kisulón. Kisulónið er
fyrst og fremst hugsað sem veita því ekki er gert ráð fyrir neinum niðurdrætti í lóninu, og er
miðlun þar því aðeins 13 Gl. Úr Kisulóni fer síðan vatnið eftir skurðum og uppistöðum 10 km
leið að inntakslóni virkjunarinnar undir Öræfahnúk. Þetta lón er nefnt hér Hnúkslón. Lónið er
11 km langt og nýtir miðlun frá 599 m y.s. niður í 590 m y.s. og næst þá 80 Gl miðlun. Úr
Hnúkslóni fer vatnið í aðrennslisgöng að neðanjarðarstöðvarhúsi í Gljúfurleit og frá stöðvarhúsi
í frárennslisgöngum út í Þjórsá rétt ofan við Skágil.

Þverám Þjórsár að vestan eru miðlað sérstaklega. Kisu er veitt yfir í Lambafellskvísl með stíflu
við Mikluöldu. Miðlunarlón, sem í renna Kisa, Lambafellskvísl og Draugakvísl, er myndað
undir Eystra-Rjúpnafelli í 629 m y.s. og fæst þar 92 Gl miðlun. Þetta lón er hér nefnt Fellalón.
Að auki er Draugakvísl stífluð við Lambafellssporð í 700 m y.s. og myndað þar 68 Gl lón,
Draugalón. Dalsá er stífluð við Öræfatungu í 635 m y.s. og þar myndað 70 Gl miðlunarlón,

Tafla 2. Efri Þjórsá - Neðanjarðarvirki, gæðaflokkun bergs.

	Gæðaflokkur	Dæluvirkjun	Gangavirkjun	Króksvirkjun
Göng í Norðlingaöldu	I	2.5 km 0%	4 km 0%	
	II	80%	80%	
	III	20%	20%	
Aðrennslis-göng	I	4.6 km 90%	14 km ¹ 9 km ² 60% 80%	
	II	0%	30% 10%	
	III	10%	10% 10%	
Fallgöng	I	0.3 km 70%	0.3 km 70%	0.25 km 70%
	II	20%	20%	20%
	III	10%	10%	10%
Frárennslis-göng	I	1 km 70%	0.7 km 70%	6.5 km 70%
	II	20%	20%	20%
	III	10%	10%	10%
Aðkomu-göng	I	0.7 km 70%	0.8 km 70%	1 km 70%
	II	20%	20%	20%
	III	10%	10%	10%
Stöðvarhús	I	80%	80%	80%
	II	10%	10%	10%
	III	10%	10%	10%

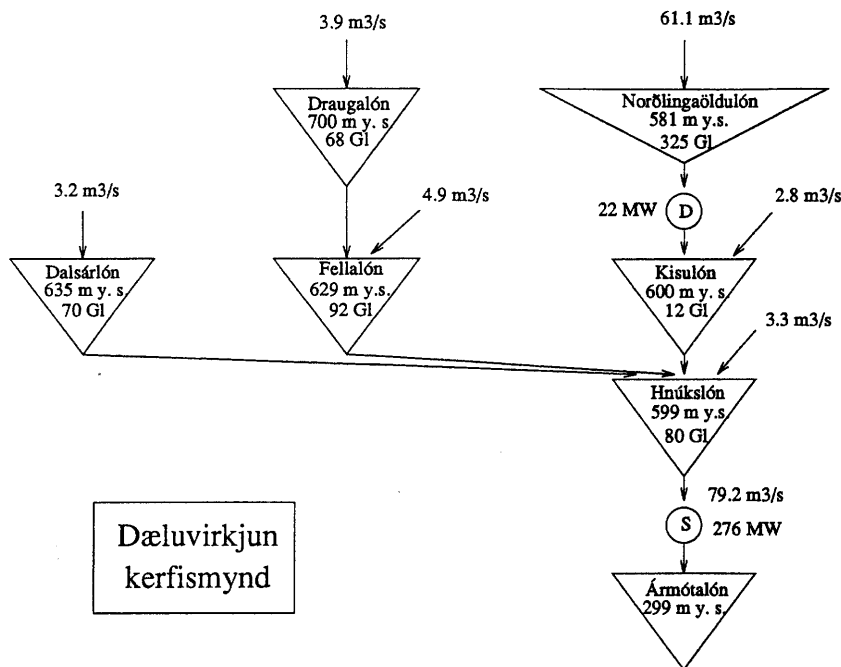
¹ Frá Kisu að Dalsá

² Neðan Dalsár

Dalsárlón. Vatnið rennur úr Dalsárlóni og Fellalóni í Hnúkslón og sameinast þar vatninu úr Efri-Þjórsá.

Samtals eru því 647 GJ í miðlunum í þessari virkjunartilhögun, og þar af nýtast 417 GJ til að miðla Þjórsá. Meðalrennsli til virkjunarinnar er áætlað 79,2 m³/s og virkjað rennsli 107,1 m³/s miðað við 6060 stunda nýtingartíma. Hönnunarfalhæð er áætluð 294,3 m og afl virkjunar samkvæmt því 276 MW. Dælustöðin við Norðlingaöldu er miðuð við að geta dælt 60 m³/s upp um 32 m.

Rekstur virkjunarinnar er hugsaður þannig að rennsli Þjórsár er látið stýra því hvernig miðlanir úr þverám eru nýttar. Reynt er að nýta rennslið í Þjórsá til að mæta vatnspörf virkjunarinnar svo lengi sem nægjanlegt vatn er í ánni. Á meðan er lokað fyrir rennsli úr þveránum og vatni safnað í miðlanirnar. Þegar rennsli tekur að þverra í Þjórsá er Norðlingaöldumiðlunin tæmd á undan miðlunum í þveránum. Með þessu er tryggt að sem mest af vatni Þjórsár nýtist þrátt fyrir takmarkaða miðlun í ánni. Rekstraröryggi virkjunarinnar ætti að vera tryggt vegna hins stóra inntakslóns við Öræfahnúk, en það dugir virkjunninni í 2-3 vikur.



Mynd 1. Kerfismynd - Dæluvirkjun.

2.2.2 Einstök mannvirki

Hér á eftir fer nánari lýsing á einstökum mannvirkjum virkjunarinnar. Lýst er helstu stærðum og þeim forsendum sem notaðar voru við ákvörðun þeirra.

Veita Kisu í Lambafellskvísl

Kisa er stífluð við Mikluöldu í 633 m y.s. og myndað lítið lón í 638 m y.s. Í þeirri hæð er gert ráð fyrir að Kisa renni yfir í Lambafellskvísl. Stíflukrónan er í 640 m y.s., mesta stífluhæð 6 m, stíflulengd 200 m og stíflurúmtak er áætlað 14.400 m³. Gert er ráð fyrir að byggð verði botnrás sem anni rennsli á byggingartíma, hér áætlað 111 m³/s. Gert ráð fyrir 100 m yfirfalli við stífluna þó að farvegurinn yfir í Lambafellskvísl sé nógu breiður til að anna öllu flóðvatni, enda er ætlunin að reyna að nýta allt vatnið af vatnasviðinu.

Parna er um lítið mannvirki að ræða, en mól í sífur og stoðfyllingu er sennilega að finna á áreyrum rétt ofan stíflustæðisins (ca. 1 km) og jökulruðningur í kjarna er sennilega í u.þ.b. 1 km fjarlægð.

Miðlun Draugakvíslar við Lambafell - Draugalón

Draugakvísl er stífluð í 672 m y.s. milli Lambafells og Rjúpnafells. Meðal vatnsborð er áætlað í 700 m y.s., krónuhæð í 703 m y.s. og flatarmál lóns 6 km². Stíflan er lagskipt jarðstífla, 1414 löng, mesta hæð stíflu 31 m og stíflurúmmál 338.900 m³. Gert er ráð fyrir að nýta allt rúmmál lónsins til miðlunar og er miðlun áætluð 68 Gl. Gert er ráð fyrir botnrás í botni farvegar Draugakvíslar sem ráði við flóð á byggingartíma og dugi til að stjórna miðluninni, hér áætlað 135 m³/s. Yfirfall er miðað við að mestu flóð valdi 0,5 m vatnsborðshækkun. Mestu flóð á yfir-

falli eru áætluð 112 m³/s eftir að tekið hefur verið tillit til dempunaráhrifa lónsins. Yfirfallið er 2 m hátt steipt yfirfall, 140 m á lengd.

Stíflustæðið er þakið jökulruðningi og því eflaust vel þétt. Undir jökulruðningnum er nokkuð þétt móbergsmýndun og bleðill af dflabasalti. Bergþétting verður fremur lítil, eða svipað og í Kvíslaveitu og mögulegur leki tapast ekki, heldur skilar sér niður í næsta lón fyrir neðan, Fellalón.

Stífluefni:

Kjarni: Jökulruðning er að finna í nægu magni á sunnanverðu stíflustæðinu og í nágrenni þess. Vegalengd ca. 0,5 km.

Sía og stoðfylling: Ármöl er að finna á áreyrunum rétt ofan við stíflustæðið og mól frá lokum jökultíma um 2 km neðan við stíflustæðið sunnan undir Lambafelli. Vegalengd ca. 1 km, ef ármölin ofan stíflu nægir. Einnig er möguleiki á að finna bólstraberg í nágrenni stíflustæðisins.

Grjótvörn (öldu- og verðrunarvörn): Dflabasalt finnst á sunnanverðu stíflustæðinu. Úrkast úr grjótnámunni nýtist sem stoðfylling. Vegalengd ca. 1 km.

Miðlun Fellakvíslar og Kisu við Rjúpnafell - Fellalón

Stíflað er í 610 m y.s. ofan við Bogasporð. Meðalvatnsborðshæð er áætluð 629 m y.s. og hæð stíflukrónu 632 m y.s. Flatarmál lóns er 11,1 km² og nýtanleg miðlun 92 Gl. Stíflan er lagskipt jarðstífla, 4970 m að lengd, mesta hæð 22 m og stíflurúmmál 860.800 m³. Gert er ráð fyrir botnrás sem ráði við flóð á byggingartíma eftir að Draugalón hefur verið byggt, hér áætlað 85 m³/s. Yfirfall er miðað við að flóðhæð verði ekki meiri en 0,5 m. Mesta flóð á yfirfalli er áætlað 138 m³/s. Gert er ráð fyrir 2 m háu steiptu yfirfalli, 182 m að lengd.

Á stíflustæðinu eru þykkildi af jökulruðningi og hörðum jökulruðningi eða jökulbergi, svo leki verður lítil og bergþétting ódýr. Mögulegur leki tapast ekki heldur skilar hann sér niður Dalsá í inntakslón virkjunarinnar, Hnúkslón, eða í jarðgangainntakið við Dalsá, eftir því hvor tilhögun verður valin.

Stífluefni:

Kjarni: Nóg er af jökulruðningi á sjálfu stíflustæðinu. Vegalengd ca. 0,5 km.

Sía og stoðfylling: Nokkur ármöl er í Fellakvíslinni ofan stíflustæðis, en sennilega ekki nóg í bæði síu og stoðfyllingu. Hins vegar virðist nóg af mól í hjallamyndunum vestan Fellakvíslar, suðaustan undir Eystra Rjúpnafelli. Vegalengd ca. 2 km.

Grjótvörn: Dflabasalt finnst við vesturenda stíflunnar. Úrkast nýtist allt í stoðfyllingu. Vegalengd 1-3 km.

Miðlun Dalsár við Hlaup - Dalsárlón

Dalsá er stífluð í 614 m y.s. við Hlaup. Meðalvatnsborðshæð er áætluð 635 m y.s. og hæð stíflukrónu 638 m y.s. Flatarmál lóns er áætlað 8 km² og nýtanleg miðlun 70 Gl. Stíflan er lagskipt jarðstífla, 3200 m að lengd, mesta hæð 24,0 m og stíflurúmmál 576.800 m³. Botnrás er hönnuð miðað við að ráða við flóð á byggingartíma og rennsli úr miðluninni sem áætluð eru mest 119 m³/s. Gert er ráð fyrir 2 m háu steiptu yfirfalli sem ráði við 40 m³/s miðað við 0,5 m flóðhæð. Lengd yfirfalls er áætluð 50 m.

Norðan Dalsár er stíflustæðið á þykkum jökulruðningi, en sunnan Dalsár að hluta á nær berri klöpp úr dflabasalti. Ekki er að búast við leka að ráði frekar en annars staðar á svæðinu, auk þess myndi lekinn skila sér niður í inntakslónið miðað við Dæluvirkjun en inntakspollinn í Gangavirkjun.

Stífluefni:

Kjarni: Nógur jökulruðningur er á stíflustæðinu austan Dalsár og rétt við það vestan árinna. Vegalengd ca. 0,5 km.

Sía og stoðfylling: Nóg er af mól frá lokum jökultíma við austurhluta stíflunnar og þynnra set er við Dalsá ofan stíflustæðis. Vegalengd ca. 1 km.

Grjótvörn: Dflabasalt er á vesturhluta stíflustæðisins, þ.e. sunnan Dalsár. Allt úrkast nýtist í stoðfyllingu.

Miðlun Þjórsár við Norðlingaöldu - Norðlingaöldulón

Þjórsá er stífluð við Norðlingaöldu í um 553 m y.s. Stíflan er lagskipt jarðstífla, 1453 m á lengd og 33,5 m há þar sem hún er hæst. Heildarrúmmál stíflu er 754.500 m³. Miðað er við að hækkun vatnsborðs vegna flóða sé 2 m og krónuhæð sé í 585,5 m y.s. Í gegnum stífluna er botnrás sem ætlað er að ráða við flóð á byggingartíma, sem er áætlað mest um 1183 m³/s. Áætlað er að nota tvö yfirföll til að mæta flóðum. Annað yfirfallið er vestan ár milli Norðlingaöldu og hæðarinnar Þröskuldar í lægð sem hvort sem er þarf að byggja stíflu yfir og er u.þ.b. 310 m löng. Hitt yfirfallið er austan ár, 190 m langt. Mestu flóð sem yfirföllunum er ætlað að ráða við eru 2413 m³/s. Í lóninu er skurður að inntaki dælustöðvar. Skurðurinn er 1280 m langur og nýtir miðlunina niður í 570 m y.s.

Stíflan mun aðallega standa á mishörðum jökulruðningi eða jökulbergi, nema í sjálfum farvegi Þjórsár, þar sem þóleift basalt er neðst í bökkunum og setberg úr Hvanngiljasetmynduninni í árbotninum. Allar þessar jarðmyndanir eru frekar þéttar, en nokkrar lindir koma fram í bökkum Þjórsár og þarf að veita vatninu undan stíflunni með fráveitum líkt og gert var við Blöndustíflu. Búist er við svipuðum þéttingaraðgerðum og í Kvíslaveitu, en allur leki tapast niður í Sultartangalón.

Stífluefni:

Kjarni: Jökulruðningshæðir austan og vestan ár. Vegalengd ca. 1 km.

Sía: Sandur og mól suðaustan aðalstíflu í fjarlægð ca. 1 km. Einnig malarásar austan stíflu í ca. 4 km fjarlægð. Vestan ár er mól austan í Norðlingaöldu í ca. 3-4 km fjarlægð frá aðalstíflu, en 0,5-1 km fjarlægð frá aukastíflu við Þröskuld. Meðalfjarlægð ca. 1(-3) km.

Stoðfylling: Bólstraberg báðum megin Þjórsár ca. 1-3 km neðan stíflu. Einnig nægur sandur suðaustan stíflu í ca. 1 km fjarlægð og mól í fráveitur í 3-4 km fjarlægð (malarásar). Meðalvegalengd ca. 1-2 km.

Grjótvörn: Basalt neðan við Þröskuld (ca. 3 km frá aðalstíflu, en rétt neðan við aukastíflu). Einnig er gert ráð fyrir mögulegri basaltnámu austan ár, ca. 4-5 km neðan stíflu. Meðalvegalengd ca. 3 km.

Dælustöð í Norðlingaöldu

Frá Norðlingaöldu er vatni Þjórsár veitt inn í göng í Norðlingaöldu sem leiða vatnið að dælustöð. Áætlað er að byggja dælustöð neðanjarðar í Norðlingaöldu til að dæla vatni Þjórsár upp í

600 m y.s. Gert er ráð fyrir að dælustöðin liggi vestan megin í Norðlingaöldu með láréttum aðrennslisgöngum frá Norðlingaöldulóni og að hún liggi í 570 m y.s. og lyftihæð hennar verði á bilinu 21-32 m. Áætlað er að dælan ráði við 60 m³/s rennsli við 32 m lyftihæð en allt að 90 m³/s rennsli við fullt lón. Ef gert er ráð fyrir nýtnistuðli 0,86 á orku til dælingar, en það samsvavar u.þ.b. 3% verri nýtni en hjá venjulegum vatnshverfli, þá verður stærð dælustöðvarinnar 22 MW. Hér er gert ráð fyrir að ein vél verði í dælustöðinni. Ekki er gert ráð fyrir að bilun í dælunni valdi rekstrartruflunum þar sem um 339 Gl eru í miðlunum neðan dælustöðvarinnar og dugir það fyrir 48 daga rennsli, ef miðað er við meðalrennsli til virkjunar.

Dælustöðin yrði grunduð í Norðlingaöldumóbergi sem er að mestu móbergsbreksfa og ágætt til grundunar fyrir svona mannvirki. Grunnur stöðvarinnar mun sennilega ná niður í grunnvatn.

Veitustífla í Kisu - Kisulón

Dælan dælir vatni upp í lón sem er myndað í farvegi Kisu. Lónið er myndað með því að stífla í farvegi Kisu í um 574 m y.s. Meðalvatnsborð er áætlað í 600 m y.s., krónuhæð í 602,5 m y.s. og flatarmál lóns 6,7 km². Stíflan er lagskipt jarðstífla, 2160 m löng, mesta hæð 29,5 m og stíflurúmmál 525.100 m³. Gert er ráð fyrir botnrás við stífluna sem anni flóðum á byggingartíma, hér áætluð 105 m³/s. Hefur þá verið tekið tillit til þess að vatni Kisu hefur verið veitt yfir í Fellakvísl áður en stíflan er byggð. Ekki er gert ráð fyrir að byggja þurfi sérstakt yfirfall fyrir stífluna, þar sem afrennslissvæði hennar er lítið og flatarmál lónsins stórt. Nýtileg miðlun er hér áætluð 13 Gl og er þá aðeins miðað við 2 m niðurdrátt í lóninu. Ef miðað er við að miðlun tæmist niður að botni skurðar, þá nýtast allt að 29 Gl í miðluninni.

Stíflustæðið er að langmestu leyti þakið jökulruðningi, sem liggur ofan á fremur þéttari móbergsbreksfu við Kisu, en dýlabasalti á syðri hluta stíflustæðisins. Gera má ráð fyrir álfka þéttingaraðgerðum og í Kvíslaveitu, en allur leki tapast niður í Sultartangalón.

Stífluefni:

Kjarni: Nóg af jökulruðningi á og við stíflustæðið: Vegalengd ca. 0,5-1 km.

Sía og stoðfylling: Við austurenda stíflustæðis er malarás utan í Norðlingaöldu. Einnig er möl við Kisu ca. 1,5-2 km ofan stíflu. Er þarna um að ræða malarása, áreyrar og jökulárset frá lokum jökultíma. E.t.v. er hægt að vinna eithvert bólstraberg í Norðlingaöldunni. Efsti hluti skurðarins niður til inntakslónsins verður sprengdur niður í dýlabasalt, sem allt getur nýst í Kisustíflu, sem stofylling og grjótvörn.

Grjótvörn: Einfalt ætti að vera að vinna grjót úr dýlabasalti, sem er nær bert á miðhluta stíflustæðisins vestan Kisu. E.t.v. er enn þægilegra að nýta sprengt grjótið úr efsta hluta skurðarins niður til inntakslónsins.

Skurður Kisulón - Hnúkslón

Úr Kisulóni rennur vatnið eftir skurði yfir í Hnúkslón. Skurðurinn er 9890 m langur og getur flutt 90 m³/s við 1,0 m/s straumhraða, eða sumarástand. Á skurðleiðinni myndast fjögur smáslón þar sem skurðurinn sker lækjarfarvegi. Þversnið skurðarins er 90 m² neðan vatnsborðs, og er áætlað að jarðvegsdýpi sé 1-2 m á skurðleiðinni. Heildarrúmmál grafrar er áætlað 229.100 m³ og sprenginga 719.700 m³. Vegna lygns rennslis á vetrum, stórs þversniðs og hinna mörgu lóna á skurðleiðinni er ekki gert ráð fyrir að mikil hætta sé á rekstrartruflunum vegna íss í skurðinum. Að auki má benda á hið mikla öryggi sem miðlanirnar neðar á vatnasviðinu veita við rekst-

ur á virkjuninni.

Á nyrstu ca. 4 km er skurðurinn að mestu sprengdur í dflabasalt, en laus yfirborðslög (jarðvegs-torfur og jökulruðningur) eru fremur þunn á þessu bili, eða innan við 5 m. Mikinn hluta af efni-
inu úr skurðinum mætti nýta í Kisustíflu ef þörf krefur, dflabasaltíð í grjótvörn og stoðfyllingu
og jökulruðninginn í kjarna.

Næstu 5 km skurðarins verða að miklu leyti í þykkum jökulruðningi, sem harðnar er neðar
dregur. Dýpri hluti skurðarins nær þó eflaust niður í klöppina sem undir er. Eitthvað af jökul-
ruðningnum úr þessum hluta skurðarins gæti eflaust nýst sem kjarnaefni í norðurhluta stíflu inn-
takslónsins ef þörf er á.

Syðstu 2 km skurðarins eru sprengdir niður í dflabasalt, en laus yfirborðslög eru þunn á þessu
bili. Allt efni úr þessum hluta skurðarins gæti nýst í áðurnefnda stíflu inntakslónsins við Dalsá
ef þörf er á sem stoðfylling eða grjótvörn.

Inntakslón virkjunarinnar - Hnúkslón

Úr skurðinum rennur vatnið í inntakslón virkjunarinnar, Hnúkslón. Lónið er myndað í staði
gamals jökullóns. Það er um 11 km langt og nýttist því einnig sem veita fyrir vatn Þjórsár. Með-
alvatnsborð er áætlað í 599 m y.s., krónuhæð í 601,5 m y.s. og flatarmál lóns 12,7 km². Áætl-
að er að nýta niðurdrátt í lóninu niður í 590 m y.s. og fæst þá 80 GJ miðlun. Stíflan er lagskipt
jarðstífla, 8007 m löng, 19,5 m þar sem hún er hæst og stíflurúmmál 1.752.500 m³. Við suður-
enda lónsins er náttúrulegt yfirfall sem áætlað er að geti annað þeim flóðum sem reiknað er með
að geti komið, sem hér eru áætluð 108 m³/s. Yfirfallið er 250 m breitt og verður því vatnsborð-
hækkun vegna flóða lítil. Geta má þess að nánast allt vatn sem rennur í lónið hefur áður runnið í
gegnum 1-2 miðlunaríón áður en það kemur í lónið. Eigið afrennslissvæði miðlunarinnar er lítið
miðað við stærð hennar. Gert er ráð fyrir að byggð verði botnrás í farvegi Dalsár sem anni
flóðum á byggingartíma, hér áætluð 139 m³/s. Við áætlun botnrásar hefur verið tekið tillit til
miðlunar ofar á vatnasviðinu, en gert er ráð fyrir að miðlanirnar ofar verði byggðar á undan
þessari stíflu. Í suðurenda lónsins verður grafin 400 m langur skurður svo hægt verði að draga
niður í lóninu. Heildarrúmmál grafrar og sprenginga er áætlað 46.000 m³.

Það kann að þykja nokkuð óvarlegt að hafa aðeins 2,5 m yfirhæð á stíflunni, en hér er það talið
réttlætjanlegt þar sem megnið af vatninu sem kemur í lónið hefur verið dælt þangað, og náttúru-
legt innrennsli í miðlunina hefur áður farið í gegnum stórar miðlanir. Einnig eru bæði botnrás
og yfirfall með mikla flutningsgetu við litla hækkun vatnsborðs.

Þar sem stíflan er um 8 km löng er líklegt að stífluefnið verði ekki allt tekið úr sömu námunni.
Stíflunni er því skipt í tvo parta, hvorn um sig u.þ.b. 4 km að lengd.

Nyrstu 4 km (við Dalsá):

Þessi hluti stíflustæðisins er að mestu þakinn jökulruðningi, þykkum norðan Dalsár, en þynnri
sunnan hennar og er þar þóleift basalt undir. Búast má við álska þéttingaraðgerðum og þörf var
á í Kvíslaveitu, en allur leki tapast frá virkjuninni niður í Sultartangalón.

Stífluefni:

Kjarni: Nóg er af jökulruðningi á stíflustæðinu norðan Dalsár og einnig er hægt að nýta eitt-
hvað af þynnri jökulruðningi sunnan Dalsár. Vegalengd ca. 0,5-1 km.

Sía og stoðfylling: Báðum megin Dalsár, rétt ofan stíflustæðis er ármöl og jökulárset, að vísu þunnt en eflaust nægilegt. Einnig má nýta sprengt dflabasalt úr syðsta hluta skurðar frá Kisu í stoðfyllingu og grjótvörn. Vegalengd; sía ca. 1 km og stoðfylling ca. 1-2 km.

Grjótvörn: Annað hvort þóleíft basalt við Dalsá rétt norðan stíflustæðis, eða dflabasalt úr syðsta hluta skurðar frá Kisu. Vegalengd ca. 1-2 km.

Syðri 4 km (við inntak):

Á þessu bili er stíflustæðið á þunnum jökulruðningi, eða veðrunarseti og einnig sums staðar á nær beru basalti. Stíflustæðið er sennilega nokkuð þétt, eða svipaður þéttingarkostnaður og í Kvíslaveitu, en allur leki tapast niður í Sultartangalón.

Stífluefni:

Kjarni: Jökulruðningur er ca. 0,5 km norðan og sunnan við stíflulínu á stórum hluta stíflustæðis, og þunnur jökulruðningur á stíflustæðinu sjálfu. Vegalengd ca. 0,5-1 km.

