



ORKUSTOFNUN
Vatnsorkudeild

MARKARFLJÓTSVIRKJANIR
Forathugun

Þorbergur Þorbergsson
Hörður Svavarsson

OS-86004/VOD-03 B

Janúar 1986

ORKUSTOFNUN
VATNSORKUDEILD

Verknr.: 830

MARKARFLJÓTSVIRKJANIR
Forathugun

Þorbergur Þorbergsson
Hörður Svavarsson

OS-86004/VOD-03 B

Janúar 1986

EFNISYFIRLIT

	bls.
1 INNGANGUR	3
2 VATNAFRÆÐI	6
3 SAFNPUNKTAR OG MIÐLANIR	9
4 LÍKLEGIR VIRKJUNARKOSTIR	10
5 REIKNIGRUNNUR	13
6 NIÐURSTÖÐUR	14
7 RANNSÓKNAPÖRF	15
7.1 Vatnamælingar	15
7.2 Jarðfræði	15
RITASKRÁ	16

MYNDASKRÁ

Mynd 1 Markarfljót og Hólmsá. Vatnasvið, megineldstöðvar	4
Mynd 2 Markarfljót og Hólmsá. Afrennsliskort	5
Mynd 3 Rennsli Markarfljóts við vhm218, vatnsárið 1982	6
Mynd 4 Rennsli Skaftár í Skaftárdal, vhm70	7
Mynd 5 Deilivatnasvið sem hlutfall af vatnasviði vhm218	8
Mynd 6 Rennsli sem hlutfall af vhm218	9
Mynd 7 Markarfljót, 4 miðlanir	10
Mynd 8 Örnefnakort og líklegir virkjunarstaðir	12
Mynd 9 Reiknuð virkjanaleið	13
Mynd 10 Jafnaðarlegur stofnkostnaður virkjana	15
Mynd 11 Markarfljót, yfirlitskort (í vasa aftast)	

1 INNGANGUR

Forathugun er gerð á virkjun Markarfljóts ofan af heiðinni niður á láglandi, sbr. meðfylgjandi yfirlitskort í vasa.

Gert er ráð fyrir miðlun á Emstrum ofan Markarfljótsgljúfra og etv. einnig á Launfitjum ofan Fljótsgils.

Meginvirkjunin yrði með um 260 m fall, en vegna þess hve hagkvæmnismunur virkjanaleiða er lítill og staðarval háð jarðfræði svæðisins, sem er mjög breytileg, er líklegt að hún verði ráðandi í því efni.

Viðbótarmiðlun á Launfitjum er hagkvæm, og þá jafnframt Sátuvirkjun, sem nýtir um 100 m fall milli lónanna, ef sú stærð orkuvers þykir henta.

Reiknað er með um 1400 GJ ársrennsli á Emstrum og um þriðjungum þess í Markarfljóti ofan Fljótsgils. Virkjað rennsli reiknast því um 45 m³/s, afl aðalvirkjunar um 160 MW og orkuframleiðsla um 0,8 TWh/a. Sátuvirkjun hefur 15 MW afl og orkuframleiðsla er um 0,08 TWh/a.

Grundvöllur kostnaðarmats er verðlag í des 1983 og reynist heildar stofnkostnaður um 4,7-5 miljarðar og orkuframleiðsla um 0,9 TWh/a, eða 5,2-5,6 kr/kWh/a.

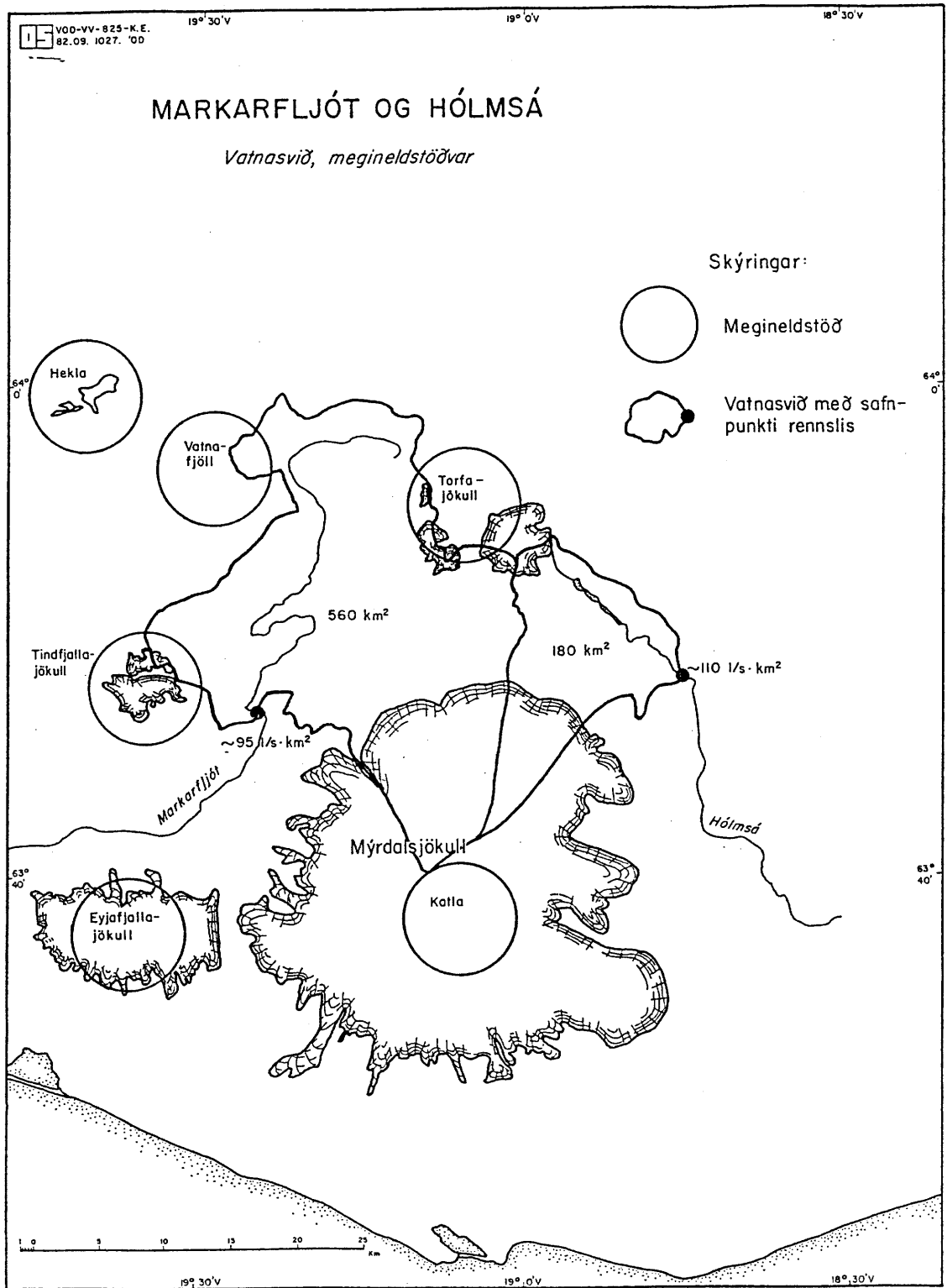
Til eru lauslegar hugmyndir um virkjun MARKARFLJÓTS, sbr. Sigurð Thoroddsen í Vatnsafl Íslands 1962. Þar er Markarfljót stíflað efst í gljúfrunum suðvestur af Stórkonufelli (Hattfelli) og síðan meðanjarðarvirkjun með jarðgöngum niður fyrir gljúfrin. Miðlunarlónið yrði um 22 km², aðrir möguleikar til miðlunar eru t.d. norðan Laufafells. Helstu kennitölur eru: Vatnasvið 535 km², meðalafrennsli 110 l/s*km², meðalrennsli 59 kl/s, meðalársrennsli 1860 GJ, yfirvatn í 500 m y.s., undirvatn í 260 m y.s. og fall því 240 m. Lengd vatnsvega 6,0 km og nettófall 220 m. Nýtanlegt rennsli 55 kl/s í meðalári, en 45 kl/s í þurru ári. Orkuframleiðsla 880 GWh í meðalári en 720 GWh í þurru ári."

