

# ÚRKOMUMÆLINGAR VIÐ HVALVATN

Adda Bára Sigfúsdóttir  
Veðurstofu Íslands  
Bústaðavegi 9, 108 Reykjavík

## ÚRKOMUMÆLINGAR VIÐ HVALVATN

Fyrir um 40 árum réðust Vatnamælingar og Veðurstofan í það stórvirki að kanna úrkomu og afrennsli á vatnasvæði Hvalvatns, fyrst og fremst til þess að verða einhvers vísari um samband úrkomumælinga og rennslismælinga.

Hvalvatn varð fyrir valinu, vegna þess að þar er skýrt afmarkað lítið vatnasvið, röskir 30 km<sup>2</sup> að stærð. Það stuðlaði einnig að valinu, að uppi voru hugmyndir um, að byggja toppstöð fyrir Rafmagnsveitu Reykjavíkur í Botnsá, og að staðurinn var ekki alltof langt frá Reykjavík.

En verkefnið var ekki auðvelt. Landslagið er hrikalegt, og það var mikið erfiði fyrir menn og stundum einnig hesta að koma mælunum upp.

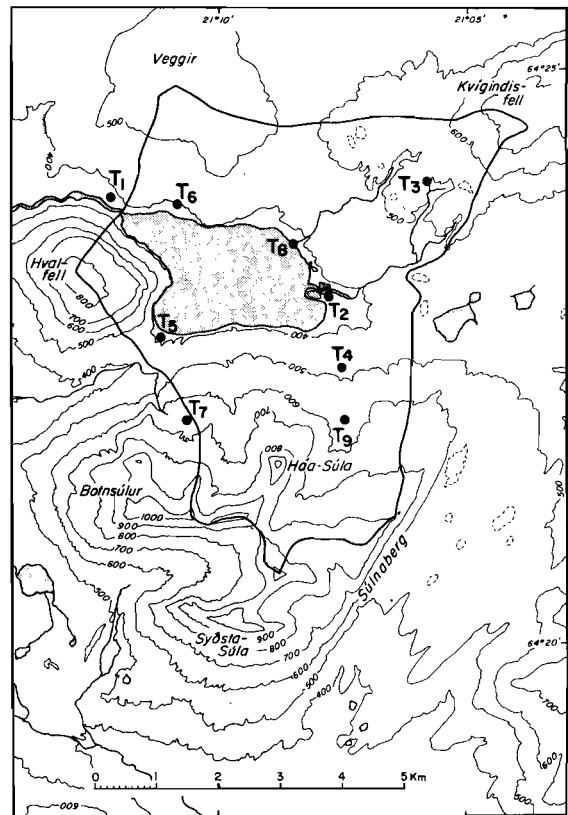
Veður og frostlyfting reyndu mjög á mælana, og þeir fóru ekki alveg varhluta af skemmdarfýsn manna.

Mælarnir eru allmiklir um sig og festir í grindur, sem eru 3 1/2 til 5 1/2 m á hæð, til þess að öruggt sé, að þeir standi upp úr snjó allan veturinn. Þeir taka því mikið á sig, og oft þurfti að strekkja stög, og stundum þurfti að rétta af halla.

Úrkomusafnmælar, þar sem mælt er einu sinni eða tvisvar á ári, höfðu ekki áður verið notaðir á Íslandi, og lítið hafði verið rannsakað um almenn vandkvæði á úrkomumælingum. Breytileiki úrkomunnar á svæðinu reyndist einnig meiri en nokkurn grunaði.

Pótt menn hefðu vitað um þessi vandkvæði öll, hefði það vonandi ekki leitt til uppgjafar fyrirfram, vegna þess að lítið vinnst í þekkingarleitinni, ef menn beita ekki þeirri mælitækni, sem tiltæk er hverju sinni.

Það var a.m.k. ekki líkt þeim Teresfu Guðmundsson og Sigurjóni Rist, sem stóðu fyrir framkvæmdum, að gefast upp. Þau voru, og hann er enn, í ætt við landkönnuðina, uppfull af bjartsýni og dugnaði. Það mætti líka nefna unga vaska veðufræðinga, sem voru ódeigir í fjallgöngum, jafnt



MYND 1. Úrkomumælingar við Hvalvatn

lausir og liðugir, sem í hlutverki burðarmanna.

Fyrstu 4 mælarnir voru reistir í september 1947. Það voru mælarnir T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub> og T<sub>4</sub> sem stóðu við Breiðfoss, Skinnhúfuflóa, Kvígindisfell og Súlnakvísl.

Síðan var haldið áfram til 1955, en þá var T<sub>9</sub> reistur norðaustan Háu-Súlu (mynd 1).

