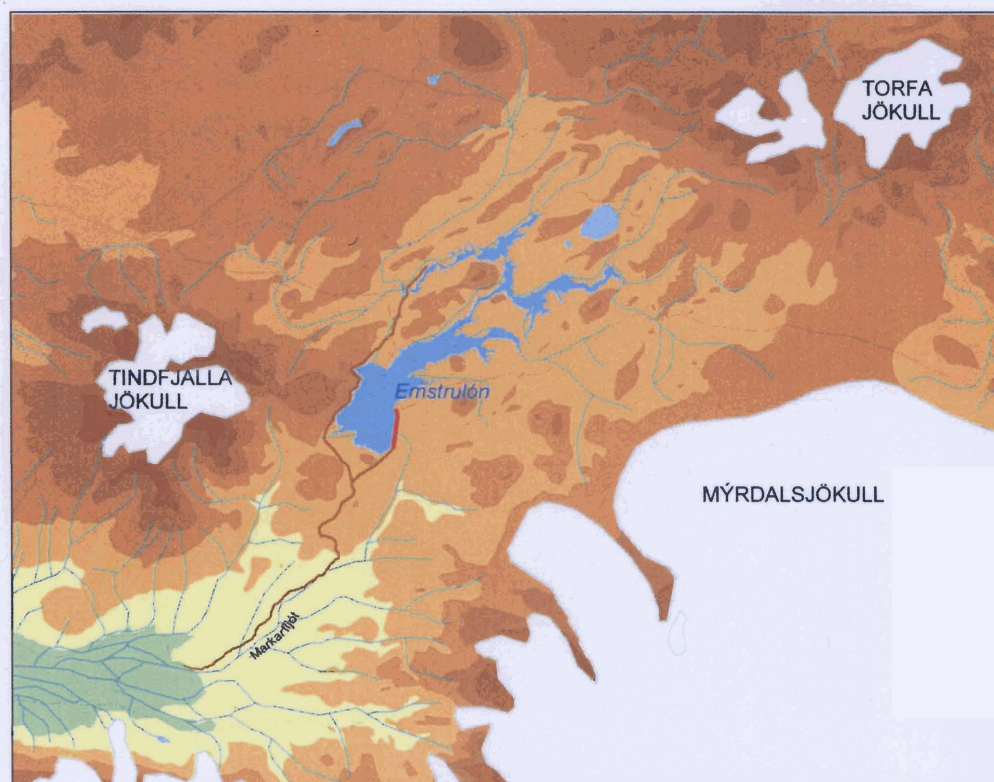




Markarfljótsvirkjanir

Forathugun





Markarfljótsvirkjanir

Forathugun

Desember 2003

ISBN 9979-68-104-7





ORKUSTOFNUN

Auðlindadeild
Grensásvegi 9
108 REYKJAVÍK

Tilv. yðar

Bréf yðar

Tilv. vor
200.0303

Dags.
2002-10-22

Rammaáætlun um virkjanir. Markarfljótsvirkjanir

Skýrsla um forathugun virkjana í Markarfljóti fylgir hér með. Með hámarksnýtingu er gert ráð fyrir tveimur virkjunum, Sátuvirkjun og Emstruvirkjun sem er stærri og hagkvæmari. Skýrslan fjallar einkum um virkjunartilhögun þar sem frárennsli frá Emstruvirkjun fer út í farveg Markarfljóts ofan Þórsmerkur, en meiri fallhæð fæst með því að virkja út í farveg Gilsár sem fellur í Markarfljót nokkru neðar. Sú virkjunarleið hefur verið áætluð miðað við Emstruvirkjun eina án Sátuvirkjunar. Með fyrir nefndu tilhöguninni yrði virkjuð fallhæð að hámarki 375 m í tveimur virkjunum, en með því að nýta aðeins hagkvæmasta hluta fallsins yrði Sátuvirkjun sleppt. Þá yrði Emstruvirkjun ein með 270 m heildarfallhæð (um 300 m með frárennsli til Gilsár).

Meðalrennsli í miðlunarlón Emstruvirkjunar er talið um 39,7 m³/s en meðalrennsli til Sátuvirkjunar 13,7 m³/s. Hvor virkjun hefur sitt miðlunarlón sem mynduð eru með stíflum í fljótinu, Sátulón með 80 m hárra stíflu í Fljótsgili ofan við Krók og Emstrulón með allt að 120 m hárra stíflu efst í Markarfljótsgljúfri. Lónin yrðu af svipaðri stærð, samtals um 23 km² með 390 Gl nýtanlegri miðlun. Það er þó aðeins vísbending um hæfilega miðlun, þar sem útreikningar á hagkvæmri stærð miðlunar byggjast á ýmsum óvissum forsendum, svo sem um rennsli, kerfið sem virkjunin tengist (grunnkerfið) og orkumarkað auk áætlaðs miðlunarkostnaðar.

Vatnsvegir eru fyrirhugaðir nær eingöngu í jarðgöngum, um 0,7 km löngum við Sátuvirkjun en liðlega 8 km löngum alls við Emstruvirkjun. Sátuvirkjun er ráðgerð 14 MW með einni vélasamstæðu í stöðvarhúsi ofanjarðar en Emstruvirkjun allt að 100 MW með tveimur vélasamstæðum í neðanjarðarstöð. Með frárennsli út í Gilsá verða vatnsvegir Emstruvirkjunar um 2 km lengri og afl 106 MW miðað við að Sátuvirkjun sé sleppt.

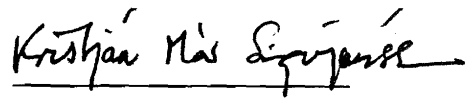
Orkureikningar hafa verið gerðir með forriti VST og er orkugeta með tveimur virkjunum áætluð um 780 GWh/a en 665 GWh/a með Emstruvirkjun einni (735 GWh/a með frárennsli til Gilsár). Stofnkostnaður tveggja virkjana er að meðtöldum fjármagnskostnaði áætlaður 18.200 Mkr á verðlagi í janúar 2001, en stofnkostnaður Emstruvirkjunar einnar 15.075 Mkr (16.250 Mkr með frárennsli til Gilsár). Einingarkostnaður orku verður 23,3 kr/(kWh/a) fyrir tvær virkjanir en 22,7 kr/(kWh/a) fyrir Emstruvirkjun eina (22,1 kr/(KWh/a) með frárennsli til Gilsár).

Rannsóknir vegna Markarfljótsvirkjana eru tiltölulega skammt á veg komnar eins og jafnan við forathugun virkjunarkosta, og ber að líta á nákvæmni áætlana um orkugetu og virkjunarkostnað í samræmi við það.

Að svo stöddu benda niðurstöður til þess, að Emstruvirkjun með frárennsli til Gilsár sé álitlegasti kosturinn, og að rannsóknir skuli fyrst og fremst beinast að þeirri tilhögun virkjunar.


Sigurjón Helgason

Virðingarfyllst,


Kristján Már Sigurjónsson

MARKARFLJÓTSVIRKJANIR

HELSTU EINKENNISSTÆRÐIR (tölur í svigum eru fyrir Emstruvirkjun eina með frárennsli til Gilsár)

Vatnasvið	Eining	Emstruvirkjun	Sátuvirkjun
Markarfljót á stíflustæði á Emstrum (vhm 218)	km ²	521	
- þar af undir jökli	km ²	77	
Markarfljót á stíflustæði við Sátu	km ²		173
- þar af undir jökli	km ²		4
Meðalrennsli (vatnsárin 1950 – 93, reiknað)			
Við stíflustæði á Emstrum (vhm 218)	m ³ /s	39,7	
Við stíflustæði við Sátu	m ³ /s		13,7
Miðlunarlón			
Yfirfallshæð	m y.s.	(495) 488	593
Flatarmál	km ²	(14,0) 11,5	11,2
Lægsta vatnsborð	m y.s.	(450) 450	565
Nýtanleg miðlun	Gl	(280) 193	197
Miðlunarstífla			
Krónuhæð	m y.s.	(499) 492	597
Krónubreidd	m	6	6
Mesta hæð	m	(120) 113	80
Flái að vatni		1:1,8	1:1,8
Flái frá vatni		1:1,6	1:1,6
Heildarrúmmál	m ³ x 10 ³	(2.680) 1.945	655
Yfirfall			
Lengd	m	100	50
Krónuhæð	m y.s.	(495) 488	593
Rennslisrymd við 1,5 m hækkun vatnsb.	m ³ /s	385	190
Botnrásargöng			
Lengd	m	(520) 500	400
Bogagöng, þvermál	m	7,5	6,0
Stærð botnrásarloku	m	3,0 x 4,0	2,5 x 3,0
Aðrennslisgöng			
Sprengd bogagöng, lengd	km	(4,1) 4,0	0,51
Þvermál	m	(5,35) 5,5	3,7
Halli	%	0,5	12,5
Jöfnunarþró			
Lóðrétt hæð	m	80	-
Mesta þvermál	m	11,3	-
Þrýstigöng			
Lengd	m	(242) 212	135
Halli frá láréttu		75°	7,1°
Þvermál (steypa, stál)	m	(3,1) 3,2	2,7

Stöðvarhús og vélbúnaður

Stöðvarhús, gerð
 Vélasamstæður (francis), fjöldi
 Afl virkjunar
 Raunfallhæð
 Virkjað rennsli

Emstruvirkjun

neðanjarðar
 tvær
 MW (106) 98
 m (277) 248
 m³/s (43) 45

Sátuvirkjun

ofanjarðar
 ein
 14
 89,5
 18

Aðkomugöng

Lengd
 Hæð og breidd

m (900) 800
 m 5,6

Frárennslisgöng

Sprengr göng, lengd
 Þvermál

km (5,9) 4,0
 m (5,35) 5,5

Orkugeta og hagkvæmni

Reiknið orkugeta
 Afl samtals
 Stofnkostnaður alls
 Einingarkostnaður orku
 Hagkvæmnitala, h
 Nýtingartími

Emstruvirkjun ein

GWh/a (735) 665
 MW (106) 95
 Mkr (16.250) 15.075
 kr/(kWh/a) (22,1) 22,7
 - (0,91) 0,93
 h/a (6.935) 7.000

Tvær virkanir

780
 112
 18.200
 23,3
 0,96
 6.965

Efnisyfirlit

<i>Bréf</i>	I
<i>Helstu einkennisstærðir</i>	III
1 Inngangur	1
2 Sáttuvirkjun	2
2.1 Yfirlit (teikningar nr. 1.02.og -1.03).....	2
2.2 Stífla, yfirfall, botnrás (teikningar nr. -1.03 og -1.06).....	2
2.3 Vatnsvegir og stöðvarhús (teikningar nr. -1.03 og -1.07).....	3
3 Emstruvirkjun	3
3.1 Yfirlit (teikningar nr. 1.02 og -1.04).....	3
3.2 Stífla, yfirfall, botnrás (teikningar nr. -1.04 og -1.06).....	3
3.3 Vatnsvegir og stöðvarhús (teikningar nr. -1.04 og -1.08).....	3
3.4 Virkjun með frárennsli til Markarfljóts (teikn. nr. -1.05, -1.06, -1.09).....	4
4 Kostnaður og framvinda	4
4.1 Forsendur.....	4
4.2 Kostnaðaryfirlit.....	5
4.3 Framvinda og mannaflí.....	5
5 Rennsli	6
6 Orkuvinnsla og hagkvæmni	7
7 Ritaskrá	9

Viðauki

Fylgiblöð

Teikningar

1 Inngangur

Hugmyndir um virkjanir í Markarfljóti munu fyrst hafa verið settar fram árið 1962 í erindi Sigurðar Thoroddsens verkfræðings um vatnsafl Íslands, á ráðstefnu íslenskra verkfræðinga um orkulindir og iðnað (Sig. Thor. 1962). Árið 1970 birtist svo á vegum Orkustofnunar lausleg áætlun um 138 MW virkjun á Emstrum. Orkugeta var gróflega áætluð 970 GWh/a, en byggt var á mjög ófullkomum gögnum bæði um rennsli (ágiskuð meðalúrkoma) og um landslag (kort í mælikvarða 1:50.000). Talið var að virkjun gæti orðið tiltölulega hagkvæm og ástæða væri til nánari áætlana (Verkfrst. Sig. Thor. 1970). Árið 1974 var farin könnunarferð um fyrirhugað virkjunarsvæði og áætlunin frá 1970 endurskoðuð, en niðurstöður um orkugetu og hagkvæmni breyttust lítið.

Á árunum 1980 – 1982 var gerð forkönnun á jarðfræði Markarfljótssvæðisins (Orkustofnun 1983b) og árið 1982 hófust reglubundnar rennslismælingar á Emstrum (vhm 218). Svæðið var myndmælt árið 1983 og kort í mælikvarða 1:20.000 voru gerð árið 1984. Þar með lágu fyrir gögn til að byggja á nánari áætlanir um virkjanir, og í janúar árið 1984 kom út skýrsla Orkustofnunar um Markarfljótsvirkjanir (Orkustofnun 1984). Þar er gert ráð fyrir tveimur virkjunum, við Sátu og á Emstrum. Orkugeta var áætluð 800 – 900 GWh/a, mismunandi eftir virkjaðri fallhæð, og virkjun talin tiltölulega hagkvæm. Í skýrslu Iðnaðarráðuneytisins árið 1994 er gert ráð fyrir þessum tveimur virkjunum (Iðnaðarráðuneytið 1994) og einnig í skýrslu á vegum Landsvirkjunar árið 1998 (Verkfrst. Sig. Thor. 1998) þar sem orkugeta er áætluð um 710 GWh/a.

Nú hefur Orkustofnun gert rennslislíkan (HBV-líkan) af vatnasviði Markarfljóts ofan vhm 218 á Emstrum sem er nálægt fyrirhuguðu stæði miðlunarstíflu (Orkustofnun 2000), og er meðalrennsli samkvæmt líkaninu um 39,7 m³/s. Kort af svæðum mögulegra miðlunarlóna hafa verið gerð tölvutæk (skönnuð og vigruð). Gögn um landslag og rennsli eru þannig ágæt til áætlana á forathugunarstigi. Athuganir á jarðfræði eru hins vegar enn takmarkaðar við forkönnunina frá 1980 – 1982.