Verkfræðistofa Sigurðar Thoroddsen (VST) hefur síðar fjallað um virkjun Markarfljóts: UM FORRANNSÓKNIR Á VATNSAFLI ÍSLANDS, 1971, MARKARFLJÓTSVIRKJUN, 1970 OG VIRKJUN MARKARFLJÓTS, 1974.

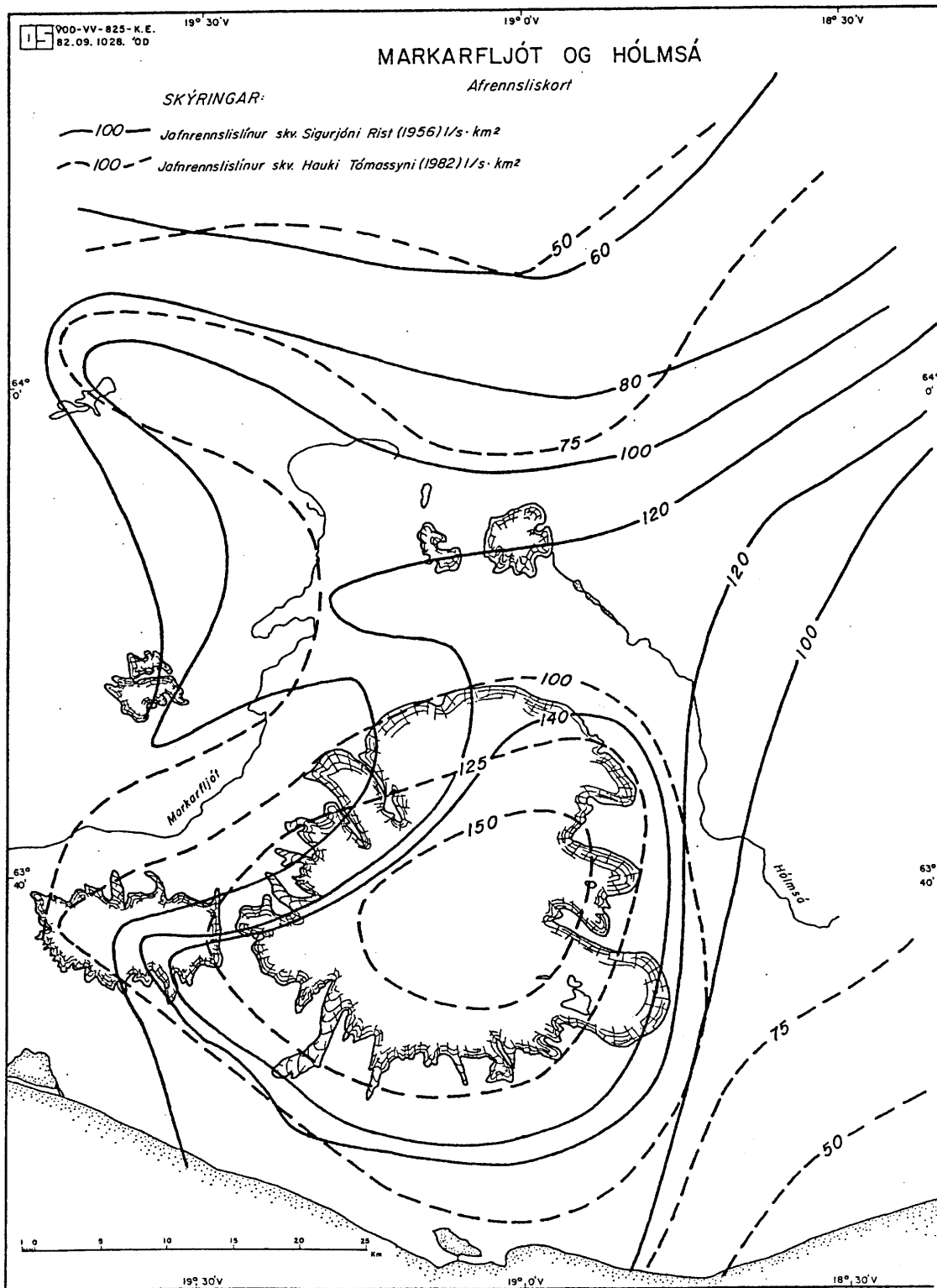
Síðan ofanskráð var unnið hefur það helst gerst að síriti var settur í Markarfljót, Vhm 218, og hefur hann verið starfráttur frá því 1. júlí 1982. Síritinn er suðvestur af Hattfelli rétt ofan við brúna á Fjallabaksleið syðri. Orkustofnun mældi svæðið 1982 vegna kortagerðar og kort voru teiknuð 1984 í m.kv. 1:20.000. Þess utan hefur jarðfræði verið lítillaga könnuð og nokkrar þverár rennslismældar stöku sinnum.