Erfiðast var að koma upp mælinum T<sub>7</sub>, sem stóð í Súlnaskál, og er til býsna skemmtileg lýsing á erfiði manna og hesta við það verk.

Við margháttaða erfiðleika var að etja, einkum fyrstu árin. Mælirinn við Breiðfoss valt fyrsta veturinn og vorið 1951 sást skotsár neðst á stútkeilunni.

Mælirinn í Veggjadal, T<sub>8</sub>, varð illa úti, þegar stífla var gerð við vatnið og vatnsborð hækkað. Var svo komið 1973, að hann stóð með tvo fætur í vatni, og einn á landi, og svo féll hann veturinn 1976-77 og var ekki endurreistur, enda var þá farið að fækka mælum fyrir nokkru. Þeir fyrstu voru teknir niður og urðaðir um 1970, og nú haustið 1987, eru 3 eftir, T<sub>2</sub> í Skinnhúfuflóa, T<sub>4</sub> við Súlnakvísl og T<sub>9</sub> við Háu-Súlu.

Fram um 1960 voru mælarnir tæmdir með því að skrufa frá botnkрана, en erfitt var að fá þá nægilega þétta, og var því farið að dæla upp úr mælunum, en botnkrönum lokað með þéttiefni.

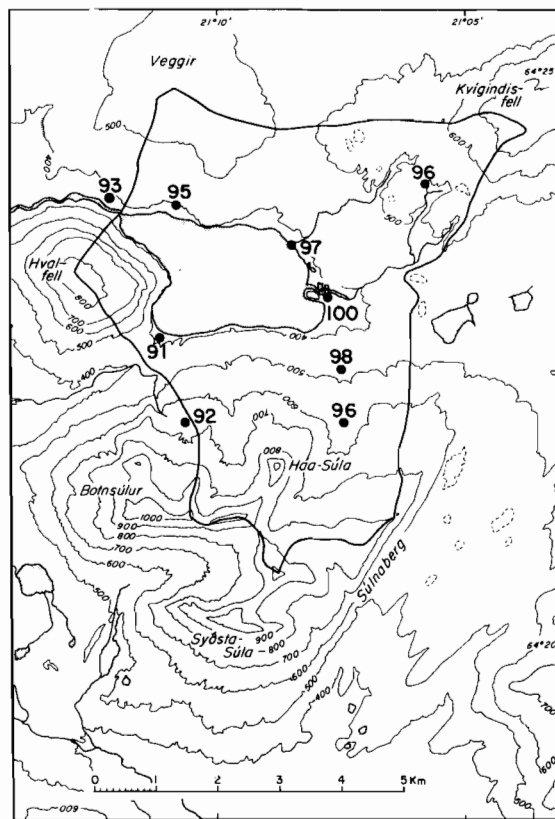
Mikil vandvirkni var viðhöfð við mælingarnar. Í fyrstu var úrkoman í mælunum bæði ákvörðuð með því að mæla dýpt að vatnsfleti, og með því að veða það sem úr mælinum kom, þegar þeir voru tæmdir, sem var gert að haustlagi. Einnig voru vökvásýni efnagreind um nokkurt skeið.

Niðurstöður mælinga hvers árs eru birtar í Veðráttunni, riti Veðurstofu Íslands.

Það auðveldar mjög alla úrvinnslu á mælingum við Hvalvatn, og mat á þeim, hve góðar og nákvæmar skýrslur voru gerðar um alla Hvalvatnsleiðangra.

Auk sjálfra mælinganna er þar greint frá ásigkomulagi mællanna hverju sinni, og því sem gert var til lagfæringa, þegar eitthvað var að.

Við heildarathugun á þessum mælingum var fyrst könnuð og skráð ævisaga hvers mælis samkvæmt ferðaskýrslum.



MYND 2. Fylgni mæla við Skinnhúfuflóa

Mælir T<sub>2</sub> í Skinnhúfuflóa hefur staðið lengst, og þar vantar aðeins mæligildi fyrir 1 ár. Þessi mælir var því valinn sem grunnmælir og reiknuð fylgni annarra mæla við hann. Mælarnir austanvert við vatnið sýna allir sterka fylgni við Skinnhúfuflóamælinn, en lökust er hún í Hvalaskarði (T<sub>5</sub>), í Súlnaskál (T<sub>7</sub>) og við ós vatnsins (T<sub>1</sub>) (mynd 2).

Þessi niðurstaða er mjög eðlileg, miðað við fjarlægðir og landslag, og gefur ekki tilefni til tortryggni.