Talsverðir miðlunarmöguleikar eru á vatnasviði Markarfljóts og tengjast fornum lónstæðum sem ræstust fram þegar gljúfur grófust frá þeim gegnum aðliggjandi móbergshryggi. Þannig er Fljótsgil myndað ofan við svonefndan Krók, og einnig Markarfljótsgljúfur suðvestur af Hattfelli. Þar á milli er Torfahlaup af sama toga. Með því að stífla fljótið í gljúfrunum verða þessi lón endurgerð, og vegna þrengsla gljúfranna verða stíflur ekki mjög efnismiklar þrátt fyrir allmikla hæð. Álitlegustu stíflustæðin með tilliti til miðlunar og virkjunar eru í Fljótsgili ofan við Krók og efst í Markarfljótsgljúfri. Sú stífla yrði 110 - 120 m há og má búast við talsverðri lekahættu í stíflugrunninum. Gæti komið til álita að stífla alveg ofan gljúfursins þar sem stíflan yrði um 50 m lægri en magn stíflufyllingar svipað eða litlu meira. Þar er allþykkt jökullónsset á stíflustæðinu báðum megin fljótsins og óvissa um ýmislegt varðandi stíflugerð af þeim sökum. Frekari rannsókn er þörf til að skera úr um hagkvæmasta stíflustæðið. Í forathugun Orkustofnunar frá 1986 var gert ráð fyrir stíflum í Fljótsgili fyrir Sátuvirkjun og efst í Markarfljótsgljúfri fyrir Emstruvirkjun, og er þeirri virkjunartilhögun fylgt hér í aðalatriðum þegar stefnt er að hámarksnýtingu á möguleikum svæðisins. Athugun nú á hagkvæmri nýtingu fallhæðar bendir þó til að hagkvæmt verði að nýta um 30 m meiri fallhæð á Emstrum með frárennsli í farveg Markarfljóts en þá var ráðgert. Virkjuð fallhæð er þá samtals um 370 m, um 100 m við Sátu en 270 m á Emstrum þar sem nú er gert ráð fyrir að virkja niður í 220 m hæð y.s. við Kápu. Enn meiri fallhæð á Emstrum, um 305 m, fæst með frárennslisgöngum út í Gilsá í 190 m y.s. og bendir flest til að sú virkjunarleið yrði hagkvæmari. Við báðar

virkanirnar, Sátuvirkjun og Emstruvirkjun, verða miðlunarlon af svipaðri stærð, samtals um 23 km² að flatarmáli með 390 Gl nýtanlegri miðlun alls. Með Emstruvirkjun einni, þ.e. án virkjunar og miðlunarlonis við Sátu, fæst lægra einingarverð orku en með tveimur virkjunum og þá með nokkru stærra miðlunarloni á Emstrum. Hagkvæm stærð lonisins yrði þá liðlega 14 km² og nýtanleg miðlun um 280 Gl.

Nú er ekki vegasamband við virkjanasvæðið annað en slóðin upp úr Fljótshlíð á Fjallabaksveg syðri. Vegalengdin af Fljótshlíðarvegi við Fljótsdal að stíflustæði á Emstrum er um 25 km og á þeirri leið eru tvær allmiklar ár óbrúaðar, Þórólfsá og Gilsá. Frá vegi að Emstrustíflu eru um 15 km að Sátuvirkjun ef vegurinn er lagður vestan Emstrulons, og brúa verður Markarfljót við virkjunina. Vegarstæðið er erfitt á kafla þar sem lónið nær upp í austurhlíðar Lifrarfjalla.

Afstöðumynd af virkjanasvæðinu er á teikningu nr. -1.01.

2 Sátuvirkjun

2.1 Yfirlit (teikningar nr. -1.02, og -1.03)

Markarfljót er stíflað í Fljótsgili ofan við Krók, en þar sveigir fljótið frá suðvestlægri stefnu til suðurs og austurs og rennur síðan á kafla norðaustur með fjallahrygg þeim sem gengur suðvestur frá fjallinu Sátu. Virkjað er með göngum þar sem styst er í gegnum hrygginn eða aðeins ríflega 700 m frá lóninu niður í fljótið sunnan fjallsins. Lengd eftir farveginum um Krókin er hins vegar röskir 5 km. Meðalrennsli á stíflustæði er áætlað 13,7 m³/s (HBV-rennislíkan), og með yfirfallshæð 593 m y.s. fæst um 197 Gl nýtanleg miðlun sem er um 46% meðalársrennslis. Flatarmál lonis verður þá rúmlega 11 km². Miðlunarferill er á fylgiblaði 1.

2.2 Stífla, yfirfall, botnrás (teikningar nr. -1.03 og -1.06)

Með yfirfallshæð 593 m y.s. verður stíflan um 80 m há. Ekki er vitað um nærtækt efni til stíflugerðar, hvorki steypuefni né hentugt efni til jarðstíflugerðar. Svæðið er dæmigert móbergssvæði og einkennist af móbergshryggjum þar sem mest ber á þursabergi og túffi, en í lægðum á milli móbergshryggjanna eru miklar lónfyllur frá síðjökultíma. Eitt þessara fornu lónstæða er þar sem miðlunarlon Sátuvirkjunar er fyrirhugað. Setlöggin eru víða 20 – 30 m þykk, og að mestu úr fínu efni (silt, leir) en grófara efni mól og sandur á yfirborði, víða 1 – 2 m þykkt lag (Orkustofnun 1983a). Óvíst er að þarna finnist hentugt þéttiefni í jarðstíflu og flutningsleið frá næstu jökulruðningssvæðum er líklega um 15 km. Mikil óvissa er því um kostnað við stíflugerð. Stíflan er þó áætluð sem jarðstífla með þéttikjarna úr jarðefnum en gert ráð fyrir 5 – 10 km flutningsleið á öllu stífluefni.

Yfirfalli er valinn staður á söðli í Sátuhryggnum um 1 km austan aðalstíflunnar. Flóðvatn fellur þá suður yfir hrygginn og lendir í farvegi fljótsins neðan virkjunar. Hæð á söðlinum er á milli 595 og 600 m y.s. og er gert ráð fyrir að grafa í hann 50 m breiða rennu með steypum yfirfallsþröskuldi í 593 m y.s.

2.3 Vatnsvegir og stöðvarhús (teikningar nr. -1.03 og -1.07)

Inntak af hefðbundinni gerð með ristum og lokubúnaði er staðsett rétt ofan stíflu og þaðan er gert ráð fyrir hallandi aðrennslisgöngum (12,5%) í gegnum Sátuhrygginn að stöðvarhúsi ofanjarðar við farveg fljótsins sunnan hryggjar. Göngin verða alls um 640 m löng, þar af 135 m langur kafli stálklæddur næst stöðvarhúsinu. Að öðru leyti er gert ráð fyrir styrkingum með bergboltum og sprautusteypu. Þvermál á ófóðruðum hluta er 3,7 m (bogagöng) en 2,7 m á stálklæðningu. Stöðvarhús er venjulegt ofanjarðar með einni 14 MW vélasamstæðu. Stuttur frárennslisskurður verður frá stöðvarhúsinu út í farveg Markarfljóts.

3 Emstruvirkjun

3.1 Yfirlit (teikningar nr. -1.02 og -1.04)

Markarfljót er stíflað í gljúfrinu ofan við Hattfellsgil. Virkjað er með 4 km löngum aðrennslisgöngum að neðanjarðarstöð um 1 km norðaustan Einhyrnings og þaðan eru frárennslisgöng, um 6 km löng, út í farveg Gilsár í hæð 190 m y.s. Virkjun með frárennslisli til Markarfljóts er lýst hér á eftir í kafla 3.4.

Meðalrennslis á stíflustæði er áætlað 39,7 m³/s (HBV-rennslislíkan), og með stíflu upp í 488 m y.s. (yfirfallshæð) fæst um 193 Gl nýtanleg miðlun sem að viðbætti 197 Gl miðlun í Sátulóni er um 31% meðalársrennslis. Flatarmál lóns verður um 11,5 km². Sé gert ráð fyrir Emstruvirkjun einni yrði stíflan 7 m hærri (yfirfallshæð 495 m y.s.) og nýtanleg miðlun um 280 Gl. Miðlunarferill er á fylgiblaði 2.

3.2 Stífla, yfirfall, botnrás (teikningar nr. -1.04 og -1.06)

Með yfirfallshæð 488 m y.s. verður stíflan um 113 m há í árgljúfrinu. Neðantil í gljúfurveggjunum er móberg, en ofar óregluleg basaltlög með gjallkenndu ívafi og nútímahrauni á yfirborði á austurbakkanum. Vafalaust er talsverð lekahætta í basaltsyrpunni og er reiknað með umfangsmeiri þéttingum í stíflugrunni en að jafnaði við stíflugerð. Hér er reiknað með hefðbundinni jarðstíflu með þéttikjarna úr jökulruðningi eða öðru hæfu jarðefni, en oft hentar betur við þessar aðstæður grjótstífla með steyptri þéttiplötu að vatni eða asfaltþéttingu í miðri stíflu. Einhver jökulruðningur er austan Einhyrnings í um 5 km fjarlægð og efni í grjótþyllingar má að líkindum fá úr nútímahraunum rétt við stíflustæðið austan fljóts.

Gert er ráð fyrir 100 m löngu yfirfalli á hrauni við austurenda stíflunnar og rennur flóðvatn frá því niður í gilskorning sem liggur út í Markarfljót um 300 m neðan stíflustæðisins. Yfirfallshæð er 488 m y.s. (495 m y.s. án Sátuvirkjunar).

3.3 Vatnsvegir og stöðvarhús (teikningar nr. -1.04 og -1.08)

Inntak af hefðbundinni gerð með ristum og lokubúnaði er staðsett rétt ofan stíflu og þaðan er gert ráð fyrir því sem næst láréttum aðrennslisgöngum (0,5% halli) út eftir móbergshrygg sem liggur frá stíflustæðinu suðvestur um Einhyrning. Göngin verða um 4 km löng, og við taka brött þrýstigöng (75° frá láréttu) að stöðvarhúsi neðanjarðar um 500 m í norðaustur frá Einhyrningi. Þrýstigöngin eru ráðgerð steypufóðruð en

greiningar við stöðvarhús með stálklæðningu. Frá stöðvarhúsinu liggja frárennslisgöng um 6 km leið út í farveg Gilsár í hæð 190 m y.s. við rætur Einhyrnings og fylgir jarðgangaleiðin röð móbergshnúka sem liggur um Einhyrning frá norðaustri til suðvesturs. Þvermál aðrennslis- og frárennslisganga (bogaganga) er 5,5 m (5,35 m án Sátuvirkjunar) og gert er ráð fyrir að þau verði styrkt með bergboltum og sprautusteypu. Þvermál steypuklæddra þrýstiganga er ráðgert 3,2 m (3,1 m án Sátuvirkjunar). Stöðvarhús er venjuleg neðanjarðarstöð með tveimur 54,5 MW vélasamstæðum (53 MW án Sátuvirkjunar).

3.4 Virkjun með frárennsli til Markarfljóts (teikn. nr. -1.05, -1.06, -1.09)

Í forathugun Orkustofnunar (Orkustofnun 1986) var gert ráð fyrir að virkja á Emstrum með frárennsli til Markarfljóts í hæð 250 m y.s. Við nánari skoðun á þessari virkjunarleið virðist hagkvæmt að nýta þar um 30 m meira fall með frárennslisgöngum niður að Kápu þar sem vatnsborð Markarfljóts er um 220 m y.s. Heildarfallhæð verður samt sem áður um 30 m minni en með þeirri tilhögun sem lýst er hér að framan, þ.e. með frárennsli til Gilsár, en vatnsvegur yrði um 2 km styttri. Stöðvarhús yrði væntanlega um 0,5 km austar og frárennslisgöngin niður að Kápu lægju á kafla undir farveg Markarfljóts við Einhyrningsflatar. Á þeim slóðum er nútímahraun á yfirborði sem gert er ráð fyrir að göngin liggja undir og eru þau því á teikningu sýnd liggja dýpra í jörð en annars væri eðlilegast. Óvíst er raunar um þykkt hraunsins og hversu djúpt göngin þurfi að liggja til að sleppa við það. Líkur eru taldar á að gangaleiðin til Gilsár sé hagstæðari með tilliti til jarðfræði þar sem hún fylgir móbergshnúkaröðinni um Einhyrning og sleppur alveg við hraunið. Þessi tilhögun án Sátuvirkjunar yrði 95 MW með 280 GJ miðlun og gefur um 70 GWh/a minni orku en Emstruvirkjun ein með undirvatni í 190 m hæð y.s. í Gilsá. Einnig hefur verið gerð áætlun um þessa tilhögun Emstruvirkjunar ásamt Sátuvirkjun og þá með 193 GJ miðlun í Emstrulóni. Fjallað verður nánar um hagkvæmni hennar hér á eftir.

4 Kostnaður og framvinda

4.1 Forsendur

Kostnaðaráætlanir miðast við verðlag í janúar 2001 og eru gerðar í kostnaðarlíkani Landsvirkjunar. Efnismagn stíflna og annarra stórra jarðvinnuþátta hefur verið reiknað út frá landslagi eftir því sem tiltækir uppdættir gefa tilefni til. Efnismagn ýmissa mannvirkja, t.d. stöðvarhúss, er á þessu stigi ekki byggt á teikningum, heldur hefur það verið reiknað eftir reynslujöfnum út frá virkjunarstærð, fallhæð og virkjuðu rennsli. Gerðar hafa verið áætlanir um mismunandi stærð miðlana, og mismunandi afl virkjana. Út frá þeim áætlunum og útreikningum á orkuvinnslu, er reiknuð hagkvæm stærð miðlunar. Í kaflanum um hagkvæmni er nánar gerð grein fyrir þeim útreikningum og forsendum þeirra.

4.2 Kostnaðaryfirlit

	Sátuvirkjun með Emstruv.	Emstruvirkjun með Sátuv.	Emstruv. ein	Emstrv. til Gilsár ein	Gilsár með Sátu
	Mkr	Mkr	Mkr	Mkr	Mkr
Verkþáttur					
Verkbú	137,2	463,0	489,3	524,3	503,0
Vegagerð og rafveita	408,5	821,0	821,0	821,0	821,0
Miðlunarstífla	614,2	1.674,9	2.281,2	2.281,2	1674,9
Botnrás	235,8	390,8	398,6	398,6	390,8
Yfirfall	31,7	223,0	243,0	243,0	223,0
Inntaksskurður og inntak	148,6	298,3	290,7	290,7	298,3
Aðrennslisgöng	145,6	808,7	787,0	805,3	830,4
Jöfnunarþró		41,8	41,8	41,8	41,8
Þrýstigöng		157,1	155,2	176,2	179,5
Stöðvarhús	231,2	523,8	513,1	523,3	529,8
Aðkomugöng		196,4	196,4	213,1	213,1
Stjórnhús og stöðvarbyggð		458,2	451,4	459,6	466,0
Vélar og rafbúnaður	538,2	2.134,5	2.082,6	2.200,1	2246,0
Frárennsli		806,1	787,1	1.305,2	1343,9
Verkkostnaður	2.491,0	8.997,6	9.538,3	10.288,4	9.761,5
Ófyrirséð um 20%	503,6	1.819,4	1.928,5	2.080,3	1.974,0
Verktakakostnaður	2.994,6	10.817,0	11.466,8	12.368,7	11.735,5
Hönnun og umsjón	431,0	1.413,0	1.493,1	1.602,3	1.527,0
Undirbúningskostnaður	78,0	252,8	275,4	295,3	280,0
Annar verkkaupakostnaður	113,9	430,0	469,8	508,3	480,0
Framkvæmdakostnaður	3.617,5	12.932,8	13.705,1	14.774,6	14.022,5
Fjármagnskostnaður	357,5	1.292,2	1.369,9	1.475,4	1.402,5
Heildarkostn. án VSK	3.975,0	14.225,0	15.075,0	16.250,0	15.425,0

4.3 Framvinda og mannaflí

Framkvæmdatími við Emstruvirkjun er áætlaður um 4 ár en um 3 ár við Sátuvirkjun.

Fjöldi ársverka og mesti mannfjöldi verktaka á vinnustað er lauslega áætlað þannig.