Síritinn hefur verið starfráttur í þrjú ár og mætti meta að nokkru marki rennslisorku og miðlunarþörf, en þar eð rennslislykill er ekki fullmældur, er notast við eina vatnsárið sem reiknað hefur verið.

Leitast hefur verið við að finna líkleg miðlunarlón og stíflustæði, ásamt virkjanaleiðum til að unnt verði að afla gagna fyrir endalega forathugun á sem einfaldastan og ódýrastan hátt. Má þar nefna: Er nauðsynlegt að fjölga síritum og þá hvar? Eru einhver stíflustæði dýr vegna jarðfræðilegra aðstæðna og hvernig eru jarðgangaleiðir?



Mynd 1 Markarfljót og Hólmsá. Vatnasvið, megineldstöðvar.



Mynd 2 Markarfljót og Hólmsá. Afrennsliskort.

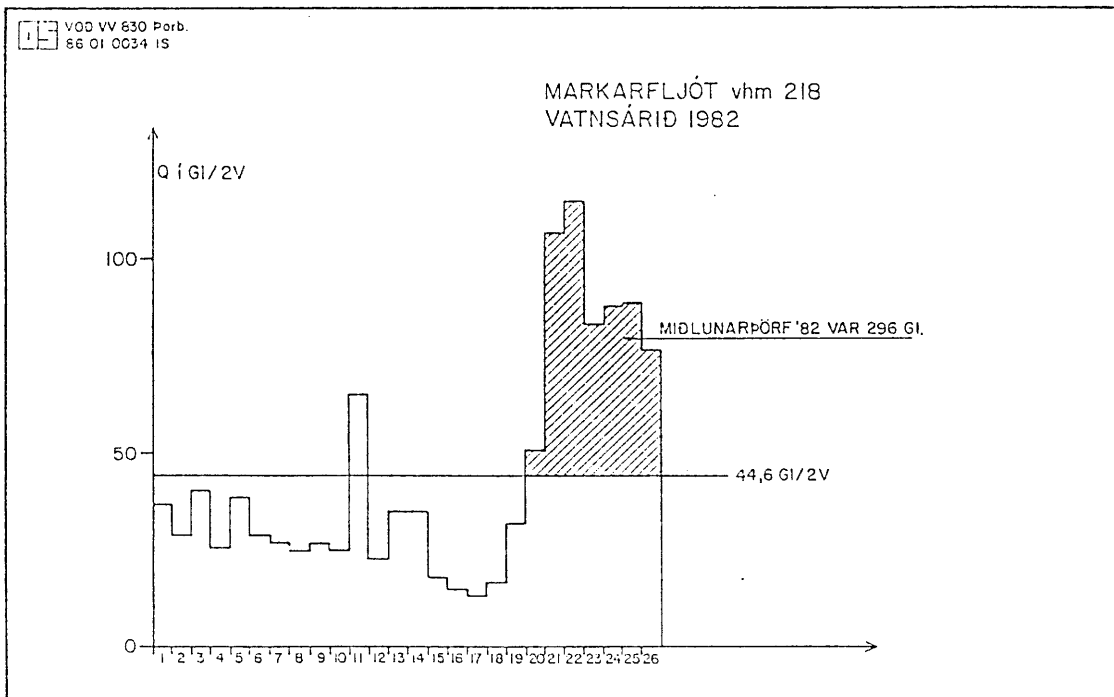
2 VATNAFRÆÐI

Markarfljót og þverár þess falla um háslétta í 500-600 m y.s. Háslétta þessi takmarkast af Mýrdalsjökli að sunnanverðu, Torfajökuls- og Kaldaklofsfjöllum að norðan en Tindfjallajökli og fjallgördum á Laufaleitum að vestanverðu. Að austanverðu eru vatnaskil úr Torfajökli um Mælifellssand í Mýrdalsjökul. Af hásléttunni fellur áin í gljúfri niður á aurana, sem það ásamt fleiri ám hefur hlaðið upp. Í mynni Markarfljótsgljúfurs er landið í um 250 m y.s. Virkjanlegt fall er því um 250 m.

Vatnasyið Markarfljóts ofan Vhm 218 er talið vera 535-560 km². (VST, 535 km² en S.Rist 560 km²). Í skilagrein Orkustofnunar OS82085/VOD39 B (FS og KE), er giskað á að meðalafrennsli vatnasyðsins við vhm218 sé um 95 l/s x km² eða um 52 m³/s.

Vatnsárið 1982 er eina árið sem hefur verið reiknað og reyndist meðalrennsli við Vhm 218 einungis um 37 m³/s, eða m.ö.o. rúmlega 2/3 hlutar af áætluðu meðalrennsli (71%).

