



ORKUSTOFNUN
RAFORKUDEILD

VARMATAP FRÁ STRAUMVÖTNUM

MÆLINGAR Í KORPU HAUSTIÐ 1968

eftir

Sigmund Freysteinsson
Verkfræðistofu Sig. Thoroddsen s.f.

HEAT LOSS FROM RIVERS

Measurements in a small river 1968

With a Summary in English

Reykjavík, Júní 1969

VARMATAP FRÁ STRAUMVÖTNUM
MÆLINGAR Í KORPU HAUSTIÐ 1968

eftir

Sigmund Freysteinsson
Verkfræðistofu Sig. Thoroddsen s.f.

HEAT LOSS FROM RIVERS
Measurements in a small river 1968
With a Summary in English

Reykjavík, Júní 1969

Á G R I P

Í eftirfarandi skýrslu er skýrt frá mælingum á varmatapi í Korpu (Úlfarsá) í Mosfellssveit haustið 1968. Tilgangurinn með þessum mælingum var að finna raunverulegt varmatap til að kanna nákvæmni og takmarkanir útreikninga á varmatapi og ísmyndun eftir venjulegum veðurathugunum. Slíkir útreikningar eru þýðingarmikið atriði í virkjunarrannsóknum og hafa t.d. verið gerðir í sambandi við athugun á orkuvinnslu fyrirhugaðra virkjana á Þjórsársvæðinu.

Þessar mælingar haustið 1968 stóðu aðeins í tæpan mánuð og voru ekki nógu ítarlegar að öllu leyti, en niðurstöður eru samt mjög athyglisverðar.

Mjög gott samband fékkst milli mælds og útreiknaðs varmataps miðað við hversu flókin fyrirbæri er hér um að ræða.

Formúlur þær, sem notaðar hafa verið á Þjórsársvæðinu gefa of mikið varmatap; væntanlega er útreiknað varmatap 30-50% meira en raunverulegt.

Með rússneskum formúlum fyrir uppgufun og uppstreymi fékkst að vissu marki gott samræmi milli mælinga og útreikninga.

Víðtækari og nákvæmari mælingar við fjölbreyttari skilyrði eru nauðsynlegar til að skapa viðunandi traustan grundvöll fyrir útreikninga á varmatapi.

E F N I

Ágrip

1	Inngangur	bls.	3
2	Staðhættir	"	3
3	Veðurathuganir	"	4
4	Vatnaathuganir		4
5	Úrvinnsla	"	6
	5.1 Varmatap reiknað eftur veðurathugunum	"	6
	5.2 Mælt varmatap	"	8
	5.3 Samanburður á mældu og útreiknuðu varmatapi	"	10
6	Niðurstöður	"	11
7	Heimildir	"	13

Töflur 1-5

1.-4. mynd

Summary

1 INNGANGUR

Útreikningar á ísmyndun eftir veðurathugunum eru þýðingarmikið atriði í virkjunarrannsóknum á vissum stöðum, og hafa slíkir útreikningar þegar verið gerðir á Þjórsársvæðinu, t.d. í sambandi við athuganir á orkuvinnslu fyrirhugaðra virkjana. Ein af meginforsendum þessara útreikninga eru formúlur fyrir sambandið milli varmataps frá vatninu og veðursins. Notaðar hafa verið formúlur dr. Olafs Devik með ýmsum breytingum og hefur nýlega verið gerð grein fyrir hinum fræðilega grundvelli (S.F. 1968).

Nauðsynlegt er að kanna nákvæmni og takmarkanir útreikninga á ísmyndun, og er fyrsta skrefið að prófa varmatapsformúlurnar með samanburði við beinar mælingar. Vegna mikillar ónákvæmni í mælingum á ísmagnni virðist vænlegast að finna raunverulegt varmatap með vatnshitamælingum þegar vatnið er yfir frostmarki. Reynt var að gera slíkar mælingar í Þjórsá ofan við Búrfell haustið 1967 en þær reyndust ekki framkvæmanlegar, nema þá með ærnum útbúnaði, m.a. vegna þess hve vatnshitinn í stórárm getur verið breytilegur þvert yfir ána. Til að reyna hvort þessar mælingar eru framkvæmanlegar í minni ám voru gerðar athuganir í Korpu (Úlfarsá) í Mosfellssveit haustið 1968 og er skýrt frá þeim hér. Þessar athuganir sýna að mælingar á varmatapi í smáám eru viðráðanlegar en töluvert tímafrekar. Niðurstöður voru mjög athyglisverðar en æskilegt væri að gera ítarlegri mælingar við fjölbreyttari skilyrði.

2 STADHÆTTIR

Korpa, eða Korpúlfsstaðaá, á upptök í Hafravatni og nefnist efri hlutinn Úlfarsá. Þetta er lítil á með jöfnu rennsli í þurrkattíð ($S + D + L, MQ \approx 1 \frac{1}{2} \text{ kl/s}$). Mælingar voru gerðar á rúmlega 1 km kafla árinna sunnan við Korpúlfsstaði, sjá l. mynd. Þarna er að mestu gróið land og samilega slétt, þó eru allhár bakkar við ána á nokkrum stöðum.

3 VEÐURATHUGANIR

Samfelldar mælingar á lofthita, rakastigi, vindhraða og vindátt voru gerðar við ána. Staðsetning er sýnd á 1. mynd,(M).

Lofthiti og rakastig var mælt með R. Fuess thermohydrograf (79 r) í venjulegri mælaskrínu eins og Veðurstofan notar. Rakamælirinn var prófaður við upphaf og lok mælingatímabilsins. Leiðréttingar við hitaritann eru gerðar með hliðsjón af sam-
burðarálestrum á venjulega kvikasilfursmæla er einnig voru í mælaskrínunni.

Vindur var mældur í 2ja m hæð með W. Lambrecht vindrita er skráir vindveg og átt (Woelfle type, No. 1482). Við vindhraða eru notaðar leiðréttingar sem fylgdu mælinum frá framleiðanda.

Veðurathuganir voru gerðar frá 8. okt. til 4. nóv. Til úrvinnslu eru aðeins tekin þau tímabil, nokkrar klst. í senn, sem um var að ræða varmatap frá ánni og sólgeislunar eða úrkomu gætti ekki. Reiknuð eru út 2ja stunda meðaltöl einstakra þátta og eru niðurstöður í töflu 1. Upplýsingar um skýjahulu eru eftir athugunum Veðurstofunnar í Reykjavík og athuganir þaðan voru einnig notaðar til glöggvunar um úrkomu.

4 VATNAATHUGANIR

Samfelldar mælingar á vatnshita voru gerðar á tveimur stöðum, sem auðkenndir eru I og II, sjá 1. mynd. Lengd árinna milli mælistaða er um 1170 m. Notaðir voru síritandi vatnshita-
mælar, Negretti & Zambra, M. 2238B. Þessir mælar eru sámilega nákvæmir; 1°C er 4,6 mm á hitaritinu þannig að auðvelt er að lesa af upp á $0,05^{\circ}\text{C}$ eða jafnvel minna. Þessari nákvæmni verður þó ekki haldið nema með mörgum samanburðarmælingum við

aðra nákvæmari mæla. Til samanburðar voru notaðir kvikasilfursvatnshitamælar frá NVE og SMHI. Til yfirlits um gang vatnshitans á mælingatímanum er daglegt hámark og lágmark sýnt í töflu 2.