	Sátuvirkjun	Emstruv. til Markarfljóts með Sátuv.	Emstruv. til Gilsár ein	Emstruv. til Gilsár með Sátuv.	Gilsár ein
Ársverk	162	545	585	580	625
Mesti mannfjöldi	80	180	190	190	205

Lauslega áætlað skiptist verkkostnaður þannig:

	Sátuvirkjun	Emstruvirkjun
Vinna	36%	37%
Tæki	30%	28%
Efni	34%	35%

Vinnustundir eru taldar skiptast þannig eftir fagsviðum:

	Sátuvirkjun	Emstruvirkjun
Verkamenn	46%	37%
Tækjamenn	18%	28%
Bílstjórar	18%	16%
Iðnaðarmenn	16%	19%

5 Rennsli

Vatnamælingar Orkustofnunar reka einn síritandi vatnshæðarmæli í Markarfljóti, vhm 218 á Emstrum, og hófust mælingar sumarið 1982. Gögn frá mælinum hafa verið nokkuð gloppótt, einkum vegna ístruflana að vetri. Vatnasvið Markarfljóts ofan mælis er um 520 km², þar af 77 km² undir jökli. Á vegum Vatnamælinga OS hefur verið gert HBV rennislíkan af Markarfljóti við vhm 218 og er meðalrennsli vatnsáranna 1950 – 1998 samkvæmt líkaninu 39,7 m³/s. Mælirinn er rétt ofan við fyrirhugað stíflustæði á Emstrum og reiknast rennsli í Emstrulón jafnt rennslinu við mælinn.

Rennslið við vhm 218 er að mestu blanda af dragár- og jökulrennsli. Lindapáttar gæti einnig en í minna mæli. Minnsta rennsli (mælt) er talið um 6 m³/s, en rennsli undir 10 m³/s er annars mjög sjaldgæft. Samkvæmt HBV – líkaninu er minnsta rennsli 12 – 13 m³/s. Mest hefur rennslið mælst um 260 m³/s, og er meðalrennsli þann dag talið liðlega 200 m³/s (1. sept. 1998). Mesta sólarhringsrennsli samkvæmt líkaninu er 153 m³/s.

Breytileiki rennslis frá ári til árs verður ekki ráðinn af mælingum, til þess vantar of mikið í gögnin í flestum árum. Samkvæmt HBV – líkaninu er minnsta meðalrennsli um 33 m³/s vatnsárið 1950 - 51 og mesta meðalrennsli um 50 m³/s vatnsárið 1975 – 76. Svipaður breytileiki er t.d. í rennsli Tungnaár við Vatnaöldur samkvæmt NAM – rennislíkani.

Með ráðgerðri stærð miðlunarlóna jafnast rennslið mjög, svo að um 95% meðalrennslis nýtist til orkuvinnslu. Miðlunarpörfin er þó ekki mikil í venjulegum vatnsárum, aðeins í örfáum slæmum vatnsárum nýtist lónstærðin til fulls, og þau ár ráða mestu um orkugetu kerfisins í heild. Líkindaferlar fyrir vatnshæð í lónum eftir árstíma eru á fylgiblöðum 3 og 4 (fyrir Emstrulón án Sátulóns á fylgiblaði 4b).

Vatnasvið Sátulóns er talið 173,5 km² sem er þriðjungur vatnasviðs Emstrulóns. Rennislíkanið var notað til að reikna rennslisröð fyrir innrennsli Sátulóns, og er það talið 13,7 m³/s vatnsárin 1950 – 1998.

Orkustofnun hefur mælt svifaur í Markarfljóti á Emstrum, og liggja fyrir alls 44 mælingar frá árunum 1979 – 1999. Heildarframburður svifaurs reiknast allt að 665.000 tonn á ári að meðaltali, og ef bætt er við 25% vegna botnskriðs og annarrar óvissu gæti

framburður orðið allt að 830.000 tonn á ári að meðaltali. Það svarar til setmyndunar um 0,6 Gl/a. Meginhlutinn mun setjast í Emstrulón þar sem aðeins um 5% af vatnasviði þess á jökli er einnig á vatnasviði Sátulóns. Samkvæmt þessu mun lónrými í heild minnka um 5 - 6 Gl á áratug, að mestu leyti í Emstrulóni en rými Sátulóns rýrnar mun hægar.

Rennsli Markarfljóts neðan virkjana jafnast nokkuð vegna miðlunar í lónunum, en þar sem fljótinu bætist mikið rennsli neðan Emstrulóns verður sú breyting minna áberandi en ella þegar niður á aura er komið. Stærstu þverámar eru Syðri Emstruá, Krossá og Steinholtsá að austan en Gilsá og Þórólfsá að vestan. Ármótin við Syðri Emstruá eru rétt neðan við gljúfrin um 3 km neðan Emstrustíflu. Á þeim kafla verður farvegurinn að jafnaði vatnslaus að mestu. Útreiknuð breyting á meðalrennsli frá Emstrulóni kemur fram í línuriti á fylgiblaði 5 (fylgiblaði 5b fyrir Emstrulón án Sátulóns).

6 Orkuvinnsla og hagkvæmni

Gerð er grein fyrir grundvelli útreikninga á orkugetu og hagkvæmni virkjana í Viðauka 1.

Fyrir Markarfljótsvirkjanir er reiknað með leka 1 m³/s úr hvoru miðlunarlóni. Líta verður á virkjanirnar tvær, Sátuvirkjun og Emstruvirkjun sem eina heild og reikna orkugetu þeirra beggja í einu lagi. Vegna aðstæðna við Sátuvirkjun (yfirfall o.fl.) verður miðlun þar tiltölulega mikil miðað við innrennsli í lónið. Yfirfallshæð þar er valin 593 m y.s. (miðlun 197 Gl). Síðan er hagkvæm stærð Emstrulóns fundin með því að reikna jaðarkostnað orku með breytilegri miðlun þar. Tilsvarandi reikningar eru svo gerðir fyrir Emstruvirkjun eina án Sátuvirkjunar. Niðurstöður eru á fylgiblaði 6 fyrir tvær virkjanir og á fylgiblaði 7 fyrir Emstruvirkjun eina með frárennsli til Gilsár.

Með tveimur virkjunum og 197 Gl miðlun í Sátulóni verður hagkvæm stærð Emstrulóns um 190 Gl. Með Emstruvirkjun einni verður hagkvæm stærð lónsins um 280 Gl. Jaðarkostnaður orku vex allhratt með stærð miðlunar, en einingarkostnaður (meðalkostnaður), og þar með hagkvæmni virkjunar, breytist á hinn bóginn mjög lítið þótt miðlun víki nokkuð frá "hagkvæmustu" stærð. Með tveimur virkjunum og 197 Gl miðlun í Sátulóni hefur yfirfallshæð Emstrulóns verið sett 488 m y.s. sem svarar til 193 Gl miðlunar. Með Emstruvirkjun einni reiknast hagkvæm miðlun liðlega 280 Gl og hefur yfirfallshæð verið sett 495 m y.s. sem svarar til um 280 Gl miðlunar.

Með þessari stærð miðlana bæta Emstruvirkjun með frárennsli til Gilsár og Sátuvirkjun um **855 GWh/a** við orku grunnkerfisins, en Emstruvirkjun ein með 280 Gl miðlun, bætir um **735 GWh/a** við orkugetuna. Með 280 Gl miðlun og frárennsli til Markarfljóts gefur Emstruvirkjun ein um **665 GWh/a**, en ásamt Sátuvirkjun reknast orkugetan um **780 GWh/a**.

Miðlun, afl, orka og kostnaður reiknast eins og hér segir:

Virkjun	Miðlun Gl	Afl MW	Orka GWh/a	Stofnkost. Mkr	Einingark. kr/(kWh/a)	Hagkvæmni- tala, h
Sátuvirkjun	197	14	-	3.975	-	-
Emstruvirkjun til Gilsár	193	109	-	15.425	-	-
Tvær virkjanir alls	390	123	855	19.400	22,7	0,93
Emstruvirkjun ein	280	106	735	16.250	22,1	0,91
Emstruv. til Markarfljóts (með Sátuvirkjun)	193	98	-	14.225	-	-
Tvær virkj. til Markarflj.	390	112	780	18.200	23,3	0,96
Emstruv. til Markarflj.	280	95	665	15.075	22,7	0,93

Nýtingartími er um 7.000 h/a

Hér að ofan kemur fram að lægstur einingarkostnaður, $k_E = 22,1$ kr/(kWh/a), fæst með Emstruvirkjun einni með frárennsli til Gilsár í 190 m y.s., en mest orka, **855 GWh/a**, með þeirri tilhögun Emstruvirkjunar ásamt Sátuvirkjun.

Hagkvæmnitalan h reiknast þannig, sbr. Viðauka 1:

$$h = K / ((30 N + 16,6 E) VV 10^{-4})$$

þar sem K er stofnkostnaður í Mkr, N afl í MW, E orkugeta í GWh/a og VV vísitala virkjunarkostnaðar sem var 11.621 í janúar 2001. Í öllum tilvikum er $h < 1,0$ og virkjanirnar þar með í hagkvæmniflokki I.

Einingarkostnaður orku frá Sátuvirkjun, þ.e. þeirrar orku sem tvær virkjanir skila umfram Emstruvirkjun eina, er 26 - 27 kr/(kWh/a). Enda þótt það sé nokkru hærra en einingarkostnaður frá Emstruvirkjun einni verður Sátuvirkjun ekki útilokuð á þeim grundvelli einum saman. Þessar niðurstöður benda þó til að frekari rannsóknir skuli fyrst og fremst beinast að Emstruvirkjun með frárennsli til Gilsár.

7 Ritaskrá

- Sigurður Thoroddsen 1962: *Vatnsafl Íslands*. Í riti Verkfræðingafélags Íslands: Orkulindir og iðnaður. Ráðstefna íslenskra verkfræðinga 1962
- Verkfræðistofa Sigurðar Thoroddsen sf. 1970: *Markarfljótsvirkjanir. Lausleg áætlun um virkjun við Stórkonufell, 138 MW, 970 GWh/a.* (Skýrsla gerð fyrir Orkustofnun, raforkudeild)
- 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. (Skýrsla gerð fyrir Orkustofnun, raforkudeild)
- Orkustofnun 1983a: *Markarfljót. Lónfyllur og gjóskulög.* (Ingibjörg Kaldal og Elsa G. Vilmundardóttir). OS-83054/VOD-23. Júní 1983
- Orkustofnun 1983b: *Markarfljót. Forkönnun á jarðfræði.* (Snorri P. Snorrason og Freysteinn Sigurðsson). OS-83044/VOD-23 B. Júlí 1983
- Orkustofnun 1986: *Markarfljótsvirkjanir. Forathugun.* (Þorbergur Þorbergsson og Hörður Svavarsson). OS-96004/VOD-03 B. Janúar 1986
- Iðnaðarráðuneytið 1994: *Innlendar orkulindir til vinnslu raforku.*
- VST hf. 1998: *Nýtanleg vatnsorka á Íslandi og flokkun hennar eftir fjárhagslegri hagkvæmni.* (Skýrsla gerð fyrir Landsvirkjun). Janúar 1998
- Orkustofnun 2000: *Markarfljót. Gerð HBV-rennislíkans af vhm 218* (Gunnar Orri Gröndal). OS-2000/59
- Orkustofnun 2001a: *Sátulón. Rennislíkan af hlutvatnasviði Markarfljóts.* (Stefanía Guðrún Halldórsdóttir). OS-2001/024. Mars 2001
- Orkustofnun 2001b: *Framburður svifaurs í Markarfljóti við Emstrubru.* (Svanur Pálsson, Guðmundur H. Vigfússon og Jórunn Harðardóttir). Greinargerð. SvP-GHV-JHa-2001/01

Rammaáætlun um virkjanir

Viðauki 1

1. Orkureikningar

Orkugeta virkjana er reiknuð í orkuforriti frá VST hf. Forsendur eru að sumu leyti aðrar en í útreikningum Landsvirkjunar á orkugetu, og geta niðurstöður því vikið nokkuð frá niðurstöðum útreikninga LV á sama virkjanakerfi. Orkan er reiknuð í tiltölulega stóru virkjanakerfi til þess m.a. að draga fram áhrif af samkeyrslu við virkjanir bæði á Suðurlandi og Austurlandi auk jarðgufuvirkjana. Reiknað er með að orkumarkaður skiptist í almenna notkun 30% og stórnotkun 70%, og reiknast 5% stórnotkunar sem ótryggð orka. Byggt er á rennslisröðum vatnsáranna 1950–1993, (44 vatnsár). Forritið vinnur með raðirnar á 5 daga grunni, 73 tímaeiningar í vatnsári (hlaupársdögum sleppt úr), en tímaskref í útreikningum er sólarhringur.

Grunnkerfið er núverandi vatnsaflskerfi (sept. 2001) ásamt jarðgufuvirkjunum 180 MW, með eftirtöldum viðbótum:

Vatnsfellsvirkjun,	90 MW
Búðarhálsvirkjun	100 MW
Kárahnjúkavirkjun með veitu úr Jökulsá í Fljótssdal og Hraunaveitu	690 MW

Uppsett afl í grunnkerfinu telst um 2.120 MW og orkugeta reiknast 14.060 GWh/a

2. Hagkvæmnimat

Algengur mælikvarði á hagkvæmni vatnsaflsvirkjana er *einingarkostnaður orku*,

$$k_e = K/E, \text{ kr}/(\text{kWh/a})$$

þar sem K er áætlaður stofnkostnaður í Mkr og E orkugeta í GWh/a.

Með þessari aðferð fæst því aðeins raunhæfur samanburður á hagkvæmni virkjunarkosta að nýtingartími afls sé hinn sami, og að sjálfsögðu breytist einingarkostnaðurinn með verðlagi.

Til þess að meta hagkvæmnina óháð nýtingartíma og verðlagi hefur verið skilgreind svonefnd *hagkvæmnitala h*:

$$h = K/((k_N N + k_E E) VV 10^{-4})$$

Hér er K áætlaður stofnkostnaður í Mkr, N afl í MW, E orkugeta í GWh/a og VV vísitala virkjunarkostnaðar sem reiknuð er árlega. Hún miðast við verðlag í janúar viðkomandi árs og fæst með kostnaðaráætlunum um sömu virkjanir ár eftir ár þar sem tekið er tillit til breytinga á vinnulaunum, vinnuvélatöxtum, gengi og fleiri atriða sem áhrif hafa á virkjunarkostnað. Stuðlarnir k_N og k_E margfaldaðir með $VV 10^{-4}$ eru sérstök viðmiðunargildi aflkostnaðar og orkukostnaðar þar sem afl og orka er verðlagt hvort í sínu lagi óháð nýtingartíma. Með hliðsjón af skipan vatnsaflsvirkjana í hagkvæmniflokka (sjá nánar hér á eftir) hafa verðstuðlarnir verið valdir þannig:

$$k_N = 30 \text{ Mkr/MW} \quad k_E = 16,6 \text{ kr}/(\text{kWh/a})$$

Í janúar 2001 var vísitala virkjunarkostnaðar $VV = 11.621$ og verða viðmiðunargildi afl- og orkukostnaðar þá 34,86 Mkr/MW og 19,29 kr/(kWh/a). Það svarar til þess að

einingarkostnaður orku, reiknaður á hefðbundinn hátt, sé um 24,3 kr/(kWh/a) við nýtingartíma 7.000 h/a sem að jafnaði skal miða við fyrir vatnsaflsvirkjanir í rammaáætlun. Þyki af sérstökum ástæðum þörf á að víkja frá þeim nýtingartíma, meira en um það bil 1%, skal einingarkostnaður orku reiknaður út frá svonefndri staðfærðri orkugetu: $SOG = 0,8 E + 1,4 N$, GWh/a. Þar sem E er útreiknuð orkugeta og N afl í MW. Hagkvæmnitölu skal á hinn bóginn alltaf reikna út frá útreiknaðri orkugetu.