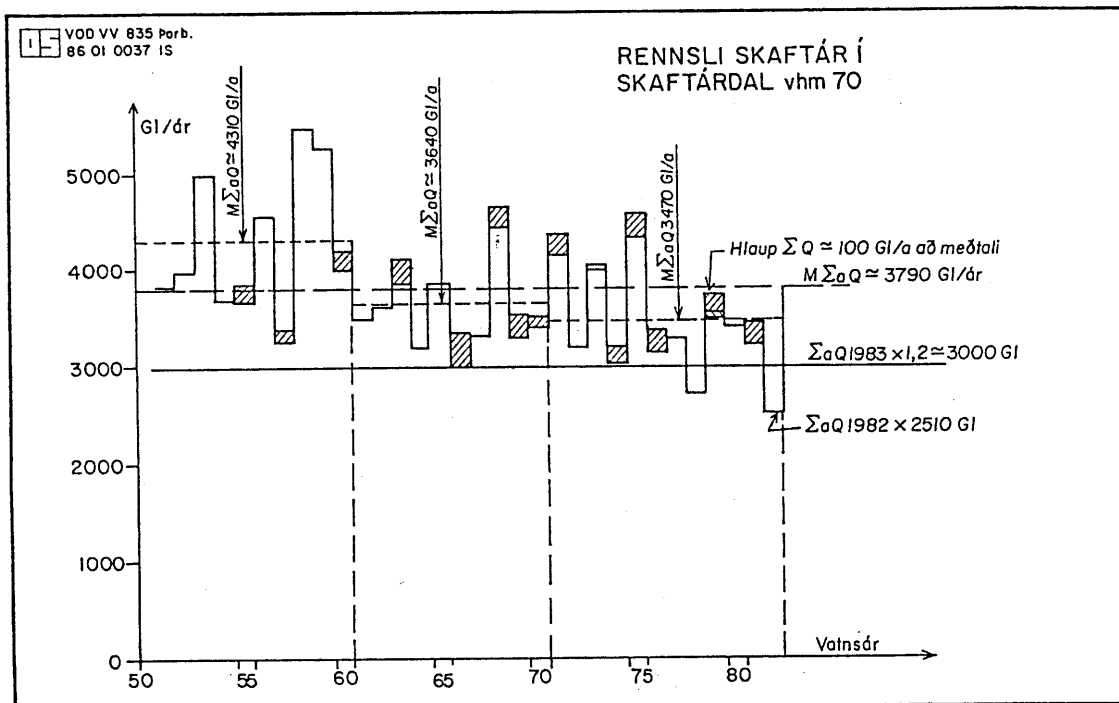
Mynd 3 hér fyrir neðan sýnir rennsli við vhm218 vatnsárið 1982. Ársrennslið var 1160 Gl, en miðlunarbörf 296 Gl, sem era einungis um 26%.



Mynd 3 Rennsli Markarfljóts við vhm218, vatnsárið 1982.

Sé litið á Skaftá (vhm 70), er ársrennslið vatnsárið 1982, 2520 Gl, sem er um 2/3 (67%) af meðalrennsli, þ.e. um 3780 Gl/ár. Þrátt fyrir hlaup í Skaftá sem rugla samanburði sést að vatnsárið '82 er langtum rýrast, meira að segja hið rýra vatnsár '78 var með um 2710 Gl rennsli. Því mætti ætla að ársrennsli Markarfljóts (við Vhm 218) væri jafnan

umtalsvert meira en árið '82. Hér er reiknað með 1400 GI ársrennsli, eða m.ö.o. 20% meira en 1982.



Mynd 4 Rennsli Skaftár í Skaftárdal, vhm70.

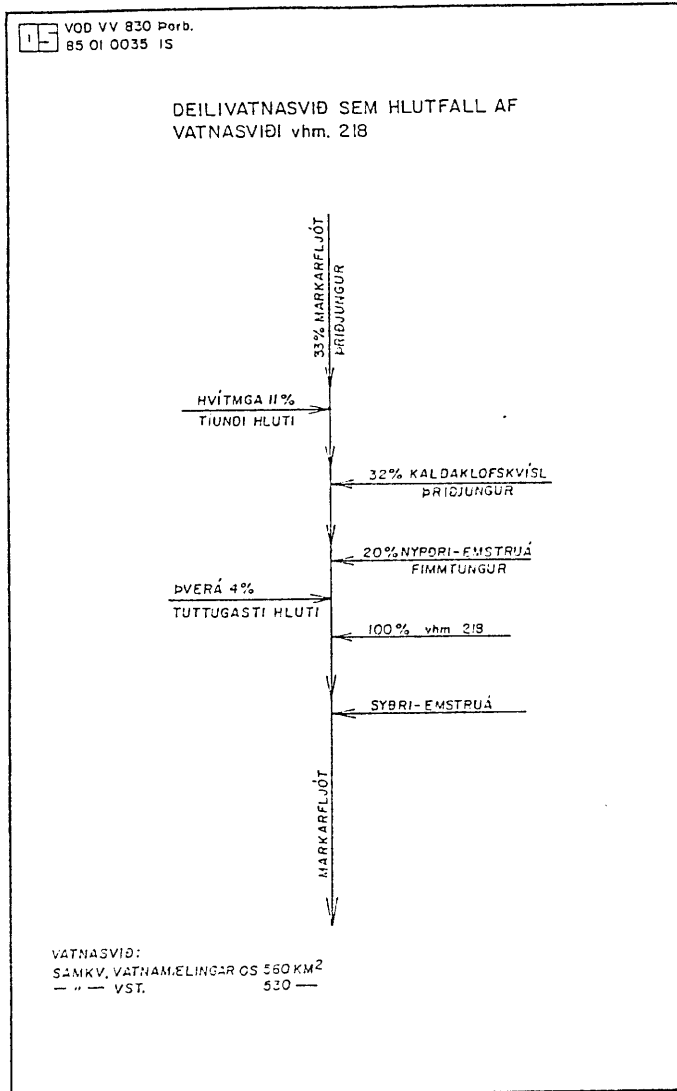
Helstu ár sem mynda Markarfljót ofan Vhm 218 eru:

Markarfljót sjálft kemur allt norðan úr Rauðfossafjöllum og Reykjadöllum, Hvítmaga fellur norðan undan Tindfjallajökli og rennur í Markarfljót neðan Fljótsgils. Kaldaklofskvísl fellur undan Torfajökli og rennur hún, ásamt Bláfjallakvísl, af Mælifellssandi, í fljótið norðan undir Illusúlu. Nyrðri-Emstruá fellur undan Mýrdalsjökli og í fljótið á móts við Litla-Grænafjall. Þverá fellur undan Lifrarfjöllum.