Vatnshæð var lesin af bráðabirgðakvarða skammt neðan við I. Vatnshæðarmælir Orkustofnunar, vhm 81, er við brúna á Þjóðvegnum ofan við Keldnaholt. Vatn til áburðarverksmiðju er tekið úr ánni milli vhm 81 og kvarðans við I. Lykill fyrir kvarðann við I er fundinn eftir álestrum á hann og vhm 81, rennslismælingum Orkustofnunar við vhm 81 ásamt rennslismælingu milli I og II. Samkvæmt upplýsingum frá áburðarverksmiðjunni er vatnsnotkun þar mjög jöfn. Lykillinn er sýndur á 2. mynd og álestrar á kvarðann eru í töflu 3.

Meðalstraumhraði milli I og II var mældur með salthraðaaðferðinni. Saltupplausn (2-3 kg af matarsalti í 10 l af vatni) var sett í ána við I og mæld viðnámsbreytingin við II og tíminn þegar saltið fór þar hjá. Við viðnámsmælingar var notað ísmælitæki ("elgmælir" smíðaður af Rafagnatækni). Þetta tæki gefur meðalviðnám í rúma mínútu í senn. Rennslistími milli I og II sem fall af rennsli er sýndur á 2. mynd. Tíminn er hér miðaður við þegar toppurinn á saltupplausninni fór hjá. Á 3. mynd er sýnishorn af viðnámsmælingu.

Vatnsflötur árinna milli I og II mælist 9440 m^2 á uppdráttum borgarverkfræðings í mælikv. 1:2000. Kortin á þessum stað eru gerð eftir loftmyndum teknum 25.7.1963, en þann dag var lítið rennsli ($Q \approx 0,3 \text{ kl/s}$ milli I og II, vhm 81 : w = 40). Vitaskuld hefur farvegurinn breytzt síðan þessar myndir voru teknar og hefur verið tekið tillit til meiriháttar breytinga. Auk þess var árbreiddin mæld á mörgum stöðum við meira rennsli, og stærð vatnsflatarins sem fall af rennsli áætluð með hliðsjón þar af. Tölur sem notaðar eru í varmatapsreikningum eru aftan við töflu 5.

5 ÚRVINNSLA

5.1 Varmatap reiknað eftir veðurathugunum

Eftir veðurathugunum og vatnshita er varmatap frá yfirborði árinna reiknað út eftir tvennskonar formúlum. Í fyrsta lagi eftir samsvarandi formúlum og notaðar hafa verið á Þjórsársvæðinu (Devik - SF), svohljóðandi:

$$S1 = \{13,18 \cdot 10^{-9} \cdot T_a^4 \cdot (0,46 - 0,06 \sqrt{e_a}) - G_o \cdot (1 - \alpha)\} \cdot (1 - 0,012 N^2) \\ + 13,18 \cdot 10^{-9} \cdot (T_w^4 - T_a^4).$$

$$S2 = 2,17 \cdot v_2^{0,845} \cdot (e_w - e_a).$$

$$S3 = 1,37 \cdot v_2^{0,845} \cdot (T_w - T_a).$$

$$S = S1 + S2 + S3.$$

S1: varmatap við geislun, Mcal km⁻² s⁻¹

S2: varmatap við uppgufun, "

S3: varmatap við uppstreymi, "

S: heildarvarmatap, Mcal km⁻² s⁻¹

T_a: lofthiti, °K

T_w: vatnshiti, °K

e_a: eimprýstingur í lofti, mb

e_w: " við vatn, mb

N: skýjahula, 0-8

v₂: vindhraði í 2 m hæð, m s⁻¹

G_o: sólgeislun í heiðskíru, Mcal km⁻² s⁻¹

α: eðlisendurkast vatnsyfirborðsins

Á Þjórsársvæðinu er vindhraði mældur í 6 m hæð og hefur formúlunum fyrir uppgufun og uppstreymi hér verið breytt eftir þeirri

forsendu að vindhraðaprófillinn fylgi "sjöundu rótar lögmálinu" sem talið er gilda við sæmilega slétt yfirborð. Eins og fyrr segir voru aðeins tekin tímabil þegar sólgeislunar gætti ekki.

Í öðru lagi hefur varmatap við uppgufun og uppstreymi verið reiknað eftir rússneskum formúlum (Rimsha-Donchenko, sjá Dingman et al. 1968), sem eru á þessa leið þegar varmatapið er reiknað í $\text{Mcal km}^{-2} \text{ s}^{-1}$:

$$\text{SR2} = (1,56k + 0,70 \cdot v_2) (e_w - e_a).$$

$$\text{SR3} = (k + 0,45 \cdot v_2) (T_w - T_a).$$

$$k = 0,926 + 0,04 (T_w - T_a).$$

Með stærðinni k mun þáttur óþvingaðs uppstreymis (free convection) í varmatapinu vera tekinn til greina, en hann verður til jafnaðar minni eftir því sem vindhraði er meiri. Fyrir geislunina er notuð sama formúla og áður. Heildarvarmatapið eftir seinni reikningsaðferðinni verður þá:

$$\text{SR} = \text{S1} + \text{SR2} + \text{SR3}$$

Niðurstöður þessara útreikninga eru í töflu 4. Þar sést m.a. að geislunin var oft tiltölulega mikill hluti varmatapsins, enda var það yfirleitt frekar lítið. Varmatap við uppstreymi var oft negatíft, þ.e.a.s. lofthiti hærri en vatnshiti.

5.2 Mælt varmatap

Varmatapið frá ánni er reiknað út eftir vatnshitamælingum, rennsli og straumhraða. Gengið er út frá jöfnunum

$$\frac{\partial T}{\partial t} + v \frac{\partial T}{\partial x} = + \frac{(S-s_{\beta})}{\gamma c D} .$$

T: vatnshiti

t: tími

x: lengd í straumstefnu

v: meðalstraumhraði

γ : rúmpyngd vatns

c: eðlisvarmi "

D: meðaldýpt

S: varmatap frá yfirborði á flatar- og tímæiningu

s_{β} : varmi frá botni og jarðvatni " " "

Þessar jöfnur eru taldar gilda fyrir "óendanlega" breiðan farveg þar sem straumhraði er svo mikill að vatnshitinn er hverfandi lítið breytilegur með dýptinni (sjá S.F. 1968). Spurning er hvort þessum skilyrðum er fullnægt á mælikaflanum í Korpu. Frá straumfræðilegu sjónarmiði getur farvegur talizt "óendanlega" breiður ef breiddin er meiri en 10 sinnum dýptin og er það ekki fjarri lagi víðast hvar á mælikaflanum. Þó eru þar nokkrir hyljir og lygnur og kann kyrrstætt vatn í þeim að valda skekkjum.

Fyrir $x-vt = 0$ og fast gildi á $(S-s_{\beta})$ er lausn jafnanna:

$$T(x,t) = T(0,0) - (S-s_{\beta}) \cdot t/\gamma c D.$$

Með $Q = v \cdot B \cdot D$ þar sem Q er rennslið og B meðalbreidd árinna og $F = x \cdot B$ þar sem F er vatnsflötur milli mælistaða má skrifa þetta:

$$(S-s_{\beta}) = \gamma c \frac{Q}{F} (T(0,0) - T(x,t)).$$

Með $\gamma = 1000 \text{ kg m}^{-3}$, $c = 1 \text{ kcal kg}^{-1} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$, Q í $\text{m}^3 \text{ s}^{-1}$, F í m^2 , T í $^{\circ}\text{C}$ og S í $\text{Mcal km}^{-2} \text{ s}^{-1}$ verður

$$(S-s_{\beta}) = 10^6 \frac{Q}{F} \cdot \Delta T. \quad \Delta T = T(I,0) - T(II,t).$$

Hér er t rennslistíminn milli mælistaðanna I og II. Útreikningar á þessu eru í töflu 5.