Sía og stoðfylling: Þunnt árset er að finna ca. 1 km norðan við stíflustæðið á tveimur stöðum og smápokar af jökulárseti eru einnig rétt sunnan stíflu. Þetta er örugglega nóg í síu og sennilega einnig í stoðfyllingu. Vegalengd ca. 1-1,5 km.

Grjótvörn: Syðsti hluti stíflustæðisins er á eða við nær bert ólivín basalt sem er eflaust gott í grjótvörn. Ólivín basaltið nær einnig að stíflustæðinu nokkru norðar, eða við 1 km langa tjörn. Miðhluti stíflunnar mun standa á þóleíft basalti sem gæti mögulega nýst sem veðrunarvörn á stífluna a.m.k. loftmegin. Allur úrgangur úr mögulegum grjótnámum mun að sjálfsögðu nýtast í stoðfyllingu. Vegalengd ca. 1 km.

Aðrennslisgöng

Inntak virkjunarinnar er í suðurenda Hnúkslóns, þar sem nú er lítið stöðuvatn. Úr inntakinu fer vatnið í hallandi, ófóðruð aðrennslisgöng að stöðvarhúsi virkjunarinnar. Er hér gert ráð fyrir að hægt sé að nýta sér norska hönnun og reynslu við gerð ófóðraðra aðrennslisganga. Göngin eru 4.600 m löng og er hér gert ráð fyrir að þau séu boruð með 6% halla. Flutningsgeta ganganna er áætluð 107,1 m³/s miðað við straumhraða 2,6 m/s. Þvermál ganganna er áætlað 7,2 m og rúmmál boraðs bergs 186.000 m³. Gert er ráð fyrir að boruð séu lóðrétt göng upp á yfirborð til sveiflujöfnunar efst í Gljúfurleit. Sveifluþróin er ekki áætluð hér að öðru leyti en því að gert er ráð fyrir að kostnaður við hana nemi 4,5% af kostnaði við gerð ganganna. Gert er ráð fyrir að síðustu 60 m aðrennslisganganna séu stálfóðraðir og þar fyrir framan verði sprengd gryfja til að taka við framburði og grjóthruni úr göngunum.

Varðandi bergtæknilegar aðstæður fyrir aðrennslisgöngin vísast í töflu 2; Efri Þjórsá - Neðanjarðarmannvirki, gæðaflokkun bergs.

Stöðvarhús, aðkomugöng og frárennslisgöng

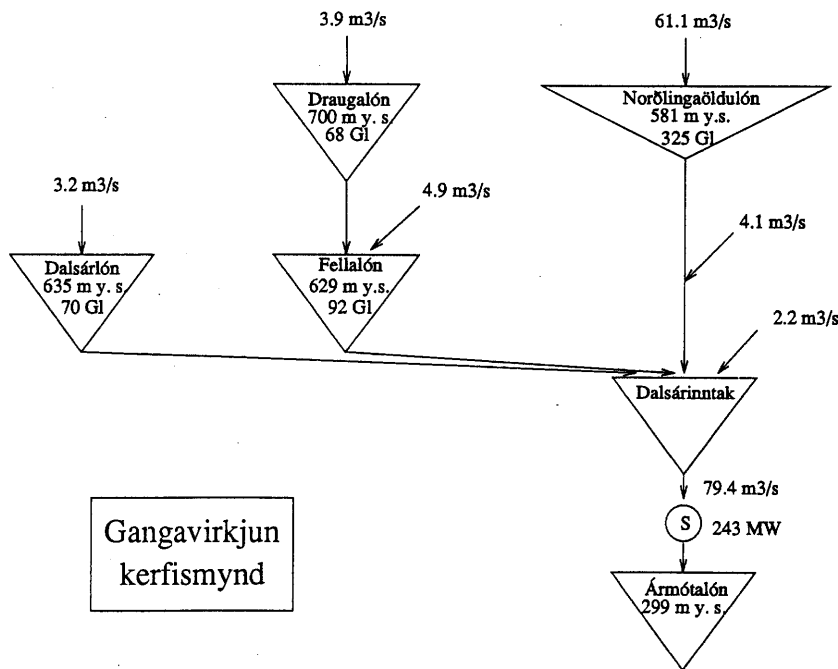
Stöðvarhúsið er neðanjarðar og af venjulegri gerð. Gert er ráð fyrir 3 Francis-hverflum í húsinu, samtals 276 MW að afli. Áætlunin er miðuð við virkjað rennsli 107,1 m³/s og fallhæð 294,3 m. Að stöðvarhúsinu liggja 700 m löng aðkomugöng með 7% halla. Frá stöðvarhúsinu liggja frárennslisgöng út í farveg Þjórsár í 299 m y.s. Þau verða sprengd, 970 m löng og 7,8 m að þvermáli.

Varðandi bergtæknilegar aðstæður, sjá töflu 2.

2.14 Gangavirkjun

2.14.1 Lýsing virkjunar

Þessi hugmynd byggir á að veita Þjórsá í stöðvarhús í Gljúfurleit með göngum frá miðlunarlóni við Norðlingaöldu, alls 28,1 km leið. Stöðvarhús er fyrirhugað í Gljúfurleit. Þveránum Kisu og Dalsá er miðlað eins og í Dæluvirkjunarhugmyndinni og þær teknar inn í göngin með þvergöngum og inntaki í farvegi Dalsár. Minni þverárnar, Miklilækur og Bjarnalækir, eru teknar inn í göngin með niðurföllum, alls sjö talsins.



Mynd 2. Kerfismynd - Gangavirkjun.

Samtals eru 555 Gl í miðlunum í þessari hugmynd og þar af nýtast 325 Gl til að miðla Þjórsá. Meðalrennsli til virkjunar er áætlað $79,4 \text{ m}^3/\text{s}$ og virkjað rennsli $110,8 \text{ m}^3/\text{s}$. Hönnunarfalldæði er áætluð 250,7 m og afl virkjunar 243 MW.

Rekstur virkjunarinnar er hugsaður þannig að Norðlingaöldulónið er notað sem inntakslón virkjunar. Efri veitan er sem áður nýtt til að miðla vatni fram á seinni hluta vetrar þegar Norðlingaöldulónið er tæmt. Ekki þarf að gera ráð fyrir óvæntum rekstrartruflunum vegna íss í þessari virkjunartilhögun þar sem veitur eru neðanjarðar, og telst það helsti kostur hennar.

2.14.2 Einstök mannvirki

Hér á eftir fer nánari lýsing á einstökum mannvirkjum virkjunarinnar. Lýst er helstu stærðum og þeim forsendum sem notaðar voru við ákvörðun þeirra. Miðlunum við Norðlingaöldu, í Dalsá, Draugakvísl og Fellakvísl hefur þegar verið lýst í kaflanum hér á undan og eru þær óbreyttar í þessari virkjunarhugmynd.

Aðrennslisgöng

Frá miðluninni er vatninu veitt í 28,1 km löngum aðrennslisgöngum að stöðvarhúsi virkjunarinnar. Göngin eru lögð þannig að þrýstihæð vatnsins í göngunum er við yfirborð landsins eða neðar. Göngin eru hönnuð fyrir virkjað rennsli alla leið. Gert er ráð fyrir að dægursveiflum verði mætt með miðlun í Norðlingaöldulóni. Þvermál ganga er áætluð 7,3 m. Straumhraði í göngunum er áætlaður 2,6 m/s og falltap við hámarksrennsli 1,1 m/km. Hér er gert ráð fyrir að lækirnir á gangnaleiðinni séu teknir inn í gegnum niðurföll, alls sjö talsins. Vanda verður gerð þessara niðurfalla og má í því skyni nýta sér reynslu Norðmanna sem hafa mikla reynslu í gerð slíkra mannvirkja. Hjálpargöng eru áformuð á tveim stöðum á gangaleiðinni, við Miklalæk og Dalsá, alls um 1 km á lengd. Áætlað er að göngin verði boruð með tveim jarðgangaborvélum. Gert er ráð fyrir hallandi ófóðruðum aðrennslisgöngum að stöðvarhúsinu eins og í dæluvirkjunarhugmyndinni. Áætlað er að síðustu 60 m aðrennslisganganna séu stálfóðraðir. Heildarrúmál boraðs bergs er áætlað 1.176.000 m³. Til sveiflujöfnunar er gert ráð fyrir að boruð verði lóðrétt göng upp á yfirborð efst í Gljúfurleit. Sveifluþróin er ekki hönnuð hér, en gert er ráð fyrir að að kostnaður við gerð hennar nemi 4,5% af kostnaði við borun aðrennslisganganna frá Dalsá.

Varðandi bergtæknilegar aðstæður vísast í töflu 2; Efri Þjórsá - Neðanjarðarmannvirki, gæðaflokkun bergs. Sjá einnig athugasemd nokkru framar við lok kafla um aðrennslisgöng Dæluvirkjunar.

Inntak við Dalsá

Gert er ráð fyrir að vatn efri veitunnar sér tekið inn við Dalsá. Þar verður stíflað með lítilli stíflu og inntakspollur myndaður. Í pollinum verður inntak í göng sem tengjast aðrennslisgöngum virkjunarinnar. Er áætlað að þessi göng nýtist jafnframt sem hjálpargöng við gerð aðrennslisganganna. Inntakið er hannað fyrir 100 m³/s rennsli. Við stífluna verður byggð botnrás sem annar flóðum á byggingartíma, hér áætlað 139 m³/s. Einnig verður byggt yfirfall, 2 m hátt og 39 m langt sem annar 237 m³/s rennsli.

Í þetta litla mannvirki ætti að vera hægt að fá öll jarðefni sem þörf er á í innan við 2 km fjarlægð.

Stöðvarhús, aðkomugöng og frárennslisgöng

Stöðvarhús er áætlað neðanjarðar í Gljúfurleit. Það verður af venjulegri gerð með þremur Francis-hverflum, alls um 243 MW. Áætlunin er miðuð við 110,8 m³/s rennsli og 250,7 m fallhæð. Að stöðvarhúsinu liggja aðkomugöng, 800 m löng. Frá stöðvarhúsinu liggja frárennslisgöng. Þau verða sprengd, alls 750 m löng og 8,0 m að þvermáli.

Varðandi bergtæknilegar aðstæður vísast í töflu 2; Efri Þjórsá - Neðanjarðarmannvirki, gæðaflokkun bergs. Sjá einnig athugasemdir aftast í kafla um aðrennslisgöng Dæluvirkjunar hér að framan.

3. LAUSLEGT JARÐFRÆÐIYFIRLIT

Berggrunnur á Efra-Pjósársvæði er af kvarterum aldri, að mestu 0,5 - 1,5 milljón ára gamall. Innan við Miklalæk tekur þó við yngra berg, t.d. unglegar grágrýtismyndanir og jafnvel hraun frá nútíma upp með Kisu. Innan við Kisu eru áberandi móbergsmyndanir, 200-400 þúsund ára gamlar, sem liggja mislægt ofan á setbergsmyndunum, sem myndast hafa fyrir 400-800 þúsund árum. Berggrunnurinn er myndaður bæði á jökulskeiðum ísaldar (móberg, jökulberg) og á hlýskeiðum hennar (basalt-"grágrýti", setberg).

Eins og berglagasyrpur frá svipuðum aldri annars staðar hér á landi (dæmi: Auðkúluheiði við Blöndu og Kvíslaveitusvæðið), þá er uppbygging berglaganna óregluleg að því leyti, að hraunstraumar hafa yfirleitt runnið í öldóttu landslagi, t.d. eins og er að finna nú á Kvíslaveitusvæðinu (Ágúst Guðmundsson 1992a). Þetta veldur því að erfitt er að tengja mörg hraunlaganna milli borholna og/eða opna í berggrunninum. Ástæðan fyrir þessu öldotta landslagi er rof og afsetning efnis, mest á jökulskeiðum og við lok þeirra, sem einnig er ástæða þess að mun meira hefur myndast af setbergi á þessum tíma en fyrir ísöldina. Því er mikið af setbergslögum og rofnum móbergsmyndunum á Efra-Pjósársvæðinu.

Opnur í berggrunninn eru nokkuð góðar í giljum og meðfram helstu þverám, en yfirleitt verri er fjær dregur Þjórsá. Kjarnaborað hefur verið við mögulegt stíflustæði við Norðlingaöldu og nálægt mögulegum stöðvarhelli í Gljúfurleit. Þá er verið að kjarnabora nú í sumar (1992) á vegum Landsvirkjunar við Dalsá og innan við Miklalæk til að fá betri upplýsingar um jarðlagaskipan á mögulegri jarðgangaleið frá Norðlingaöldu niður í Gljúfurleit.

Ef reynt er að rekja helstu bergmyndanir sem finnast á virkjunarsvæði Efri-Pjósárs, frá norðri til suðurs, þá eru nyrst á svæðinu móbergsmyndanir, í Norðlingaöldu og nágrenni, sennilega myndaðar fyrir 200-400 þúsund árum. Mynda gosmóbergseiningar þessar Norðlingaöldu, hæðirnar á stíflustæðinu við Þjórsá, og sennilega eitthvað af hæðunum vestan Kisu, gegnt Norðlingaöldu. Bergið er aðallega túffbreksía með kubbabergseitlum og æðum. Upp að móberginu leggjast ungar grágrýtismyndanir; svonefnt Kvíslaveitubóleíft, sem finnst báðum megin Þjórsár ofan á Hvanngiljasetinu, og hið unglega Miklalækjardíslabasalt, sem gæti verið frá síðasta hlýskeiði.

Hvanngiljasetið er mjög áberandi setbergssyrpa á norðurhluta virkjunarsvæðisins. Þetta setberg er af margbreytilegri gerð, allt frá siltsteini upp í gróft sandsteinsvöluberg, sem er algengt í efsta hluta myndunarinnar. Setbergssyrpa þessi er sennilega 400-800 þúsund ára gömul og er að mestu leyti vel samlímt og heillegt berg. Myndunin er allþykk, eða yfir 100 metra þykk, á hluta leiðarinnar ofan frá Norðlingaöldu niður að Dalsá. Inni í Hvanngiljasetinu finnast á stöku stað basaltlög.

Er komið er niður fyrir Dalsá fer berggrunnurinn að verða lagskiptari, þ.e. skiptast á ýmsar gerðir basalts (að mestu ólivín-þóleíft) og setbergslög auk rofinna móbergshrúgalda ásamt aðliggjandi jökulbergi.

Enda þótt jarðlögin á Efra-Pjósársvæðinu tengist ekki mjög vel milli borholna vegna óreglulegs landslags á myndunartíma og því óreglu í upphleðslu, er þó bergið yfirleitt nokkuð vel samlímt og vatnshétt og því gott til mannvirkjagerðar, hvort sem um er að ræða jarðgöng eða stíflur. Þetta á þó ekki endilega við um móbergið við Norðlingaöldu.

Helst er að búast við leka um sprungur, eins og glöggst má sjá t.d. á lindasvæðum í Bjarnalækjarbotnum. Varðandi stefnur og legu helstu brotalína við Efri Þjórsá vísast til jarðfræðikorta í mælikvarða 1:50.000 af svæðinu, sem unnin hafa verið af starfsmönnum Orkustofnunar og gefin út sameiginlega af Landmælingum Íslands, Orkustofnun og Landsvirkjun. Virkjunarsvæðið við Efri-Þjórsá er aðallega á kortareitum númer 1813 I, Kónsás (Ágúst Guðmundsson 1992b; Ingibjörg Kaldal og Skúli Víkingsson 1991; Árni Hjartarson og Freysteinn Sigurðsson 1991) og 1913 IV, Botnafjöll (Elsa G. Vilmundardóttir o.fl. 1990; Ingibjörg Kaldal o.fl. 1990; Árni Hjartarson og Freysteinn Sigurðsson 1990). Gefin eru út 3 kort af hverjum reit;

- berggrunnskort, þar sem m.a. er að finna brotalínur og brotalínurósir,
- jarðgrunnskort, þar sem mikilvægar upplýsingar eru um byggingarefni, og
- vatnajarðfræðikort, þar sem jarðmyndanir eru metnar eftir lekt og lindir kortlagðar.

Nær 40 ár eru liðin frá því að jarðfræðirannsóknir hófust á Efri-Þjórsársvæði með virkjanir í huga. Guðmundur Kjartansson athugaði stíflustæði Þjórsár við Norðlingaöldu ásamt veituleið niður fyrir Dalsá þegar árið 1953 (Guðmundur Kjartansson 1954). Sameinuðu Þjóðirnar kostuðu mynsturáætlun fyrir Þjórsá og Hvítá á 7. áratugnum, þ.á.m. jarðverkfræðilega úttekt (Nicol 1965). Svipuð úttekt á jarðtæknilegum aðstæðum á stíflustæðinu við Norðlingaöldu er í mynsturáætlun sem unnin var af verkfræðifyrirtækinu Harza (1960). Árin 1962-64 unnu Tómas Tryggvason og Þorleifur Einarsson (1965), sem þá störfuðu hjá Atvinnudeild Háskólans, við jarðfræðirannsóknir vegna mögulegrar miðlunnar við Norðlingaöldu. Í sambandi við rannsóknir þeirra gerðu starfsmenn Raforkumálastjóra jarðsveiflumælingar (seismik) á mögulegum stíflustæðum (Valgarður Stefánsson 1963). Þorleifur Einarsson kannaði ásamt aðstoðarmönnum, jarðfræðilegar aðstæður við Efri Þjórsá neðan Norðlingaöldu árin 1966 og 67. Skýrsla um þessar rannsóknir hefur ekki komið út, en er til í handriti. Allar ofangreindar rannsóknir voru unnar á vegum Raforkumálastjóra.

Nokkuð ítarlegar jarðboranir og lektarprófanir fóru fram á vegum arftaka Raforkumálastjóra, Orkustofnunar, árin 1969 og 70 (Haukur Tómasson og Birgir Jónsson 1970, Sveinn Þorgrímsson 1972). Árin 1970 og 71 fóru fram allmiklar jarðfræðiathuganir og boranir í Gljúfurleit og nágrenni (Sveinn Þorgrímsson 1973). Á 9. áratugnum unnu starfsmenn Orkustofnunar að umfangsmiklum jarðfræðirannsóknnum á berggrunni, lausum jarðlögum og vatnafari svæðisins vegna áður nefndra jarðfræðikorta í mælikvarða 1:50.000. Einnig kom á þessum tíma út skýrsla með berggrunnskorti af Gljúfurleitarsvæði (Ágúst Guðmundsson 1986).

Á áttunda og sérstaklega níunda áratugnum voru laus og hálfhörðnuð jarðlög frá ísaldarlokum og nútíma könnuð á virkjunarsvæði Efri-Þjórsár, síðustu árin með áður nefnd jarðfræðikort í mælikvarða 1:50.000 í huga (Ingibjörg Kaldal o.fl. 1990; Ingibjörg Kaldal og Skúli Víkingsson 1991), þ.e. reitir 1813 I og norðvesturhorn reits 1913 IV. Á jarðgrunnskortum þessarar útgáfu eru yfirborðslögin greinilega sýnd ásamt helstu jökulgörðum, þar sem jökuljaðarinn hefur haft einhverja viðstöðu. Á aukakortum, sem fylgja korti 1813 I, sést hvernig meginjökullinn hefur hörfað inn á hálendið og eins í smáatriðum hvernig staða jökuljaðarins og frárennslis frá honum hefur verið á þessum tíma á virkjunarsvæðinu vestan Flóamannaöldu. Þessi aukakort skýra ágætlega tilvist hinna ýmsu jarðmyndanna við þessa fornu jökuljaðra.

Í kaflanum um lýsingar einstakra mannvirkja í þessari skýrslu er að finna mat á jarðfræðilegum aðstæðum fyrir hvert mannvirki og mögulegar byggingarefnisnámur.

4. VATNAFRÆÐILEGAR FORSENDUR

Vatnamælingar, og vatnafræðileg túlkun þeirra ásamt líkangerð, eiga sér all langa sögu á Þjórsársvæðinu. Ýmsar aðferðir hafa verið notaðar til að áætla rennslið í Efri-Þjórsá, en vatnamælingar hafa löngum verið erfiðleikum bundnar á efri hluta svæðisins.

Við mynsturáætlun þá um Þjórsársvæðið sem gefin var út 1980 (Almenna verkfræðistofan o.fl. 1980) var notast við lengingu rennslisraða og rennslisáætlanir frá árunum 1971-72 (Halldór Friðgeirsson o.fl. 1971; Jónas Elfsson og Júlíus Sólmes 1972; Verkfræðipjónusta dr. Gunnars Sigurðssonar 1972). Var þá miðað við að rennsli Þjórsár við Norðlingaöldu (vhm 100) væri 73% af rennsli árinna við Skúmstungur (vhm 216), sjá mynd 3. Gert var ráð fyrir gerð Kvíslaveitu, með rennsli frá 16 til 42% af rennslinu við Norðlingaöldu.

Um þetta leyti voru rennslislíkön í hraðri þróun, og voru nokkrar fyrstu tilraunir til beitingar hinna hálfákvarðanlegu rennslislíkana NAM2 og HBV á Íslandi gerðar í Efri-Þjórsá (Kristinn Einarsson 1981; Bergström o.fl. 1982; Verkfræðistofan Vatnaskil 1982 a, 1982 b og 1983; Zimmermann 1983).

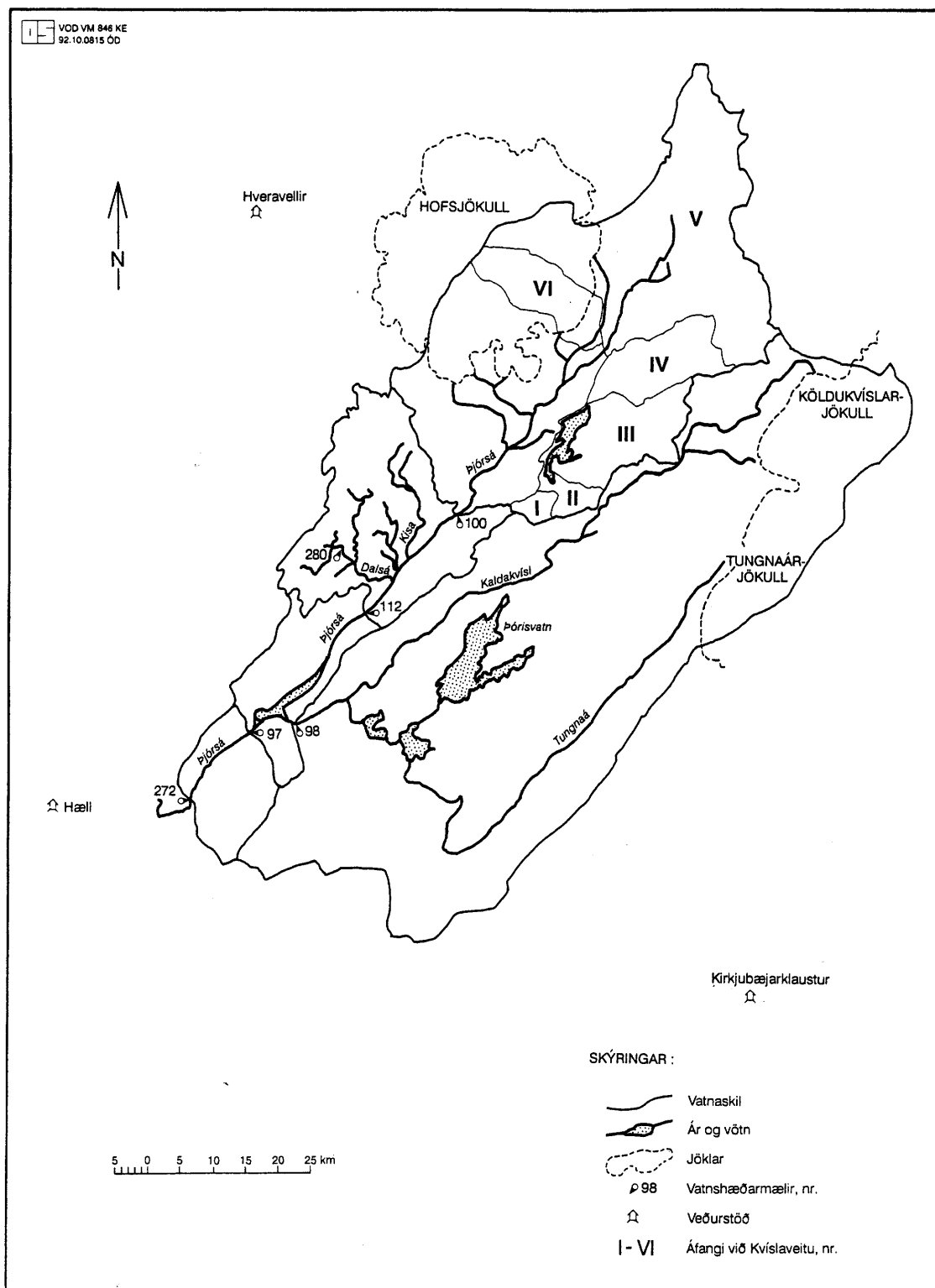
Árið 1984 er gefin út sérstök mynsturáætlun um Efri-Þjórsá á vegum Landsvirkjunar (Almenna verkfræðistofan 1984). Eins og áður er rennsli vatnsáranna 1950 til 1961 í Efri-Þjórsá áætlað út frá rennsli Þjórsár við Urriðafoss og hita og úrkomu að Hæli í Hreppum. Rennsli við Norðlingaöldu er nú áætlað 69% af rennslinu við Skúmstungur, og er það byggt á samanburði milli vhm 100 við Norðlingaöldu annars vegar og vhm 216 við Skúmstungur (mismunur vhm 97 Þjórsá við Sandafell og vhm 98 Tungnaá við Hald) hins vegar, á árunum 1975 til 1982. Rennsli til Kvíslaveitu dregst frá, og er það reiknað hjá Verkfræðistofunni Vatnaskilum (1982 a, 1982 b).