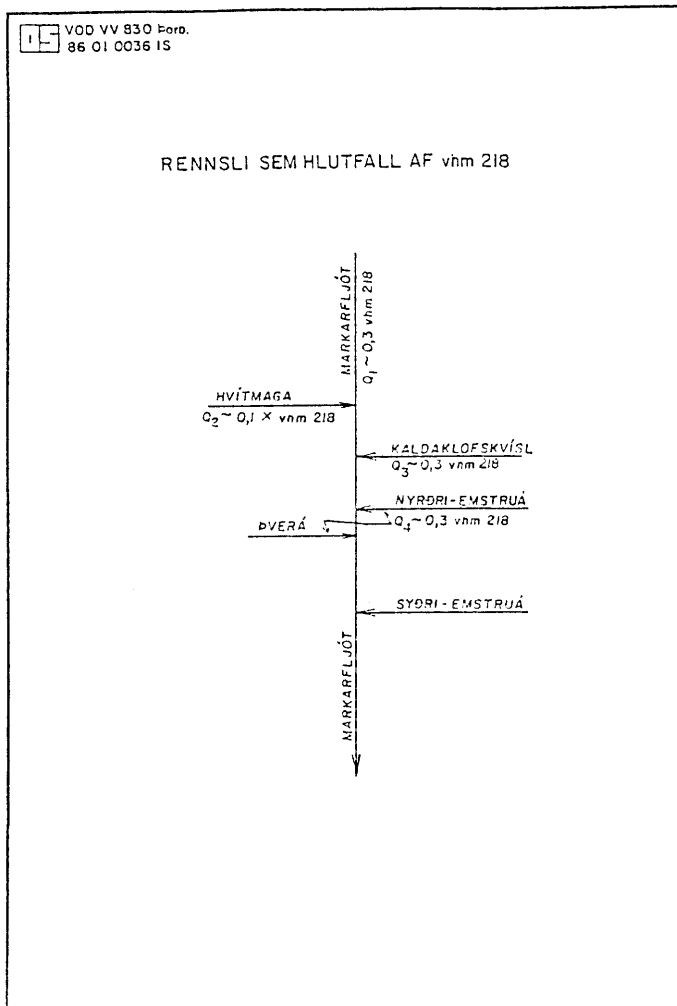
Markarfljót er flokkað J+D+L (jökulá, dragá og lindá). Þótt varhugarvert sé að athuga einungis 1 vatnsár er þó ljóst að grunnvatnsrennsli er umtalsvert, sbr. mynd 3 sem sýnir vatnsárið, '82.

Til að gera sér einhverja hugmynd um rennsli einstakra áa sem mynda Markarfljót má nota stærð vatnasviða þeirra. Augljóst er þó hversu gróft slíkt mat er, einkum er þó líklegt að Nyrðri-Emstruá sé vanmetin.

Ef tekið er eitthvert tillit til líklegar úrkomu á mismunandi deilivatnasvæðum mætti hugsa sér rennsli ána sem hlutfall af rennsli við Vhm 218 eins og er sýnt á mynd 6, þar sem reiknað er með að ofan Fljótsgils sé rennslið 30% miðað við vhm218.



Mynd 5 Deilivatnasvið sem hlutfall af vatnasviði vhm218.



Mynd 6 Rennsli sem hlutfall af vhm218.

3 SAFNPUNKTAR OG MIÐLANIR

Möguleg lónstæði eru sýnd á yfirlitskortu.

1. Ofan við stíflu í Fljótsgili
2. Ofan við stíflu í Torfahlaupi
3. Ofan við stíflu milli Grænafjalls og Illusúlu
4. Ofan við stíflu efst í Markarfljótsgljúfrum.

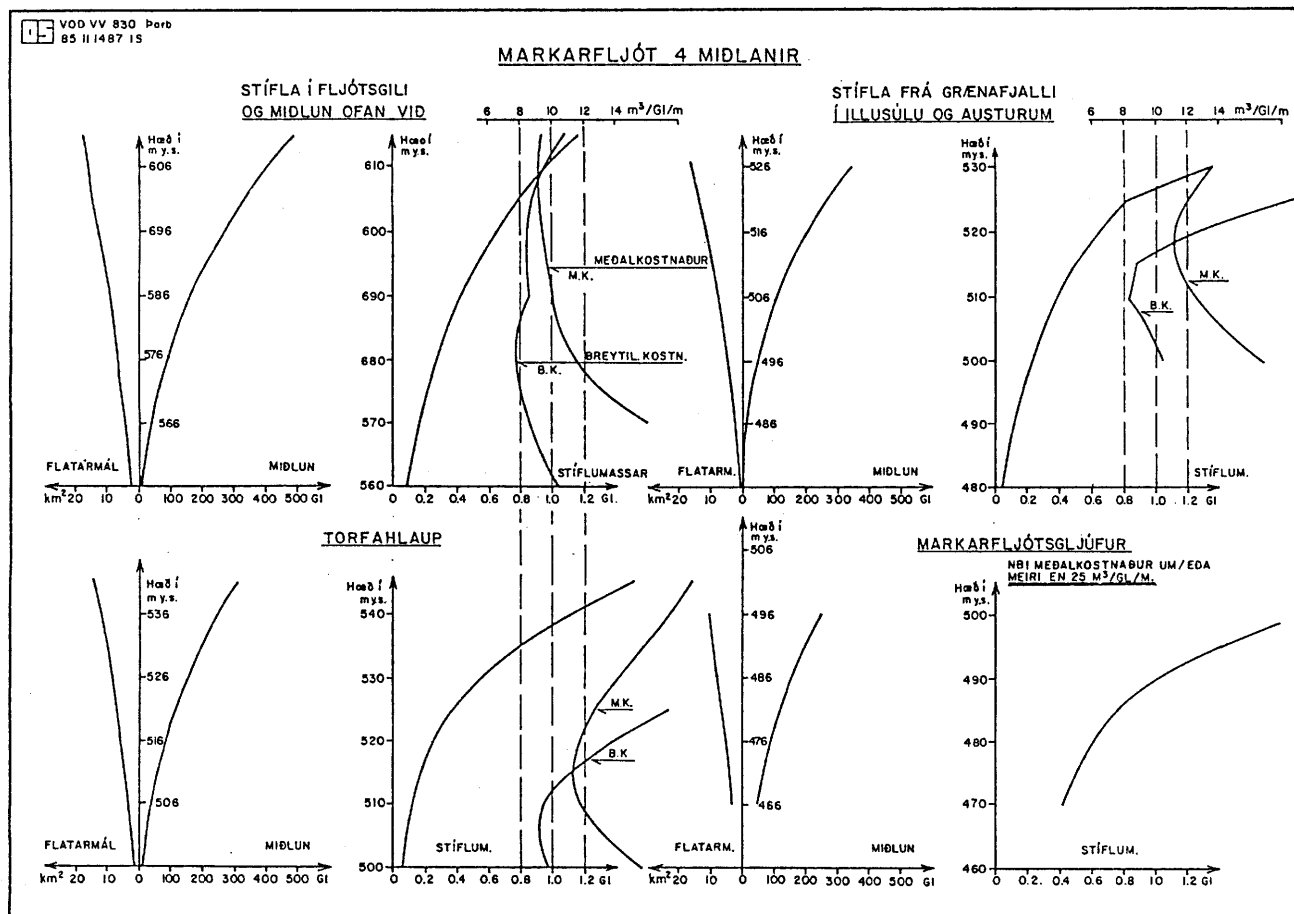
Lónstærðir, miðlunarrými og stíflumassar þessara safnpunkta er sýnt grafískt á mynd 7.