Skipan í hagkvæmniflokka er aðferð til að meta í stórum dráttum og bera saman fjárhagslega hagkvæmni virkjana. Flokkarnir eru fjórir og fellur hagkvæmasti hlutinn í hagkvæmniflokk I, en sá óhagkvæmasti í hagkvæmniflokk IV. Flokkað var áður eftir svonefndum *samræmdum einingarkostnaði orku* þar sem einingarkostnaður samkvæmt virkjunaráætlun var umreiknaður þannig að hann gildi fyrir tiltekinn fastan nýtingartíma. Útreikningur hagkvæmnitölu var endurbót á þessari eldri aðferð og voru stuðlarnir k_N og k_E valdir þannig að virkjanir með $h < 1$ féllu í hagkvæmniflokk I. Skipting í hagkvæmniflokka eftir hagkvæmnitölu er annars þannig:

Hagkvæmnitala	Flokkur
$h < 1,00$	I
$1,00 < h < 1,41$	II
$1,41 < h < 2,00$	III
$2,00 < h < 4,00$	IV

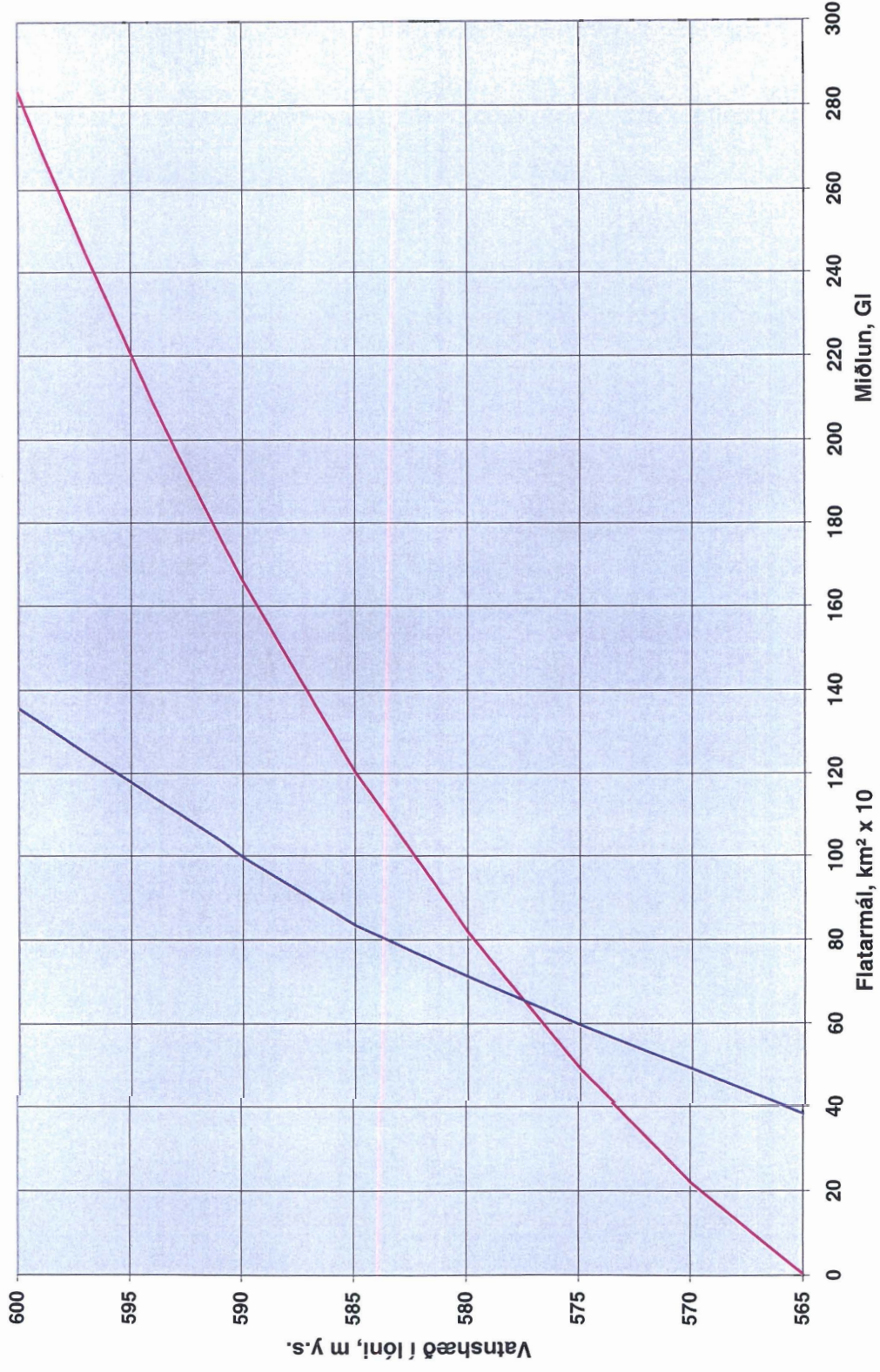
Á sínum tíma var þessi flokkaskipting miðuð við að orkuver í flokki I og II væru samkeppnishæf við ný fullkomin gasorkuver og í flokki III við kjarnorkuver. Ekki hefur verið athugað hvort sú viðmiðun sé enn í fullu gildi.

Hagkvæm stærð miðlana er, eftir því sem við á, fundin með því að reikna orku og stofnkostnað viðkomandi virkjunar með mismunandi miðlun. Þannig fæst jaðarkostnaður orku við aukna miðlun. Að jafnaði vex jaðarkostnaðurinn með stærð miðlunar og telst hagkvæmri miðlun náð þegar jaðarkostnaður er 24 - 25 kr/(kWh/a) á verðlagi í janúar 2001 miðað við nýtingartíma 7.000 h/a. Það svarar til efri marka einingarkostnaðar fyrir virkjanir í hagkvæmniflokki I sem er 24,3 kr/(kWh/a). Sé einingarkostnaður orku (meðalkostnaður) frá virkjun hærri en þau mörk fellur hún ekki í flokk I og er þá miðað við að lágmarka einingarkostnaðinn.