Venjulega er talið að varmi frá árbotninum sé hverfandi lítið miðað við varmaskiptin við yfirborð og svo er vafalaust í lengri frostaköflum, en hér kann að gegna öðru máli. Sólarhrings sveifla vatnshitans var tiltölulega mikil, oft $2-3^{\circ}\text{C}$, á mælingatímanum. Áin er víðast grunn svo að mikil sólgeislun sogast í botninn. Botninn er að mestu leyti mól og hlýtur jarðvatnið í botninum að hafa hærra hitastig en árvatnið þegar það kólnar á nóttunni og má gera ráð fyrir að munurinn aukist í einhverju hlutfalli við varmatapið. Engar mælingar voru gerðar á botnhitanum svo að þetta verður ekki reiknað út. Lausleg áætlun bendir til að varmaleiðslan frá botni gæti verið af stærðargráðunni $5-10 \text{ Mcal km}^{-2} \text{ s}^{-1}$ við $2-3^{\circ}\text{C}$ mun á vatnshita og botnhita, en vitanlega gæti þetta ekki staðið nema takmarkaðan tíma. - Aðrennsli ofanjarðar var hverfandi lítið á mælingatímanum og jarðvatnsinnrennsli var væntanlega ekki mikið, en það minnkar varmatapið í langflestum tilfellum því að hiti jarðvatnsins hefur ekki verið minni en $3-4^{\circ}\text{C}$.

Af ofantöldu er ljóst að ýmsar mælingar vantar til ákvörðunar á s_{β} . Enginn vafi er á því að varmatap frá yfirborði er nokkru meira en melda varmatapið, $(S-s_{\beta})$, þó er munurinn varla meiri en 10-20%.

Meðalskekkjan á $(S-s_{\beta})$ er ekki reiknuð út fyrir einstakar mælingar enda er ekki grundvöllur til að ákveða meðalskekkju á einstökum þáttum. Til glöggvunar um stærðangráðu má t.d. gefa sér eftirfarandi gildi á hlutfallslegri meðalskekkju einstakra þátta.

$$\sigma(Q)/Q = 0,05/0,43 \approx 12\%.$$

$$\sigma(F)/F = 300/9600 \approx 3\%.$$

$$\sigma(T(I,0)/\Delta T = 0,05/0,48 \approx 10\%.$$

$$\sigma(T(II,t)/\Delta T = 0,07/0,48 \approx 15\%.$$

Með þessu verður hlutfallsleg meðalskekkja á $(S-s_{\beta})$:

$$\delta(S-s_{\beta})/(S-s_{\beta}) = \sqrt{12^2 + 3^2 + 10^2 + 15^2} = 22\%.$$

5.3 Samanburður á mældu og útreiknuðu varmatapi

Í töflu 5 er útreiknað varmatap eftir veðurathugunum sett til samanburðar við mæld gildi á $(S-s_{\beta})$. Tíminn á mælingunum fellur ekki alltaf saman við 2ja stunda tímabilin sem reiknað er út fyrir og eru þá útreiknuðu gildin fundin með milligildun (teiknað). Samanburðurinn er einnig sýndur á 4. mynd og þar eru útreiknaðar línur eftir aðferð minnstu kvaðrata.

Varmatap frá yfirborði, reiknað eftir veðurathugunum, er meira en $(S-s_{\beta})$ fyrir báðar formúlusamstæðurnar, og er það raunar eðlilegt.

Fyrir rússnesku formúlurnar er reiknað varmatap til jafnaðar 8-9 $\text{Mcal km}^{-2} \text{ s}^{-1}$ meira en $(S-s_{\beta})$ og mjög lítið breytilegt eftir því hvað varmatapið er mikið. Fylgnitalan fyrir sambandið er 0,89 ($r^2 = 0,79$).

Fyrir formúlurnar, sem notaðar hafa verið á Þjórsársvæðinu (Devik-SF) er reiknað varmatap um 1,68 sinnum meira en $(S-s_{\beta})$. Fylgnitalan er hér 0,93, ($r^2 = 0,87$).

Eins og segir í undanfarandi kafla er raunverulegt varmatap frá yfirborði væntanlega 10-20% meira en $(S-s_{\beta})$. Varðandi reiknað varmatap er þess að gæta hvort veðurathuganir, og þá einkum vindhraði, hafi verið einkennandi fyrir allan þann kafla árinna sem mælingarnar voru gerðar á. Veðurathugunarstöðin var á fremur slétttri eyri og hefur vindhraði við ána á mælikaflanum vafalaust ekki verið öllu meiri annars staðar en e.t.v. minni sums staðar þar sem háir bakkar eru. Samanburðarmælingar á vindhraða á mismunandi stöðum voru ekki gerðar og verður því ekki reiknað út hvaða máli þetta skiptir. En augljóst er að í smáá hlýtur skjóls við bakka að gæta miklu meira en í stærri ám.

Af þessu er ljóst að ýmsar mælingar vantar til að unnt sé að segja með nákvæmni hvernig sambandið milli útreiknaðs varmataps og $(S-s_{\beta})$ ætti að vera ef varmatapsformúlurnar væru réttar fyrir stærri vatnsföll. Lauslega áætlað ætti útreiknað varmatap að vera 1,2 til 1.4 sinnum meira en $(S-s_{\beta})$.

Útreiknað varmatap eftir rússnesku formúlunum er þá ekki fjarri réttu. Dreifingin er aftur á móti vafasöm og bendir það til að vafasamt sé að breyta áhrifum vindhraðans með hitamismun vatns og lofts.

Útreiknað varmatap eftir hinum formúlunum er 30-50% of hátt, en samband við mælingar að öðru leyti gott.

6 NIÐURSTÖÐUR

Athyglisvert er hversu gott samhengi er milli útreiknaðs og mælds varmataps, því að hér er um að ræða flókið samspil margra þátta. Með ítarlegri mælingum ætti þess vegna að fást traustur grundvöllur til útreikninga á varmatapi og ísmyndun.

Formúlur þær sem notaðar hafa verið á Þjórsársvæðinu gefa vafalaust of mikið varmatap.

Mælingar í Korpu haustið 1968 stóðu aðeins í tæpan mánuð og náðust ekki mælingar á verulega miklu varmatapi, enda kólnar áin fljótt niður í frostmark á mælikaflanum. Það er því varla tímabært að leiðrétta varmatapsformúlurnar eftir þessum mælingum. - Með rússneskum formúlum fyrir uppgufun og uppstreymi fást mjög sennilegar niðurstöður á því bili sem mælingarnar ná til. Þessar formúlur hafa einnig verið notaðar með góðum árangri annars staðar (Dingman et al. 1968). Nauðsynlegt er þó að prófa þær við meira varmatap.

7 HEIMILDIR

Borgarverkfræðingurinn í Reykjavík: Reykjavík og nágrenni, 1:2000, (uppdrættir). Blöð 351 og 353.

Dingman, S.L., W.F. Weeks, and Y.C. Yen. 1968: The Effects of Thermal Pollution on River Ice Conditions. Water Resources Research, 4, 349-362.