Líklega er hagkvæmast að stífla fljótið í safnpunkti 4, en ef miðlunarbörf er mun meiri en þannig fæst má geyma vatn ofan Fljótsgils. Þá mætti virkja fallið milli lónanna (í gegnum Sátu).

Miðlun 2, ofan Torfahlaups, er langtum síst og kemur vart til greina.

Miðlun 3 er erfitt að meta því að rennsli Nyrðri-Emsturár er ekki þekkt, og þess vegna ekki unnt að meta veitukostnað árinna í miðlunarlónið.

Hér verður reiknað með miðlun (1) ofan Fljótsgils, virkjun í gegnum Sátu og síðan miðlun (4) ofan Markarfljótsgljúfra og virkjun fallsins úr lóninu niður á Markarfljótsaura.



Mynd 7 Markarfljót, 4 miðlanir.

4 LÍKLEGIR VIRKJUNARKOSTIR

Þeir sem velt hafa vöngum yfir orku Markarfljóts hafa bent á líklegustu lausnir til að beisla hana. Hér verður fjallað um svipaðar lausnir, en þó breyttar að því leyti að:

- a) miðlunarlón er mun minna að flatarmáli en áður hefur verið talið (12 km² í stað 22 km²) og
- b) rennsli er miklum mun minna en talið var, a.m.k. vatnsárið '82, eða ca. 1160 Gt/ár, í stað 1860 Gt/ár, sem áður var reiknað með. Hér verður reiknað með 1400 Gt/ár.

Vegna þess hve óvissuþættir eru margir og stórir þá eru hér valdar einfaldar lausnir.

1. Stífla ofan Markarfljótsgljúfra og virkjað niður á aura.
Hér er reiknað með hæsta vatnsborði í 505 m y.s. og miðlun
niðuri 450 m y.s. Miðlun um 350 Gl.

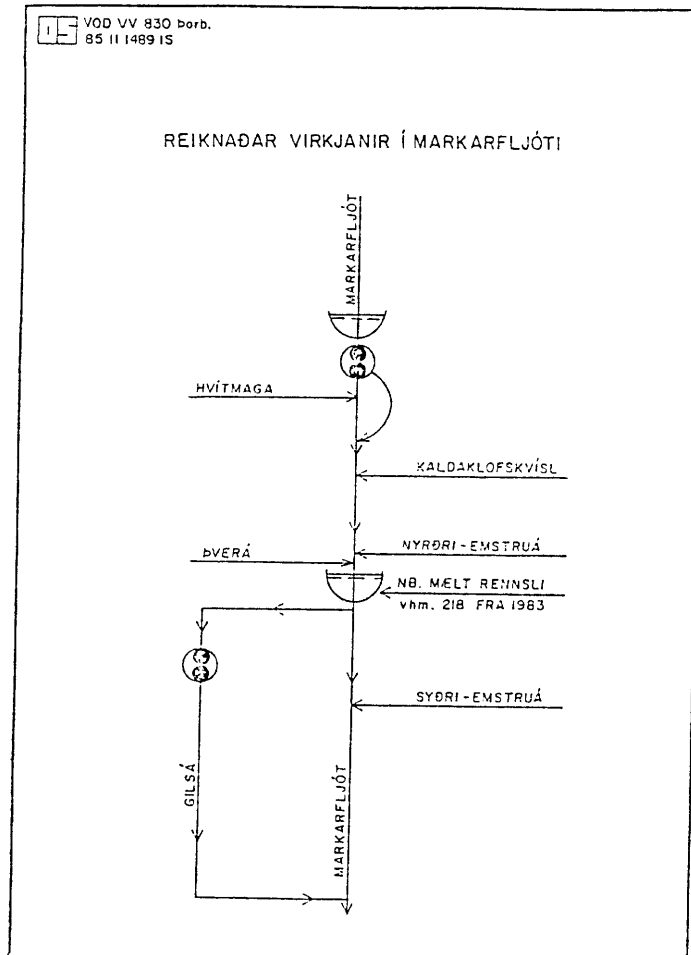
1.1 Aðrennslisgöng í vesturbakka Markarfljótsgljúfra, neðan-
jarðarvirkjun og frárennsli í gljúfrunum í c.a. 250 m y.s.

1.2 Aðrennslisgöng vestur í Gilsá (Eystri-Botná) inntakslón þar
og frárennsli á Gilsáráurum í gílinu í um 225 m y.s.

1.3 Aðrennslisgöng um móbergshnjúka í stefnu vestan við Einhyrning,
inntakslón og neðanjarðarvirkjun með frárennsli í Gilsá, sbr. 1.2.

Líklegt er að æskilegt sé að hafa meiri miðlun heldur en hagkvæmt er
ofan Markarfljótsgljúfra, og er því reiknað með miðlun ofan Fljóts-
gils. Ef sú miðlun er æskileg, þá er vafalítið hagkvæmt að virkja
fallið milli lónanna.

2. Sátuvirkjun: með hæstu inntakshæð í ca. 593 m y.s. og frárennsli
í neðra lónið. Miðlun um 230 Gl.



Mynd 9 Reiknuð virkjanaleið

5 REIKNIGRUNNUR

Við samanburð virkjanakosta eru tveir þættir athugaðir: **stofnkostnaður** og **orkuframleiðsla**. Við þennan samanburð er notað reiknilíkan Orkustofnunar "HYDRO". Stofnkostnaði vatnsaflsvirkjana, K, er skipt í verktakakostnað, ófyrirséðan kostnað og verkkaupakostnað.