MARKARFLJÓTSVIRKJANIR

Fylgiblað 1

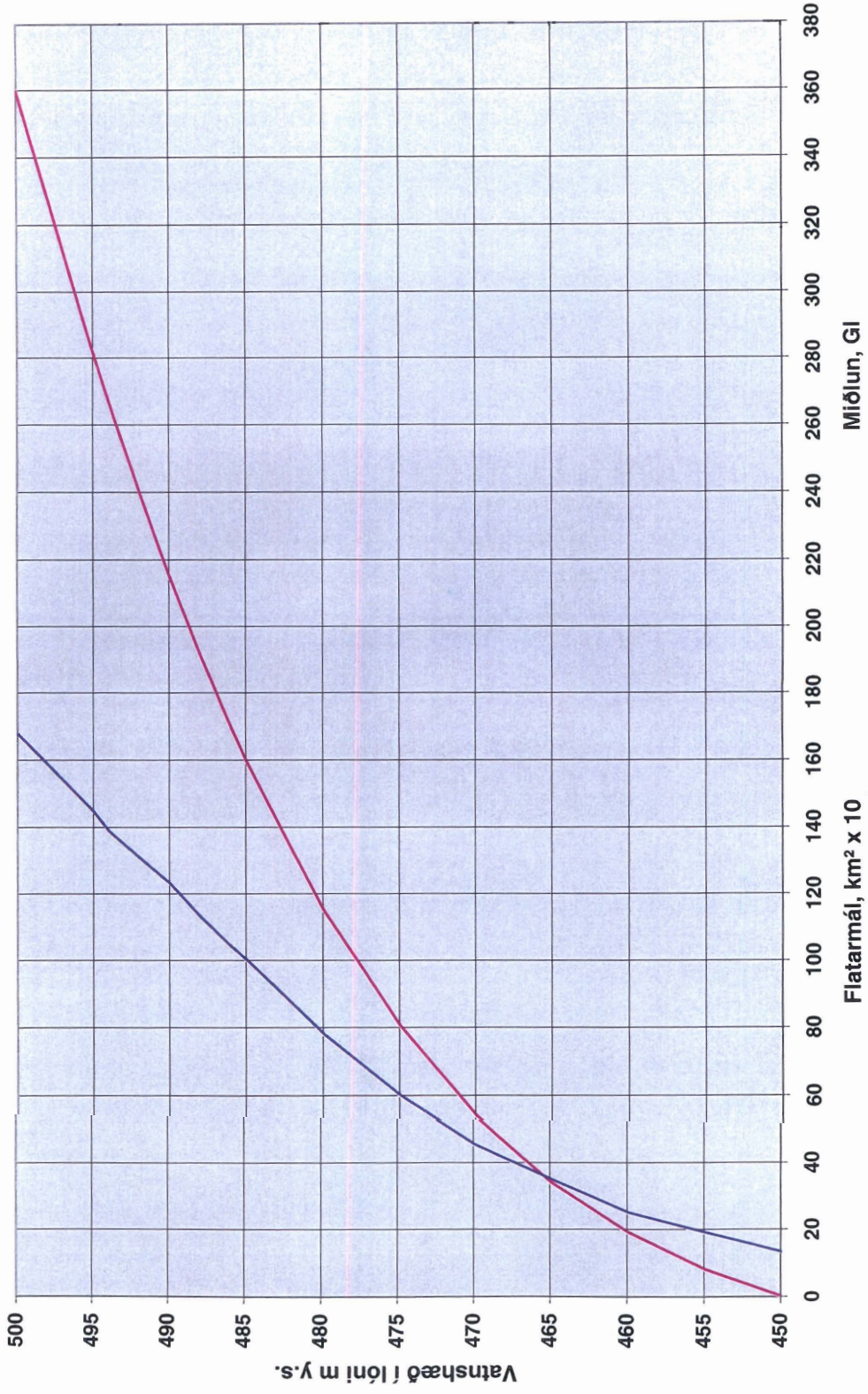
SÁTULÓN Flatarmál og miðlun



— Miðlun, Gí
— Flatarmál, km² x 10

MARKARFLJÓTSVIRKJANIR

EMSTRULÓN Flatarmál og miðlun

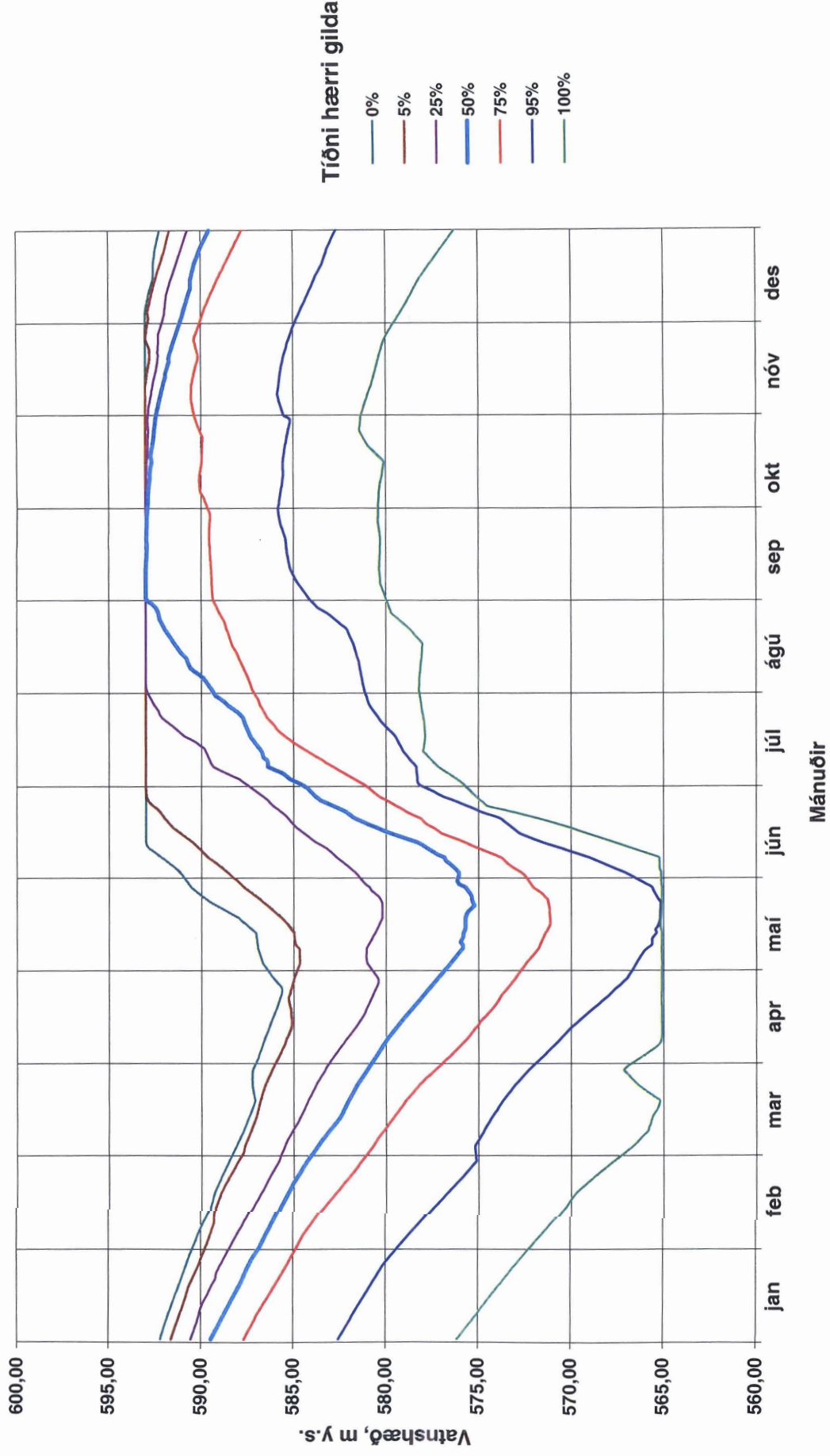


MARKARFLJÓTSVIRKJANIR

Fylgblað 3

VATNSHÆÐ SÁTULÓNS

Tíóniferlar árin 1951 - 1993

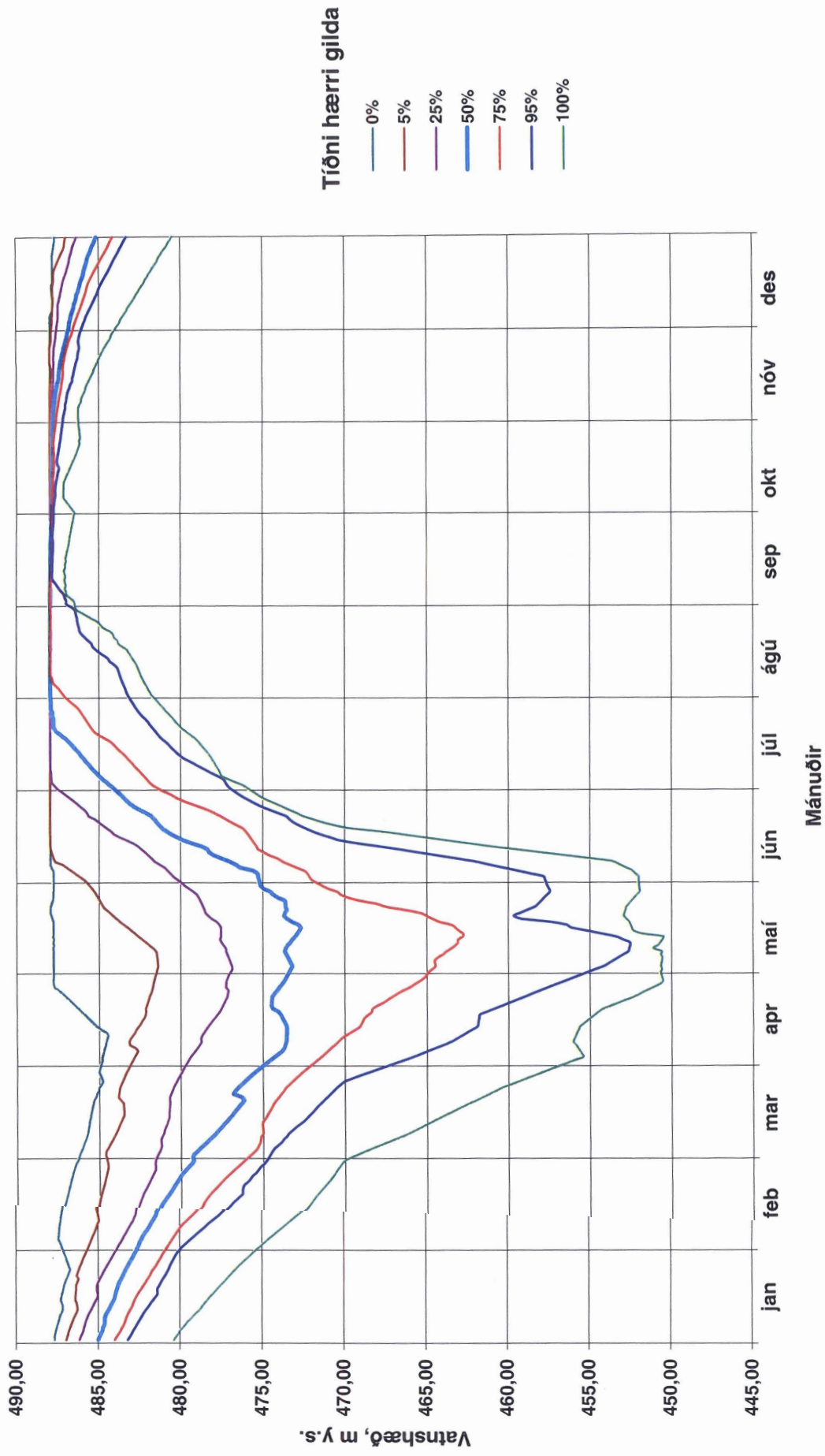


MARKARFLJÓTSVIRKJANIR

Fylgiblað 4

VATNSHÆÐ EMSTRULÓNS (með Sátuíóni)