Helst eru efasemdir um Hvalskarð (T<sub>5</sub>) og Súlnaskál (T<sub>7</sub>), ekki síst vegna þess að innbyrðis samband þeirra mæla er ekki stöðugt. Súlnaskál hefur einnig slaklega fylgni við Súlnakvísl (T<sub>4</sub>). Mælingar í Súlnaskál eru vafasamar árin 1957 og 1959, fyrra árið mælist óeðlilega lítið og síðara árið

óeðlilega mikið. Mælirinn í Hvalskarði ( $T_5$ ) rímar aftur á móti þökkalega við Breiðfoss ( $T_1$ ).

Þó að úrkoma, veður og vindar séu breytileg frá ári til árs, sýna Hvalvatnsmælar býsna stöðuga mynd. Það mælist alltaf miklu meiri úrkoma sunnan við vatnið en norðan við það. Það mælist minnst við Breiðfoss öll ár sem þar er mælt, að tveimur undanskildum. Það mælist mest við Súlnakvísl, nema þrjú haust. Tvisvar reyndist mest í Súlnaskál og einu sinni við Háu-Súlu ( $T_9$ ).

$T_7$  stóð hæst í fjallinu, næst kemur  $T_9$ , en  $T_4$  með úrkomumetið er sá þriðji í röðinni. Og fer nú að vandast málið fyrir kenninguna um úrkomuaukningu með hæð.

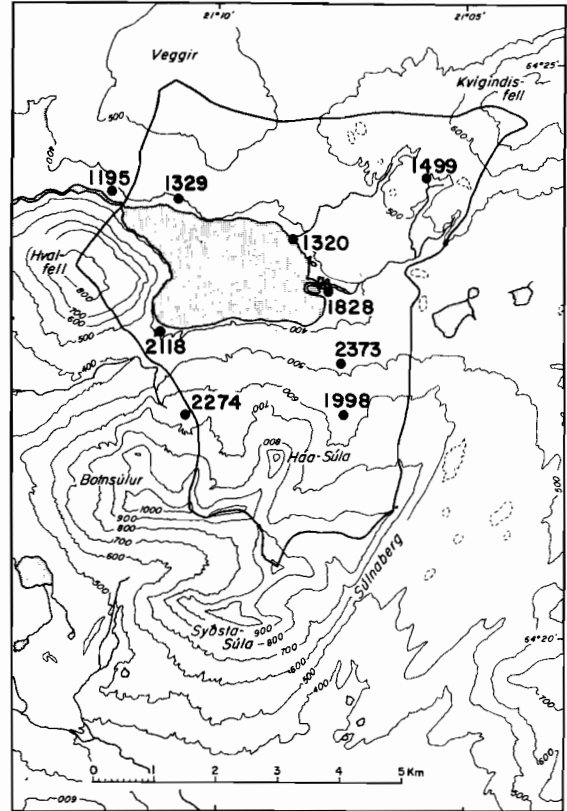
$T_3$ , sem var í hlífðum Kvígindisfells, stóð raunar einnig hærra en  $T_4$  við Súlnakvísl, en þar er greinilega mun minni úrkoma en í Súlnunum.

Það má vel fallast á þá skýringu, að vindar beri regndropa og snjökorn yfir háfjallið og hámarksúrkomu verði því í miðri hlífð, hlémegin við meginúrkomuátt. En það þarf líka að huga að því, að straumfræði vindanna verður býsna flókin í hinu hrikalega landslagi sunnan og vestan Hvalvats, og því erfitt að sega til um, hvar úrkomuhámark ætti að vera. Þess ber einnig að gæta, að mælarnir ná þeim mun minni úrkomu, sem hvassara er. Af landslagi, gróðri og ástandi uppistöðustanga má geta sér þess til, að hvassara sé við mælinn við Háu-Súlu en við mælinn við Súlnakvísl.

Til þess að fá sem skýrast fram þá mynd af meðalúrkomu við Hvalvatn sem safnmælarnir gefa, er nauðsynlegt að reikna meðaltöl fyrir allmörg ár. Það er þægilegt með hliðsjón af samanburði við úrkomumælingar í byggð, að nota áratugi, og tuttugu ár eru æskileg tímallengd.

Áratuginn 1961-70 eru til mælingar í öllum mælum öll árin, nema síðasta árið vantar tölur fyrir Súlnaskál, en þá var saga þess mælis á enda. Þessi áratugur gefur því mjög traustar niðurstöður.