Verktakakostnaður telst sanngjörn greiðsla til verktaka fyrir að vinna verkið. Ófyrirséður kostnaður er hér reiknaður sem 13 af hundraði verktakakostnaðar. Verkkaupakostnaður skiptist í undirbúningskostnað, hönnunar- og umsjónarkostnað og loks fjármagnskostnað. Við forathugun reiknast verkkaupakostnaður sem ákveðinn hundraðshluti af verktakakostnaði. Nánari sundurliðun:

Verktakakostnaður	100%
Ófyrirséður kostnaður	13%
Undirbúningskostnaður	3%
Hönnunar- og umsjónarkostnaður	15%
Fjármagnskostnaður	19%

Samtals	150%

Orkuframleiðsla, E, er m.a. háð rennslisháttum og stærð miðlunarrýmis

og í reiknilíkani OS "HYDRO" eru niðurstöður fengnar sem hlutfall orkuvinnslu af rennslisorku árlegs meðalrennslis til virkjunar.

Við samanburð á hagkvæmni virkjanakosta er oftast notaður stofnkostnaður á orkueiningu, K/E (kr/kWh/a).

Kostnaðarjöfnur reiknilíkansins (HYDRO) miðast við:

Verðlag í des. 1982 (vísitala byggingarkostnaðar 100 stig)
Reiknivextir 8%
Afskriftatími 40 ár
Rekstrarkostnaður á ári 1% af stofnkostnaði

6 NIÐURSTÖÐUR

Sá kostur, sem nefndur var 1.1 í kaflanum hér á undan, er talinn slæmur af jarðfræðiaástæðum (sjá Snorri P. Snorrason og Freysteinn Sigurðsson 1983), og að auki virðist hann vera dýrari á orkueiningu (kr/kWh/ár) en kostur 1.2. Sú lausn með 350 GJ miðlun ca. 25% af ársvatni sem hér er ætlað 1400 GJ) kostar um 4 milljarða (verðlag í des. '83) og orkuframleiða rúmlega 0,8 TWh/a (820 GWh/a). Kostnaður á orkueiningu reiknast um 4,8 kr/kWh/a (verðl. í des. '83).

Lausn 1.3 er etv. í hagstæðari jarðmyndunum og er reikningslega lítið dýrari en lausn 1.2. (munar fáum prósentum) og gæti því verið betri kostur.

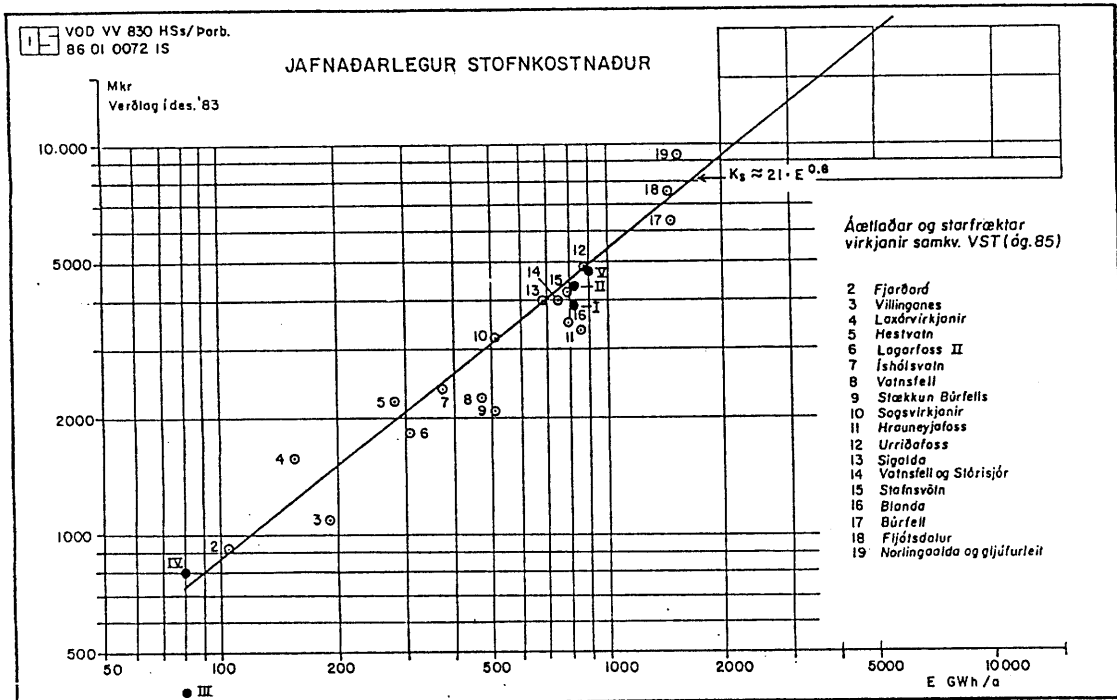
Líklegt er að meiri miðlun sé æskileg og þá er sennilega hagstætt að virkja ofan Fljótsgils. Ef hæsta vatnsborð yrði í 593 m y.s. og niðurdráttur 43 m fengist þarna um 230 GJ miðlun, sem kostar tæpl. 0,4 milljarða kr. sem samsvarar um 5,2 kr/kWh/a kostnaði á orkueiningu, en á móti komi Sátuvirkjun (merkt 2), sem einungis kostar tæplega 0,4 milljarða kr auk miðlunarmannvirkja og framleiðir um 80 GWh/a, en það jafngildir kostnaði um 4,9 kr/kWh/a (verðl. í des. '83). Samanlagt framleiða þessar virkjanir því um 0,9 TWh/a, og heildarkostnaður er um 5,2 kr/kWh/a.

Á mynd 10 sem sýnir jafnaðarlegan stofnkostnað, eru sýndar eftirtaldar lausnir.

	Afl MW	Orka GWh/a	Kostnaður Mkr.	K/E kr/kWh/a
I Markarfljótsvirkjun ein	160	820	3900	4,8
II - " - með viðbótar miðlun ofan Fljótsgils.	160	820	4300	5,2
III Sátuvirkjun eftir að miðlun er gerð ofan Fljótsgils.	15	80	400	5,0
IV Sátuvirkjun ein sér	15	80	800	10,0
V Markarfljótsvirkjun og Sátuvirkjun	175	900	4700	5,2

Af ofanskráðu má ætla að Markarfljótsvirkjun geti verið hagkvæmur kostur, en til að meta það þarf fyrst og fremst að mæla rennsli. Reynist miðlunin ofan Markarfljótsgljúfra ekki nægjanleg þarf einnig að þekkja rennsli ofan Fljótsgils.