Á árunum 1983 til 1984 var einnig unnið að forathugun Hnappölduvirkjunar á Orkustofnun, en hún nýtti rennsli af svipuðu svæði og hér er til athugunar. Rennslisáætlun fyrir virkjunina var unnin af Verkfræðistofunni Vatnaskilum (1983), en breytt var fyrri aðferðum við lengingu rennslisraða á árunum 1950 til 1964, og notuð tímaráðgreining í stað beinnar línulegrar fylgni-greiningar (Þorbergur Þorbergsson o.fl. 1984). Kom í ljós all mikið misræmi í reiknaðri orkuvinnslugetu virkjana í Efri-Þjórsá, eftir því hvor aðferðin var notuð við lengingu rennslisraða. Í kjölfar þessa samanburðar var komist að þeirri niðurstöðu, að ekki væri hægt að svo komnu máli að bera orkuöflunarkostnað virkjana í Efri-Þjórsá saman við aðra virkjunarkosti í landinu. Málinu var því vísað til Rennslisgagnanefndar til nánari umfjöllunar, en hún er samstarfsnefnd Landsvirkjunar og Orkustofnunar og fjallar um rennslisraðir til rekstrareftirlkinga.

Í kaflanum um vatnasvið og reiknað rennsli, hér á eftir, er fjallað um þær niðurstöður varðandi rennsli í Efri-Þjórsá, sem unnar hafa verið að undanförunu á vegum Landsvirkjunar hjá Verkfræðistofunni Vatnaskilum. Rennslisgagnanefnd telur þær eins nærri sanni og hægt er að komast að sinni. Rennslisraðirnar hafa verið til ítarlegrar umfjöllunar í nefndinni, áður en þær voru samþykktar í núverandi mynd.

4.1 Rennsli við vatnshæðarmæla

Áður en gerð verður grein fyrir reiknuðu rennsli við vatnshæðarmæla og á safnpunktum rennslis til virkjunar, er rétt að gefa yfirlit um vatnshæðarmæla er við sögu koma á svæðinu og geta helstu atriða, er haft hafa áhrif á rekstur þeirra.



Mynd 3. Vatnasvið helstu vatnshæðarmæla í Efri-Þjórsá, yfirlitsmynd.
(Að mestu byggt á frummynd frá Verkfræðistofunni Vatnaskilum.)

4.1.1 vhm 30 Þjórsá; Urriðafoss

Síritinn var settur upp við Þjórsártún ofan Þjórsárbrúar í ágúst 1954, en frá aprílbyrjun 1947 hafði verið lesið á kvarða við Krók, um 1 km ofar við ána. Um er að ræða hefðbundinn brunnsfrita með flotholti. Síritinn var endurbyggður vorið 1963 og í júlí 1988 var skipt um mælitæki. Það er af Stevens gerð með lóðaklukku. Í febrúar 1990 var tengdur við það púlsateljari, og er skráningin síðan tvöföld, bæði á pappír og í minni rafeindatækis. Skammt neðan Þjórsárbrúar er rennslismælingakláfur, sem áður fyrr var mannbær.

Vatnshæðarmælirinn er einn af grundvallar vatnsmælingarstöðvum landsins. Rennslisskýrslur eru samfelldar frá aprílmánuði 1947, þær hafa verið gefnar út á eldra formi fyrir árin 1947 til 1983. Rennsli við vhm 30 var á sínum tíma notað, ásamt upplýsingum um veður að Hæli í Hreppum, til að reikna lengdar rennslisraðir ofar á Þjórsár/Tungnaársvæðinu.

4.1.2 vhm 97 Þjórsá; Tröllkonuhlaup/Sandafell

Síritinn var settur í gang í lok nóvember 1959, mælitækið var af Stevensgerð með flotholti, en brunnurinn var höggborshola á bakka Þjórsár neðan Tröllkonuhlaups. Þessi brunngerð gafst ekki vel, og var samband vatnshæðar í ánni og í holunni of tregt. Mælistöðin var því endurbyggð í apríl 1962. Í tengslum við byggingu Búrfellsvirkjunar var reistur vatnshæðarmælir að Sandafelli í júní 1968. Einnig var settur upp kláfur til rennslismælinga á vegum Landsvirkjunar. Mælarnir voru reknir samhliða um tíma, en stöðin við Tröllkonuhlaup var lögð niður árið 1969, enda var Þjórsá að mestu flutt úr farvegi sínum þar í lok júlí 1969. Frá septemberlokum 1969 hefur fjarriti Landsvirkjunar verið í rekstri, samhliða mælitæki Orkustofnunar, við vhm 97.

Rennslisskýrslur eru samfelldar frá september 1960 og hafa verið gefnar út á eldra formi fyrir árin 1960 til 1983. Mismunur rennslis við vhm 97 og vhm 98 er skráður sérstaklega, undir vhm númerinu 216, Þjórsá; Skúmstungur.

Rennslislykill fyrir vhm 97 er í athugun, en grunur leikur á að hefðbundnar rennslismælingar á kláfum ofmeti rennslíð, einkum vegna straums sem liggur á ská við þversniðið. Sjá nánar umfjöllun um vhm 272 Búrfellsvirkjun hér á eftir. Einnig hefur á stundum verið ósamræmi milli álestra á kvarða úti fyrir og í brunni síritans, sem eykur á óvissu um vatnshæð og þar með rennsli. Þessi sama óvissa gildir að sjálfsögðu einnig um rennslíð í Efri-Þjórsá við Skúmstungur.

4.1.3 vhm 98 Tungnaá; Hald

Síritinn var settur í gang í nóvemberlok 1960. Kláfur til rennslismælinga var settur upp í júlí 1964. Í apríl 1965 var mælibrunnurinn dýpkaður og sett nýtt rör út úr honum. Vegna bakvatnsáhrifa frá lóni við Sultartanga var mælirinn færður lítið eitt ofar við ána í október 1982. Í byrjun nóvember 1990 var settur púlsateljari við mælitækið, og er vatnshæðin síðan bæði skráð á pappír og í minni rafeindatækis.

Rennslisskýrslur eru samfelldar frá september 1960, og hafa þær verið gefnar út á eldra formi fyrir árin 1960 til 1983. Rennslíð við vhm 98 er dregið frá rennsli við vhm 97 til að reikna rennsli Þjórsár við Skúmstungur (vhm 216).

4.1.4 vhm 100 Þjórsá; Norðlingaalda

Vatnshæðarmælirinn var fyrst gangsettur í apríl 1959. Var hann alla tíð erfiður í rekstri á upphaflegum stað, m.a. vegna ístruflana á hinu breiða ráðandi þversniði. Haustið 1969 var byggður garður út í ána til aðhalds, og í desember 1969 var sritinn færður lítillega, en hann er af gömlu gerðinni, flotholt í brunni með skráningu á pappír. Gangtími klukku er rúmlega fjórir mánuðir. Við ísabrot vorið 1970 fór garðurinn allur meira og minna úr skorðum, og á næstu árum hélt hann áfram að skemmast. Haustið 1974 var garðurinn endurbyggður, og enn var gert við og hann hækkadur á árinu 1982. Síðan virðist garðurinn hafa verið nokkurn veginn til friðs. Ístruflanir hafa alla tíð verið langvinnar við Norðlingaöldu.

Gefnar hafa verið út rennslisskýrslur á eldra formi fyrir árin 1970 til 1983. Þær eru taldar þurfa endurskoðunar við, einkum framan af, en á köflum eru þær all áreiðanlegar. Frá 1984 eru rennslisskýrslur all samfelldar utan vetrartímans.

Ekki er rennslismælingakláfur við vatnshæðarmælinn, heldur er mælt á báti skammt ofan ármóta við Svartá. Nýr og endurbættur rennslislykill var gerður fyrir vhm 100 í tengslum við þessa skýrslu.

4.1.5 vhm 112 Þjórsá; Dynkur

Vatnshæðarmælirinn var gangsettur í september 1987. Um er að ræða loftbólumæli með skráningu á pappír. Gangtími klukku er sex mánuðir. Endi mælipúnnar var færður í október 1988 vegna tíðra truflana af sandburði, og virðist sú aðgerð hafa borið góðan árangur. Rennslisskýrslur eru nær samfelldar síðan, aðeins rofnar lítillega af ístruflunum. Nokkru neðar við ána er rennslismælingakláfur ásamt íveruhúsi.

4.1.6 vhm 216 Þjórsá; Skúmstungur

Eins og áður hefur verið lýst er hér ekki um venjulegan vatnshæðarmæli að ræða, heldur er rennsli við "vhm 216" fundið með því að draga rennsli Tungnaár við Hald (vhm 98) frá rennsli Þjórsár við Sandafell (vhm 97). Rennslisskýrslur eru samfelldar frá september 1960.

Gefnar hafa verið út rennslisskýrslur á eldra formi frá 1960 til 1982, en þar hefur mismunurinn verið leiðréttur lítillega, einkum til að rennslið verði ekki neikvætt stöku sinnum.

Þrátt fyrir þá annmarka sem því fylgja að draga tvær, oft og tíðum stórar, tölur hvora frá annari, hefur "mælt" rennsli við Skúmstungur löngum verið undirstöðustærð fyrir allar langtíma rennslisáætlanir í Efri-Þjórsá. Koma þar til miklir erfiðleikar í rekstri vhm 100 við Norðlingaöldu, eins og að framan er lýst, og tiltölulega stuttur rekstrartími vhm 112 við Dynk.

4.1.7 vhm 272 Þjórsá; Búrfellsvirkjun

Vatnshæðarmælirinn er af rafstöðvargerð; um er að ræða reiknað rennsli um Búrfellsvirkjun, þar sem byggt er á upplýsingum um samband rafmagnsframleiðslu og notaðs vatns, ásamt forðabreytingum í inntakslóni og rennsli á yfirfalli.

Fyrirhuguð er fullkomin kvörðun rennslis um virkjunina með nýrri gerð rennslismælis (Sigvaldi Árnason 1992), og verður væntanlega hægara um samanburð milli vhm 97 og vhm 272 eftir það, en þeir eiga að gefa því sem næst sömu niðurstöðu um rennsli. Einnig er fyrirhuguð að

bera saman hefðbundnar rennismælingar á kláfnum við vhm 97 og með hinu nýja tæki, þannig að sem flestum villuuppsprettum og misræmi sé eytt.

4.1.8 vhm 280 Dalsá; Hnúksver

Hér er um að ræða, við ritun þessarar skýrslu, nýjasta vatnshæðarmæli landsins. Sfrítinn er rafeindatæki frá Hugrónu hf. sem tengt er þrýstiskynjara, og var hann settur upp í lok september 1992. Tilgangurinn með rekstri hans er að fá betri mynd af meðalrennsli, sveiflum í rennsli og grunnþætti rennslis í Dalsá, en hún er frá virkjunarsjónarmiði ein mikilvægasta hliðar á Þjórsár milli Norðlingaöldu og Skúmstungna. Þessar upplýsingar munu væntanlega verða að gagni þegar kemur að hönnun virkjana í Efri-Þjórsá.

4.2 Vatnasvið og reiknað rennsli

Vatnasvið Þjórsár við vhm 100 Norðlingaöldu, sjá mynd 3, er talið vera 2103 km² (Verkfræðistofan Vatnaskil 1991; Sigurður Lárus Hólm, munnlegar upplýsingar). Kvíslaveita minni (áfangar I-IV), sem beinir rennsli af vatnasviði Efri-Þjórsár yfir í Þórisvatn, hefur þegar minnkað aðrennslissvæði Norðlingaöldulónsins um 434 km². Áður en til virkjana kemur í Efri-Þjórsá er gert ráð fyrir að lokið verði V. áfanga og þar með Kvíslaveitu meiri,* sem í heild minnkar vatnasviðið um 1258 km², og eru þar af 134 km² undir jökli. Verða þá aðeins 845 km² eftir ofan Norðlingaöldu, þar af 320 km² undir jökli. Komi síðar til VI. áfanga Kvíslaveitu, eins og framkvæmanlegt er, minnkar vatnasviðið enn sem svarar u.þ.b. 160 km² og rennslið um nálægt 10 m³/s (Verkfræðistofan Vatnaskil 1982 a).

Vatnasvið Þjórsár við vhm 112 Dynk er talið vera 626 km² stærra en vatnasvið Þjórsár hjá Norðlingaöldu. Þar af eru 365 km² ofan við 600 m hæð yfir sjó vestan Þjórsár. Og enn bætast 247 km² við vatnasviðið frá Dynk og niður að vhm 216 Skúmstungum. Þótt ekki sé þar um venjulegan vatnshæðarmæli að ræða, má finna "mælt" rennsli Efri-Þjórsár við Skúmstungur út frá mismunni mælds rennslis við vhm 97 Þjórsá, Sandafell og við vhm 98 Tungnaá, Hald.

Rennsli á hinum ýmsu viðmiðunarstöðum á Þjórsásvæði hefur verið reiknað á vegum Landsvirkjunar hjá Verkfræðistofunni Vatnaskilum hf. Beitt er tveimur samstilltum líkönum, NAM2-líkani sem reiknar yfirborðsrennsli, snjó- og jökulbráð út frá veðurþáttum (hita, úrkomu) og AQUA-líkani, sem reiknar grunnvatnshæð og -rennsli út frá frennsli og eiginleikum jarðlaga. Alls nær þetta líkan til 6878 km² svæðis á vatnasviði Þjórsár og Tungnaár, ofan Búrfells. Aðeins eru notuð dagleg gögn um úrkomu og hita frá einni veðurstöð, Kirkjubæjarklaustri, í nýjstu útgáfu líkans fyrir Þjórsár/Tungnaársvæðið. Gögn frá ýmsum öðrum veðurstöðvum, sem reknar hafa verið í lengri eða skemmri tíma, eru þó notuð til að ákvarða dreifingu meðalúrkomu á svæðinu, en hitastigull stjórnar breytingum hitans með hæð.

Meðalrennsli Efri-Þjórsár við Norðlingaöldu vatnsárin 1950 til 1990 er talið vera 104,1 m³/s og afrennslið 50 l/s · km², en eftir að rennsli til Kvíslaveitu meiri, 45,0 m³/s, hefur verið dregið frá eru eftir 59,1 m³/s, sem svara til 70 l/s · km² afrennslis. Við þetta bætist aftur leki úr

* Kvíslaveita minni + V. áfangi = Kvíslaveita meiri

Kvíslaveitu, sem áætlað er að sé $2,5 \text{ m}^3/\text{s}$ (Verkfræðistofan Vatnaskil 1991; Rennslisgagnanefnd 1992; Kristinn Einarsson 1992 b).

Yfirfallsvatn Kvíslaveitu fer einnig til Norðlingaöldumiðlunar, en gert er ráð fyrir að það nýtist illa fyrir virkjun í Efri-Þjórsá, því á sama tíma má reikna með miklu rennsli í ánni við Norðlingaöldu, af þeim hluta vatnasviðsins sem Kvíslaveita nær ekki til.

Til virkjana í Efri-Þjórsá nýtist ekki aðeins vatn frá Norðlingaöldumiðlun, heldur bætist við rennsli af vatnasviðum þveránna að vestan milli Norðlingaöldu og Dynks. Rennsli af þessum vatnasviðum nýtist misvel eftir virkjunartilhögun. Síðasti þáttur í gerð nýrra rennslisraða á Þjórsársvæðinu, sem Verkfræðistofan Vatnaskil hefur unnið að á undanförunum árum fyrir Landsvirkjun, var að fínstilla rennslis- og grunnvatnslíkan af svæðinu við mælingar á lágrennsli í Dalsá, Kisu og Miklalæk. Með bréfi til forstöðumanns Vatnamælinga Orkustofnunar dags. 17. júlí 1992, ásamt meðfylgjandi og eftirfylgjandi disklingum með rennslisröðum, komu Vatnaskil lokaniðurstöðum sínum á framfæri við Orkustofnun. Jafnframt hefur verið unnið að athugun á fyrirbyggjandi upplýsingum um rennsli á svæðinu hjá Vatnamælingum Orkustofnunar (Kristinn Einarsson 1992 a, 1992 b).

Reiknað rennsli af svæðinu milli Norðlingaöldu og Dynks vatnsárin 1950 til 1990 er $29,8 \text{ m}^3/\text{s}$ og afrennsli $48 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$. Verkfræðistofan Vatnaskil gerði einnig rennslisröð fyrir svæðið ofan 600 m hæðarlínu vestan Þjórsár milli Norðlingaöldu og Dynks. Sú röð hefur meðalrennslið $17,5 \text{ m}^3/\text{s}$ vatnsárin 1950 til 1990 og afrennslið er hið sama og gildir fyrir svæðið allt, $48 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$. Lægsta dagsmeðalrennsli ofan 600 m y.s. er $2,43 \text{ m}^3/\text{s}$ og hæsta $209 \text{ m}^3/\text{s}$, staðalfrávik dagsrennslis er $27,2 \text{ m}^3/\text{s}$.

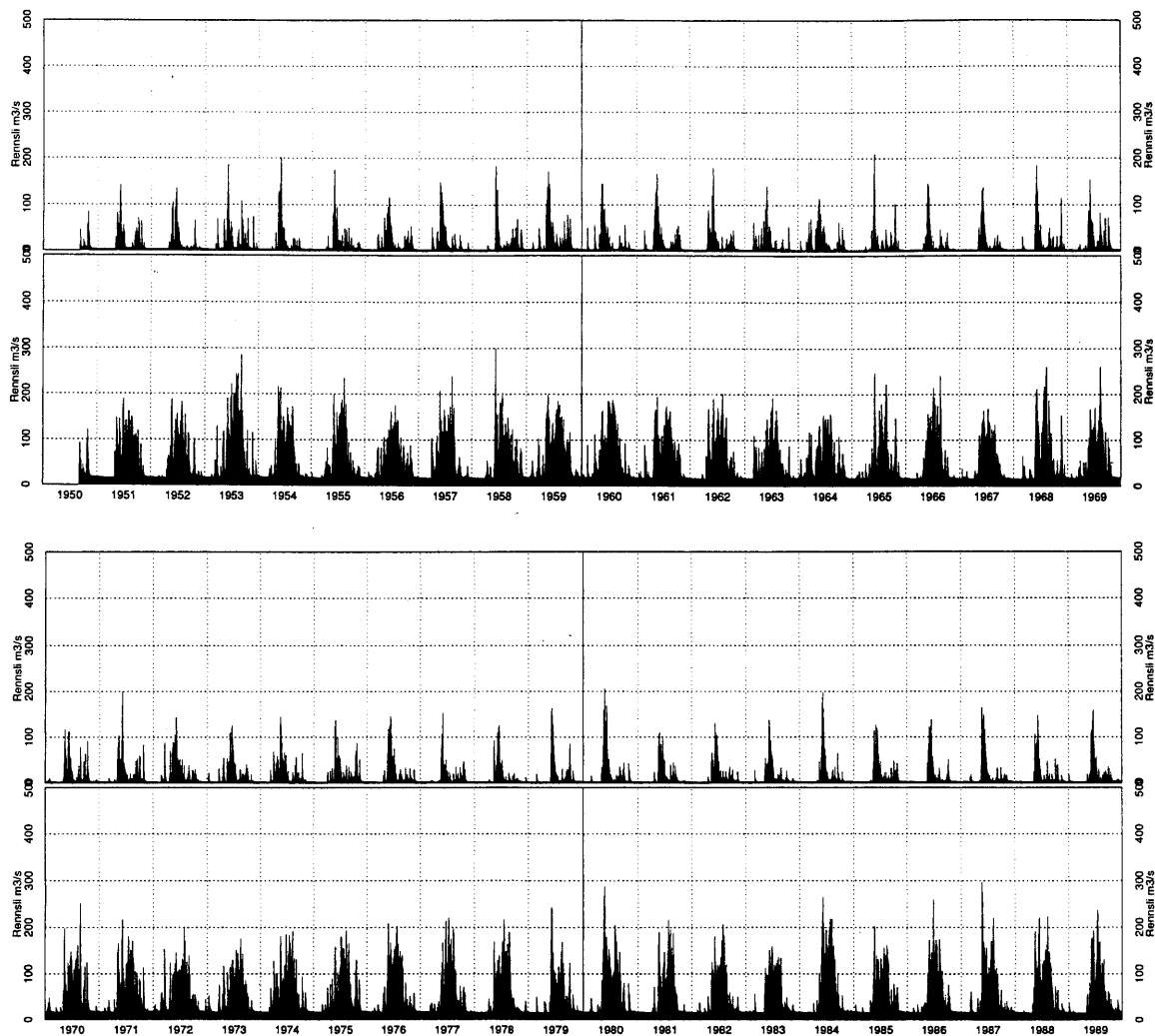
Framangreindar reiknaðar rennslisraðir hafa verið notaðar til að meta rennsli vegna virkjunarhugmyndanna tveggja sem hér eru til skoðunar.

4.3 Rennsli til virkjunar

Rennsli til hugsanlegra virkjana í Efri-Þjórsá má byggja á tveimur þeirra rennslisraða, sem reiknaðar hafa verið á Verkfræðistofunni Vatnaskilum. Rennslisferill þeirra dag frá degi árin 1950 til 1989 er sýndur á mynd 4. Sú fyrri er rennslisröð Þjórsár við Norðlingaöldu án Kvíslaveitu meiri. Við hana er bætt föstum leka úr Kvíslaveitu, $2,5 \text{ m}^3/\text{s}$, en ekki er hirt um mögulega viðbót vegna yfirfallrennslis. Sú síðari er rennslisröð svæðisins ofan 600 m hæðarlínu vestan Þjórsár, milli Norðlingaöldu og Dynks. Langtíma skarvegið ársrennsli rennslisraðanna er sýnt á mynd 5. Um er að ræða 40 ára meðaltal (1951-90) skarvegið yfir 31 dag í senn, og sjást þar einkar vel megineinkennin í rennsli þessara tveggja svæða.

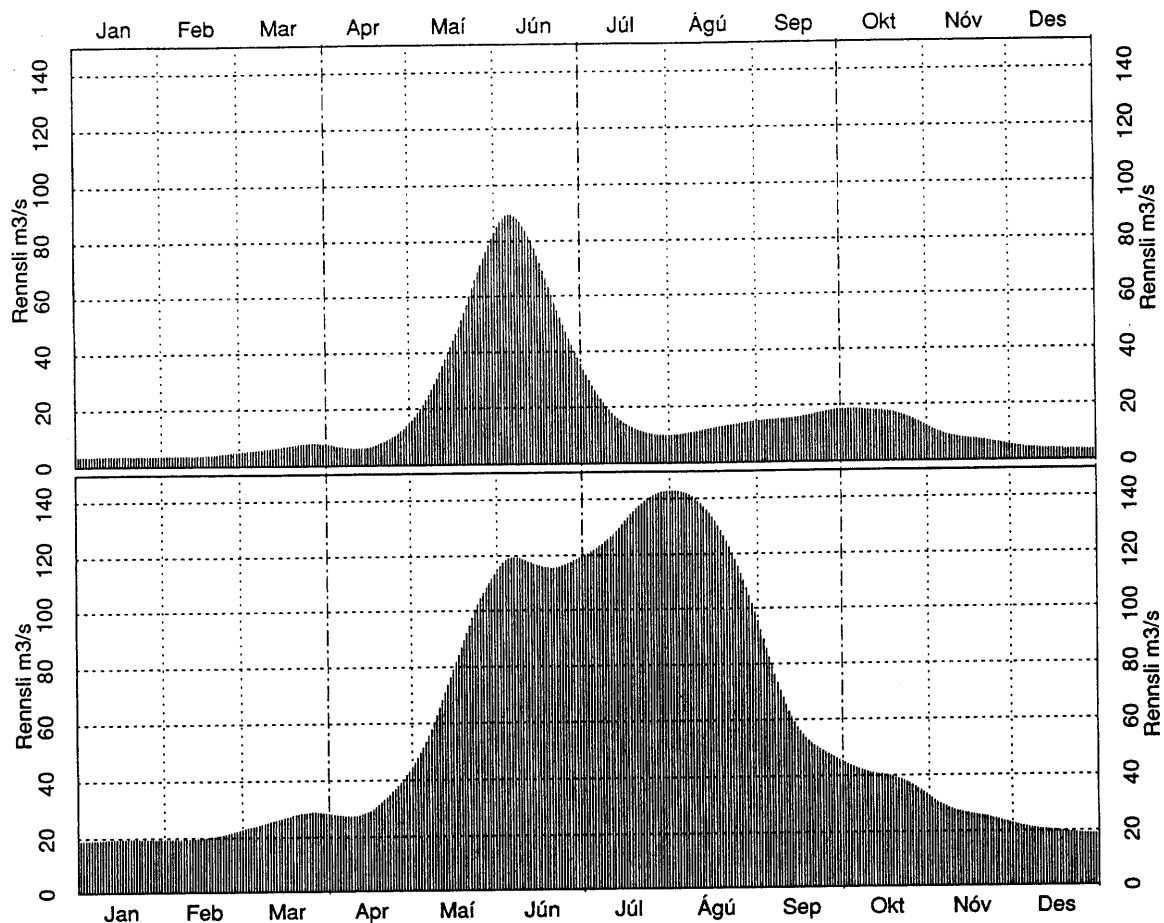
Í samræmi við ákvörðun Rennslisgagnanefndar er notast við rennsli vatnsáranna 1950 til 1988, þ.e. frá 1. september 1950 til og með 31. ágúst 1989, alls 39 vatnsár, þegar fundin er samanburðarhæf orkugeta virkjana miðað við ákveðið grunnkerfi (Rennslisgagnanefnd 1990).

Meðalrennsli Þjórsár við Norðlingaöldu án Kvíslaveitu meiri vatnsárin 1950 til 1988 er $58,6 \text{ m}^3/\text{s}$ og ársrennsli 1850 Gl. Staðalfrávik dagsrennslis er $50,8 \text{ m}^3/\text{s}$, hæsta rennsli $300 \text{ m}^3/\text{s}$ og lægsta rennsli $15,6 \text{ m}^3/\text{s}$. Að viðbættum lekanum úr Kvíslaveitu er meðalrennslið við Norðlingaöldu vatnsárin 1950 til 1988 $61,1 \text{ m}^3/\text{s}$ og ársrennslið 1929 Gl. Vatnasviðið er, sem fyrr segir, 845 km^2 og afrennsli því $69 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$ án og $72 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$ með leka.