Tíóniferlar árin 1951 - 1993

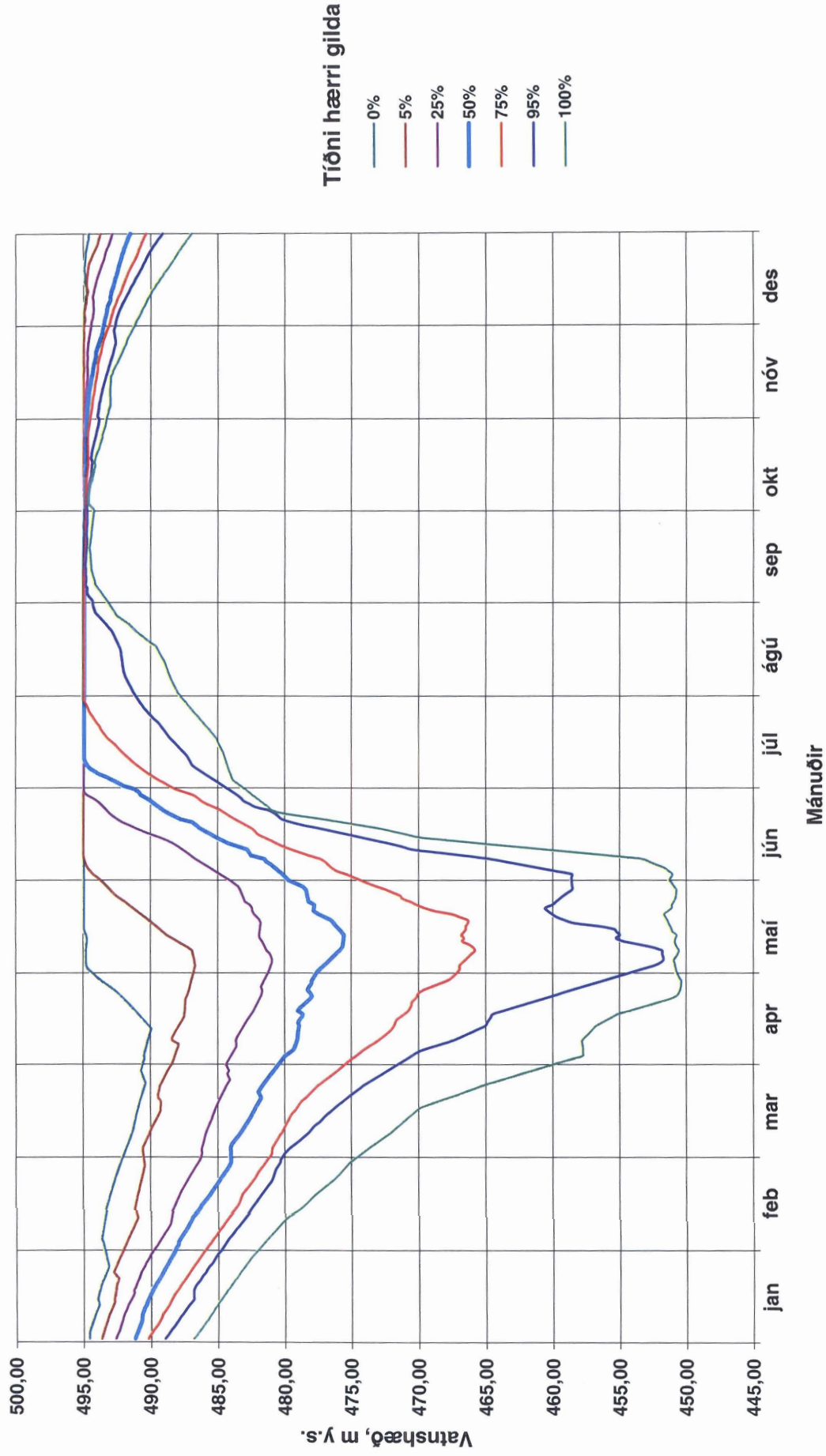


MARKARFLJÓTSVIRKJANIR

Fylgiblað 4b

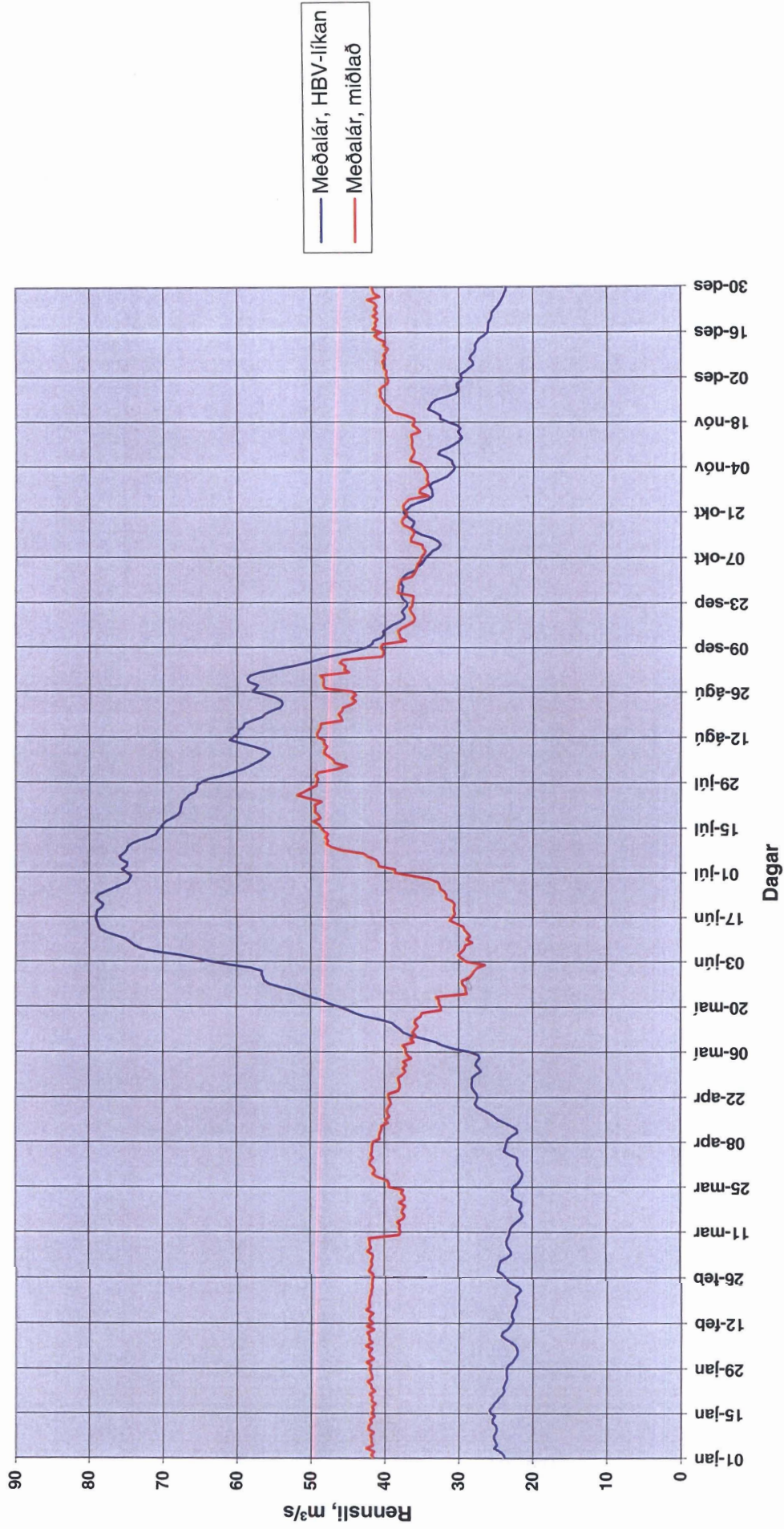
VATNSHÆÐ EMSTRULÓNS án Sátulóns

Tíðniferlar árin 1951 - 1993



MARKARFLJÓTSVIRKJANIR

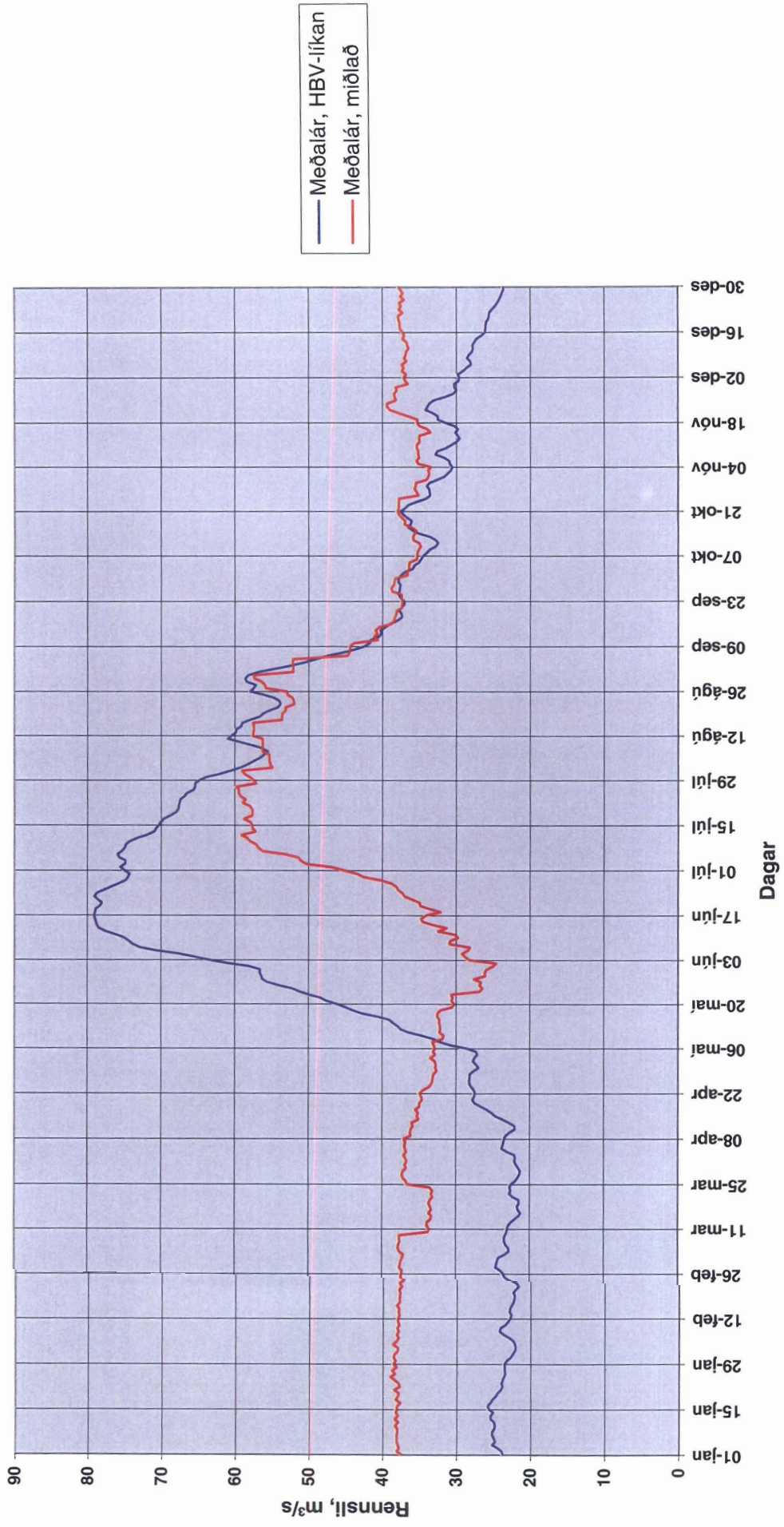
Markarfljót. Rennslí frá Emstrulóni



MARKARFLJÓTSVIRKJANIR

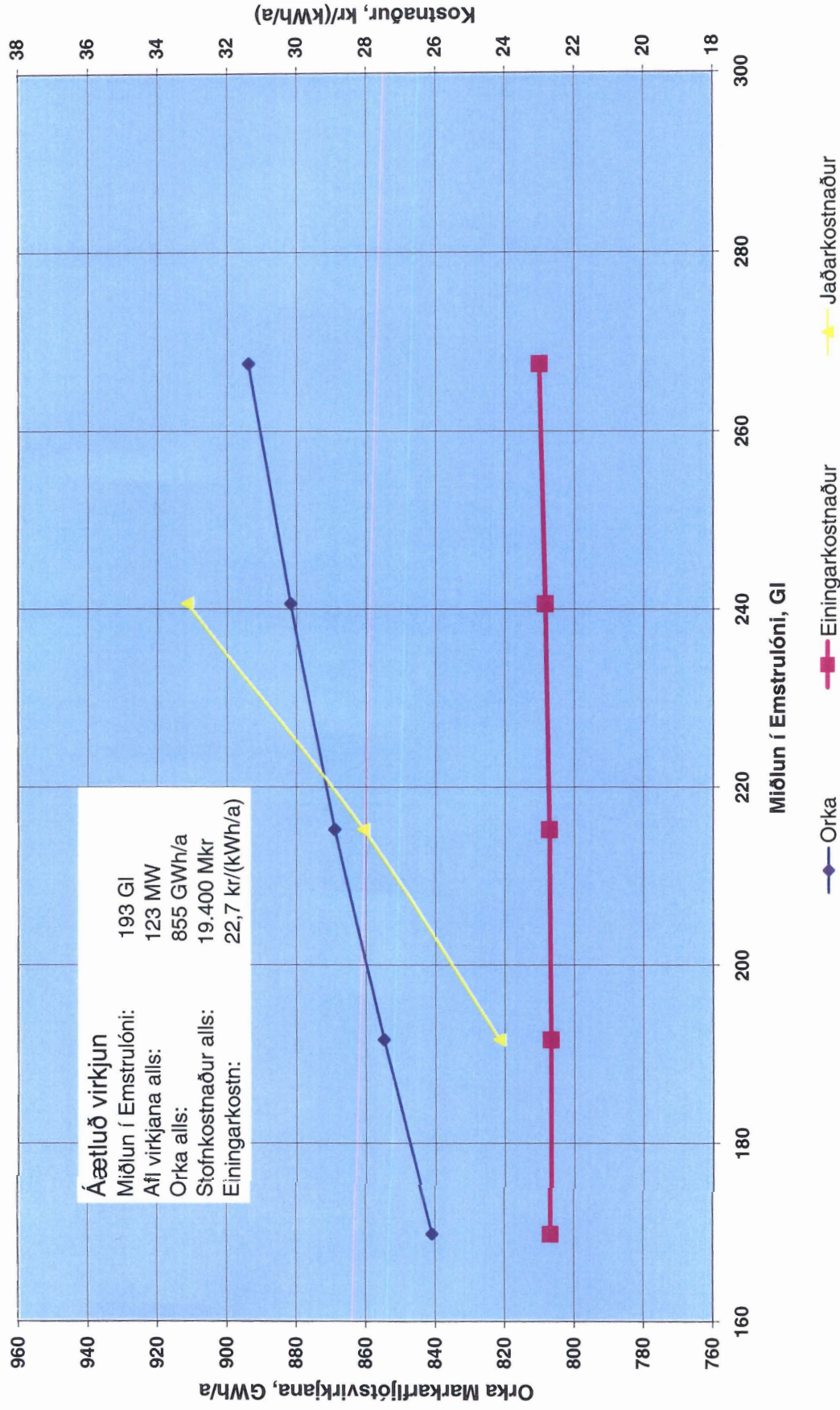
Fylgibiað 5b

Markarfljót. Rennslí frá Emstrulóni án Sátulóns



MARKARFLJÓTSVIRKJANIR

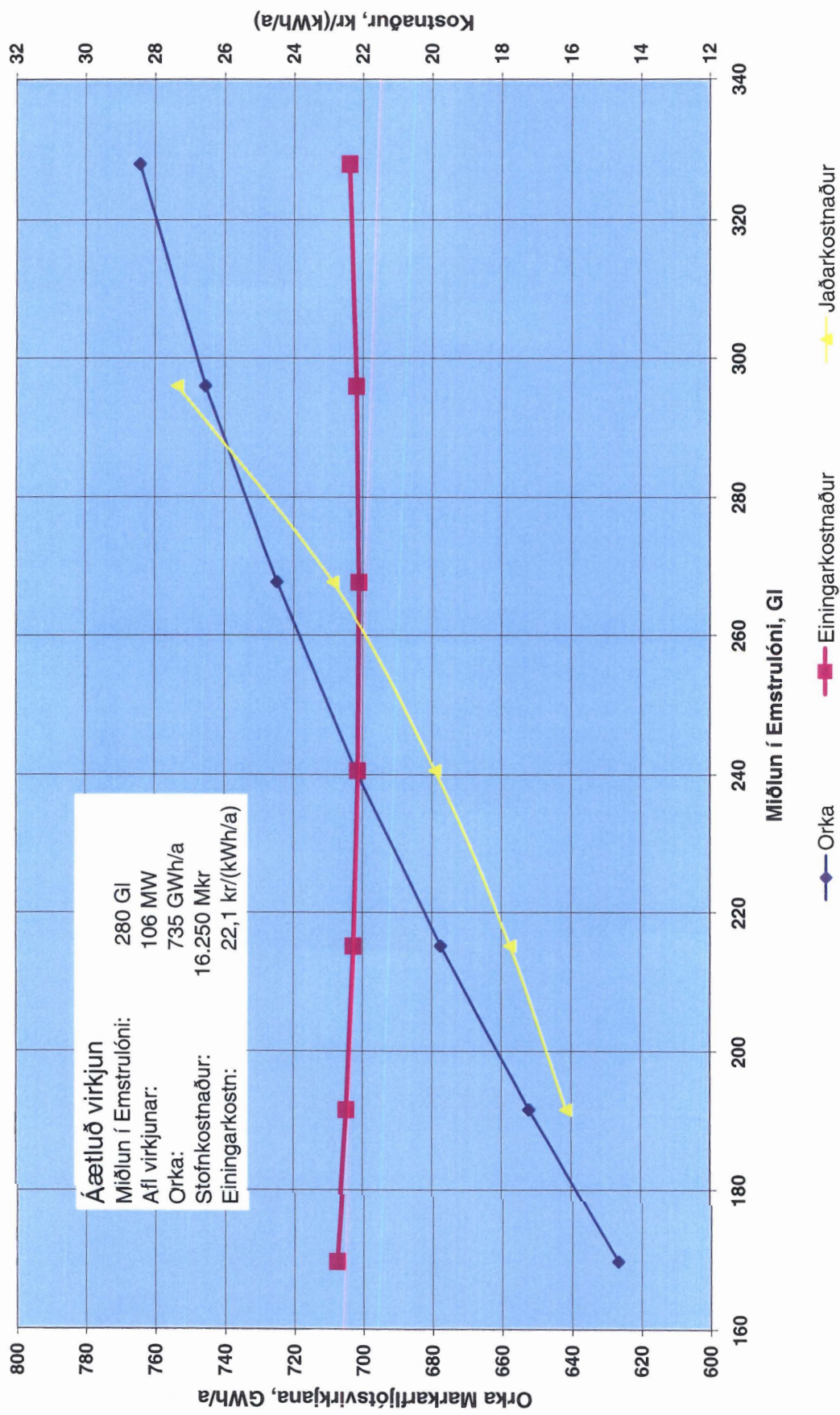
EMSTRUVIRKJUN til Gilsár (með Sátuvirkjun) Orka og orkukostnaður

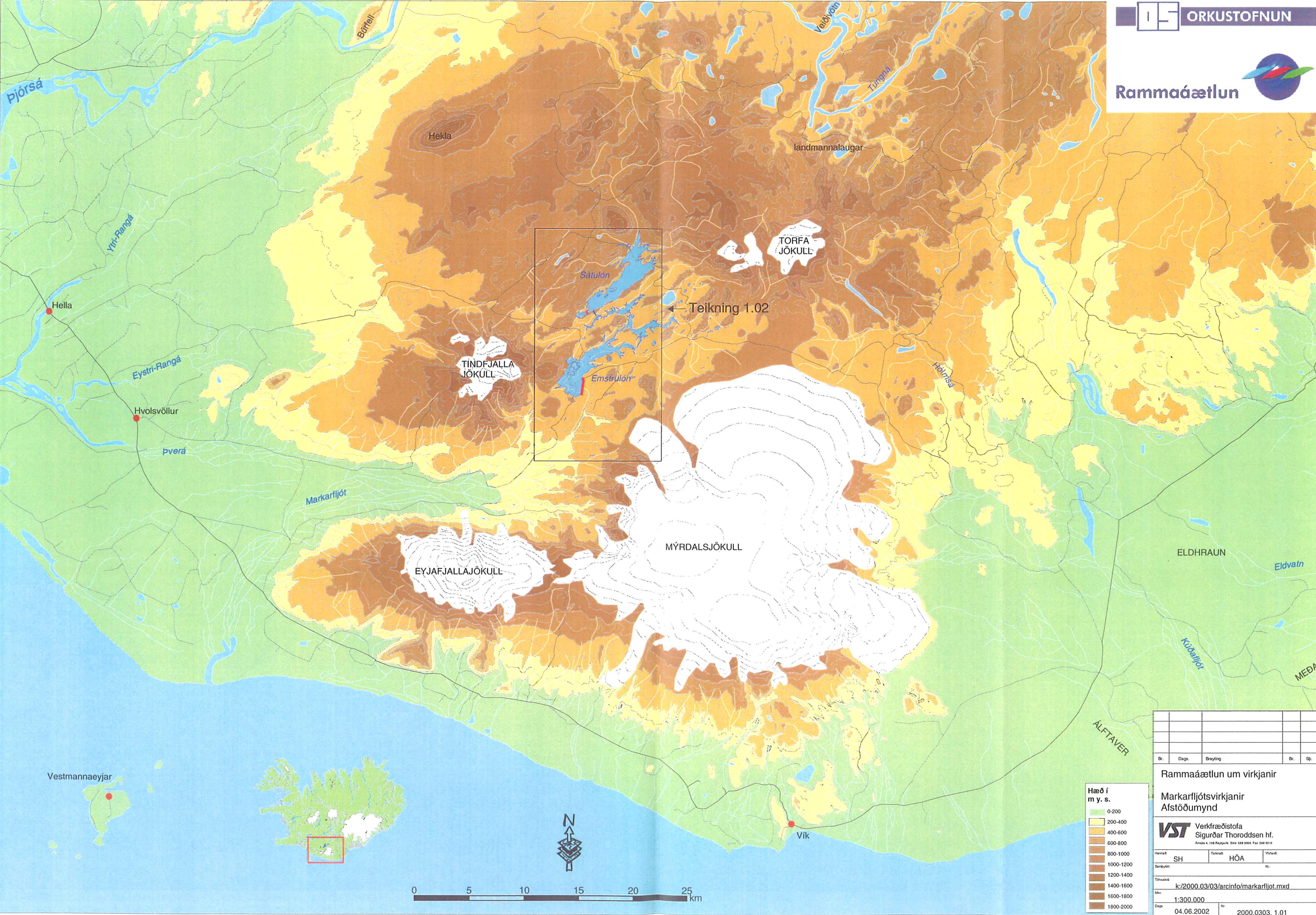


MARKARFLJÓTSVIRKJANIR

EMSTRUVIRKJUN til Gilsár (án Sátuvirkjunar)

Orka og orkukostnaður





Br.	Dags.	Breyting	Br.	Sp.

Rammaáætlun um virkjanir

Markarfljótsvirkjanir Afstöðumynd

VST Verkfræðistofa Sigurðar Thoroddsen hf.
Árni 4, 108 Reykjavík. Sími 558 9000 Fax 558 9010

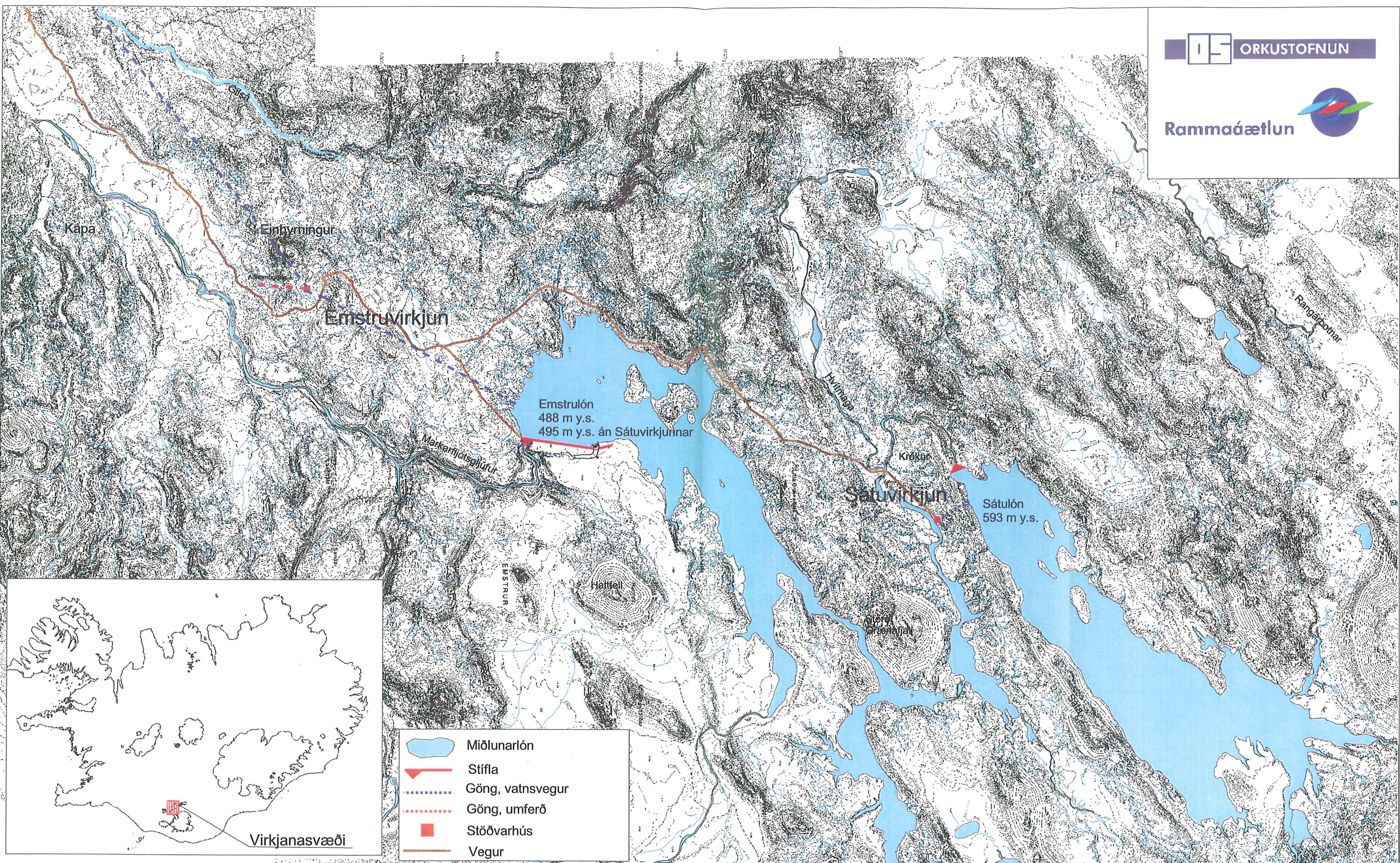
Hannað: SH	Teknað: HÖA	Yfirfarið:
Sagnakki:		Nr.:
Töluviki: k/2000.03/03/arcinfo/markarfljot.mxd		
Mæ: 1:300.000		
Dagf.: 04.06.2002	Nr.:	2000.0303.1.01

Hæð í m y. s.