Ef stíflustæði efst í Markarfljótsgljúfrum er ekki sem skyldi er unnt að veita Nyrðri-Emstruá í miðlunarlón norðan Illusúlu (nr. 3 í kafla 3) og stífla fljótið aftur skammt neðan við ármót Þverár / Markarfljóts og hafa aðrennslisgöng á svipuðum slóðum og í lausn 1.2. Til að meta þessa tilhögun þarf að þekkja rennslisþætti Nyrðri-Emstruár, því að þarna væri verið að veita ómiðluðu vatni.



Mynd 10 Jafnaðarlegur stofnkostnaður virkjana.

7 RANNSÓKNAPÖRF

7.1 Vatnamælingar

Mæla rennslislykil vhm218.

Samanburðarmælingar: Markarfljót í Fljótsgili
- " - Nyrðri-Emstruá við Súluhryggi.

7.2 Jarðfræði

- a) Stíflustæði ofan við Markarfljótsgljúfur.
- a) - " - í Fljótsgili.
- b) - " - við ármót Þverár/Markarfljóts.
- b) - " - milli Grænafjalls og Illusúlu.

- b) - " - í Nyrðri-Emstruá við Súluhryggi.
- a) - " - í Botná.
- a) Gangaleið frá Mosum í Botná og þaðan í Gilsá.
- a) - " - frá Mosum um Einhyrning í Gilsá.
- a) - " - í gegnum Sátu.

Atriði merkt a) yrðu fyrst könnuð, og ef niðurstaðan er ekki sem skyldi þá yrðu atriði b) könnuð.

RITASKRÁ

Elsa G. Vilmundardóttir og Ingibjörg Kaldal 1983: Markarfljót, Lónafyllur og gjóskulög. Orkustofnun, OS83054/VOD-26 B.

Freysteinn Sigurðsson og Kristinn Einarsson 1982: Forkönnun virkjana og rennslismælingar við Markarfljót og Hólmsá í Skaftártungu. Orkustofnun, OS-82085/VOD-39 B, 18 s.

Guðrún Larsen 1978: Gjóskulög í nágrenni Kötlu. 4. árs ritgerð við Jarðfræðaskól Háskóla Íslands, 60 s.

Haukur Jóhannesson, Sveinn P. Jakobsson og Kristján Sæmundsson 1982: Jarðfræðikort af Íslandi, blað 6, Miðsuðurland, önnur útg. Náttúrufræðistofnun Íslands og Landmælingar Íslands, Reykjavík

Haukur Tómasson 1982: Vattenkraft i Island och dess hydrologiska förutsättningar. Orkustofnun OS-82059/VOD10 og NHK-82, Förde, Noregi, 28.-30. júní 1982. (Sérprent), 10 s.

Jørgensen, K.A., 1980: The Thorsmörk ignimbrite: an unusual comendite pyroclastic flow in southern Iceland. J. Volcanol. Geotherm. Res., 8: 7-22.

Kristján Sæmundsson 1972: Jarðfræðiglefsur um Torfajökulssvæðið. Náttúrfr. 42. árg. 3 hefti: 81-99.

Orkustofnun, Raforkudeild 1969: Áætlun um forrannsóknir á vatnsorku Íslands 1970-1974.

Orkustofnun, Vatnsorkudeild 1982: Fimm ára áætlun um rannsóknir vegna vatnsaflsvirkjana. Orkustofnun, OS-82098/VOD-16, 55 s.

Orkustofnun, Vatnamælingar 1969: Vatnasvið Íslands, Orkustofnun, Vatnamælingar, skilagrein 6902, 94 s.

Rannveig Rist 1982: Síritaeftirlit og rennslismælingar Skaftárvæði/Markarfljót. Orkustofnun, greinargerð RR-82/02, 1 s.

Sigurður Thoroddsen 1962: Vatnsafl Íslands. Erindi flutt á ráðstefnu íslenskra verkfræðinga. Tímarit Verkfræðingafélags Íslands, 47. árg., 1962 s. 4-16.

Sigurjón Rist 1956: Íslensk vötn. Raforkumálastjóri, Vatnamælingar, 127 s.

Snorri P. Snorrason og Freysteinn Sigurðsson 1983: Markarfljót. Forkönnun á jarðfræði. Orkustofnun. OS-83044/V0D-23 júní 1983.

Sveinn P. Jakobsson 1979: Petrology of Recent Basalts of the Eastern Volcanic Zone, Iceland. Náttúrufræðistofnun Íslands, Acta Nat. Isl. 26, 103 s.

Verkfræðistofa Sigurðar Thoroddsen sf. 1970: Markarfljótsvirkjun. Lausleg áætlun um virkjun við Stórkonufell, 138 MW, 970 GWh/a. Orkustofnun, 2 s.

Verkfræðistofa Sigurðar Thoroddsen sf. 1971: Um forrannsóknir á vatnsaflí Íslands. Yfirlit yfir athuganir á vatnsaflí Íslands árin 1965-1970. Endurskoðun á kostnaðaráætlunum og tillögur um framtíðarrannsóknir. Orkustofnun, 26 s.

Verkfræðistofa Sigurðar Thoroddsen sf 1974a: Virkjun Markarfljóts, frumdrög að áætlun. 2 s.

Verkfræðistofa Sigurðar Thoroddsen sf. 1974b: Virkjun Markarfljóts, vettvangsathuganir 1974. 3 s.

Verkfræðistofa Sigurðar Thoroddsen sf. 1974c: Bréf til Orkustofnunar, ásamt línuriti yfir stofnkostnað vinnsluvirkja.

MARKARFLJÓTSVIRKJANIR

11 km²
593 m y.s.
230 Gl

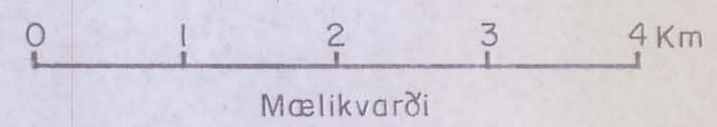
Sáruvirkjun

12 km²
505 m y.s.
350 Gl

Markarfljótsvirkjun

225 m y.s.

250 m y.s.



SKÝRINGAR:

- Stíflur
- Jarðgöng
- Skurðir
- Stöðvarhús
- Lón