Mynd 4. Rennslí Þjórsár við Norðlingaöldu án Kvíslaveitu meiri (neðri ferillinn) og rennsli í >600 m y.s. vestan Þjórsár milli Norðlingaöldu og Dynks (efri ferillinn). Dagsrennsli [m^3/s] 1950-89 reiknað með NAM/AQUA líkani hjá Verkfræðistofunni Vatnaskilum hf.

Meðalrennsli af svæðinu ofan 600 m hæðarlínu vestan Þjórsár milli Norðlingaöldu og Dynks vatnsárin 1950 til 1988 er $17,5 \text{ m}^3/\text{s}$ og ársrennslið 551 Gl . Staðalfrávik dagsrennslis er $27,2 \text{ m}^3/\text{s}$, hæsta rennsli $209 \text{ m}^3/\text{s}$ og lægsta rennsli $2,4 \text{ m}^3/\text{s}$. Vatnasviðið er 365 km^2 og afrennslið $48 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$



Mynd 5. Langtíma skarvegið ársrennsli Þjórsár við Norðlingaöldu án Kvíslaveitu meiri (neðri ferillinn) og af svæðinu >600 m y.s. vestan Þjórsár milli Norðlingaöldu og Dynks (efri ferillinn). Meðaltal 40 ára (1951-90) skarvegið yfir 31 dag í senn. Reiknað rennsli með NAM/AQUA líkani hjá Verkfræðistofunni Vatnaskilum hf.

4.3.1 Dæluvirkjun

Eftirfarandi rennsli er áætlað fyrir virkjunina (tafla 3). Vatni þveránna vestan Efri-Þjórsár er dreift í hlutfalli við stærð vatnasviða. Þetta er talið eðlilegt að gera meðan skortur er á frekari upplýsingum, sem m.a. hinn nýi vhm 280 í Dalsá ætti að gefa á næstu árum.

Líkur eru á að lágrennsli í Kisu sé lægra og í Dalsá hærra en meðaltal svæðisins gefur til kynna. Á móti vegur að snjóbráð ætti að endast lengur fram eftir sumri í Kisu en í Dalsá. Frekari rennslisgreining bíður þar til kemur að hönnunarrannsóknum.

Tafla 3. Áætlað rennsli til dæluvirkjunar.

	Vatnasvið km ²	Rennsli m ³ /s	Ársrennsli Gl/ár
Þjórsá v/Norðlingaöldu	845	61,1	1929
Kisuveita	60,5	3,0	91
Kisulón	59,5	2,8	90
Draugalón	81,1	3,9	122
Dalsárlón	67,2	3,2	102
Fellalón	39,2	1,9	59
Skurðleið	25,1	1,2	38
Hnúkslón	44,9	2,1	68
Samtals	1222	79,2	2500

4.3.2 Gangavirkjun

Eftirfarandi rennsli er áætlað fyrir virkjunina (tafla 4). Miðað er við að þverár á gangaleið séu teknar inn í aðrennslisgöng í gegnum niðurföll. Ekki er gert ráð fyrir að nema hluti af vatni þveránna náist í niðurföllin. Vatni þveránna vestan Efri-Þjórsár er dreift í hlutfalli við stærð vatnasviða.

Tafla 4. Áætlað rennsli til gangavirkjunar.

	Vatnasvið km ²	Rennsli m ³ /s	Ársrennsli Gl/ár
Þjórsá v/Norðlingaöldu	845	61,1	1929
Kisuveita	60,5	3,0	91
Draugalón	81,1	3,9	122
Dalsárlón	67,2	3,2	102
Fellalón	39,2	1,9	59
Gangaleið	85	4,1	128
Dalsárinntak	45	2,2	68
Samtals	1223	79,4	2500

4.4 Flóð

Áætlanir um flóð eru byggðar á líkingum í virkjanalíkani Orkustofnunnar (VST 1991). Reikningarnir eru byggðir á meðalrennsli, stærð vatnasviða og flatarmáli lóna. Eftirfarandi flóð hafa verið áætluð fyrir miðlunarlón og veitur virkjananna (tafla 5). Gert hefur verið ráð fyrir að þau lón sem ofar liggja séu byggð fyrst, svo minnka megi flóð á byggingartíma.

Tölurnar fyrir Norðlingaöldulónið eru heldur lægri en Almenna Verfræðistofan gerði ráð fyrir í skýrslu sinni um virkjanir í Efri-Þjórsá 1984 (Almenna Verkfræðistofan 1984). Þær eru reyndar töluvert háðar þeim áhrifum sem Kvíslaveita hefur á hegðun flóðanna, en erfitt er að meta þau.

Tafla 5. Áætluð flóð.

Lón	Flóð á byggingartíma m ³ /s	Flóð á yfirfalli m ³ /s	Mesta aðrennsli m ³ /s
Norðlingaöldulón	1183	2413	2959
Kisuveita	111	275	278
Kisulón	111	42	277
Draugalón	135	112	337
Fellalón	85	138	578
Dalsárlón	119	40	297
Hnúkslón	139	108	795
Dalsárinntak	139	237	795

4.5 Ísamál

Gangavirkjunin byggir eingöngu á miðlunarlónum og neðanjarðarmannvirkjum. Af þeirri ástæðu er ekki gert ráð fyrir neinum ísavandamálum í þeirri virkjunartilhögun.

Í Dæluvirkjunarhugmyndinni er tæplega 10 km langur skurður í 600 m hæð yfir sjó. Liggur hann á milli tveggja lóna, Kisulóns og Hnúkslóns. Þversniðsflatarmál hans undir vatni er 90 m² og á skurðleiðinni myndast fjögur lítil lón. Af þeirri ástæðu er ekki gert ráð fyrir neinum sérstökum ísavandamálum við rekstur hans. Ef svo færi að einhver truflun verði á rekstri hans þá eru stór miðlunarlón neðan skurðarins sem tryggja ótruflaðan rekstur virkjunarinnar í margar vikur. Aðrar veitur í virkjunarhugmyndinni eru í gegnum lón eða neðanjarðar.

5. UMHVERFISÁHRIF

5.1 Inngangur

Eins og aðeins er dregið á í inngangi skýrslunnar, voru fjórar virkjunarhugmyndir bornar saman við þá endurskoðun á forathugun Efri-Þjórsár, sem hér er til umræðu. Tvær þeirra voru valdar til endanlegrar forathugunar. Kom þar tvennt til: Báðar reyndust hagkvæmari en þær sem hafnað var, og einnig var metið svo að hinar síðarnefndu hefðu verri áhrif á umhverfið. Mat á umhverfisáhrifum voru ekki síður afgerandi um ofanefnt val. Var því talið rétt að rekja helstu þekktu umhverfisáhrif allra fjögurra virkjunarhugmyndanna, og rökin fyrir því að hafna tveim þeirra á þeim grundvelli.

Mat á umhverfisáhrifum er byggt á fyrirliggjandi gögnum, sem lýst hér að aftan. Enn hefur engin náttúruverndarúttekt farið fram, en ekkert er á þessu svæði í skráum Náttúruverndarráðs nema fossar í Náttúruminjaskrá og í Fossakrá Sigurðar Þórarinssonar (1978). Eðlilegt er að sem fyrst verði gerð úttekt á gróðurfari svæðisins með tilliti til fjölbreytni og sjaldgæfra tegunda, og beitarþolsúttekt þar sem m.a. yrði lagt mat á grósku svæðisins, (yfirlitsathugun var gerð 1992).

Rekstri virkjunarinnar, sama hvaða tilhögun er valin, verður í aðalatriðum hagað þannig að vatn Þjórsár yrði notað eins og hægt er, en aðrar miðlanir þegar hún dugar ekki til. Strax á vorin yrði byrjað að safna í miðlanirnar úr vesturkvíslunum og reynt að fylla þær sem fyrst, og eftir það standa lónin full fram á vetur, þegar miðlun í Þjórsá dugir ekki lengur til.

5.2 Norðlingaöldulón

Samkomulag við Náttúruverndarráð og upprekstraraðila setja efri mörk leyfilegrar vatnshæðar við 581 m y.s. Sú viðmiðun er þó háð því að rannsóknir sýni að náttúruverndargildi Þjórsárvera rýrni ekki óhæfilega að mati Náttúruverndarráðs við vatnsborð í þeirri hæð (Stj.tíð. B, nr. 507/1987). Upp úr því hófust sérstakar rannsóknir í Þjórsárverum um vistfræðileg áhrif af lónum á gróðurfur ofan vatnsborðs (Þóra Ellen Þórhallsdóttir 1984 og 1985). Rannsóknun mun ljúka með skýrslu fyrir árslok 1992.

Norðlingaöldulón er aðalmiðlun virkjunar í Efri-Þjórsá. Hún miðlar þó eingöngu Þjórsá eða því sem eftir er af Þjórsá við Norðlingaöldu eftir að hluta hennar og bergvatnkvíslum að austan hefur verið veitt til Þórisvatns. Til þess að vega gegn áður nefndri takmörkun á Norðlingaöldu-miðlun er leitast við að miðla sem allra mestu af bergvatnkvíslum Þjórsár að vestan.

Þegar umrætt samkomulag var gert lá það nokkuð ljóst fyrir hver hin beinu áhrif yrðu á Þjórsárver, þ.e. hvar vatnsborð í 581 m skæri gróðurlendin, þannig að fyrirvarinn hlýtur að lúta að óbeinum áhrifum. Þau eru væntanlega talin vera rof vatnsbakkans, breytingar á jarðraka hið næsta lóninu, og hætta á áfoki úr rofbökkum og aurkeilu Þjórsár, þegar hún fer að setja af sér efni í lónið.

5.2.1 Kortagögn

Staðfræðikort í mælikvarða 1:20.000 með 5 m hæðalínubilum er til af svæðinu, þannig að hæðarlínur 580 og 585 m má draga nákvæmlega. Tvennt auðveldar túlkun 581 m hæðarlínunnar, annars vegar brattlendi eins og víða er milli Norðlingaöldu og Sóleyjarhöfða, og hins vegar eru

víða gefnar hæðartölur milli 580 og 585 m hæðarlínanna sem má styðjast við þar sem land er flatt. Oft er gefin hæð á tjörnum, en þá verður að hafa í huga að landið umhverfis er oftast 30-50 cm yfir vatnsborði þeirra. Ennfremur má hafa mikinn stuðning af ýmsum landslagseinkennum, svo sem áraurum. Úr gróðurkortum sem RALA gerði af þessu svæði á árunum 1966 og 1967 hafa verið gerð tvö sérkort, þar sem gróðurgreining er færð yfir á nákvæman kortgrunn. Hið fyrra af Þjórsárverum er í mælikvarða 1:40.000 (Orkustofnun 1971), og hið síðara í mælikvarða 1:50.000 af virkjunarsvæði Efri-Þjórsár (Landsvirkjun 1981). Farið var yfir túlkun 581 m hæðarlínunnar og virðast kortin ekki vanáætla þau gróðurlendi sem lónið nær inn á.

5.2.2 Rofhætta og forsendur hennar

Umrædd túlkun efsta vatnsborðs í lóni segir ekki alla söguna, og meta þarf hvar hætta er á rofi við þetta vatnsborð. Vatnið getur rofið jarðveg og gróðurþekju niður á fastan jarðgrunn, þar sem skilyrði eru til þess. Þar skiptir miklu hvernig jarðvegurinn og landslagið er, en mestu skipta þó sjálf roföflin, þ.e. hæð öldunnar þar sem hún mætir landi. Ölduhæðin er fyrst og fremst háð vindhraða og stroklengd vinds á opnum vatnsfleti. Landslagið er nokkuð flókið í og umhverfis lónskálina. Lónið kemur til með að verða mjög vogskorið og víðáttumikill opinn vatnsflötur verður naumast nema í neðri hluta lónsins, en þar verður einnig fjöldi af eyjum. Á þeim slóðum mun lónið að langmestu leyti jaðra við brattan bakka þar sem lítið er til að rjúfa. Í efri hluta lónsins er meira um flata vatnsbakka, en þar yrðu þeir víða varðir af landslaginu, bæði af jökulöldum sem koma til með að skaga út í lónið og af útfiri, sem brýtur ölduna áður en hún nær bakkanum. Til þess að aldan geti haldið rofi sínu áfram verður hún að koma frá sér rofefnum, og það mun væntanlega há henni víða, þar sem halli lands er lítill. Miðað við algengustu vindáttir, SV og NA (Magnús Jónsson 1978), þar sem opinn vatnsflötur er hvað lengstur, eða um 3 km, yrðu gróðurræmur norðan í Ferðamannaöldu og suðvestan undir Biskupsþúfu fyrir mestum ágangi öldu. Varðandi jarðræn skilyrði til rofs er einnig stuðst við yfirlit Þórodds F. Þóroddssonar og Þórólfs H. Hafstað (1981) um jarðvatnsaðstæður og líkleg bakvatnsáhrif.

5.2.3 Líkleg landspjöll

Í neðri hluta lónstæðisins, neðan þrenginganna við Sóleyjarhöfða milli Ferðamannaöldu og Norðlingaöldu, eru hvergi víðáttumikil samfelld gróðurlendi. Mest áberandi er mosapemba og víðiflesjur. Af hinum eiginlegu Þjórsárverum mun aðeins syðsti hluti Tjarnarvers jaðra við lónið. Í viki SV Bólstaðar var 1981 að nokkru uppþornað rústasvæði um 1 km² að stærð. Þar er jarðvegur nokkuð þykkur, og þar þyrfti væntanlega að gera ráðstafinir gegn landrofi.

Ofan Sóleyjarhöfðavaðs eru víðáttumiklir áraurar, um 10 km² að stærð, milli 575 og 580 m hæðar. Af hinum eiginlegu Þjórsárverum nær aðeins Oddkelsver niður að Þjórsá á þessum slóðum auk Tjarnarvers. Oddkelsalda, Stóralda og smáöldur við Blautukvísl skilja verin að mestu frá ánni. Lónið mun flæmast yfir svolítið rústasvæði í Tjarnarveri milli Bólstaðar og Blautukvíslar (um 0,5 km²) og í Oddkelsveri undir Stóröldu (um 1 km²). Þá mun lónið teygja sig upp með Blautukvísl og mynda svolítið vik inn á gróðurlendi vestan Stóröldu (um 0,5 km²). Á þessum slóðum býður landslagið ekki upp á frekari landeyðingu, sem neinu nemur, ef undan er skilið gróðursvæðið milli Oddkelsöldu og Stóröldu.

Austan Þjórsár ofan Sóleyjarhöfða eru Þúfuver hin einu eiginlegra Þjórsárvera, sem lónið spillir. Suðvestur úr Biskupsþúfu mun myndast meira eða minna samfelt nes eða eiði, sem gengur það langt til suðvesturs, að víkin upp með Þúfuverskvísl verður varin öldum flóans norðan við Ferðamannaöldu. Rof af völdum vatnsins verður því fyrirsjáanlega það hægfara að nægur tími verður til varnaraðgerða.

Ofan við Biskupsþúfu þykir einsýnt að lónið mun nær eingöngu flæmast yfir aura, og þar mun áin og aldan bera sand upp að ströndinni og verja hana roföflunum.

5.2.4 Breytingar á jarðraka

Breytingar á jarðraka í landræmu ofan vatnsborðs eru háðar rekstri lónsins sem miðlunarlóns. Rennsli inn í lónið er áætlað um 2000 Gl, þ.e. um 6 sinnum rými þess. Þetta lón mun fyllast snemma sumars og standa fullt allt sumarið. Í hönnunarforsendum er gert ráð fyrir að mestu flóð séu um 2400 m³/s. Gert er ráð fyrir að yfirllof verði hönnuð til að anna slíkum flóðum án þess að meira hækki í lóninu en sem nemur 2 m þótt flóðið komi á lónið fullt. Margir möguleikar eru til að stækka yfirllofin til að minnka flóðhæðina, t.d. þannig að hún verði aldrei meiri en 1 m. Svona flóð standa aldrei lengi, varla nema daginn. Mestar líkur eru á miklum flóðum þegar rignir í hlýju veðri á frosna jörð, og þá skiptir það væntanlega engu fyrir gróðurinn.

Miðað við rekstur miðlunarinnar eru litlar sem engar líkur á að land þorni næst lóninu. Land getur hins vegar blotnað næst lóninu þar sem halli grunnvatns er lítil, þ.e. þar sem halli landsins er minnstur. Landsvæðin sem tilheyra Þjórsárverum og þar sem hætta er á breytingum á jarðraka og gróðurfari eru syðst í Tjarnarveri og Oddkelsveri og Þúfuveri. Þjórsárver eru að öðru leyti vel varin af jökulölduröð frá lágum öldum við Bólstað gegnt Sóleyjarhöfða, Stórhöfða og öldu í framhaldi af henni norðan Oddkelsöldu.

5.2.5 Áfok úr lóni

Áfok úr lóni er því aðeins mögulegt að sá hluti lónskálar, þar sem fokgjarnt efni hefur sest til nái að þorna. Miðað við að lónið muni fyllast snemma sumars, eru hverfandi líkur á áfoki. Einnig verður að hafa í huga að fínasta og fokgjarnasta efnið flyst út á mesta dýpið, og þornar aldrei.

Að því efni slepptu sem gæti fokið úr sjálfri lónsskálinni, er hætta af áfoki fyrst og fremst bundin þykkum jarðvegi, sem gæti rofnað úr bökkunum og skilið vindi og regni eftir opin þurr rofsár. Einfaldast er að koma í veg fyrir það með því að stemma stigu við vatnsrofi úr slíkum bökkum, eins og áður getur.

5.2.6 Niðurstöður

Þjórsárverin eru um 60 km² gróðurlendi. Norðlingaöldulón með hæsta vatnsborð í 581 m mun skerða þau um u.þ.b. 6 km² eða 10 %. Þótt farið yrði niður í 580 m hæð yrði bein skerðing litlu minni, þar munaði 1-2 km², en slík lækkun skiptir hins vegar miklu fyrir hagsmunum virkjunaraðila, þar sem miðlun skerðist um 55 Gl eða 15 % í miðlun sem þegar er í lægri kantinum eða í raun of lítil.

Vegna landslags í og umhverfis lónstæðið er hætta á öru rofi aðeins bundin við tvö svæði, syðst í Tjarnarveri og Oddkelsveri. Þar þyrfti að gera ráð fyrir aðgerðum á fyrstu árum rekstursins,

en annarsstaðar þyrfti að fylgjast vel með framvindunni og grípa til aðgerða eftir því sem þörf krefur. Ýmis úrræði eru til verndar strandrofi, t.d. að flytja sand úr aurkeilu, sem mun myndast þar sem Þjórsá rennur út í lónið. Áætlað er að Þjórsá beri fram 1000-1500 þús.tn af aur á ári (Haukur Tómasson 1990), allt eftir því hve Kvíslaveita tekur við miklu. Þannig er af nógu efni að taka. Best yrði að verja ströndina með flutningi efnis frá ósum árinna og grófara efni má vinna úr nálægum öldum.

5.3 Önnur lón og vatnsvegir

Auk Norðlingaöldumiðlunar eru miðlanir í Draugakvísl (Draugalón) í 700 m hæð (68 Gl) og í Dalsá ofan Örafatungu (Dalsárlón) í 635 m hæð (70 Gl) sameiginlegar öllum tilhögunum.

Draugalón: Lónið er áætlað 6 km². Þar af er um 1 km² hálfgróið land eða minna (17 %), allt mosapemba með smárunnum. Af ógrónu landi eru farvegir og ógrónir eða lítt grónir áraurar einnig um 1 km². Ógróið þurrlendi þekur um 67 % lónskálarinnar.

Dalsárlón: Lónið er áætlað 8 km². Þar af er um 1,3 km² grónir (16 %), aðallega mosapemba en með heldur fjölbreyttari fylgigróðri en við Draugakvísl. Af ógrónu landi eru farvegir um 0,8 km² og ógróið þurrlendi þekur um 74 % lónskálarinnar.

5.4 Samanburður tilhagana

5.4.1 Hnappölduvirkjun

Farið yrði um göng í gegnum Norðlingaöldu að Kisu, sem yrði stífluð með lágrri stíflu á áraurum, með skurði að Miklalæk, sem einnig yrði stíflaður með lágrri stíflu neðan Miklalækjarbotna. Þaðan í skurði að Flóamannaöldu og göngum gegnum austanverða ölduna og þaðan í skurði að Dalsá, en þar yrði lítið inntakslón fyrir Þjórsárveitu.

Á þessari leið veitunnar færi lítið gróðurlendi undir vatn. Ofan þessa inntakslóns eru tvö miðlanarlón, Dalsárlón og Draugalón sem áður getur.

Til þess að auka enn frekar rennsli til virkjunar er áætluð veita frá Dalsárlóni um **Helgavatn** í lón sem yrði myndað í Fossárrögum með stíflu tæpum km suðvestan við Lambafell. Með stíflu í 625 m hæð mætti miðla þar 300 Gl, en áætlað er að ekki náist í meira vatn en 150-170 Gl, en það þýðir vatnsborð í 600 til 605 m hæð. Vatn til **Fossárlóns** fengist annars vegar með veitu úr Dalsá, þegar Dalsárlón tekur ekki lengur við, og úr Fossárrögum. Frá lóninu yrði vatni veitt um göng að Innri Skúmstungnaá og þaðan í skurði að lóni vestan undir Fremri Hnappöldu, **Hnappöldulón**. Það yrði annað inntakslón virkjunarinnar.

Helgavatnslón: Helgavatn yrði stækkað úr 1,5 í 3,5 km² og fengi stöðugt vatnsborð, því að það yrði einungis rekið sem veitulón. Umhverfi vatnsins er nánast ógróið.

Fossárlón: Lónið er áætlað 9,6 km². Þar af eru 4,5 km² grónir, mosapemba 2,1 km², stinnastaramóar 1,2 km² og annar gróður 1,2 km² að mestu votlendi. Ógróið þurrlendi þekur um 53 % lónskálarinnar.

Hnappöldulón: Lónið er áætlað 1,6 km² og þar af eru 0,9 km² grónir.

5.4.2 Dæluvirkjunartilhögun

Vatni úr Norðlingaöldulóni yrði dælt um göng í gegnum Norðlingaöldu í lón í Kisu í rösklega 600 m hæð vestan undir öldunni, þaðan um skurð í neðanverðum Miklalækjarbotnum að inntakslóni Hnúkslóni, sem teygir sig 11 km til suðvesturs að inntaki til virkjunar, sem yrði suðaustan undir Sléttbak í um 599 m hæð (80 Gl). Lón í Draugakvísl og Hnúkslón, sem áður eru nefnd, auk lóns í Rjúpnafellskvísl (Fellalón) yrðu enn fremur miðlanir fyrir þessa tilhögun. Hentugt landslag í um 600 m hæð ræður mestu um að hagstætt er að dæla Þjórsá upp í þá hæð.

Kisulón: Lónið er áætlað 6,7 km², og eru aðeins 0,8 km² grónir (12 %), aðallega mosapembu. Farvegir eru 0,3 km², þannig að ógróið þurrlendi þekur um 84 % lónskálarinnar.

Fellalón: Lónið sem yrði í allt að 630 m hæð er áætlað 11 km². Þar af eru um 3,8 km² grónir (34 %), aðalega mosapemba (2,3 km²), stinnastaramóar með smárunnum (0,5 km²) og hálfdeig til deig gróðurlendi (1 km²). Farvegir þekja 0,7 km² og ógróið þurrlendi þekur um 60 % lónskálarinnar.

Hnúkslón: Lónið er áætlað 12,7 km². Gróið land er 2,2 km² (17 %), og af því er 1,3 km² mosapemba og stinnastör með smárunnum, og 0,9 km² hálfdeig eða deig gróðurlendi (hálmgresi og stinnastör með grávíði). Farvegir eru um 0,5 km² og vötn samtals um 0,5 km², þannig að ógróið þurrlendi þekur um 75 % lónskálarinnar.

5.4.3 Gljúfurleitarvirkjun (Króksvirkjun)

Myndað yrði miðlunarlón í Þjórsá með hárrí stíflu við Krók. Miðað við vatnsborð í 518 m hæð yrði Þjórsárlón 18,8 km². Þar af eru 12 km² gróið land (64 %). Ólíkt umtöluðum lónum vestan við Þjórsá er mosapemba lítil hluti hins gróna, en blandaður þurrlendisgróður þekur 7,6 km² og votlendi um 3 km².

5.4.4 Gangavirkjunartilhögun

Mögulegt er að veita Þjórsá um göng alla leið að stöðvarhúsi í Gljúfurleit með litlu inntakslóni fyrir vatn úr efri veitu í Dalsá í um 550 m hæð. Áður nefnd Dalsárlón, Fellalón og Draugalón yrðu miðlanir þeirrar virkjunar auk Norðlingaöldulóns.

5.5 Stöðvarhúsbyggð

Stöðvarhús yrði neðanjarðar undir Lönguhlíð í Gljúfurleit. Á þessum slóðum er talsvert undirlendi og þar yrðu vinnubúðir og síðar nauðsynleg þjónustuaðstaða. Þetta er eini staðurinn utan lónstæða þar sem ekki yrði hjá því komist að raska gróðurlendi í tengslum við byggingaframkvæmdir.

5.6 Samanburður virkjunarkosta

5.6.1 Breytingar á rennsli og fossum

Í Efri-Þjórsá eru þrjár fossar, Gljúfurleitarfoss, Dynkur og Hvanngiljafoss. Hvanngiljafoss er sá eini sem gæti horfið, þ.e. ef sú tilhögun sem nefnd er Gljúfurleitarvirkjun yrði valin. Það tekur ekki nema 1-2 mánuði að fylla Norðlingaöldulón, þannig að frá síðari hluta júní yrði vatn á

fossana aðeins skert um virkjað rennsli, sem er áætlað rúmlega $100 \text{ m}^3/\text{s}$ við full afköst virkjunar. Miðað við að virkjunin yrði ekki keyrð á fullum afköstum gætu allt að $100 \text{ m}^3/\text{s}$ farið um fossana yfir sumarmánuðina, og reyndar er ekkert því til fyrirstöðu að meira vatni yrði hleypt á fossana á daginn en á nóttinni úr Norðlingaöldulóni.