Freysteinnsson, Sigmundur, 1968: Water Temperature and Heat Balance of Rivers. Jökull, 18, 359-370.

Orkustofnun, vatnamælingar, 1967: Rennslismælingar 1947-1966.

Orkustofnun, vatnamælingar, 1969: Vatnasvið Íslands.

TAFLA 1

Skýringar

t_a	lofthiti, °C
t_w	vatnshiti, °C
e_a	eimþrýstingur í lofti, mb
e_w	" við vatn, mb
v_2	vindhraði í 2 m hæð, $m s^{-1}$
N	skýjahula, 0-8
D	vindátt (00:breytileg átt)

TAFLA 1
KORPA OKT. 1968

Dag	kl.	t_a	e_a	v_2	N	t_w	e_w	D
08.	18-20	2.2	3.9	8,2	2	1,1	6.6	ANA
08	20-22	1.1	3.8	8,0	1	0,6	6.4	ANA
08	22-24	-0.2	3.6	4,4	1	0,4	6.3	A
09	00-02	-0.6	3.6	4,0	1	0,2	6.2	A
11.	02-04	7.7	5.5	5,4	6	4,2	8.2	A
11.	04-06	7.4	5.3	3,8	6	4,0	8.1	A
11.	06-08	7.3	5.1	6,3	6	3,6	7.9	A
11.	18-20	8.2	5.5	6,0	7	4.6	8,5	A
11.	20-22	8.1	5.5	8,8	6	4.4	8.4	A
11.	22-24	7.4	5.5	7,5	5	4.2	8.2	NA
12.	00-02	5.8	5.2	5,9	5	4.0	8.1	NA
12.	02-04	4.7	4.9	5,6	7	3.8	8.0	NA
12.	04-06	3.8	4.7	6,3	7	3.4	7.8	NA
12.	06-08	3.3	4.6	5,2	7	2.9	7.5	NA
12.	08-10	3.3	4.6	3,1	7	2.6	7.4	NA
12.	18-20	3.8	5.1	1,8	2	2.7	7.4	NA
12.	20-22	2.3	4.9	1,8	1	2.3	7.2	00
12.	22-24	1.5	4.7	1,3	1	2,1	7.1	00
13.	00-02	-0.6	4.7	1,6	1	2,0	7.1	S
13.	02-03	-1.8	4.8	1,5	1	1.7	6.9	S
15.	22-24	4.4	5.4	3,8	2	3.2	7.7	00
16.	00-02	4.2	5.6	7,1	3	3.0	7.6	N
16.	02-04	4.8	4.9	8,2	4	2.6	7.4	N
16.	04-06	3.3	4.9	4,1	3	2.4	7.3	N
16.	06-08	2.1	5.3	3,2	3	2.2	7.2	00
16.	18-20	2.8	6.1	1,8	1	3.5	7.9	S
16.	20-22	3.8	6.0	4,1	0	2.9	7.5	A
16.	22-24	4.2	6.0	3.4	0	2.8	7.5	A

2. TAFLA 1
KORPA OKT. 1968 framh.

Dag	kl.	t_a	e_a	v_2	N	t_w	e_w	D
17.	00-02	3.6	6.4	2.7	1	3.2	7.7	ANA
17.	02-04	4.1	7.4	2.5	2	3.1	7.6	ASA
17.	04-06	4.0	7.4	3.2	1	2.8	7.5	ASA
17.	06-08	4.0	7.2	4.6	2	2.4	7.3	A
18.	02-04	5.2	6.3	6.2	3	3.6	7.9	ANA
18.	04-06	4.9	6.4	6.0	3	3.4	7.8	ANA
18.	18-20	6.9	6.5	8.8	2	4.3	8.3	A
18.	20-22	6.7	6.3	8.2	1	4.1	8.2	A
21.	20-22	5.7	8.0	3.6	6	6.0	9.3	VNV
21.	22-24	4.4	7.4	3.0	3	5.6	9.1	NV
22.	00-02	3.3	6.7	2.6	0	5.1	8.8	NV
22.	02-04	2.5	5.6	1.8	0	4.5	8.4	NV-S
22.	04-06	1.0	5.2	2.3	0	3.9	8.1	S-A
22.	06-08	1.1	4.4	3.3	0	3.2	7.7	A
22.	08-10	0.7	3.9	4.3	1	2.6	7.4	A
23.	22-24	0.7	5.3	2.4	1	2.4	7.3	S
24.	00-02	-0.3	5.2	1.5	1	2.3	7.2	S
24.	02-04	-1.7	5.1	1.7	1	1.9	7.0	S
24.	04-06	-1.7	4.9	1.8	0	1.5	6.8	S
24.	06-08	-2.3	4.7	1.4	0	1.2	6.7	S
24.	08-09	-2.9	4.5	1.1	1	1.1	6.6	S
29.	16-18	1.4	3.8	4.5	7	2.6	7.4	A
29.	18-20	0.1	3.2	6.4	7	2.2	7.2	A
29.	20-22	-1.2	2.7	6.8	6	1.6	6.9	ANA
29.	22-24	-2.3	2.4	7.7	3	0.9	6.5	ANA
30.	00-02	-3.8	2.2	8.1	1	0.2	6.2	ANA

TAFLA 2
 Lágmark og hámark
 vatnshita, °C.
 Korpa, okt. 1968.
 Meðaltal I og II

Dag.	Lágmark	Hámark
8.	0,3	1,9
9.	0,0	1,4
10.	1,0	4,5
11.	3,2	5,0
12.	2,0	4,1
13.	1,0	3,0
14.	3,0	4,2
15.	2,2	3,6
16.	2,1	4,0
17.	2,3	4,1
18.	3,2	5,0
19.	4,4	7,8
20.	6,7	7,3
21.	5,6	6,2
22.	1,7	5,4
23.	1,1	2,7
24.	1,0	3,3
25.	3,3	3,8
26.	2,5	3,0
27.	2,5	3,4
28.	3,2	4,0
29.	0,4	3,6
30.	0,0	0,4

TAFLA 3
 Vatnshæð á kvarða við I, cm.

Dags.	kl.	w
10. okt.	14 ³⁰	16,5
11.	14 ³⁰	16,4
14.	13 ⁴⁵	16,5
15.	14 ⁴⁰	18,2
16.	15 ⁰⁰	18,2
17.	14 ³⁰	18,0
18.	14 ⁰⁵	18,0
21.	11 ²⁵	19,9
23.	15 ⁴⁵	19,1
24.	15 ⁰⁰	18,9
25.	14 ¹⁵	20,0
28.	15 ⁴⁰	19,8
29.	14 ³⁰	19,6
30.	14 ⁴⁰	(23,1) grunnstingulstruflun
<hr/>		
14. nóv.	15 ⁰⁰	26,5
29. "	15 ⁰⁰	27,0

TAFLA 4

Varmatap reiknað eftir veðurathugunum.

Skýringar: sjá texta, grein 5.1.