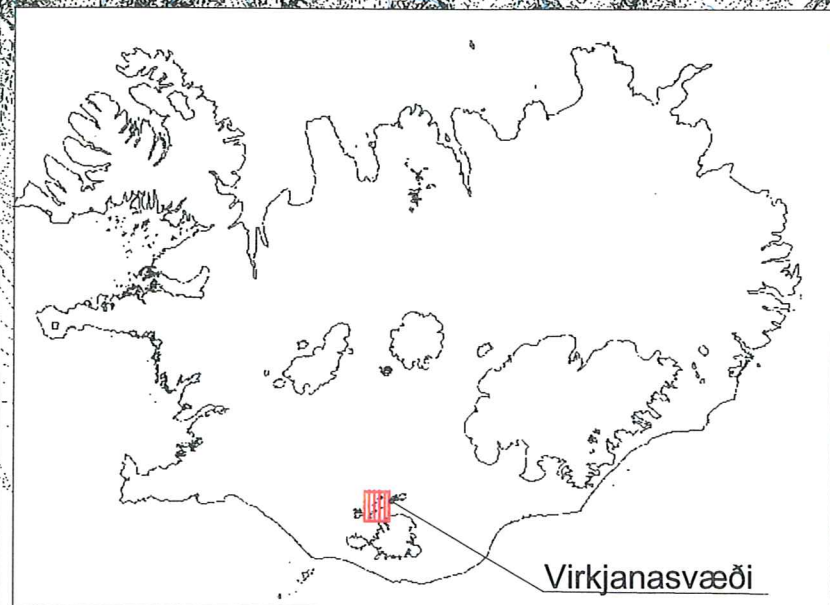
- 0-200
- 200-400
- 400-600
- 600-800
- 800-1000
- 1000-1200
- 1200-1400
- 1400-1600
- 1600-1800
- 1800-2000



0 5 10 15 20 25 km



-  Miðlunarlón
-  Stífla
-  Göng, vatnsvegur
-  Göng, umferð
-  Stöðvarhús
-  Vegur



Virkjanasvæði



DASETNING	NÓVEMBER 2001
GERT	SH/HÖA
SAMPYKKT	
BLADSTÆRD	VIRKI


ORKUSTOFNUN

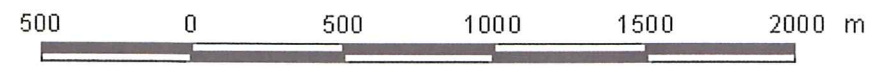
Rammaáætlun um virkjanir
Markarfljótsvirkjanir til Gilsár
Yfirlitsmynd

VST VERKFRÆDISTOFA SIGURÐAR THORODDSEN
VERKFRÆDIRÁÐGJAFAR FRV

FERLI	SÆTI	STADUR
NÓMUR	ÚTGÁFA	LYK
NÓMUR	ÚTGÁFA	BLAD
2000.0303-1.02		NÆSTA BL.



	Miðlunarlón
	Stífla
	Göng vatnsvegur
	Göng, umferð
	Stöðvarhús
	Vegur



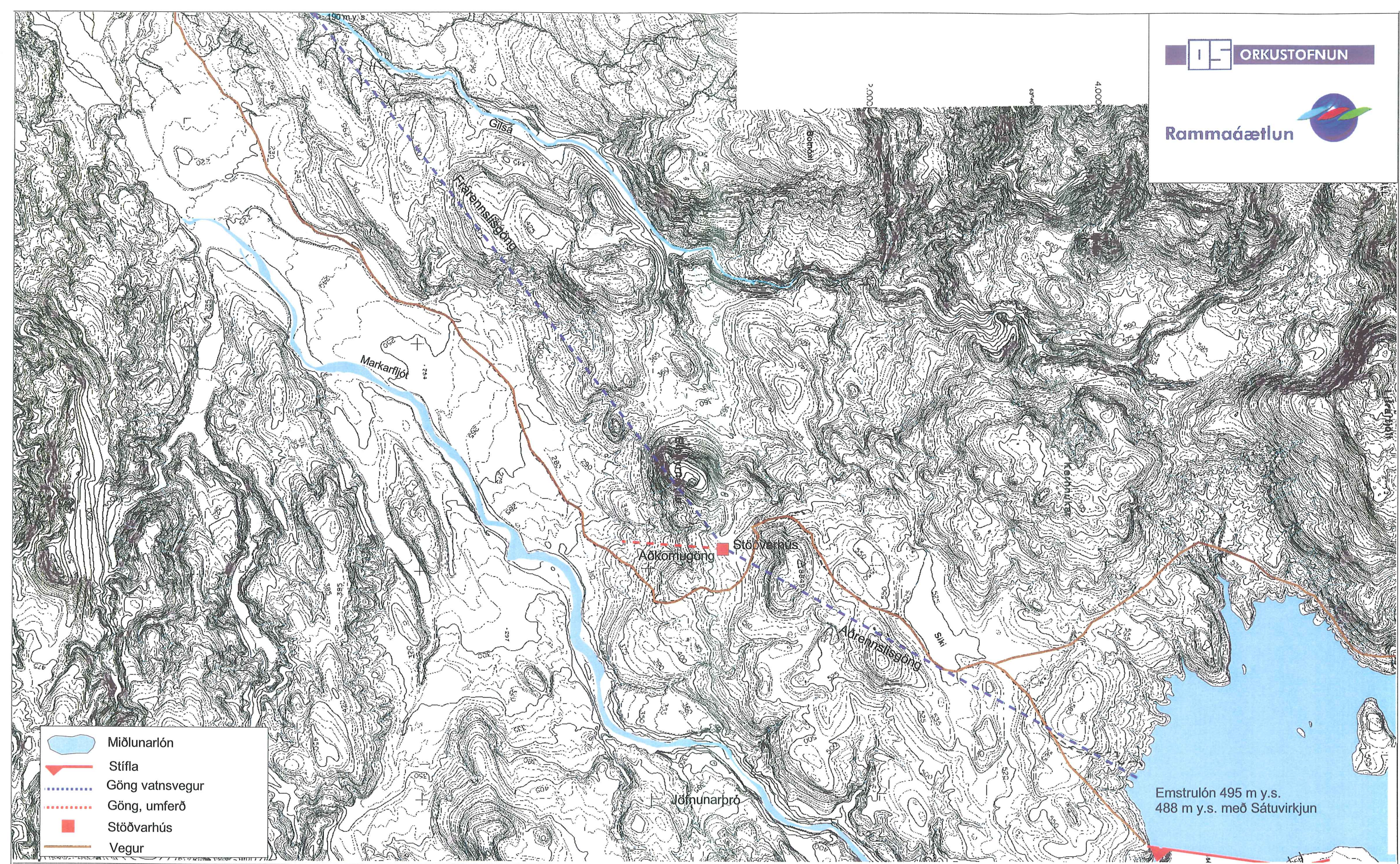
DATEYING	NÓVEMBER 2001
GERT	SH/HÓA
SAMÞYKKT	
BLADSTÆRD	VIRKI

ORKUSTOFNUN

Rammaáætlun um virkjanir
Markarfljótsvirkjanir
Sátuvirkjun

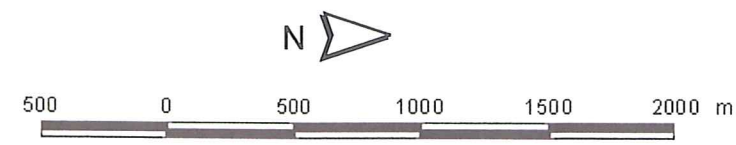
VST VERKFRÆDISTOFA SIGURDAR THORODDSEN
VERKFRÆDIRÁÐGJAFAR FRV

FERLI	SÆTI	STADUR
NÚMER	ÚTGÁFA	LYK
NÚMER	ÚTGÁFA	BLAD
2000.0303-1.03		NÆSTA BL.



	Miðlunarlón
	Stífla
	Göng vatnsvegur
	Göng, umferð
	Stöðvarhús
	Vegur

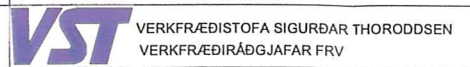
Emstrulón 495 m y.s.
488 m y.s. með Sátuvirkjun



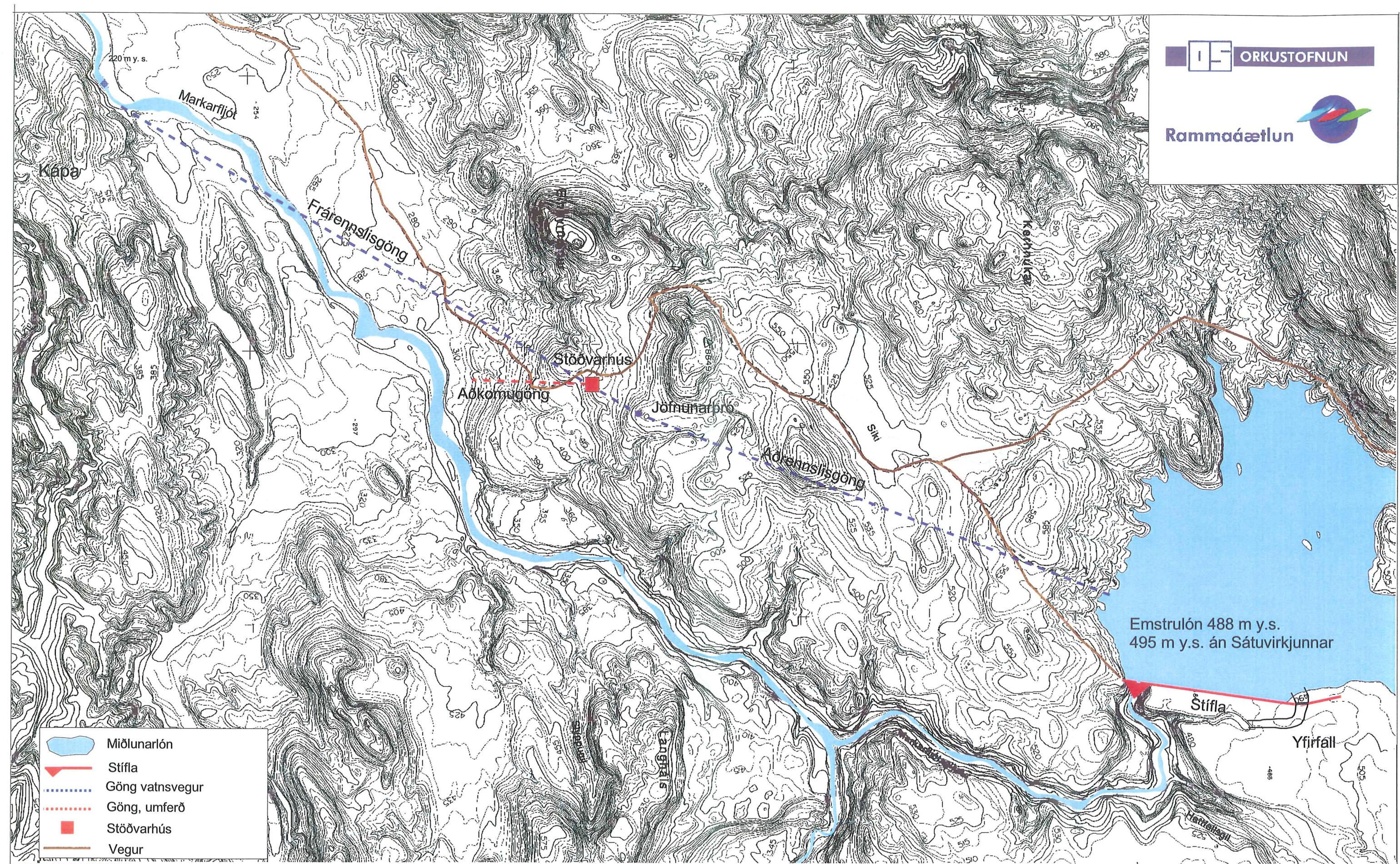
DATEYING	NÓVEMBER 2001
GERT	SH/HÓA
SAMBÝKKT	
BLADSTÆRD	VIRKI


ORKUSTOFNUN

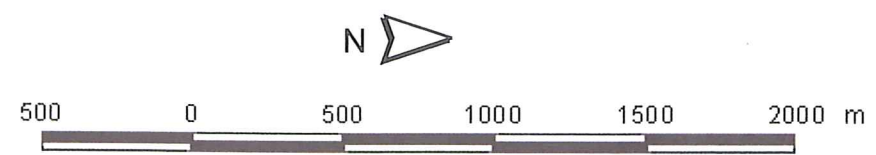
Rammaáætlun um virkjanir
Markarfljótsvirkjanir
Emstruvirkjun til Gilsár



FERLI	SÆTI	STADUR
NÚMÉR	ÚTGÁFA	LYK
NÚMÉR	ÚTGÁFA	BLAD
2000.0303-1.04		NÆSTA BL.