Í tilhögun sem kennd er við Hnappöldu er gert ráð fyrir veitu úr Fossárdrögum, sem yrði þess valdandi að samsvarandi vatnsmagn yrði tekið af Háafossi og Hjálparfossi. Aðeins ein mæling er til af rennsli úr samanlögðum Fossárdrögum, frá 17. sept. 1989, $2,5 \text{ m}^3/\text{s}$ samanborið við $8 \text{ m}^3/\text{s}$ við vatnshæðarmæli 99 í Fossá. Vatnasvið vatnshæðarmælis er 155 km^2 en Háafoss 125 km^2 (Sigurjón Rist 1990). Samkvæmt því hefur rennsli á Háafoss verið um $6,5 \text{ m}^3/\text{s}$ 17. sept. 1989. Fossárdrögin leggja honum því til um 40 % af buninni.

5.6.2 Landmótun

Land á virkjunarsvæðinu einkennist af ýmsum landmótunarformum sem tengjast jökulhörfun. Það er mat þeirra jarðfræðinga sem mest hafa rannsakað jarðfræði á virkjunarsvæðinu, að það séu aðallega á tveim svæðum, sem finna megi verndarverð jarðfræðileg fyrirbæri. Annars vegar við Fellakvísl þar sem varðveitt eru jökulker, sem byggst hafa upp framan við jökulinn, og hins vegar malarásar og hjallar við Hnífá. Þessar jarðmyndanir ættu ekki að vera í hættu miðað við fyrirbyggjandi virkjunarhugmyndir.

5.6.3 Gróðurfar

Úttekt hefur verið gerð á gróðurfari og beitarpóli Gnúpverjaafréttar ofan 200 m hæðar y.s. (Ingvi Þorsteinsson 1980 a). Afréttin milli 200 og 800 m er alls 555 km^2 og þar af eru 246 km^2 grónir, eða 44 %. Mestur hlut afréttarins er á hæðarbílinu 400-600 m, eða 59 % (tafla 6). Í því hæðarbelti er 57 % lands gróið, en í hæðarbeltinu 600-800 m er gróið land aðeins um 18 %.

Meðal einkenna mismunandi hæðarbelta sem má lesa úr töflunni eru: Mosapamba er minnst áberandi í hæðarbelti 400-600 m, um 30% á móti 50% í hinum. Þess í stað eru votlendi um 35% gróðurlendis í 400-600 m, en samsvarandi gróðurlendi í 200-400 m eru 14% og 22% í 600-800m (26% ef jaðrar eru meðtaldir). Kvist- og skóglendi eru einnig meira áberandi í 400-600 m hæðarbeltinu, eða 20% á móti 10% eða minna í hinum. Í 400-600 m beltinu munar mikið um gróðurlendin í dalnum upp með Þjórsá og Þjórsárver. Gróðurlendi sem gefa góða uppskeru eru meira áberandi í 200-400 m hæðarbeltinu en í hinum, og þar er einnig hlutfall nýtanlegra fódureininga hæst, sem hefur þýðingu fyrir beitargildi, eða 30% á móti 25% í hinum (Ingvi Þorsteinsson 1980 b, 2. tafla).

Í töflu 7 er yfirlit um stærð lóna og skiptingu lónskálar í gróið og ógróið land. Vert er að benda á að ef lón þau er tengjast Hnappöldu-tilhögun eru undanskilin (sbr. næsta kafla) er gróðurþekjan í lónskálunum yfirleitt svipuð eða lítið eitt lægri en meðalgróðurþekja í viðkomandi hæðarbelti. Undantekningar eru Norðlingaöldulón með helmingi lægri gróðurþekju og Fellalón með tvöfalt hærri gróðurþekju en meðaltal hæðarbeltisins (töflur 6 og 7).

Við samanburð virkjunarkosta koma aðeins til álita þau landsvæði sem tengjast sérstaklega tilteknum virkjunartilhögunum, en ekki þau sem eru sameiginleg öllum, eins og Norðlingaöldu-

Tafla 6. Flatarmál gróins og ógróins lands og heildaruppskera (fóðureiningar, FE) gróðurlenda á Gnúpverjafrétt í 200-800 m h.y.s., hlutfall gróins og ógróins lands og hlutfallslegt vægi einstakra gróðurlenda, annars vegar með hliðsjón af flatarmáli og hins vegar af uppskeru.

Gróðurlendi	200-400 m				400-600 m				600-800 m			
	km ²	%	FE	%	km ²	%	FE	%	km ²	%	FE	%
Gróíð	24,04	80	440.000		186,29	57	4450.000		35,63	18	810.000	
Ógróíð	6,17	20			141,73	43			161,48	82		
Heild	30,21				328,02				197,11			
<i>Gróíð land:</i>												
Mosaþemba	11,82	49	113.000	25	57,97	31	530.000	12	17,76	50	160.000	19
Kvistlendi/skógl.	1,53	6	60.000	14	35,49	19	1260.000	28	3,95	11	200.000	24
Sefmóar	4,09	17	100.000	23	0,60		17.000		0,04		1.200	
Starmóar	3,27	14	93.000	21	20,96	11	640.000	14	1,73	5	51.000	6
Mýrar	3,12	13	62.000	14	43,76	23	880.000	20	5,34	15	130.000	16
Flóar	-				22,30	12	930.000	21	2,42	7	120.000	15

Snjóðældir eru 6,2% gróðurlenda í 600-800 m hæðarbeltinu, en annars minna en 1%.

Nýgræður og blómlendi eru allsstaðar minna en 1%.

Jaðrar eru 4,3% í 600-800 m hæðarbeltinu, en annars minna en 1%.

Graslendi er mest í hæðarbelti 400-600 m, um 1,3 km² eða um 1% gróðurlenda í því belti. Það er í svipuðu hlutfalli í 200-400 m hæðarbeltinu, en aðeins á um 0,2 km² lands.

Tafla 7. Lega og stærð lóna og gróf skipting lónskálar í gróíð og ógróíð (km²).

Lón	H.y.s.	Stærð	Gróíð	(%)	Vötn og farvegir	Ógróíð þurrlandi
Norðlingaöldulón	581	57	16	28	16	25
Þjórsarlón	518	18.8	12	64	3	4
Draugalón	700	6.0	1	17	1	4
Kisulón	620	6.7	0.8	12	0.3	5.6
Fellalón	630	11.1	3.8	34	0.7	6.5
Dalsarlón	635	8.0	1.3	16	0.8	5.9
Hnúkslón	600	12.7	2.2	17	1	9.5
Helgavatnslón	610	3.5	+		1.5	2
Fossarlón	600	9.6	4.5	46	+	5.1
Hnappöldulón	595	1.6	0.9	56	+	0.7

Gróður er mestur bæði hvað varðar samfellu og fjölbreytni meðfram Þjórsá neðan u.þ.b. 550 m hæðar. Tilhögun sem nefnd hefur verið Gljúfurleitarvirkjun er eina virkjunin sem snertir það gróðurlendi. Enginn reginmunur er á landnotum mismunandi virkjunartilhagana vestan ár. Það helsta er að Fossarlón kæmi í stað Fellalóns í tilhögun sem kennd er við Hnappöldu. Fljótt á litið eru gróðurfarsleg áhrif svipuð.

Á þessu stigi verður aðeins lagt gróft mat á beitargildi gróðurs í einstaka lónstæðum, og minnst á nokkur almenn atriði varðandi beitargildi mismunandi gróðurlenda á þessum slóðum. Grös eru mikilvægustu beitarpöntur sauðfjár, en stinnastör gagnast þeim einnig. Beitargildi hennar og annarra jurta er háð vaxtarskilyrðum. Þannig er beitargildi stinnastarar almennt lakara í þúrlendi en í votlendi (Ingvi Þorsteinsson 1980 b). Í samræmi við það ættu beitarskilyrði að vera betri upp með Þjórsá hvort sem miðað er við gróðurþekju, grósku eða tegundaval, en á lónstæðunum ofan 600 m hæðar vestan árinna. Gróðurlendi með ívafi af grösnum eru áberandi meðfram Þjórsá á meðan þúrlendi með mosapembu, þar sem stinnastör er ríkjandi með mismunandi fylgitegundum, eru áberandi vestan ár.

Beitarþol alls afréttarins er um 7.000 ærgildi miðað við sumarþétt 70 daga. Heildaruppskera í nýtanlegum fódureiningum (FE) er 1.462.685, sem svarar til 5.900 FE/km² að meðaltali og 210 FE á ærgildi (Ingvi Þorsteinsson 1980 a, 3. tafla). Í hæðarbeltinu 600-800 m er uppskera nýtanlegra fódureininga 205.385 á 35,63 km² gróins lands eða 5.764 FE/km². Í hæðarbeltinu 400-600 m eru samsvarandi gildi 6024 FE/km². Þessar tölur samsvara annaras vegar 27 ærgildum/km² og hins vegar 29 ærgildum/km² að meðaltali fyrir viðkomandi hæðarbelti. Þess ber hinsvegar að gæta, að beitarþolsútreikningar hafa til þessa ekki þótt taka nægilegt tillit til þess hvert stefnir með viðkomandi gróðurlendi, og hættir því til að ofmeta beitarþolið (Ása L. Ara-dóttir o.fl. 1992).

5.7 Niðurstöður og ábendingar

- Umhverfisáhrif af tilhögun sem kennd er við Gljúfurleit verða líklega að teljast mest, einkum hvað varðar gróðurlendi, en einnig fossa (Hvanngiljafoss). Mannvirki hennar yrðu einnig meira áberandi en mannvirki þeirra tilhagana sem valdar voru til endanlegrar forathugunar.
- Skerðing vatns í Háafossi í Fossá um allt að 40% er neikvæð fyrir Hnappöldutilhögun. Ennfremur er þeirri tilhögun meira þvingað upp á landslagið en tilhögun Dæluvirkjunarinnar, en þar falla vatnsvegir mun betur að landslaginu. Einkum þetta tvennt gerir Hnappöldutilhögun að síðri kosti vegna umhverfissjónarmiða, samanborið við þá tvo er að neðan getur.
- Af þeim tveimur tilhögunum sem eftir eru, Dælutilhögun og Gangatilhögun, verður mun minna yfirborðsrask af Gangatilhöguninni, og munar þar mestu um skurðinn og tæplega 13 km² inntakslón Dælutilhögunarinnar.

Ýmislegt sem fylgir þessum virkjunarhugmyndum er almennt talið hafa neikvæð umhverfisáhrif, einkum það að gróðurlendi fer undir vatn. Þegar fram líða stundir má búast við því að aðrar aðstæður, sem fylgja þessum lónum geti haft jákvæð óbein áhrif á umhverfið. Eins og fram kemur hér að framan munu miðlunarlón virkjunarinnar standa full lungann úr sumrinu, og koma því til með að hafa sömu landslagseinkenni og hver önnur stöðuvötn þann tíma sem snjór og ís þekur þau ekki, jafnvel með stöðugra vatnsborð en sum vatnanna á þessum slóðum, svo sem Helgavatn. Þar með má gera sér vonir um að þau muni hafa almenn áhrif til hækkunar grunnvatns og þar með jarðvatns á svæðinu, sem aftur bætir gróðurskilyrði á flatlendum í nánd lónanna.

Virkjun í Efri-Þjórsá mun opna þetta svæði fyrir umferð og auka möguleika á ferðamennsku á þessum slóðum. Ekki er að sjá að aukin umferð um þennan hluta svæðisins stofni verndun Þjórsárvera í hættu, miklu frekar væri hægt að hugsa sér að hún yrði eflð með því að almenn-
ingur fengi að kynnast lífríki þeirra úr hæfilegri fjarlægð. Það gæti til dæmis verið með þeim hætti að hópar yrðu fluttir á báti frá Sóleyjarhöfða inn að Stóröldu eða Oddkelsöldu, og fengju jafnvel að fara lengra fótgangandi, undir leiðsögn.

6. KOSTNAÐUR

Kostnaðaráætlanir eru byggðar á virkjanalíkani Orkustofnunar og miðast við verðlag í desember 1990, en geta má þess að virkjanavísitala í desember 1991 er samkvæmt nýjustu upplýsingum áætluð um 4% hærri. Allar stíflur er hugsaðar sem venjulegar jarðstíflur. Flutningsvegalengdir að stíflum eru áætlaðar á bilinu 2-3 km og er það nálgun á þeim upplýsingum um efnisnámur er fram hafa komið í kaflanum um lýsingu á mannvirkjum. Jarðvegðsdýpi hefur verið áætlað 1 m nema þar sem kort sýna mýrar, en þar er dýpið áætlað 2 m. Erfitt er að meta hvað þetta veldur mikilli skekkju við kostnaðaráætlanir, en jarðgrunnskort af svæðinu benda til að þetta sé ekki fjarri lagi.

Kostnaður við inntök líftilla þveráa er frekar illa þekktur. Hér er gengið út frá teikningum af niðurföllum í Noregi sem telja verður vænleg til notkunar hér á landi. Verkkostnaður við gerð niðurfalla er í þessari áætlun áætlaður 4 milljónir á niðurfall. Inn í þeirri tölu er kostnaðurinn við gerð togboraðra ganga upp á yfirborð og inntaksmannvirkja. Þessi kostnaðartala er að okkar mati frekar sennileg miðað við þau mannvirki sem við höfum skoðað í Noregi. Í þessum virkjunarhugmyndum er vatnið tekið inn í aðrennslisgöng og það gerir kröfur til þess að vel sé staðið að verki svo að ekki sé hætt á rekstrartruflunum vegna lofts í göngunum. Því kann að vera að þessi tala hækki eitthvað, en þar sem kostnaðarhlutdeild inntakanna er lítil kemur skekkjan ekki að sök í þessum samanburði.

Samkvæmt mati okkar virðist berg vera gott til jarðgangagerðar á svæðinu. Úr mati á gæðum bergs til gangagerðar hafa eftirfarandi stuðlar verið unnir til leiðréttingar á kostnaði (tafla 8).

Tafla 8. Leiðréttingastuðlar við mat á jarðgangakostnaði.

Göng	Leiðréttingarstuðull
Dæluvirkjun:	
Norðlingaalda	1.02
Aðrennslisgöng	0.92
Frárennslisgöng	0.88
Aðkomugöng	0.88
Gangavirkjun:	
Aðrennslisgöng	0.96
Frárennslisgöng	0.88
Aðkomugöng	0.88

Reiknað er með að nota jarðgangaborvélur við alla gangagerð þar sem það er talið fjárhagslega hagkvæmt. Í báðum hugmyndunum er gert ráð fyrir að þurfi göng með stærra þvermáli en 7 m. Samkvæmt upplýsingum frá Verkfræðistofu Sigurðar Thoroddsen er líklegt að kostnaðaráætlanir fyrir svo stór vélboruð göng sé of lágur. Því kann þessi kostnaður að hækka eitthvað í seinni áætlunum, en ekki er tekið tillit til þess hér.

Dælustöðvar hafa ekki verið byggðar við virkjanir hér á landi. Í Dæluvirkjuninni er gert ráð fyrir að byggð sé 22 MW dælustöð neðanjarðar í Norðlingaöldu. Dælan lyftir vatni frá einu lóni í annað og þarf því ekki að stýra henni mjög nákvæmlega. Hins vegar er nýtni dælustöðva

um 3% lægri en samsvarandi virkjana og því er hún stærri en samsvarandi virkjun hefði verið. Kostnaður við gerð dælustöðvar hefur verið áætlaður þannig að gengið hefur verið út frá kostnaði við gerð venjulegs stöðvarhúss og vélar og rafbúnaðar. Er hér gert ráð fyrir að kostnaðurinn innifeli spenna og línur frá virkjuninni að dælustöðinni. Þetta eru ágiskanir okkar á Orkustofnun sem byggðar eru á samtölum við framleiðendur dælustöðva, og aðra sérfræðinga. Í þessum samtölum höfum við fyrst og fremst reynt að bera saman venjulega hverfla og dæluhverfla til að átta okkur á kostnaðarhlutföllum og nýtni.

6.1 Dæluvirkjun

	50/50 markaður	70/30 markaður
Afl	294 MW	276 MW
Virkjað rennsli	114.2 m³/s	107.1 m³/s
Verkpáttur	Mkr	Mkr
Miðlanir vestan ár:		
Dalsárlón	543	543
Draugalón	395	395
Fellalón	805	805
Veita Kisu	66	66
Samtals:	1809	1809
Virkjun:		
Norðlingaöldulón	1024	1024
Kisulón	489	489
Hnúkslón	1444	1436
Inntak Hnúkslón	266	253
Göng Norðlingaalda	589	589
Aðrennslisgöng	979	946
Frárennslisgöng	242	233
Aðkomugöng	205	205
Stálfóðring og greiningar	118	111
Skurður Kisulón-Hnúkslón	993	993
Stöðvarhús	1088	1026
Vélar og rafbúnaður	3957	3756
Dælustöð	1156	1156
Stöðvarbyggð	113	110
Vegir	485	485
Sveifluþró	44	43
Samtals verkkostnaður:	15001	14664
Yfirkostnaður: 64.4%	9661	9444
Heildarkostnaður	24662	24108

6.2 Gangavirkjun

	50/50 markaður	70/30 markaður
Afl	258 MW	243 MW
Virkjað rennsli	117.6 m ³ /s	110.8 m ³ /s
Verkpáttur	Mkr	Mkr
Miðlanir vestan ár:		
Dalsárlón	543	543
Draugalón	395	395
Fellalón	805	805
Veita Kisu	66	66
Samtals:	1809	1809
Virkjun:		
Norðlingaöldulón	1024	1024
Inntak Norðlingaalda	280	268
Aðrennslisgöng	5886	5688
Lækjainntök	28	28
Inntakslón	75	75
Inntak inntakslón	218	218
Frárennslisgöng	194	188
Aðkomugöng	171	171
Stálfóðring og greiningar	122	115
Stöðvarhús	1019	963
Vélar og rafbúnaður	3656	3480
Stöðvarbyggð	107	105
Vegir	485	485
Sveifluþró	100	97
Samtals verkkostnaður:	15174	14714
Yfirkostnaður: 64.4%	9772	9476
Heildarkostnaður	24946	24190

7. ORKUVINNSLUGETA

Orkugetutölur þær sem hér eru birtar eru byggðar á hermireikningum sem framkvæmdar voru á verkfræðistofunni Streng síðastliðið sumar. Lýsingin sem hér fer á eftir er byggð á bráðabirgðaniðurstöðum í júlí 1992 (Strengur verk- og kerfisfræðistofa hf. 1992). Til grundvallar reikningunum hafa verið notaðar rennslisraðir með vikugildum á rennsli árunna 1950-1988. Grunnkerfið sem notað var við reikninganna er eftirfarandi:

- Núverandi samtengt kerfi eftir Blönduvirkjun
- Stækkun Blöndulóns í 420 GI
- Búrfellsvirkjun II
- Kvíslarveita 5. áfangi
- Stækkun Þórisvatns um 330 GI
- Krafla II og Nesjavellir I og II
- Sultartangavirkjun
- Búðarhálsvirkjun
- Vatnsfellsvirkjun
- Fljótsdalsvirkjun

Reiknaðar voru tvær gerðir orkumarkaðar. Í fyrsta lagi var reiknað með 50% stóriðjumarkaði og 50% almennum markaði. Í því tilfalli er orkugeta grunnkerfisins 9540 GWh/a og nýtingartími 5620 klst/ári. Í öðru lagi var reiknað með 70% stóriðjumarkaði og 30% almennum markaði. Í því tilfalli er orkugeta grunnkerfisins 9675 GWh/a og nýtingartími 6060 klst/ári. Athygli skal vakin á því að þetta er ekki í samræmi við þá veltu að miða við ársálagsstuðul 0,6 og 5250 klst/ári. Í þessari skýrslu hefur verið gengið út frá þeim nýtingartíma sem rekstrareftirlíkingin hefur reiknað út.

Eftirfarandi grunnrennslisraðir voru notaðar fyrir virkjunarkostina í Efri-Þjórsá:

- Innrennsli í Norðlingaöldumiðlun án leka úr Kvíslaveitum (1879 GI/á)
- Rennsli til Efri-Þjórsár við Skúmstungur (3068 GI/á)
- Rennsli sem kemur fram ofan 600 m hæðarlínu vestan Efri-Þjórsár milli Norðlingaöldu og Dynks (499 GI/á)

Síðastnefna rennslisröðin var áætluð á REGN-fundi síðastliðið vor og var vitað að hún væri ekki sérlega nákvæm. Því fól Landsvirkjun Verkfræðistofunni Vatnaskilum að endurskoða rennslið ofan 600 m hæðarlínunnar vestan ár milli Norðlingaöldu og Dynks. Sú endurskoðun hefur leitt af sér nýja rennslisröð fyrir þetta svæði sem eykur bæði meðalrennsli og lindarrennsli raðarinnar. Þessi röð hefur enn ekki verið notuð í rekstrareftirlíkingum, en líklega verður það gert í haust.

7.1 Dæluvirkjun

Orkustuðlarnir sem notaðir voru eru eftirfarandi:

Dælustöð	$g = -0,103 + 0,00071 M^{0,679}$	GWh/GI
Virkjun	$g = 0,697$	GWh/GI

Orkustuðull dælustöðvarinnar er háður vatnsborði miðlunar í Norðlingaöldulóni. Breyting á orkustuðli virkjunar er með innihaldi í Hnúkslóni er óverulegur svo honum er sleppt.

Niðurstaða rekstrareftirlitkinganna er eftirfarandi fyrir 50/50 markað:

Miðlanir vestan ár 260 GI

Rennslisorka	1616	GWh/ár
Framleiðsla	1450	GWh/ár
Orkugeta	1535	GWh/ár
Afl	291,1	MW
Orka til dælustöðvar	115	GWh/ár
Afl dælu	34	MW

Miðlanir vestan ár 190 GI

Rennslisorka	1616	GWh/ár
Framleiðsla	1430	GWh/ár
Orkugeta	1500	GWh/ár
Afl	285,4	MW
Orka til dælustöðvar	115	GWh/ár
Afl dælu	34	MW

Orkan sem dælustöðin þarf hefur verið dregin frá orkugetu virkjunarinnar. Einnig hafa verið gerðir reikningar fyrir 70/30 markað og gefa þeir 10-20 GWh/a meiri orkugetu. Markaðssamsetning virðist því ekki hafa umtalsverð áhrif á orkugetu virkjunarinnar.

7.2 Gangavirkjun

Fyrir Gangavirkjun var orkustuðullinn $g = 0,630$ GWh/Gl notaður. Breytingar á stuðlinum, þ. e. með Norðlingaöldumiðlun, eru óverulegar, svo að þeim er sleppt.

Niðurstaða rekstrareftirlíkinganna er eftirfarandi fyrir 50/50 markað:

Miðlanir vestan ár 260 Gl

Rennslisorka	1538	GWh/ár
Framleiðsla	1385	GWh/ár
Orkugeta	1445	GWh/ár
Afl	257	MW

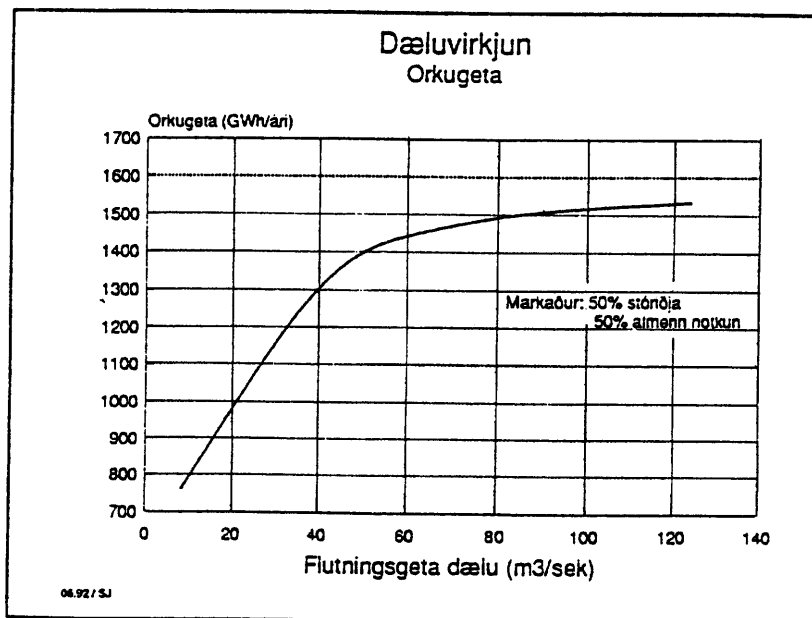
Miðlanir vestan ár 190 Gl

Rennslisorka	1538	GWh/ár
Framleiðsla	1350	GWh/ár
Orkugeta	1415	GWh/ár
Afl	252	MW

Rekstrareftirlíking með markaðssamsetningu 70/30 gefur um 25-30 GWh/a meiri orkugetu.

7.3 Niðurstöður

Athyglisvert er að skoða samband afkastagetu dælustöðvarinnar og orkugetu Dæluvirkjunarinnar (sjá mynd 6).



Mynd 6. Orkugeta og flutningsgeta dælustöðvar (birt með leyfi LV).