DAGS.	KL.	S1	S2	S3	SR2	SR3	S	SR
68-10-08	18-20	23.4	34.7	-8.9	19.2	-5.0	49	38
68-10-08	20-22	24.7	32.7	-4.0	18.2	-2.3	53	41
68-10-08	22-24	25.6	20.5	2.9	12.3	1.8	49	40
68-10-09	00-02	25.7	18.2	3.5	11.2	2.2	47	39
68-10-11	02-04	10.8	24.4	-19.9	13.5	-11.3	15	13
68-10-11	04-06	11.0	18.8	-14.4	10.9	-8.5	15	13
68-10-11	06-08	10.8	28.8	-24.0	15.7	-13.4	16	13
68-10-11	18-20	6.7	29.6	-22.4	16.3	-12.5	14	10
68-10-11	20-22	10.7	39.5	-31.8	21.4	-17.5	18	15
68-10-11	22-24	14.6	32.2	-24.1	17.5	-13.4	23	19
68-10-12	00-02	16.0	28.2	-11.1	15.8	-6.3	33	26
68-10-12	02-04	9.6	28.8	-5.3	16.5	-3.1	33	23
68-10-12	04-06	10.1	31.9	-2.6	18.1	-1.5	39	27
68-10-12	06-08	10.0	25.3	-2.2	14.7	-1.3	33	23
68-10-12	08-10	9.7	15.8	-2.5	10.0	-1.6	23	18
68-10-12	18-20	22.7	8.2	-2.5	6.1	-1.9	28	27
68-10-12	20-22	24.5	8.2	0.0	6.2	0.0	33	31
68-10-12	22-24	25.0	6.5	1.0	5.7	.9	33	32
68-10-13	00-02	26.5	7.7	5.3	6.5	4.6	40	38
68-10-13	02-03	26.9	6.4	6.8	5.7	6.1	40	39
68-10-15	22-24	22.5	15.4	-5.1	9.3	-3.1	33	29
68-10-16	00-02	20.7	22.7	-8.6	12.7	-4.9	35	29
68-10-16	02-04	18.3	32.1	-17.8	17.6	-10.0	33	26
68-10-16	04-06	21.4	17.2	-4.1	10.2	-2.5	35	29
68-10-16	06-08	21.8	11.0	.4	7.0	.2	33	29
68-10-16	18-20	24.3	6.4	1.6	4.9	1.2	32	30
68-10-16	20-22	23.2	10.7	-4.1	6.4	-2.5	30	27
68-10-16	22-24	22.8	9.2	-5.4	5.6	-3.4	27	25
68-10-17	00-02	23.0	6.5	-1.3	4.3	-.9	28	26
68-10-17	02-04	20.8	.9	-3.0	.6	-2.0	19	19
68-10-17	04-06	21.4	.6	-4.4	.4	-2.8	18	19
68-10-17	06-08	20.3	.8	-8.0	.5	-4.7	13	16
68-10-18	02-04	20.0	16.2	-10.2	9.1	-5.8	26	23
68-10-18	04-06	19.9	13.8	-9.3	7.8	-5.3	24	22
68-10-18	18-20	20.7	24.5	-22.4	13.4	-12.4	23	22
68-10-18	20-22	21.7	24.4	-21.1	13.3	-11.7	25	23
68-10-21	20-22	13.5	8.3	1.2	5.2	.8	23	19
68-10-21	22-24	22.0	9.3	4.2	6.2	2.8	36	31
68-10-22	00-02	25.4	10.2	5.5	7.1	3.9	41	36
68-10-22	02-04	26.4	10.0	4.5	7.9	3.6	41	38
68-10-22	04-06	27.2	12.7	8.0	9.4	6.0	48	43
68-10-22	06-08	27.2	20.1	8.1	13.1	5.3	55	46
68-10-22	08-10	27.0	26.1	8.9	16.0	5.6	62	49
68-10-23	22-24	25.4	9.1	4.9	6.5	3.5	39	35
68-10-24	00-02	26.1	6.1	5.0	5.3	4.4	37	36
68-10-24	02-04	26.8	6.5	7.7	5.4	6.6	41	39
68-10-24	04-06	26.8	6.8	7.2	5.5	6.0	41	38
68-10-24	06-08	27.1	5.8	6.4	5.3	5.9	39	38
68-10-24	08-09	27.3	4.9	5.9	5.2	6.3	38	39
68-10-29	16-18	11.9	27.8	5.9	16.8	3.6	46	32
68-10-29	18-20	12.9	41.7	13.8	24.2	8.2	68	45
68-10-29	20-22	17.8	46.0	19.4	26.8	11.5	83	56
68-10-29	22-24	26.6	49.9	24.6	28.8	14.5	101	70
68-10-30	00-02	29.6	50.8	32.1	29.5	18.9	113	78

TAFLA 5

Mælt varmatap.

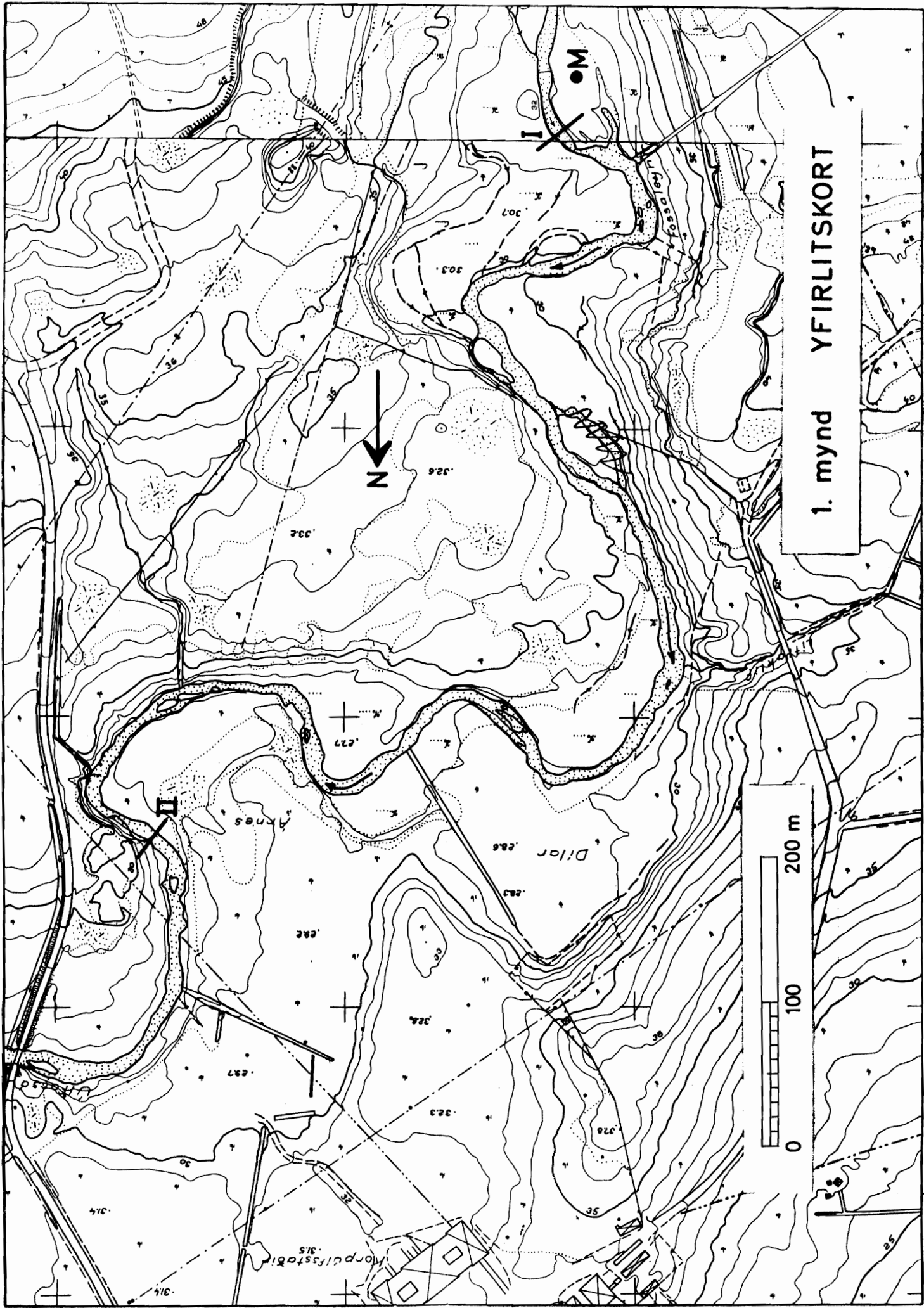
Skýringar: sjá texta,
grein 5.2.