-  Miðlunarlón
-  Stífla
-  Göng vatnsvegur
-  Göng, umferð
-  Stöðvarhús
-  Vegur



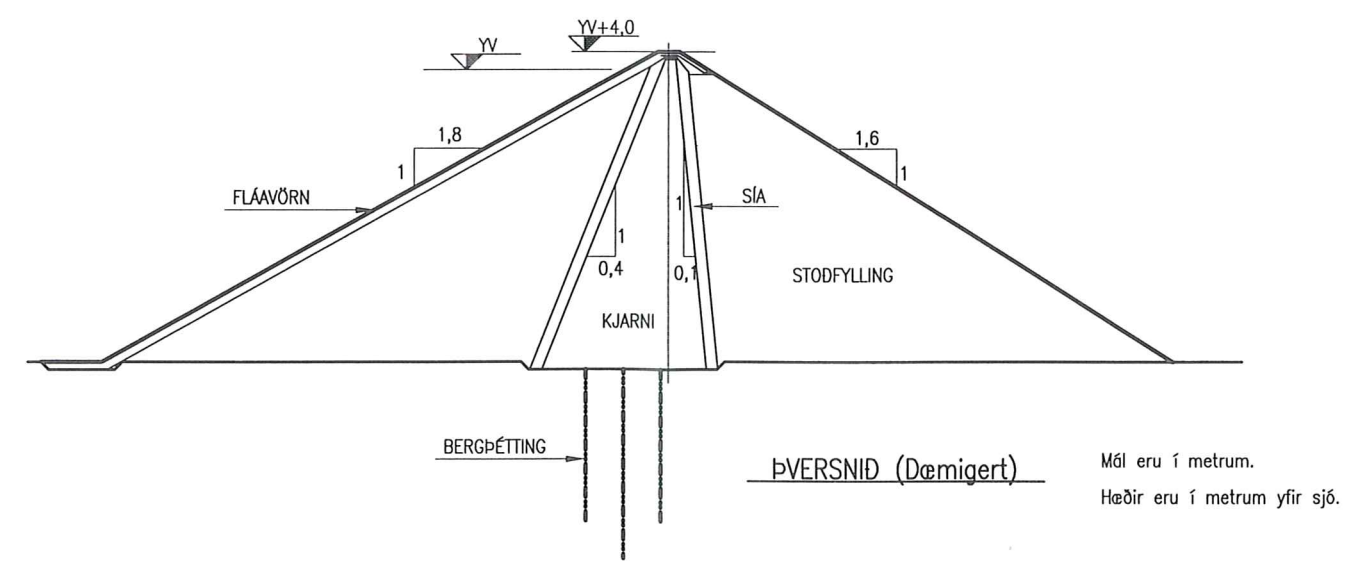
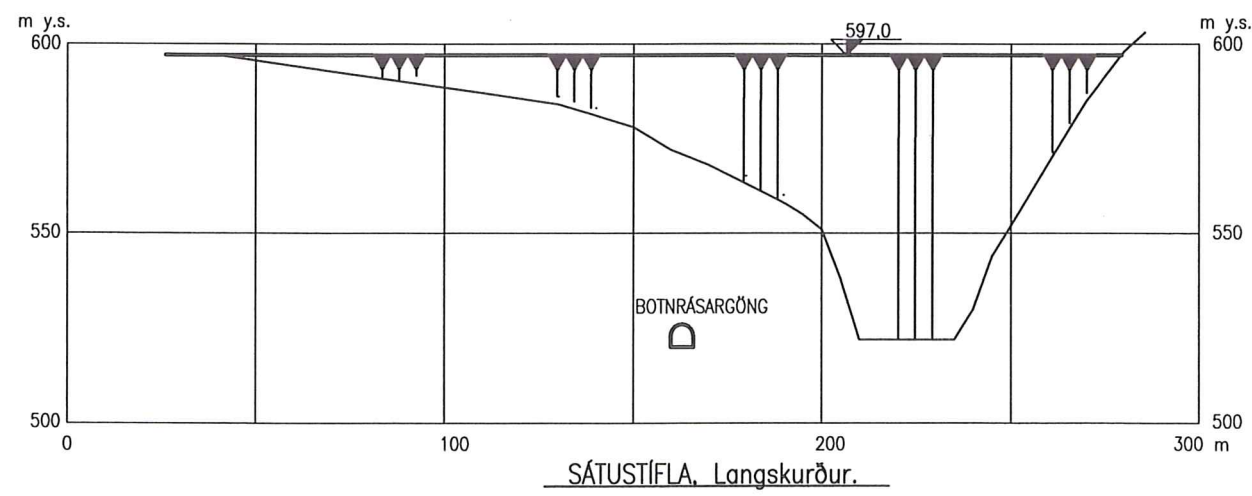
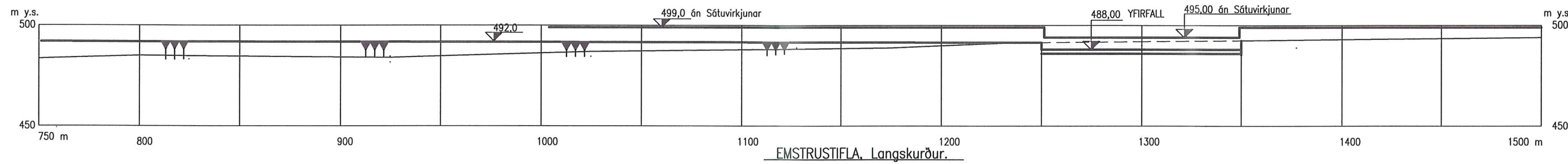
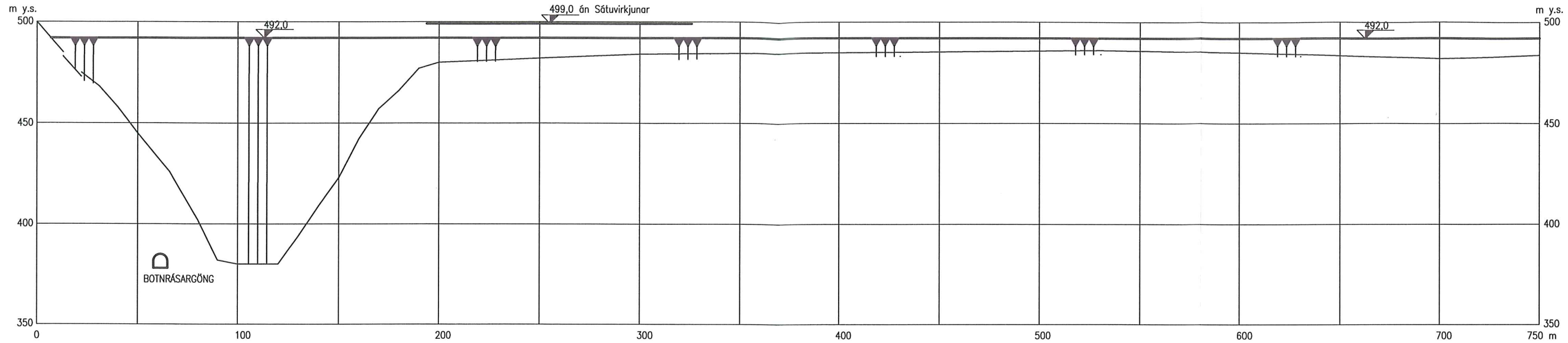
DASETNING	NÓVEMBER 2001
GERT	SH/HÓA
SAMÞYKKT	
BLADSTÆRD	VIRKI

ORKUSTOFNUN

Rammaáætlun um virkjanir
Markarfljótsvirkjanir
Emstruvirkjun til Markarfljóts

VST VERKFRÆÐISTOFA SIGURDAR THORODDSEN
VERKFRÆÐIRÁÐGJAFAR FRV

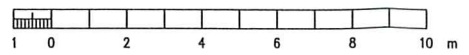
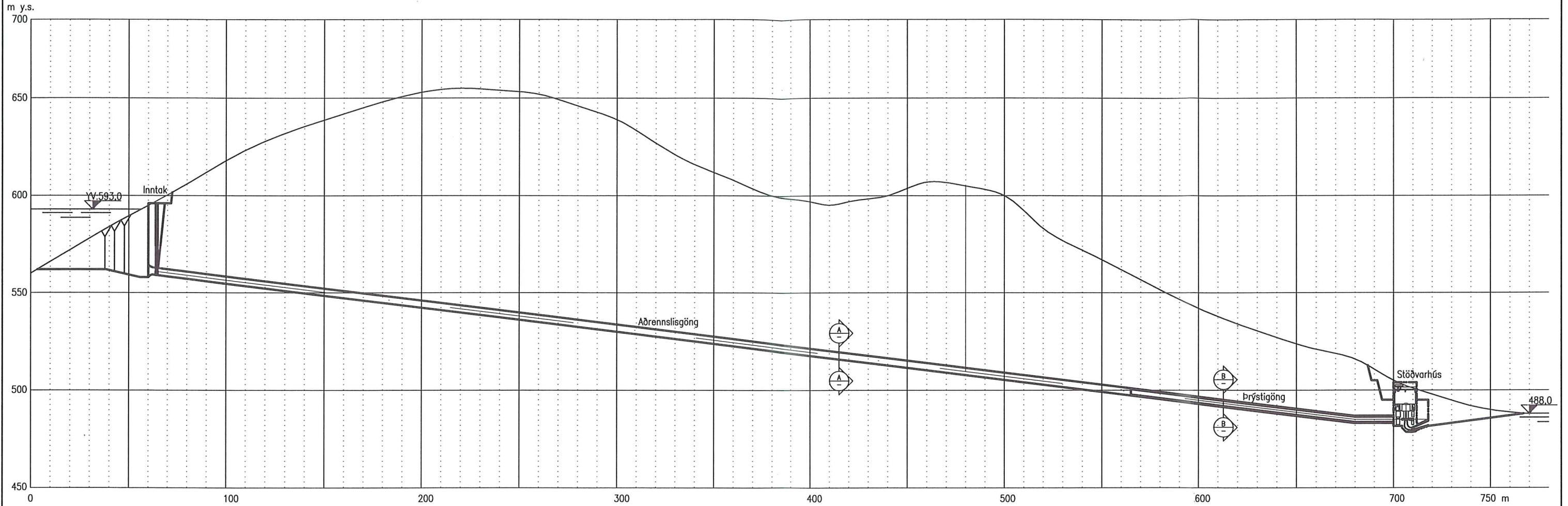
FERLI	SÆTI	STADUR
NÚMER	ÚTGÁFA	LYK
NÚMER	ÚTGÁFA	BLAÐ
2000.0303-1.05		NÆSTA BL.



Eigi má fjálfalda þessa teikningu til notkunar fyrir þriðja aðila né breyta henni án leyfis VST.

K:\2000.03\03\TEIKN\106.dwg

										VST Verkfræðistofa Sigurðar Thoroddsen hf. Armála 4 108 Reykjavík Sími: 569 5000 Fax: 569 5010 Glergötu 30 600 Akureyri 462 2543 461 1190 Bjarnarbraut 8 310 Borgarnes 437 1317 437 1311 Hafnarstræti 1 400 Ísafjörður 456 3708 456 3965										ORKUSTOFNUN MARKARFLJÓTSVIRKJANIR STÍFLUR SNID						
Bíðstærð	A3		Teikn. nr.	Tilvísun & teikningu	Útgáfa	Breyting	Dagsetning	Gert	Samþ.	Útgáfa	Breyting	Dagsetning	Gert	Samþ.	Hannað	SH	Teiknað	kjk	Yfirlit	Samþykkt	Dagsetning	NÓVEMBER 2001	Verk nr.	2000.03.03-1.06	Teikn. nr.	Útgáfa

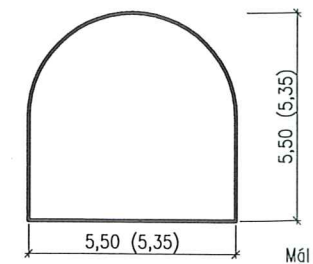
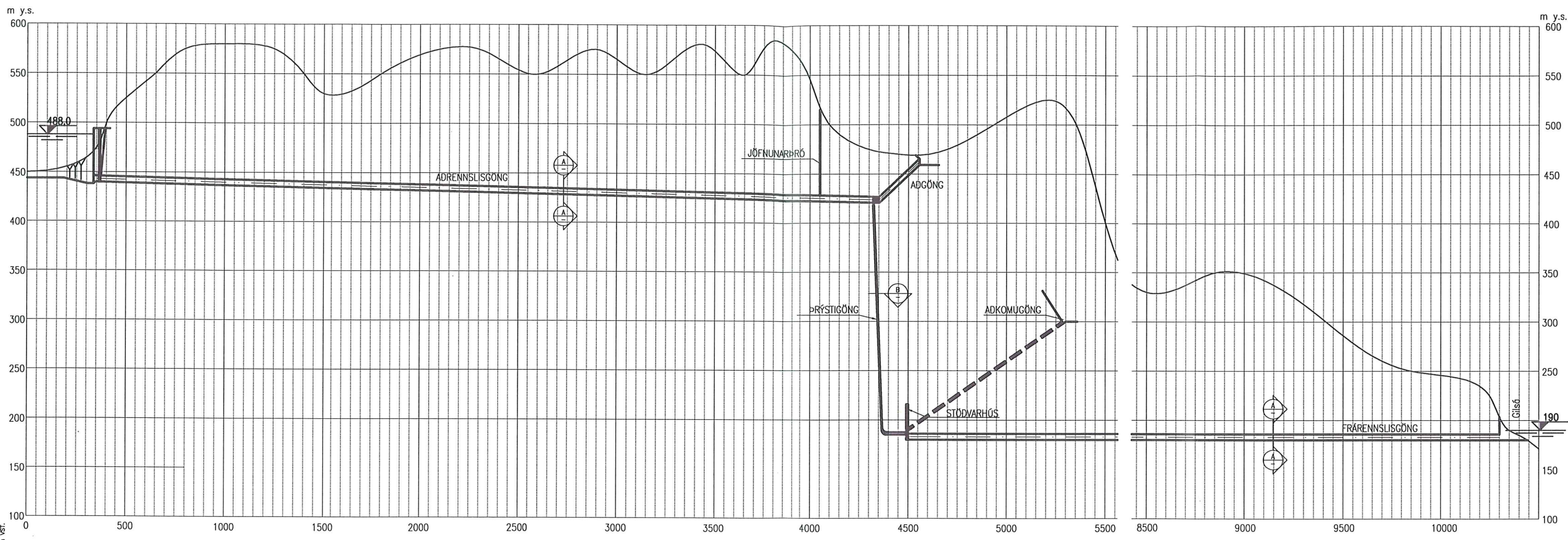


Mál eru í metrum.
Hæðir eru í metrum yfir sjó.

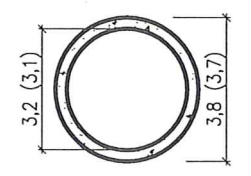
Eigi má fjölfalda þessa teikningu til notkunar fyrir þriðja aðila né breyta henni án þess VST.

K:\2000.03\03\TEIKN\SNID.dwg

												VST Verkfræðistofa Sigurðar Thoroddsen hf. Ármúla 4 108 Reykjavík Sími: 589 5000 Fax: 589 5010 Ólerárgötu 30 600 Akureyri 452 2543 461 1190 Bjarnarbrú 8 310 Borgarnes 437 1317 437 1311 Hafnarstræti 1 400 Ísafjörður 456 3708 456 3965				ORKUSTOFNUN MARKARFLJÓTSVIRKJANIR SÁTUVRIRKJUN LANGSKURDUR				
Blöðunúmer	Teikn. nr.	Titillun á teikningu	Útgáfa	Breyting	Dagsetning	Gert	Samþ.	Útgáfa	Breyting	Dagsetning	Gert	Samþ.	Hannað	Teiknað	Yfirfarið	Samþykkt	Dagsetning	Verk nr.	Teikn. nr.	Útgáfa
A3													SH	kjk			NÓVEMBER 2001	2000.03.03- 1.07		



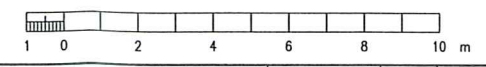
A SNID



B SNID

Mál í sviga: án Sátuvirkjunar

Mál eru í metrum.
Hæðir eru í metrum yfir sjó.



Eigi með fjárféðum þessum teikningu til notkunar fyrir þriðja aðila né breyta henni án leyfis VST.

K:\2000.03\03\TEIKN\SNID.dwg

												VST Verkræðistofa Sigurðar Thoroddsen hf. Armáa 4 108 Reykjavík Sími: 569 5000 Fax: 569 5010 Glerárgrötu 30 600 Akureyri 462 2543 461 1190 Bjarnarbraut 8 310 Borgarnes 437 1317 437 1311 Hafnarstræti 1 400 Ísafjörður 456 3708 456 3965				ORKUSTOFNUN MARKARFLJÓTSVIRKJANIR EMSTRUVIRKJUN, TIL GILSÁR LANGSKURDUR							
Bláskali	A3	Teikn. nr.	Tilvísun á teikningu	Ótáka	Breyting	Dagsetning	Gert	Samb.	Ótáka	Breyting	Dagsetning	Gert	Samb.	Hannað SH	Teiknað kjk	Yfirfarið	Sambýkt	Dagsetning	NÓVEMBER 2001	Verk nr.	2000.03.03-1.08	Teikn. nr.	Ótáka