Sjá má tvo brotpunkta á þessum ferli. Sá fyrri og stærri er við 50 m³/s. Virðist hann lýsa þeirri afkastagetu sem þörf er á að vetrarlagi til að tryggja að hægt sé að ná öllu vetrarrennsli Efri-Pjósárs og tæma miðluninna. Seinni brotpunkturinn er við um 80 m³/s. Afkastageta umfram hann virðist ekki skila sér í aukinni orkugetu að ráði. Af þessu má ráða að hanna beri dælustöðina fyrir flutningsgetu á bilinu 50-80 m³/s og lyftihæð sem svarar til sveiflu lónsins, eða 21-32 m. Ekki höfum við enn séð línurit sem sýnir dælingarþörfinni dreift á árið, en líklegt þykir okkur að hún sé minni að vetrum en sumrum. Lyftihæðin er hins vegar meiri að vetri því þá er dregið niður í lóninu. Ef dælan yrði hönnuð fyrir 60 m³/s flutningsgetu miðað við 32 m lyftihæð ætti hún að ráða við 90 m³/s við 21 m lyftihæð. Þannig ætti hámarksframleiðslugeta virkjunarinnar að nást. Úr þessu fæst hins vegar ekki skorið fyrir en dælingarþörf eftir árstímum hefur verið skoðuð.

Einnig er athyglisvert að skoða samband lónstærðar í efri veitu og orkugetu virkjanahugmyndanna. Fyrir 50/50 markaðinn er greinilegt brot í ferlinum við u.þ.b. 230 GJ miðlun. Þetta brot er hins vegar ekki jafn greinilegt við 70/30 markað og virðist aukin miðlun í efri veitu halda áfram að auka orkuna töluvert upp að miklu stærri miðlunum. Þar sem 70/30 markaður er mun líklegri markaðssamsetning fyrir orku virkjunar í Efri-Pjósársá virðist því borga sig að hafa miðlanir í efri veitu sem stærstar.

Ofangreindar niðurstöður eru byggðar á rennslisröð ofan 600 m hæðarlínu sem hefur verið áætluð. Nú hefur þessi rennslisröð verið endurskoðuð og virðist hún gefa um 20 GWh/a meiri orkugetu fyrir efri veituna, og þar með þær virkjunarhugmyndirnar báðar. Einnig má gera ráð fyrir að miðlunarþörf í efri veitu minnki eitthvað því að lindarrennsli í rennslisröðinni hefur verið aukið.

Af ofangreindum ástæðum þykir því rétt að reikna með 230 GJ miðlun í efri veitu. Einnig verður reiknað með dælustöð sem afkastar 60 m³/s við 32 m lyftihæð. Hér verður einnig gert ráð fyrir að öll orka dælustöðvarinnar verði dregin af forgangsortku, þó líklegt sé að hægt verði að dæla hluta vatnsins utan álagstíma og þar með auka orkugetu Dæluvirkjunarinnar. Einnig verður gert ráð fyrir 20 GWh/a meiri orkugetu vegna aukins lindarrennslis ofan 600 m hæðarlínu vestan ár.

Orkugetan sem miðað er við hér er þá eftirfarnadi:

Virkjunarhugmynd	50/50 markaður	70/30 markaður
Dæluvirkjun	1535 GWh/á	1555 GWh/á
Gangavirkjun	1450 GWh/á	1475 GWh/á

Viðbótarorka frá miðlunum vestan ár er samkvæmt rekstrareftirlíkingunum u.þ.b. 236 GWh/á. Ekki er líklegt að reikna megi með að breytt rennslisröð ofan 600 m hæðarlínu vestan ár gefi meiri orkugetu fyrir miðlanirnar, svo því er sleppt hér.

8. AFBRIGÐI VIRKJUNARHUGMYNDANNA

Í þessum kafla verður lauslega fjallað um hugsanleg afbrigði við virkjunarhugmyndirnar tvær. Reynt verður að skoða hvaða áhrif beytingarnar hefðu á kostnað, orkuvinnslugetu og umhverfi.

8.1 Göng í stað skurðar milli Kisulóns og Hnúkslóns

Hugsanlegt er að talið verði óæskilegt að byggja 10 km langan veituskurð í 600 m hæð yfir sjó, jafnvel þó þversnið hans sé tiltölulega stórt eins og hér er gert ráð fyrir. Því var athugaður sá möguleiki að gera göng í stað skurðarinnar milli Kisulóns og Hnúkslóns. Við þetta myndi falltap milli lónanna aukast um 3 m og þyrfti því annað hvort að minnka Hnúkslón eða hækka Kisulón og auka dælinguna. Ef reiknað er með að Hnúkslón sé minnkað þá minnkar miðlunin þar um 35 Gl. Stofnkostnaður við breytinguna eykst um 1160 milljónir. Orkuvinnslugeta virkjunarinnar minnkar um 30 GWh/ár samkvæmt líkingu VST. Stofnkostnaður á orkueiningu yrði því 16,51 kr/kWh miðað við 70/30 markað og virkjunin því á sambærilegu verði og Gangavirkjunin. Á móti kæmi hugsanlega bætt rekstraröryggi og minni spjöll á yfirborði.

8.2 Lækkun flóðhæðar Norðlingaöldulóns í 1 m

Athugaður var sá möguleiki að auka flutningsgetu yfirfalla Norðlingaöldumiðlunnar svo mikið að flóðvatnsborð yrði 1 m í stað 2 m áður. Hugsanlegt er að náttúruverndarsjónarmið krefjist þessa. Til að ná þessu þarf að byggja um 700 m lengra yfirfall austan ár til viðbótar við yfirrennslisstífluna sem áætluð er vestan ár. Erfitt er að áætla nákvæmlega kostnaðinn við þetta með aðferðum þeim sem Orkustofnun beitir við sína útreikninga, en aukning í stofnkostnaði yrði að minnsta kosti 500 milljónir. Við þetta myndi stofnkostnaður á orkueiningu aukast um 0,35 kr/kWh/ár.

8.3 Niðurföllum í aðrennslisgöng Gangavirkjunar sleppt

Athugaður var sá möguleiki að sleppa niðurföllum í aðrennslisgöng Gangavirkjunarinnar. Hugsanlegt er að menn vilji fara þessa leið til að forðast hugsanlegar rekstrartruflanir vegna lofts sem gæti borist inn í göngin í gengum niðurföllum. Ef niðurföllum er sleppt þá minnkar rennsli til virkjunarinnar um 4,1 m³/s, og afl hennar minnkar í 229 MW miðað við 70/30 markað. Stofnkostnaður lækkar þá um 775 milljónir. Taka verður fram að enn eru áætlanir um kostnað vegna niðurfalla óljósar. Við þessa breytingu minnkar orkugeta gangavirkjunar um 85 GWh/ár samkvæmt hlutfallsreikningi. Stofnkostnaður veitunnar er því 9,11 kr/kWh/ár. Ljóst er af þessum tölum að viðbótarveitan með niðurföllum er mjög hagkvæm.

8.4 Lágmarksyfirhæð stíflna 3,5 m

Athugaður var sá möguleiki að hafa lágmarksyfirhæð á öllum stíflum vestan Þjórsár 3,5 m. Stofnkostnaður Dæluvirkjunar jókst við þetta um 558 milljónir og stofnkostnaður á orkueiningu hækkaði í 15,80 kr/kWh/ár fyrir 70/30 markað. Stofnkostnaður Gangavirkjunar hækkaði um 285 milljónir og stofnkostnaður á orkueiningu jókst í 16,59 kr/kWh/ár. Þessi breyting hefur því ekki afgerandi áhrif á hagkvæmni virkjanahugmyndanna. Við þessa breytingu eykst stofnkostnaður efri veitu í 14,17 kr/kWh/ár og er hún samt sem áður hagkvæm viðbót við virkjunarhugmyndirnar.

9. HEILDARNIÐURSTÖÐUR

Samkvæmt framangreindum reikningum fást eftirfarandi kennitölur fyrir hugmyndirnar tvær (tafla 9).

Tafla 9. Kennitölur fyrir virkjunarhugmyndirnar tvær.

	Dæluvirkjun		Gangavirkjun	
Verg fallhæð	300 m		282 m	
Hönnunarfallhæð	294.3 m		250.7 m	
Miðlun	634 Gl		541 Gl	
Rennslisorka	1616 GWh/a		1538 GWh/a	
Rennsli	79.2 m ³ /s		79.4 m ³ /s	
Markaður	50/50	70/30	50/50	70/30
Virkjað rennsli	114.2 m ³ /s	107.1 m ³ /s	117.6 m ³ /s	110.8 m ³ /s
Afl	294 MW	276 MW	258 MW	243 MW
Orkugeta	1535 GWh/a	1555 GWh/a	1450 GWh/a	1475 GWh/a
Stofnkostnaður	24662 millj.	24018 millj	24946 millj	24190 millj
Stofnkostnaður/orkueiningu	16.07 kr/KWh/á	15.44 kr/KWh/á	17.20 kr/KWh/á	16.40 kr/KWh/á

Samkvæmt töflunni virðast báðar hugmyndirnar vera hagkvæmar. Dæluvirkjunin er þó bæði ódýrari og með meiri orkuvinnslugetu. Á móti kemur að hún er heldur flóknari og krefst dæluvirkjunar sem eykur rekstrarkostnað eitthvað, en ekki hefur verið tekið tillit til þess í þessum reikningum. Athygli skal vakin á því að hér hefur ekki verið reiknað með nýtingartíma 5250 klst/ári eins og reiknað hefur verið með miðað við ársálagsstuðul 0,6 á nýtingu orku og markaðssamsetningu 1/3 almennur markaður og 2/3 stóriðja. Er það gert til að halda samræmi við rekstrareftirlíkingar verkfræðistofunnar Strengs. Gera má ráð fyrir að lækkun á nýtingartíma niður í 5250 klst/ári myndi hækka verð virkjunarhugmyndanna um 0,7-0,8 kr/kWh/á. Gangavirkjunin myndi hækka heldur meira en dæluvirkjunin því aðalvatnsvegur vegur meira í heildarkostnaði þeirrar virkjunarhugmynda.

Í þessum reikningum hefur verið miðað við ákveðna stærð á lónum í veitum þveráa Efri-Þjórsár, eða 230 Gl. Stofnkostnaður þessarar veitu er 2974 milljónir, og orkugetuaukning vegna hennar er 236 GWh/á. Stofnkostnaður á orkueiningu er því 12,6 kr/kWh/á og hún því hagkvæm viðbót við virkjunina.

Okkar niðurstaða er því sú að skoða beri báða kostina áfram. Betri upplýsingar um aðstæður og nákvæmari kostnaðarreikningar gætu breytt kostnaðarsamanburðinum. Upplýsingar frá VST um of lágt gangnaverð fyrir stór göng benda hins vegar til að Dæluvirkjunin geti komið enn hagstæðar út úr samanburðinum.

Í þessari skýrslu hefur ekki verið skoðuð svokölluð Gljúfurleitarvirkjun sem Almenna verkfræðistofan hf. hefur haft til skoðunar. Okkar mat er að hún sé verri út frá umhverfissjónarmiðum auk þess sem hún sé ekki hagkvæmari. Almenna verkfræðistofan mun síðar á árinu gefa út skýrslu þar sem þessi kostur er endurskoðaður.

10. FRAMHALDSRANNSÓKNIR

Til að unnt sé að gera nákvæmari áætlanir en hér hafa verið gerðar þarf eftirfarandi rannsóknir:

- **Nákvæmara mat á hagkvæmni miðlana.** Mæla þarf rennsli þveráa Efri-Þjórsár betur á nokrum lykilstöðum, svo auðveldara verði að meta bæði heildarrennsli svæðisins og dreifingu þess í tíma og rúmi. Einnig þarf að ákvarða nánar magn og eðli lindarennslis. Með þessar upplýsingar í höndunum ætti að vera auðveldara að meta hagkvæmni miðlana á svæðinu.
- **Nánari kortlagning námusvæða.** Kortleggja þarf betur hugsanleg námusvæði fyrir efni í stíflur fyrir miðlanir þveráanna. Nóg virðist vera til af efni nálægt öllum stíflunum en óvíst er hve nýtílegt það er til stíflugerðar.
- **Kort með 1 m hæðarlínunum af stíflustæðum.** Gera þyrfti kort með 1m bili milli hæðarlína af stíflustæðum. Sérstaklega þyrfti að gera þetta fyrir Hnúkslón, en þar eru massaáætlanir verulega háðar ágiskunum á hæð milli 5m hæðarlína.
- **Jarðlagadýpt á stíflu- og skurðstæðum.** Kanna þarf jarðlagadýpt á stíflustæðum og skurðstæðinu milli Kisulóns og Hnúkslóns. Áætlanirnar í þessari skýrslu eru eingöngu byggðar á ágiskunum um þessi atriði.
- **Umhverfismál.** Beðið er eftir skýrslu um umhverfisáhrif af Norðlingaöldumiðlun sem unnin er fyrir Landsvirkjun. Gróðurfarsleg úttekt var gerð af virkjunarsvæðinu neðan Norðlingaöldu sumarið 1992 á vegum Landsvirkjunar, en niðurstöður liggja ekki fyrir. Þörf kann að vera á frekari athugunum á þessum sviðum, en ekki er hægt að meta það að svo stöddu. Nauðsynlegt er að athuga hugsanlegar landslagsminjar og fara í yfirreið um svæðið með fulltrúum Náttúruverndarráðs og heimamanna.

11. HEIMILDIR

- Almenna verkfræðistofan 1984. *Efri-Þjórsá, mynsturáætlun*. Landsvirkjun, 89 s. + uppdrættir og teikningar.
- Almenna verkfræðistofan, Virkir og Verkfræðistofa Sigurðar Thoroddsen 1980. *Þjórsárvirkjanir. Mynsturáætlun um orkunýtingu á vatnasviði Þjórsár niður fyrir Búrfell*. Landsvirkjun, 110 s. + uppdrættir og teikningar.
- Ágúst Guðmundsson 1986. *Gljúfurleitarvirkjun, Jarðfræðirannsóknir í Gljúfurleit*. Orkustofnun, OS-86040/VOD-15B. 14 s.
- Ágúst Guðmundsson 1992a. *Efri-Þjórsá. Stutt greinargerð um jarðtækni á jarðgangaleiðum í Gljúfurleit og Norðurleit*. Jarðtæknistofan hf. Unnið fyrir Orkustofnun. 9 s.
- Ágúst Guðmundsson 1992b. *Berggrunnskort, Kóngsás 1813 I, 1:50.000*. Landmælingar Íslands, Orkustofnun og Landsvirkjun.
- Árni Hjartarson og Freysteinn Sigurðsson 1990. *Vatnafarskort, Botnafjöll, 1913 IV, 1:50.000*. Landmælingar Íslands, Orkustofnun og Landsvirkjun.
- Árni Hjartarson og Freysteinn Sigurðsson 1991. *Vatnafarskort, Kóngsás 1813 I, 1:50.000*. Landmælingar Íslands, Orkustofnun og Landsvirkjun.
- Ása L. Aradóttir, Ólafur Arnalds og Steve Archer 1992. *Hnignun gróðurs og jarðvegs*. Í: Andrés Arnalds (ritstj.) Græðum Ísland. Landgræðslan 1991-1992: 73-82.
- Bekkeinntakommiteen 1986. *Bekkeinntak på kraftverkstunneler*. Vassdragsregulantenenes Forening, Teknisk Sektor, 2. utgáfa 1988, 124 s.
- Bergström, S., Einarsson, K., og Persson, M. 1982. *Modellering av glaciærravinning på Island*. Nordisk Hydrologisk Konferanse, Førde, Norge. NHP rapport nr. 2, 2: 670-681.
- Broch, E. 1991. *Unlined high pressure tunnels and air cushion surge chambers*. ITA Tunneling Symposium, Reykjavík July 21.-22. 1991. 10 s.
- Elsa G. Vilmundardóttir, Ágúst Guðmundsson, Snorri Páll Snorrason og Guðrún Larsen 1990. *Berggrunnskort, Botnafjöll, 1913 IV, 1:50.000*. Landmælingar Íslands, Orkustofnun og Landsvirkjun.
- Haimson, B.C. 1981. *Hydrofracturing stress measurements; holes SF-18 Sandafell and FU-1 Teigsbjarg*. skýrsla til Orkustofnunar, ágúst-sept. 1981, 47 s.
- Halldór Friðgeirsson, Helgi Sigvaldason og Gunnar Ámundason 1971. *Statistical Studies on Stream Flow Data of Thjorsa and its Tributaries*. Landsvirkjun.
- Halldór Pétursson 1992. *Efri-Þjórsá, forathugun. Stöðuskýrsla*. Orkustofnun, OS-92002/VOD-02 B, 13 s.
- Harza Engineering Company International 1960. *Hydroelectric Power Resources, Hvita and Thjorsa River Systems, Southwest Iceland*. State Electricity Authority, Iceland. 370 s.

- Haukur Tómasson og Birgir Jónsson 1970. *Norðlingaalda, lauslegar niðurstöður jarðfræðirannsóknna 1969*. Orkustofnun, Raforkudeild. 8 s.
- Haukur Tómasson og Sveinn Þorgrímsson 1972. *Norðlingaalda, Geological Report*. Orkustofnun, Raforkudeild. 65 s.
- Ingibjörg Kaldal, Elsa G. Vilmundardóttir og Guðrún Larsen 1990. *Jarðgrunnskort, Botnafjöll, 1913 IV, 1:50.000*. Landmælingar Íslands, Orkustofnun og Landsvirkjun.
- Ingibjörg Kaldal og Skúli Víkingsson 1991. *Jarðgrunnskort Kóngsás 1813 I, 1:50.000*. Landmælingar Íslands, Orkustofnun og Landsvirkjun.
- Ingvi Þorsteinsson 1980 a. Dæmi um niðurstöður gróðurannsóknna og kortagerðar á hálendi og láglendi. *Ísl.Landbún.* 12(2):139-148.
- Ingvi Þorsteinsson 1980 b. Gróðurskilyrði, gróðurfar, uppskera gróðurlenda og plöntuval búfjár. *Ísl.Landbún.* 12(2):85-99.
- Jónas Elfsson og Júlíus Sólmes 1972. *Statistical Investigation of Hydrological Data. Report no. 2. Stochastic Analysis of the Weekly Mean Flow at the Sites Hald, Tröllkonuhlaup and Urriðafoss of the Thjorsa River Basin*. Landsvirkjun.
- Kjörholt, H., E. Broch og S. Dalö 1992. *Geotechnical design of air cushion surge chambers*. Í: E. Broch and D.K. Lysne (eds). *Hydropower '92*: 129-136.
- Kristinn Einarsson 1981. *Rennslislíkan fyrir Efri-Þjórsa. NAM2-rennslislíkanið*. Orkustofnun, OS81020/VOD09, 51 s.
- Kristinn Einarsson 1992 a. *Rennsli í Dalsá, Kisu og Miklalæk*. Orkustofnun, greinargerð KE-92/04, 8 s.
- Kristinn Einarsson 1992 b. *Rennsli í Efri-Þjórsá ofan Dynks*. Orkustofnun, greinargerð KE-92/05, 17 s.
- Magnús Jónsson 1978. *Veðurfar í Þjórsárverum*. Orkustofnun, OS-ROD 7804, 17 s.
- Náttúruverndarráð 1991. *Náttúruminjaskrá, sjötta útgáfa*. Náttúruverndarráð, 62 s. + kort.
- Nicol, Allen H., 1965. *Engineering geology of the Hvítá and Thjórsá basins, Iceland*. 45 s.
- Orkustofnun, Vatnamælingar. *Rennslisskýrslur í lausblaðaformi, eitt blað fyrir hvert mælisár*.
- Rennslisgagnanefnd 1990. *Fundargerð 16. fundar, 5. júní 1990*.
- Rennslisgagnanefnd 1992. *Fundargerð 20. fundar, 19. febrúar 1992*.
- Sigurður Þórarinnsson 1978. *Fossar á Íslandi*. Náttúruverndarráð, Fjölrit nr. 2, 43 s.
- Sigurjón Rist 1956. *Íslensk vötn I*. Raforkumálastjóri, 127 s.
- Sigurjón Rist 1990. *Vatns er þörf*. Bókaútgáfa Menningarsjóðs, 247 s.
- Sigvaldi Árnason 1992. *BroadBand ADCP rennslismælir*. Orkustofnun, greinargerð SÁ-92/03.
- Strengur verk- og kerfisfræðistofa hf. 1992. *Orkugeta virkjunarkosta í Efri Þjórsá - Bráða- birgðaniðurstöður*. Skýrsla til Landsvirkjunar.

- Sveinn Þorgrímsson 1973. *Gnúpverjavirkjun, Geological Report*. Orkustofnun, Raforkudeild. 66 s.
- Tómas Tryggvason og Þorleifur Einarsson 1965. *Greinargerð un Jarðfræði Þjórsárvera; Norðlingaalda-Sóleyjarhöfði*. Atvinnudeild Háskólans. Unnið fyrir Raforkumálastjóra. 31 s.
- Verkfræðistofa Sigurðar Thoroddsen hf. 1991. *Virkjanalíkan Orkustofnunar*. skýrsla til Orkustofnunar, maí 1991, 25 s.
- Verkfræðistofan Vatnaskil hf. 1982 a. *Kvíslaveita. Rennsli áætlað með reiknilíkaninu NAM2*. Skýrsla 82.02, unnin fyrir Landsvirkjun.
- Verkfræðistofan Vatnaskil hf. 1982 b. *Kvíslaveita. Rennslisröð*. Skýrsla 82.09, unnin fyrir Landsvirkjun.
- Verkfræðistofan Vatnaskil hf. 1983. *Rennsli til Hnappölduvirkjunar*. Skýrsla 83.14, unnin fyrir Orkustofnun.
- Verkfræðistofan Vatnaskil hf. 1991. *Þórisvatn. Rennsli og grunnvatnshæð á vatnasviði Efri-Þjórsár*. Skýrsla 91.03, unnin fyrir Landsvirkjun.
- Verkfræðiþjónusta dr. Gunnars Sigurðssonar 1972. *Isle Lake Storage. Project Planning Report*. Landsvirkjun.
- Zimmermann, M. 1983. *Anvendelse af satellitdata i forbindelse med hydrologiske modelberegninger for Øvre Thjorsa*. Danmarks Tekniske Højskole, Institutet for Strømningsmekanik og Vandbygning, prófritgerð.
- Þorbergur Þorbergsson, Kristinn Einarsson og Hörður Svavarsson 1984. *Hnappölduvirkjun, forathugun*. Orkustofnun, OS-84072/VOD-08, 53 s. + kort.
- Þóra Ellen Þórhallsdóttir 1984. *Þjórsárver, gróður og jarðvegur og áhrif Kvíslaveitu*. Líffræðistofnun Háskólans. Fjölrit nr. 21, 181 s.
- Þóra Ellen Þórhallsdóttir 1985. *Þjórsárver, vistfræðirannsóknir 1984*. Líffræðistofnun Háskólans. Fjölrit nr. 22, 103 s.
- Þóroddur F. Þóroddsson og Þórólfur H. Hafstað 1981. *Þjórsárver, frumathugun á bakvatnsáhrifum uppistöðulóna*. Orkustofnun, ÞFP/ÞHH-81/03, 7 s.