D.	Kl. (0-t)	Q	t mín.	T (I,0)	T (II,t)	ΔT	S-s _β	S reiknað	SR reiknað
8.	18-1950	0,30	110	1,48	0,66	0,82	26	49	38
	20-2150	"	"	1,09	0,18	0,91	29	53	41
	22-2350	"	"	0,85	0,12	0,73	23	49	40
	23-0050	"	"	0,80	0,04	0,76	24	47	39
11.	02-0350	0,30	110	4,31	4,00	0,31	10	15	13
	04-0550	"	"	4,15	3,83	0,32	10	15	13
	06-0750	"	"	3,84	3,42	0,42	13	16	13
11.	18-1950	0,30	110	4,59	4,30	0,29	9	14	10
	20-2150	"	"	4,50	4,15	0,35	11	18	15
	22-2350	"	"	4,45	3,95	0,50	16	23	19
12.	00-0150	"	"	4,27	3,78	0,49	16	33	26
	02-0350	"	"	4,16	3,53	0,63	20	33	23
	04-0550	"	"	3,72	2,97	0,75	24	39	27
	06-0750	"	"	3,28	2,62	0,66	21	33	23
	08-0950	"	"	2,87	2,33	0,54	17	23	18
12.	18-1950	0,30	110	2,94	2,37	0,57	18	28	27
	20-2150	"	"	2,58	1,91	0,67	21	33	31
	22-2350	"	"	2,46	1,68	0,78	25	33	32
13.	00-0150	"	"	2,36	1,50	0,86	27	40	38
	02-0350	"	"	2,12	1,33	0,79	25	40	39
15.	22-2330	0,43	90	3,54	3,09	0,45	20	33	29
16.	00-0130	"	"	3,34	2,88	0,46	21	35	29
	02-0330	"	"	3,01	2,56	0,45	20	33	26
	04-0530	"	"	2,69	2,30	0,39	18	35	29
	06-0730	"	"	2,42	2,12	0,30	13	33	29
16.	18-1930	0,43	90	3,71	3,14	0,57	26	32	30
	20-2130	"	"	3,60	3,01	0,59	26	30	27
	22-2330	"	"	3,64	3,07	0,57	26	27	25
17.	00-0130	"	"	3,55	3,07	0,48	22	28	26
	02-0330	"	"	3,18	3,06	0,12	5	19	19
	04-0530	"	"	2,89	2,72	0,17	8	18	19
	06-0730	"	"	2,50	2,43	0,07	3	13	16

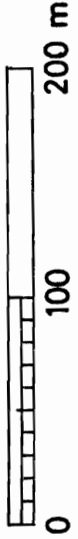
2. TAFLA 5, framh.

D.	Kl. (0-t)	Q	t mín.	T (I,0)	T (II,t)	ΔT	S-s _β	S reiknað	SR reiknað
18.	02-0332	0,41	92	3,84	3,46	0,38	16	26	23
	04-0532	"	"	3,49	3,24	0,25	11	24	22
18.	18-1932	0,41	92	4,54	4,08	0,46	20	23	22
	20-2132	"	"	4,37	3,90	0,47	20	25	23
21.	20-2114	0,59	74	6,11	6,01	0,10	6	19	15
	22-2314	"	"	5,90	5,58	0,32	19	33	28
22.	00-0114	"	"	5,38	5,02	0,36	22	41	35
	02-0314	"	"	4,78	4,45	0,33	20	41	37
	04-0514	"	"	4,20	3,85	0,35	21	45	41
	06-0714	"	"	3,53	3,17	0,36	22	53	45
23.	22-2322	0,50	82	2,67	2,23	0,44	23	39	35
24.	00-0122	"	"	2,52	2,14	0,38	20	37	36
	02-0322	"	"	2,17	1,79	0,38	20	41	39
	04-0522	"	"	1,70	1,36	0,34	18	41	38
	06-0722	"	"	1,40	1,08	0,32	17	39	38
29.	18-1916	0,56	76	2,57	1,94	0,63	36	63	43
	19-2016	"	"	2,32	1,60	0,72	41	72	49
	20-2116	"	"	2,07	1,28	0,79	45	80	54
	21-2216	"	"	1,77	0,98	0,79	45	89	60
	22-2316	"	"	1,48	0,57	0,91	52	98	67
	23-2416	"	"	1,16	0,07	1,09	63	105	72

Q kl/s	F m ²
0,30	9440
0,41	9560
0,43	9590
0,58	9670
0,56	9740
0,59	9780



1. mynd YFIRLITSKORT



OM

Mopplissstabil

Aknes

Dilar

ÖSSALEY

332

326

303

307

277

282

328

323

328

314

315

316

317

318

319

320

321

322

323

324

325

326

327

328

329

330

331

332

333

334

36

36

36

36

36

30

30

30

30

30

30

30

30

30

30

30

30

30

30

30

30

30

30

30

30

30

30

30

30

30

30

30

30

30

30

30

30

30

30

30

30

30

30

30

30

30

30

30

30

30

30

30

30

30

30

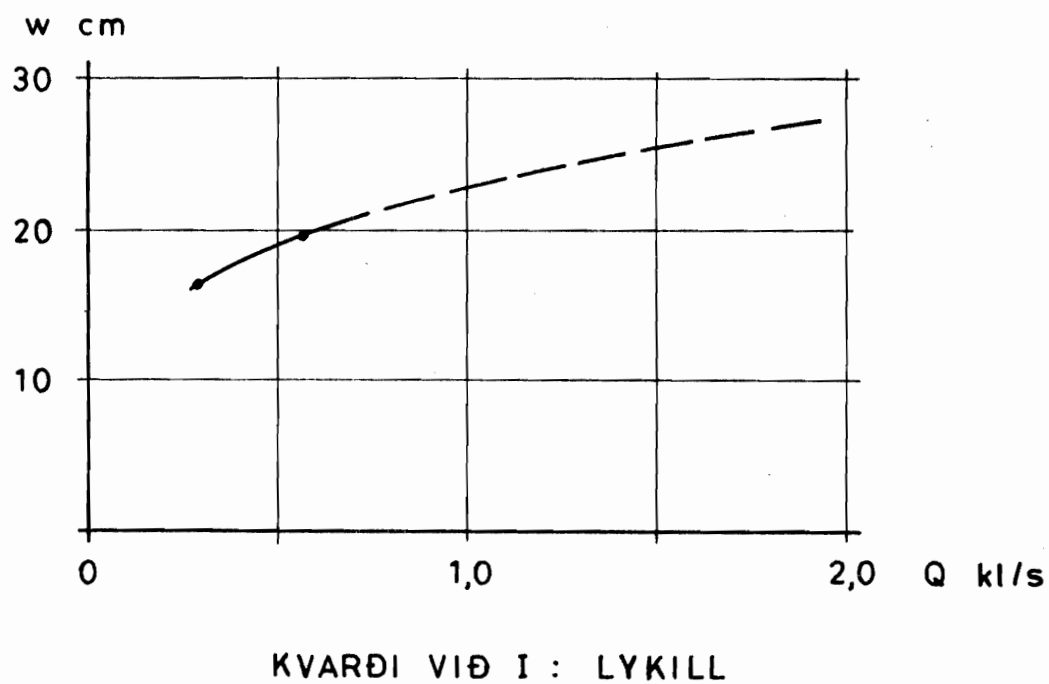
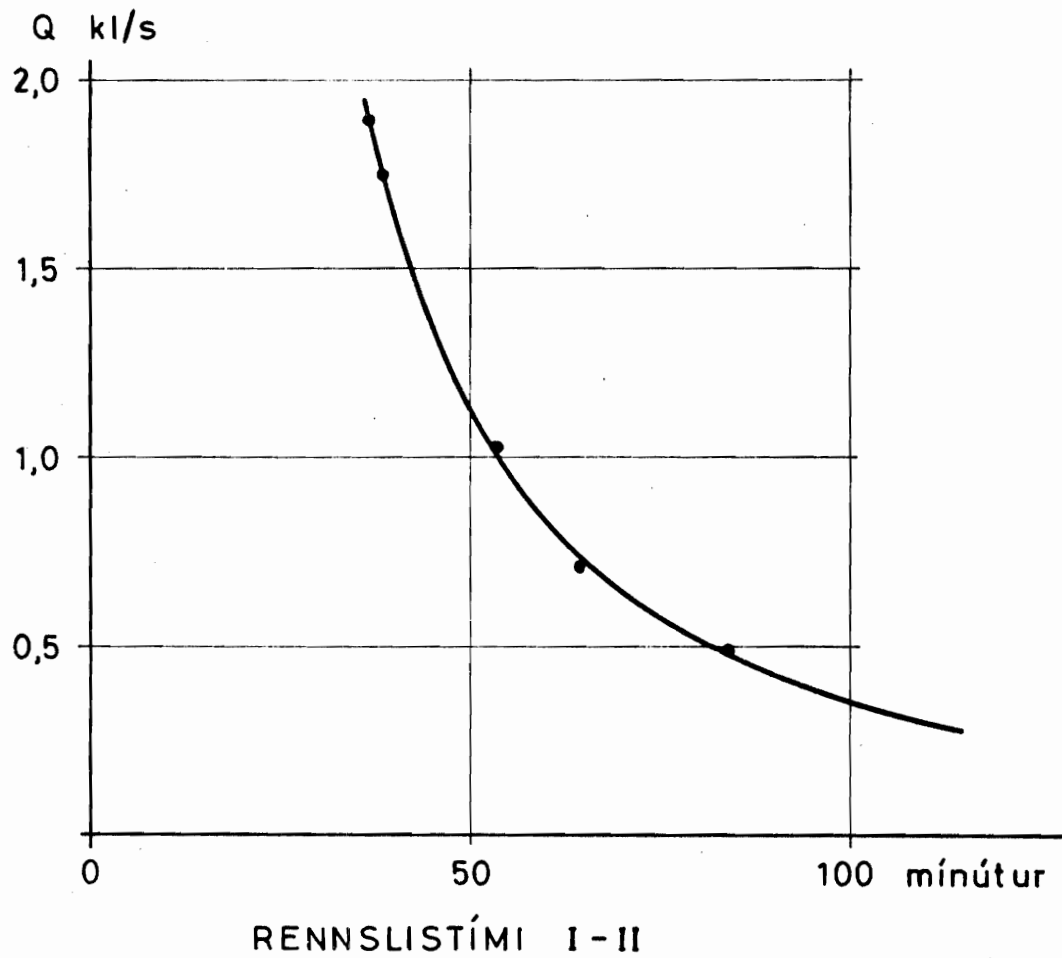
30