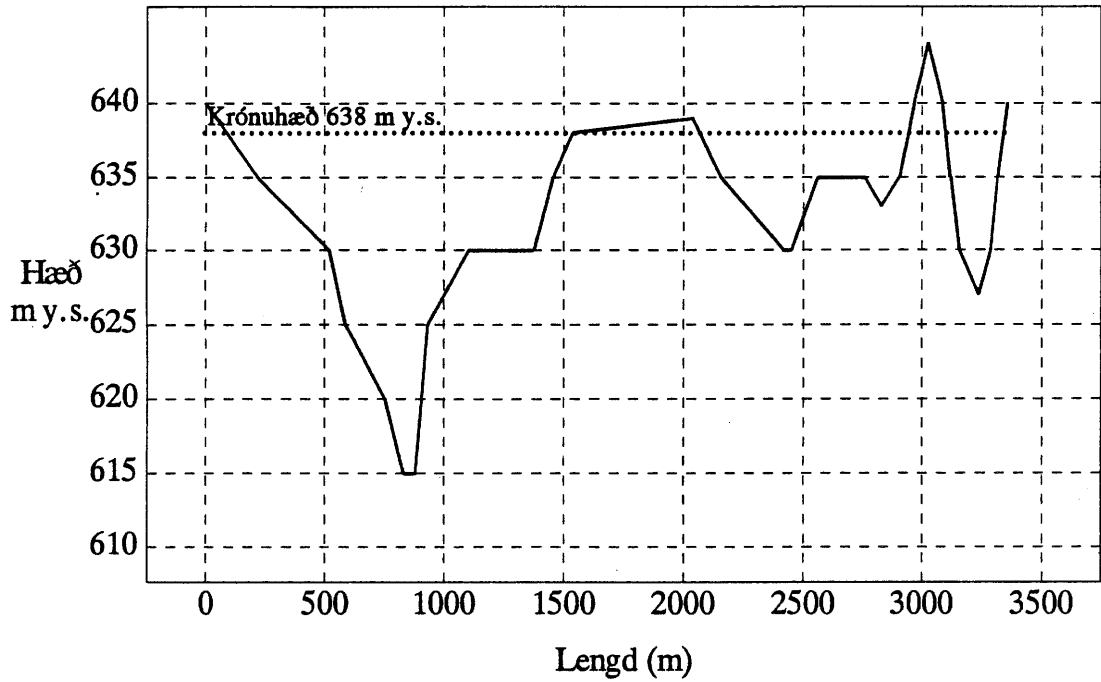
VIÐAUKI

Stíflupversnið, lón og rúmmálsferlar

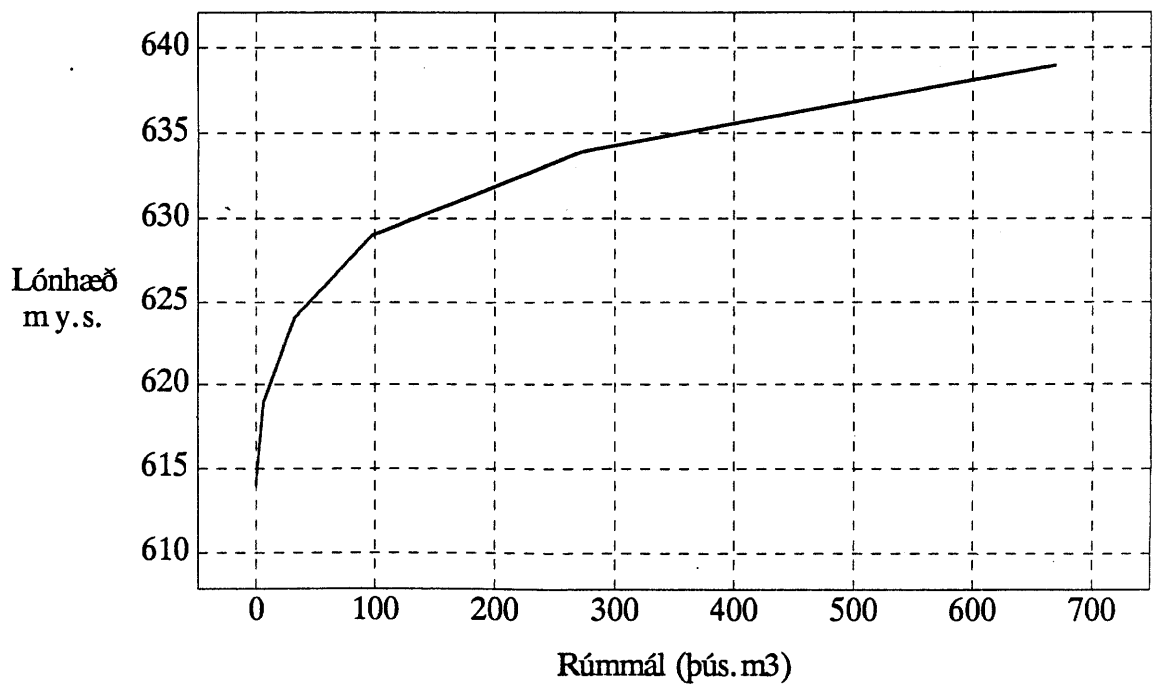
Stíflupversnið, lón og rúmmálsferlar

DALSÁRLÓN

Stífluprófill frá norðri til suðurs

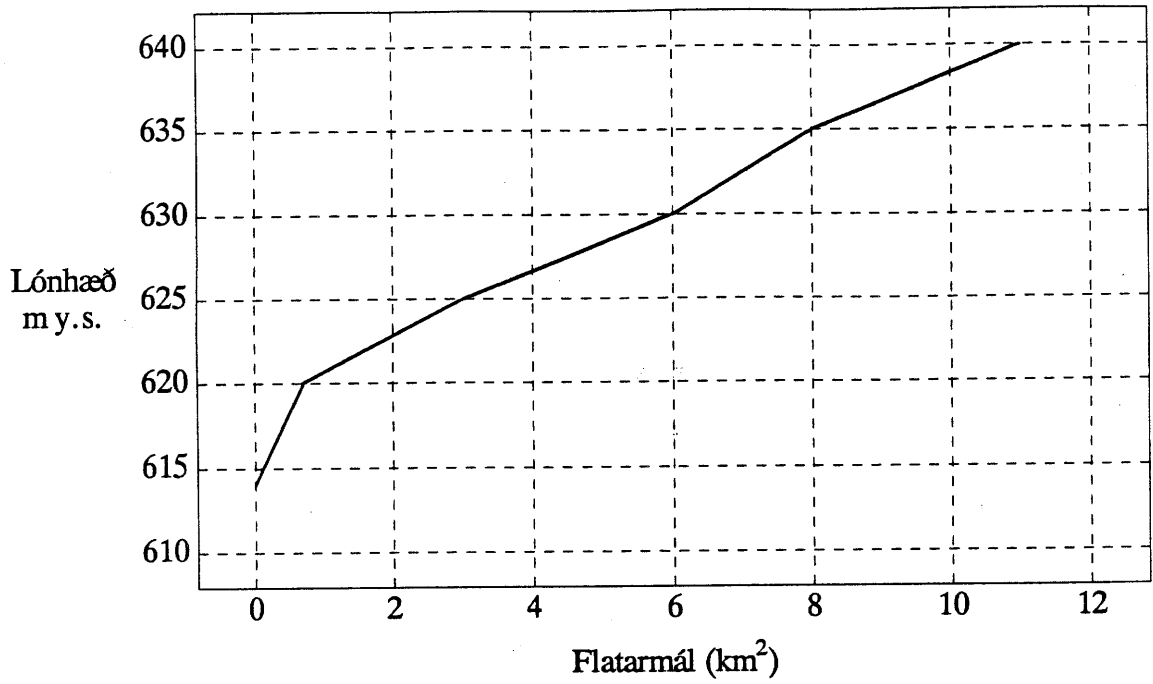


Rúmmál stíflu

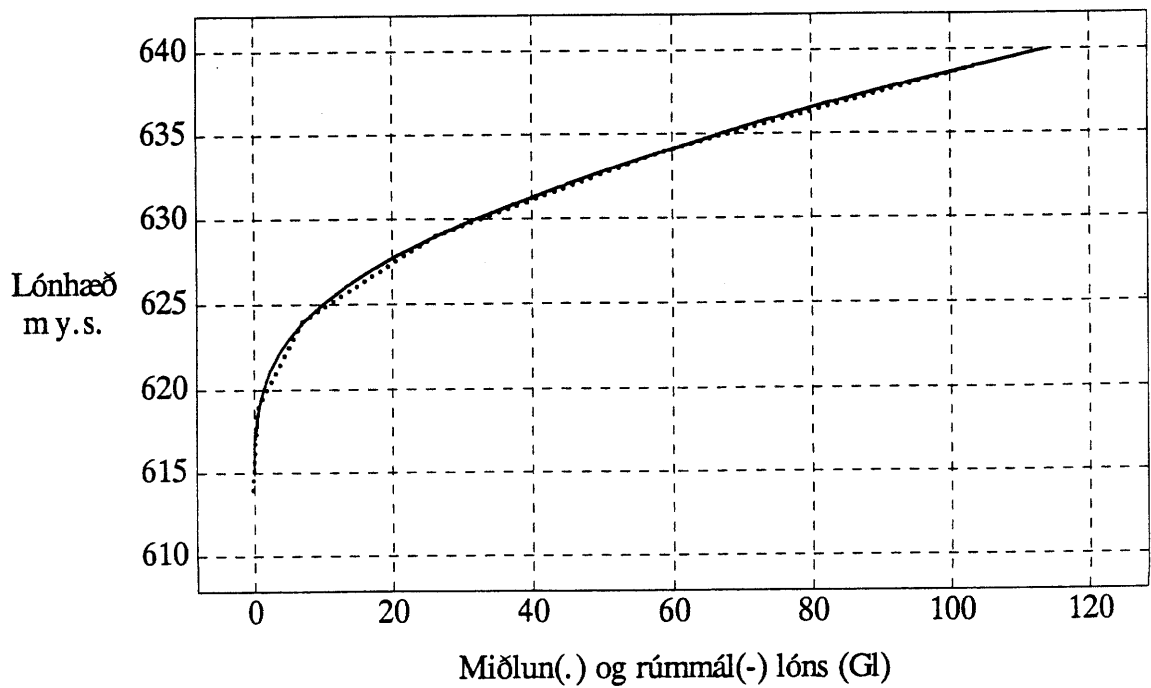


DALSÁRSLÓN

Lónferill

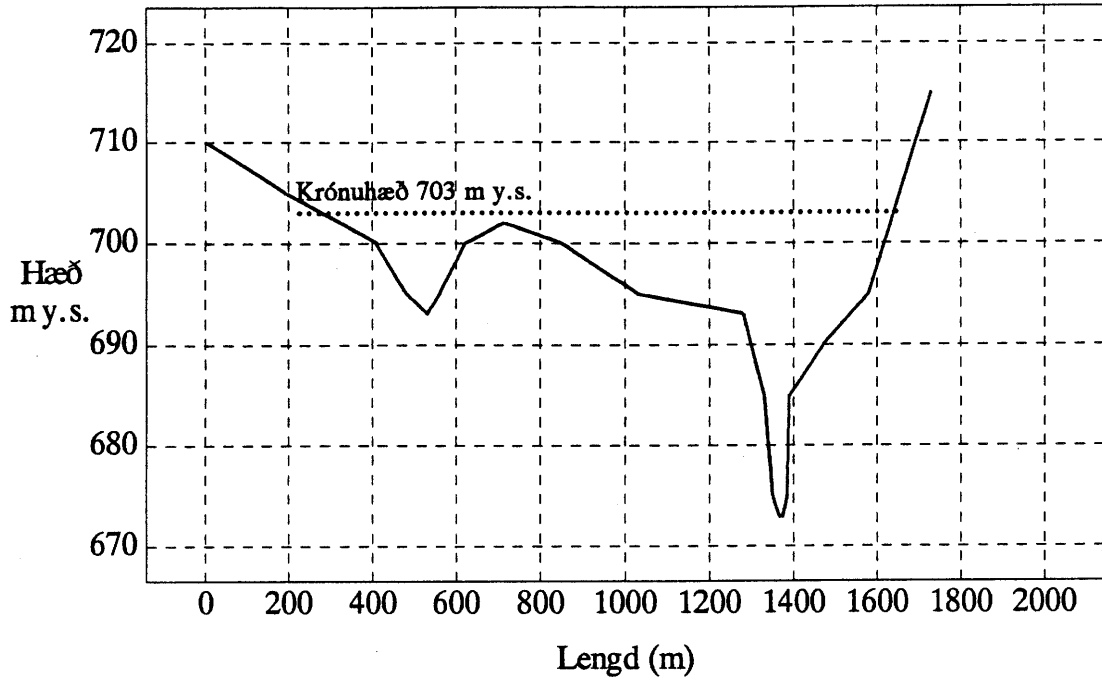


Miðlun og rúmmál

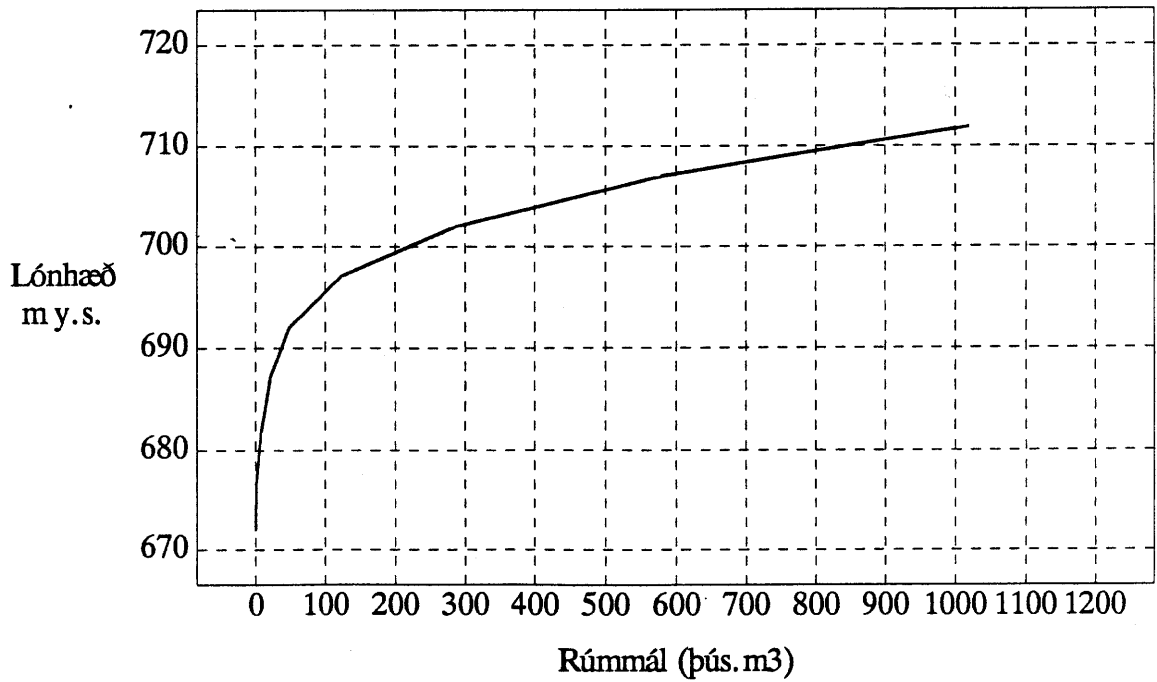


DRAUGALÓN

Stífluprófíll frá suðri til norðurs

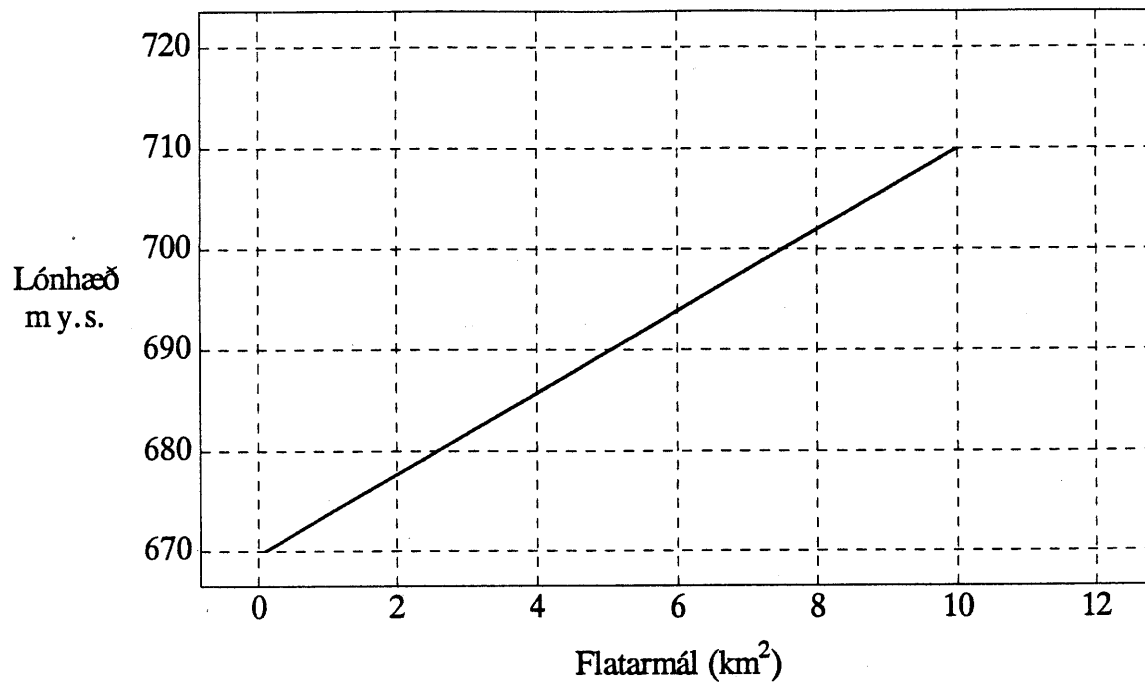


Rúmmál stíflu

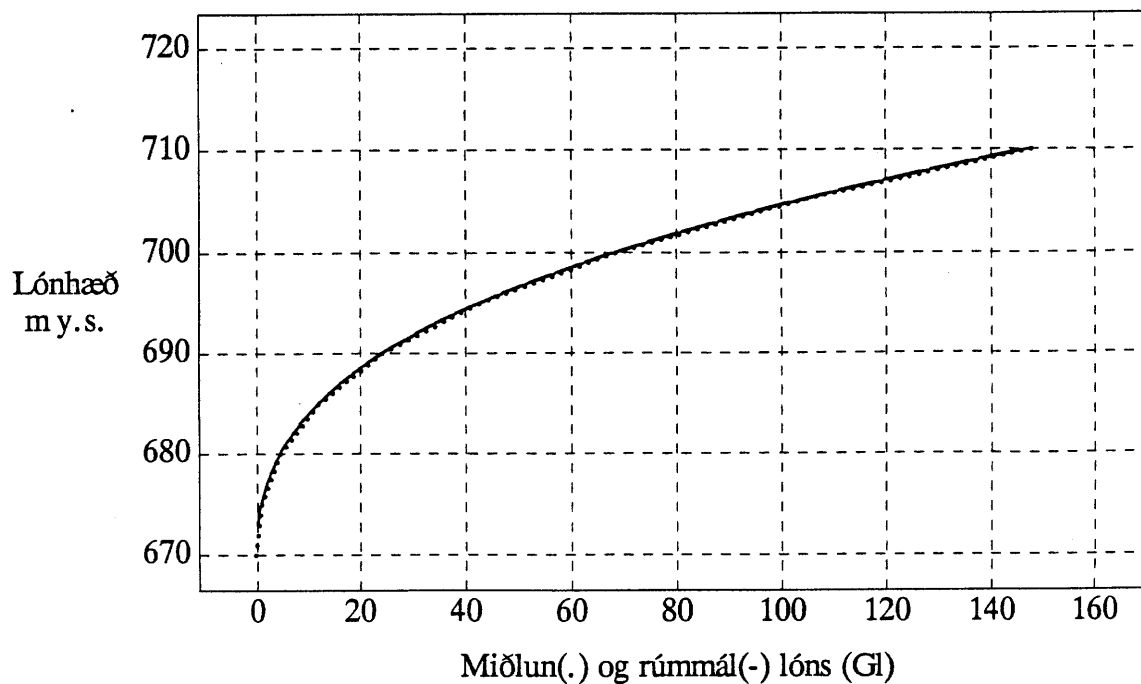


DRAUGALÓN

Lónferill

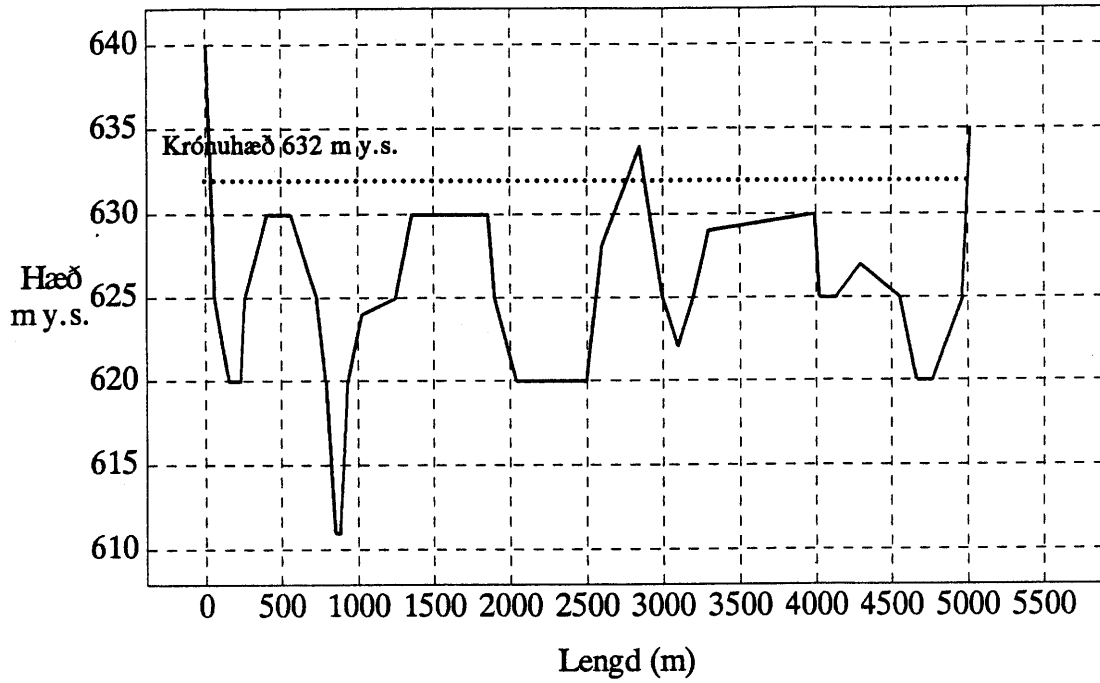


Miðlun og rúmmál

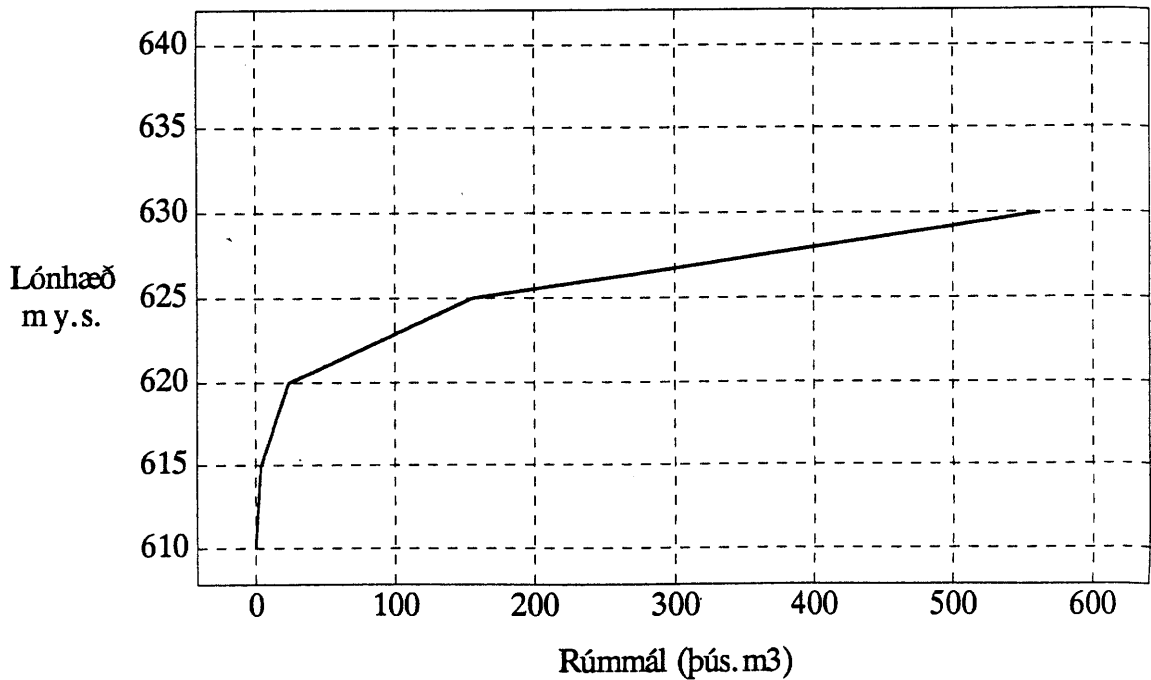


FELLALÓN

Stífluprófíll frá suðri til norðurs

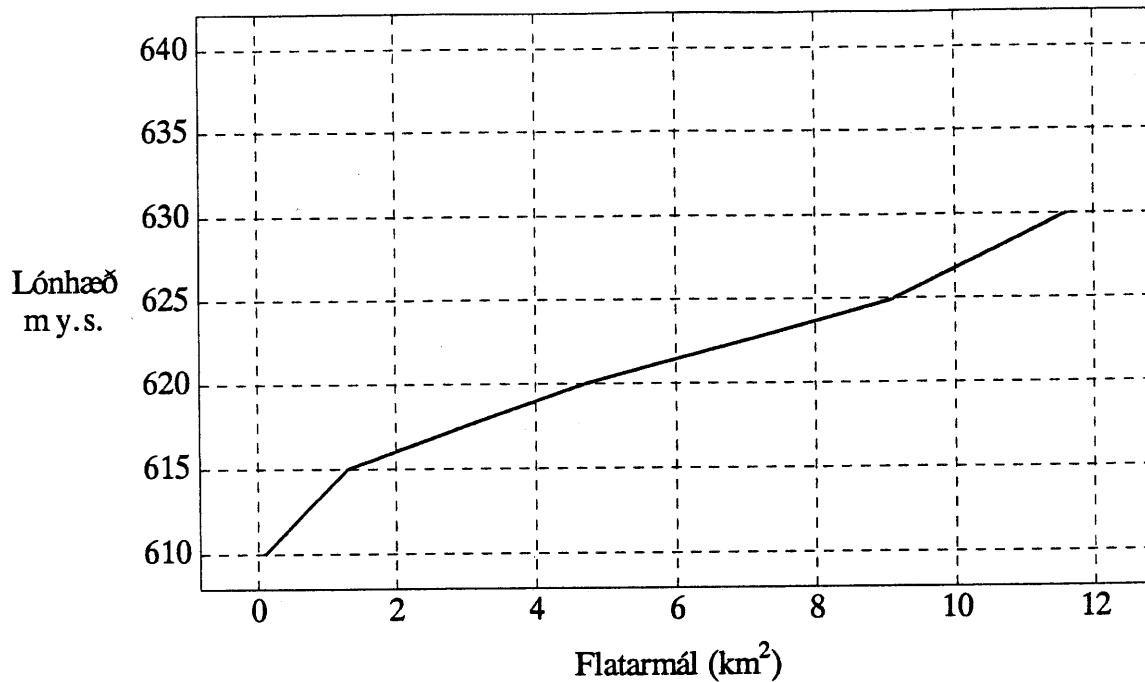


Rúmmál stíflu

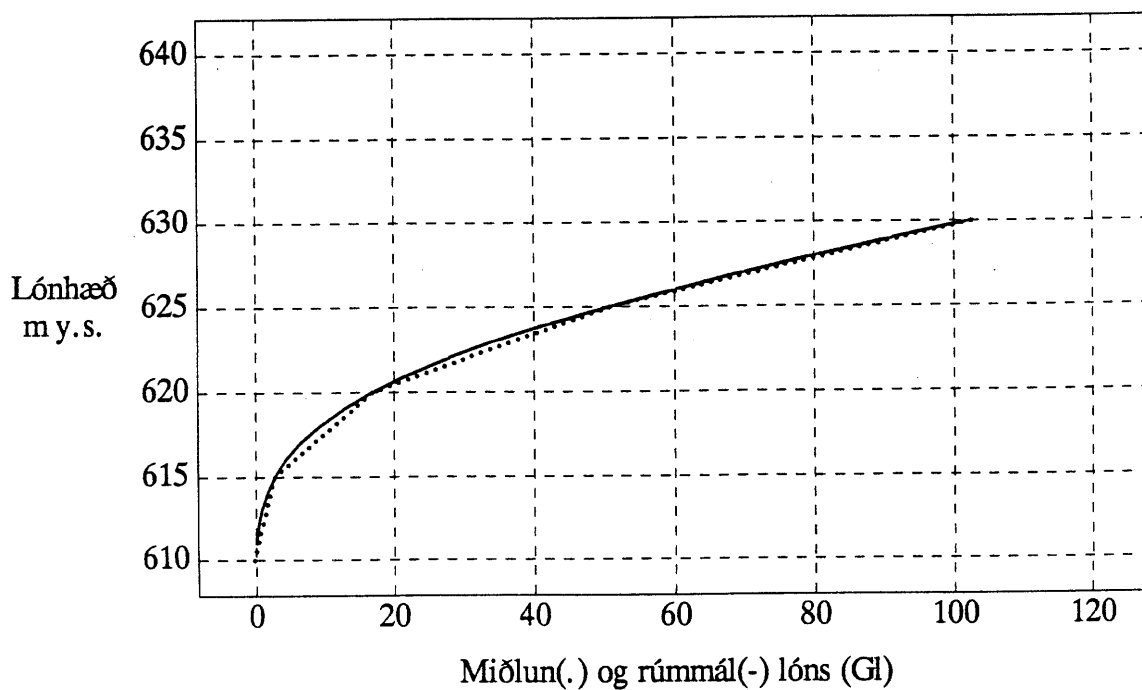