30

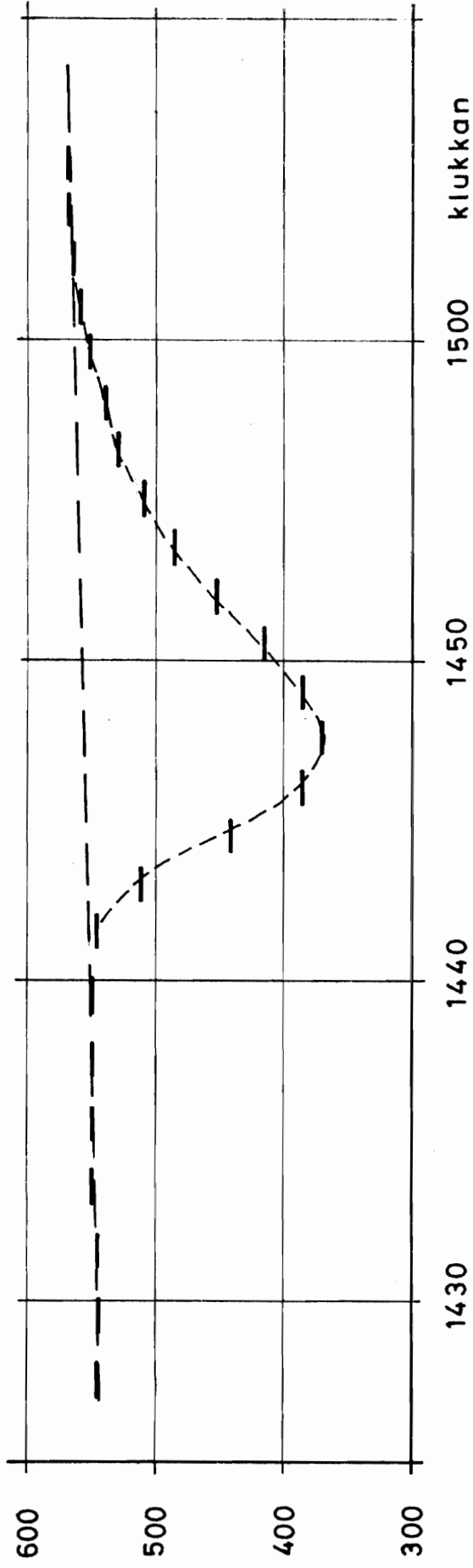
30

30

30



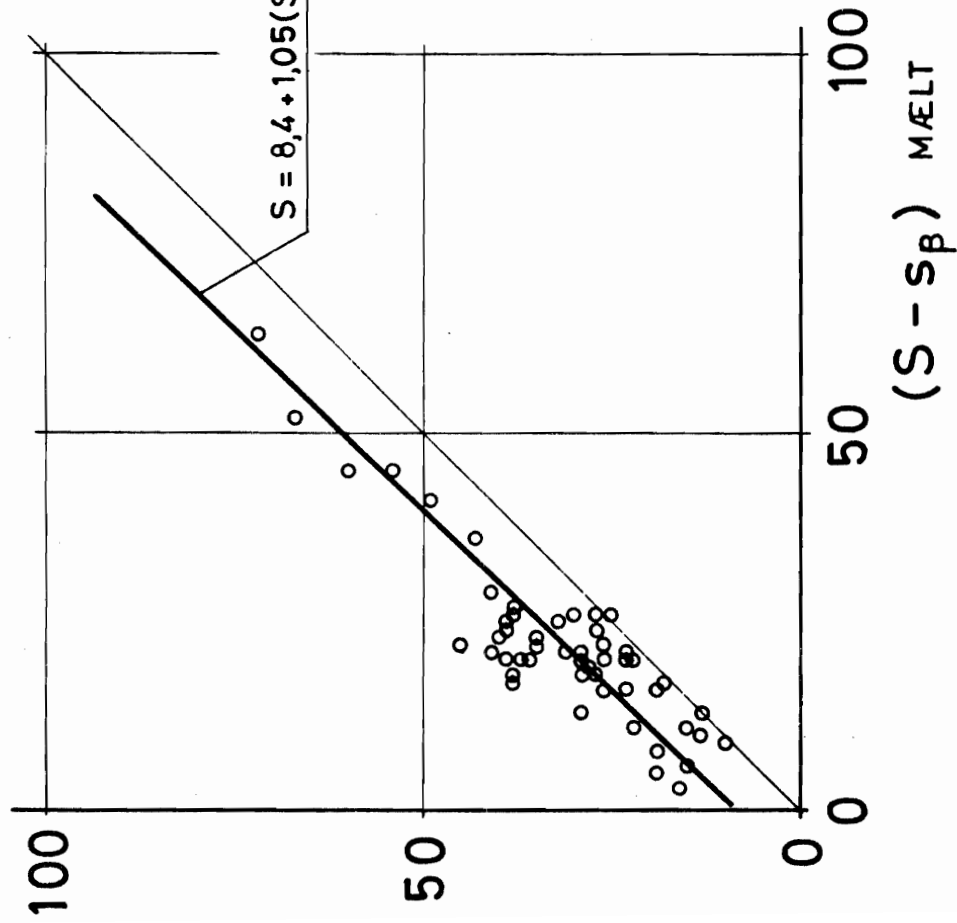
Viðnám við II



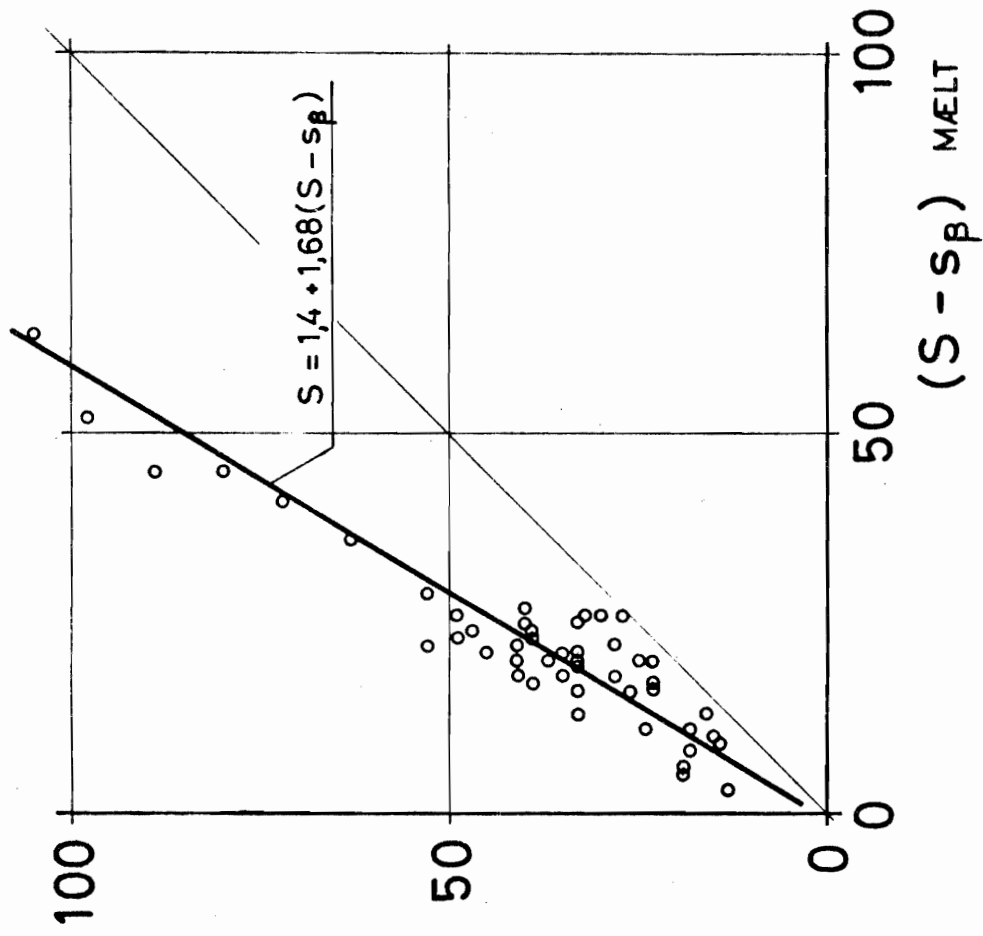
Salt (2,4 kg) sett í við I kl. 1411. $Q = 1,90 \text{ kl/s}$.

3. mynd SÝNISHORN AF SALTHRAÐA MÆLINGU

S REIKNAD RIMSHA-DONCHENKO



S REIKNAD DEVIK-SF



4. mynd

SAMANBURÐUR Á MÆLDU OG ÚTREIKNUÐU VARMATAPI Mcal km⁻² s⁻¹

SUMMARY

Computation of frazil ice discharge from meteorological observations is a matter of considerable importance at certain hydro-power sites in Iceland and such computations have already been carried out for a part of the Thjorsá River and its tributaries. As there is a question about the accuracy and limitations of these computations, especially the formulas for the heat loss from the water surface, there is a need for comparison between computations and direct measurements of the heat loss.

Direct measurements of frazil ice discharge are difficult and rather inaccurate as yet. The most convenient method to find the heat loss from a river seems to be to calculate it from observations of the water temperature. This has been tried in Thjorsá River but proved to be difficult in great rivers because of temperature differences in the same cross section. To study the possibilities of the method, measurements in a small river near Reykjavík were undertaken in October 1968. The water temperature was continuously recorded at two places 1170 metres distant. The discharge was determined from stream flow measurements and readings on a staff gage and the mean velocity between the thermometers with the salt velocity method. Air temperature, humidity and wind velocity were recorded at the river but observations on cloud cover were obtained from the meteorological station in Reykjavík. Only periods with substantial cooling of the water and without global radiation and precipitation were selected for evaluation of the heat loss. The theoretical basis for evaluation of the heat loss from the changes in water temperature has been reviewed elsewhere (Freysteinsson, S.: Water temperature and heat balance of rivers, Jökull 18, 1968).

The heat loss from the water surface was calculated from the meteorological observations with two different sets of formulas:

- 1) with the formulas which have been used in the Thjorsá Basin, (Devik - SF),

2) with russian formulas, (Rimsha-Donchenko), for the heat loss by evaporation and convection but the same formula for radiation as 1).

A comparison of calculated heat loss from the surface, S , and measured net heat loss from the river, $(S-s_g)$, is given in fig. 4 (4. mynd). Because of heat conduction from the bottom and sheltering of the river it is estimated that S should be 1.2 to 1.4 times $(S-s_g)$ if the formulas were appropriate for greater rivers. It is thus seen that the formulas presently used in the Thjórsá Basin give 30-50% too high a rate of heat loss. The computed values after the russian formulas seem to be near the real values.

Further observations more detailed and under a greater variety of conditions, are needed to establish a basis for selection of the heat loss formulas to be used in the future.