FELLALÓN

Lónferill

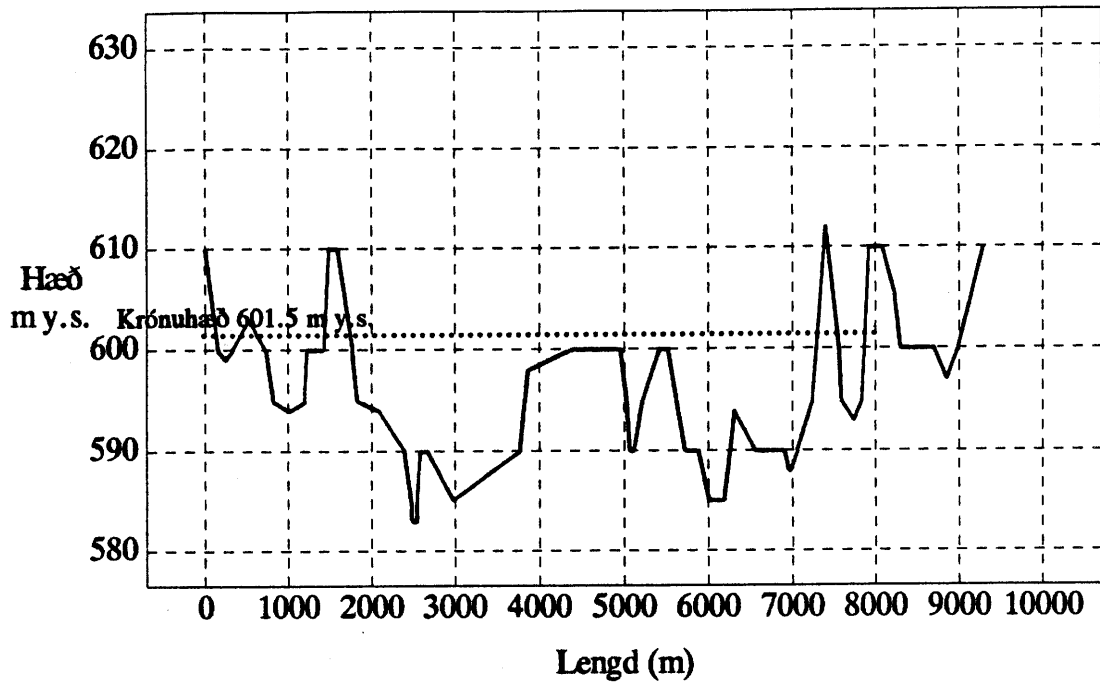


Miðlun og rúmmál

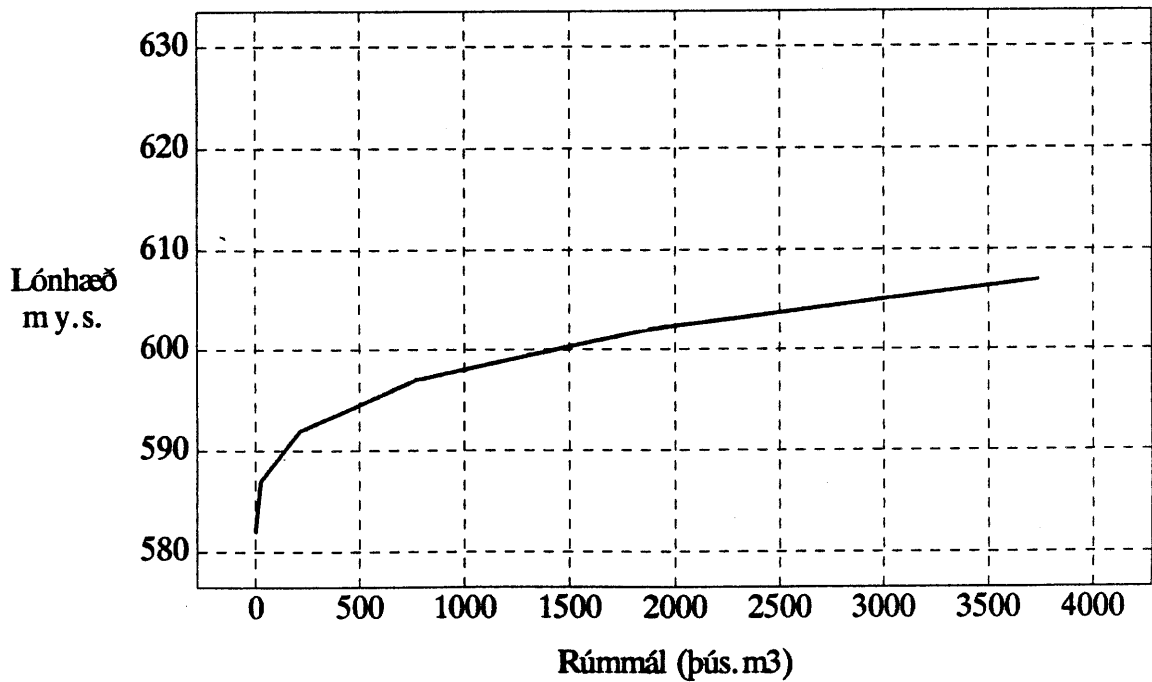


HNÚKSLÓN

Stífluprófíll frá norðri til suðurs

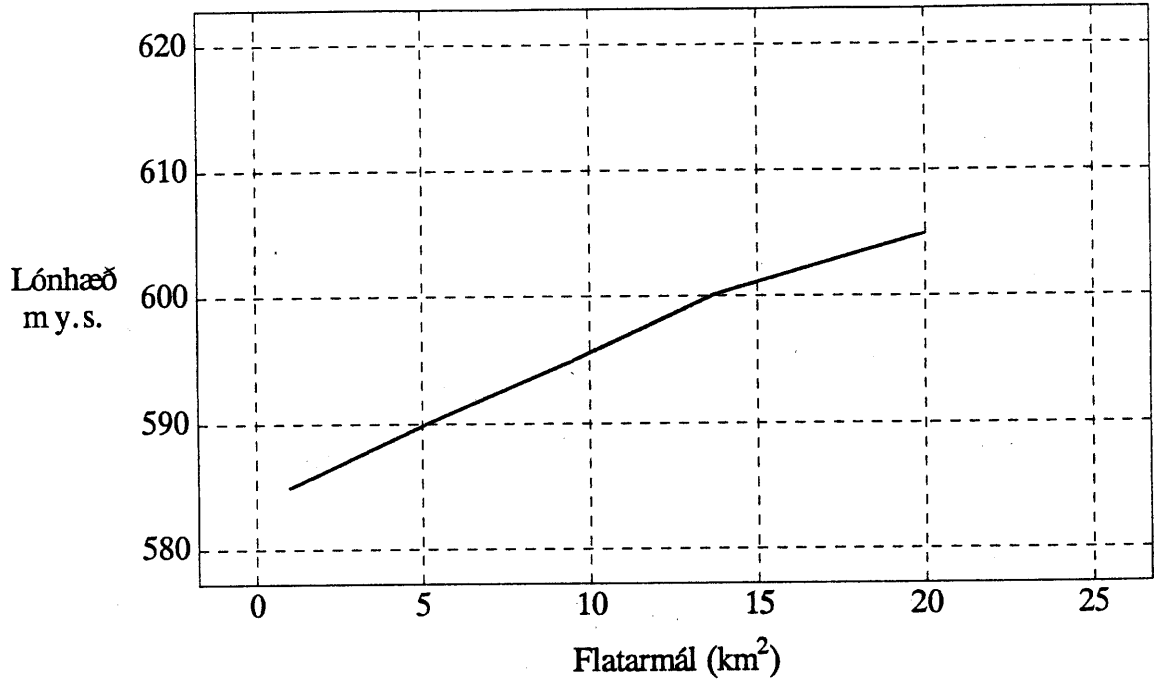


Rúmmál stíflu

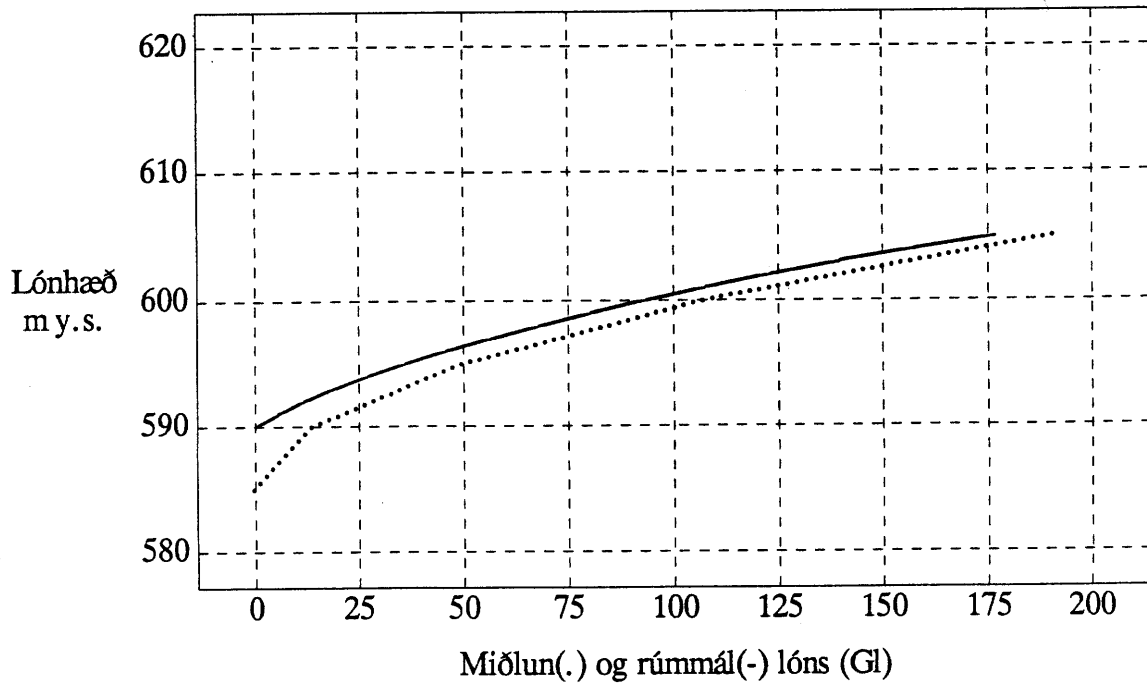


HNÚKSLÓN

Lónferill

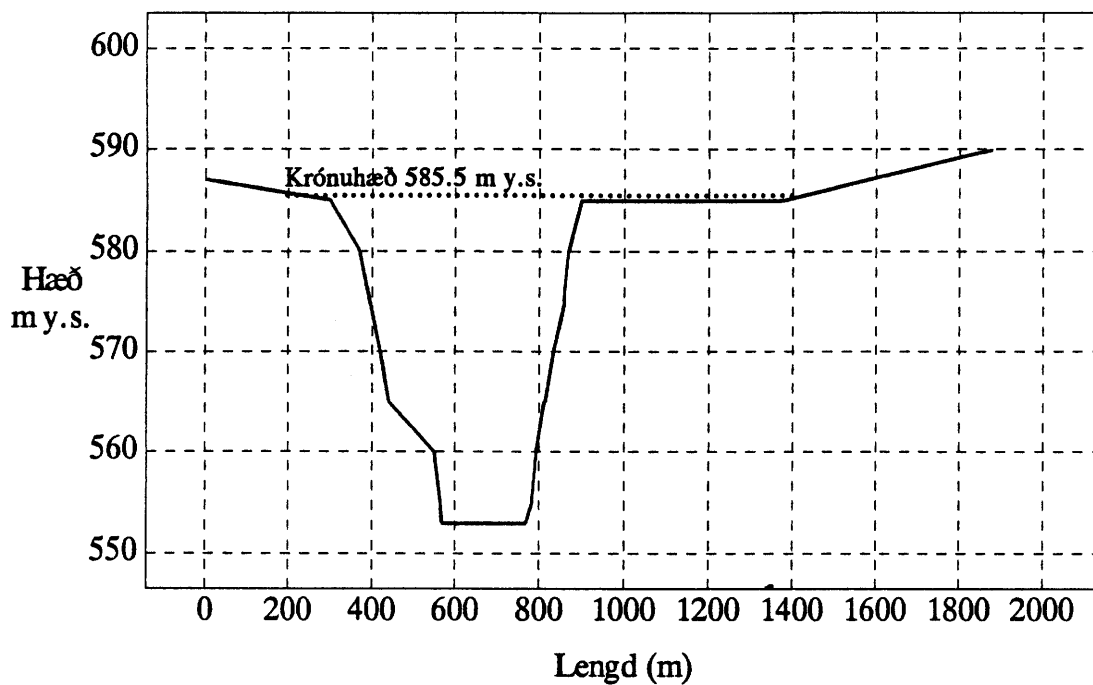


Miðlun og rúmmál

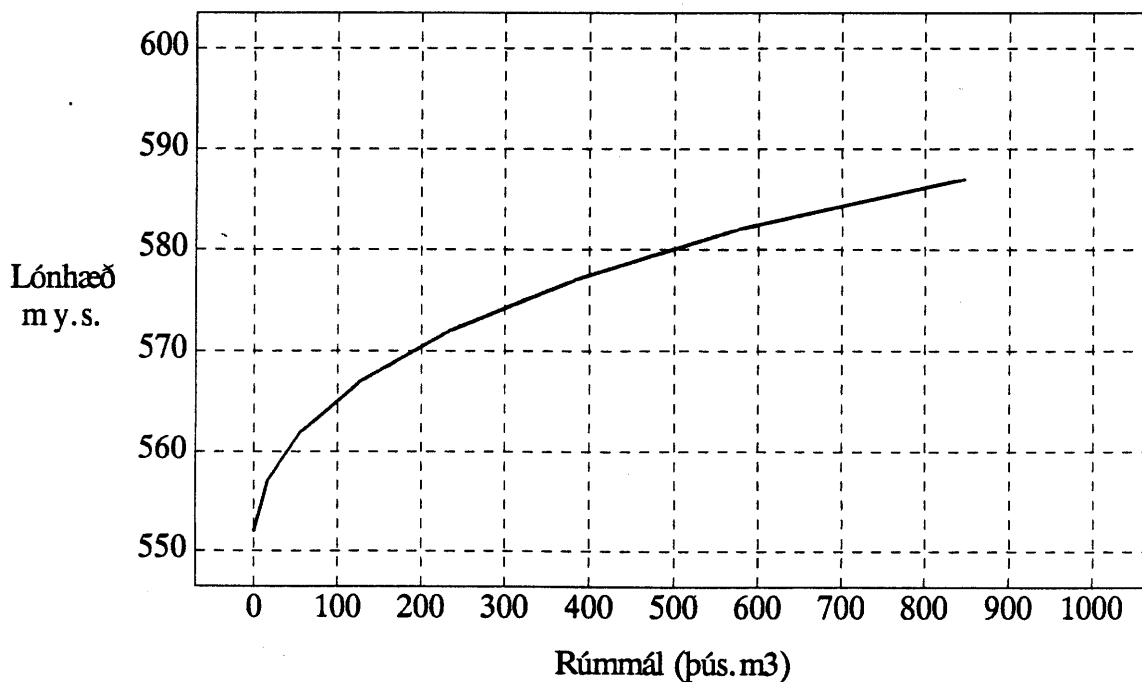


NORÐLINGAÖLDULÓN

Stífluprófill frá vestri til austurs

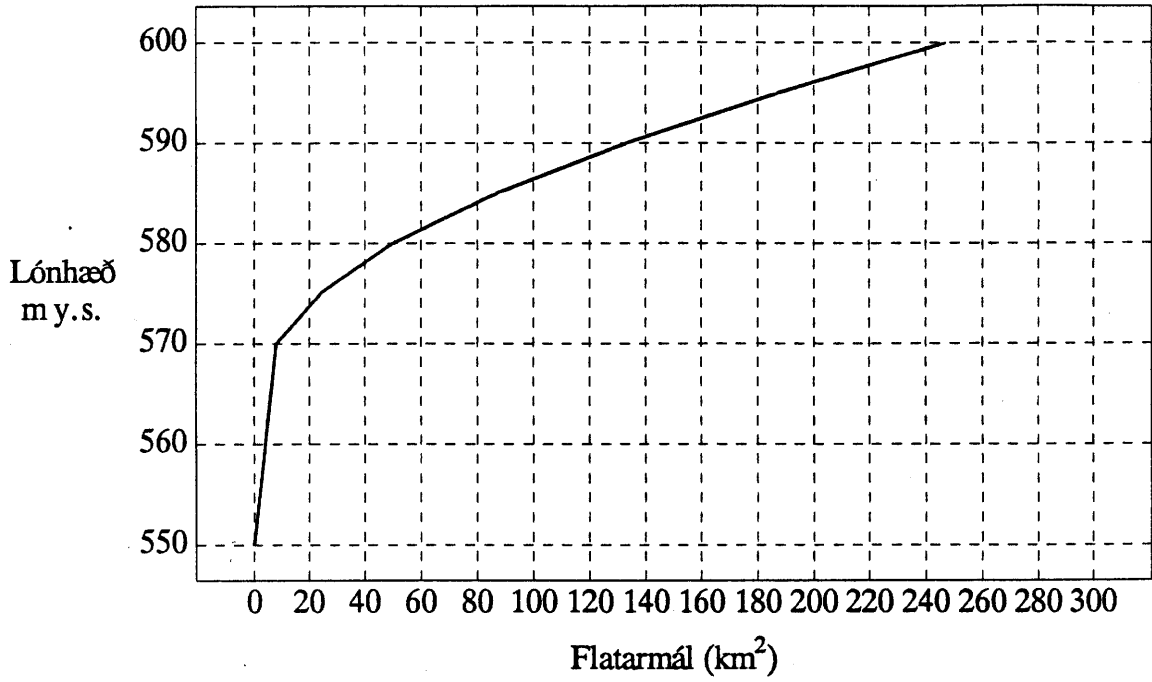


Rúmmál stíflu

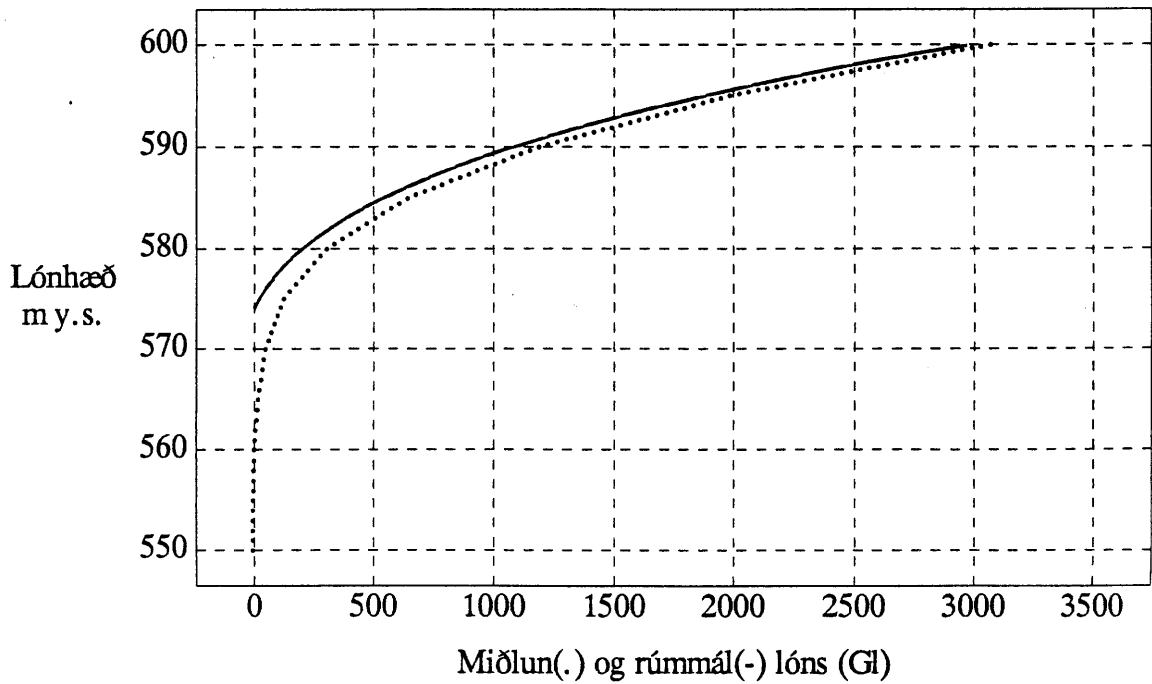


NORÐLINGAÖLDUKSLÓN

Lónferill



Miðlun og rúmmál

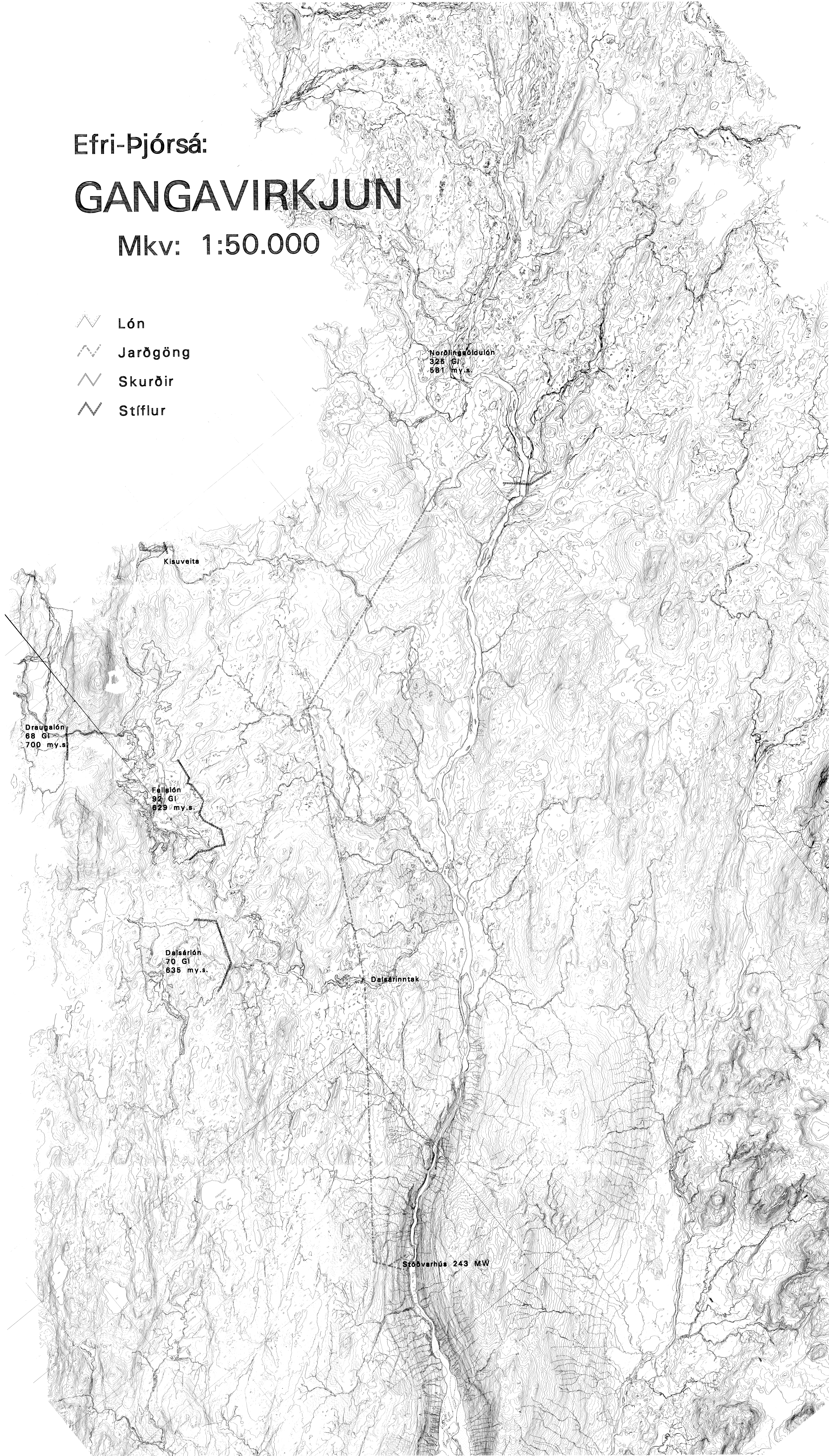


Efri-Þjórsá:

GANGAVIRKJUN

Mkv: 1:50.000

- ↘ Lón
- ↘ Jarðgöng
- ↘ Skurðir
- ↘ Stíflur



Efri-Þjórsá:

DÆLUVIRKJUN

Mkv: 1:50.000

- ↯ Lón
- ↯ Jarðgöng
- ↯ Skurðir
- ↯ Stíflur