Með hliðsjón af allgóðri innbyrðis fylgni mællanna, er réttlætjanlegt að reikna einnig 20 ára meðaltal fyrir árin 1951-70, en þá þarf að áætla 9 ársúrkomutölur á árunum 1951 til 1955 fyrir þá mæla, sem síðast voru reistir, og einnig þau 7 stöku gildi, sem vantaði á tímabilinu. Til þess að fylla upp í



MYND 3. Meðaltöl úrkomumælinga 1951-1970

eyður voru notaðar regressionslínur, miðaðar við Skinnhúfuflóamælinn, þegar fylgnin var 95 eða meiri, en annars stuðst við fleiri mæla. Til þess að kanna enn frekar inbyrðis samræmi mæla að loknum íbætingum, voru uppsafnaðar ársúrkomutölur hvers mælis merktar á millimetrappír, á móti meðaltali allra mæla. Þessi athugun sýndi stöðugt hlutfall allra mæla við heildarmeðaltalið, nema fyrir Hvalskarð ( $T_5$ ) og Súlnaskál ( $T_7$ ), þar sem lítills háttar óreglu gætti. Að þessari athugun lokinni, var 20 ára meðaltal reiknað fyrir alla mæla (mynd 3).

Meðaltalið sýnir næstum ótrúlega minnkun úrkomu, frá rótum Súlna og norður yfir vatnið, sem er aðeins um 2 km á breidd. Úrkoma á norðurbakka er um 65% af úrkomu á suðurbakka.

TAFLA 1. Fylgni Hvalvatnsmæla við stöðvar í byggð.

	Breiðfoss	Miðhöfði	Veggjaldalur	Kvígindisfell	Skinnhúfuflói	Súlnakvísl	Háa Súla	Hvalskarð	Súlna skál	Fjöldi samstæðna	
	T <sub>1</sub>	T <sub>6</sub>	T <sub>8</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>9</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>7</sub>	Flest	Fæst
Reykjavík	90	92	90	90	89	87	84	90	84	36	20
Stóri-Botn	91	95	85	94	92	91	91	86	86	22	11
Andakílsvirkjun	82	91	86	89	89	85	86	87	78	36	20
Þingvellir	88	92	92	89	94	92	90	87	89	29	18
Stardalur		98	88		92	90	92			23	13

Mælirinn í Kvígindisfelli (T<sub>3</sub>) gefur til kynna, að úrkoma fari síðan vaxandi með hæð norður og austur á bóginn, en ekki sérlega ört.

Draga má 2000 mm línu við suðurbakka vatnsins, en erfitt er að gera sér fullnægjandi mynd af úrkomunni í hlíðum Súlna. Mælt hámark er í 470 m hæð, en 100 mm minna er í 670 m hæð, og tæplega 400 mm minna í 530 m hæð. Í hinu hrikalega landslagi Súlna er því ekki fundin nein ákveðin úrkomuaukning með hæð.

Þó að vitað sé, að mun minna mælist í safnmælum en venjulegum úrkomumælum, er rétt að bera óleiðréttar mælingatölur frá Hvalvatni saman við mælingar á næstu stöðvum í byggð, til þess að kanna hversu gott samband er milli mælinganna frá ári til árs. Tafla 1 sýnir þessa fylgni og úrkomuhlutfall.

Því miður er það svo, að næstu stöðvar í byggð, Stóri-Botn, Þingvellir og Stardalur hafa ekki athugað nema hluta af þeim tíma, sem mælar hafa verið við Hvalvatn, og næstu stöðvar í byggð, með samfelldar mælingar, verða því Reykjavík og Andakílsvirkjun.

Niðurstaða fylgnireikninga er sú, að fylgni við Reykjavík er á bilinu 84-92, en fylgni við Andakíl frá 82-91.

Fylgni var einnig reiknuð fyrir tiltæk ár á hinum

stöðvunum, ef þau voru fleiri en 10, og þótt það sé heldur veikur grundvöllur, gefur það þá eðlilegu mynd, að flestir mælar sunnanvert við vatnið, fylgja Þingvöllum og Stardal best. Aðeins Breiðfoss (T<sub>1</sub>) og Kvígindisfell (T<sub>3</sub>) fylgja Stóra-Botni best.

Nú, þegar flestir mælanna hafa verið urðaðir, og ekki er vitað hvað lengi verður haldið í þá sem eftir eru, er gagnlegt að þekkja þessar fylgnitölur ásamt regressionslíkingum, og einföldu meðalhlutfalli við stöðvarnar í byggð. Þannig má yfirfæra þessar mælingar til komandi ára.

Úrkomutölur Hvalvatnsmæla eru háar. Tafla 2 sýnir þær sem hlutfall af mælingum í byggð. Við Breiðfoss (T<sub>1</sub>), þar sem úrkoman er minnst, er hún 50% meiri en í Reykjavík, og við Súlnakvísl (T<sub>4</sub>) og í Súlna skál (T<sub>7</sub>) er hún tæplega þreföld. En þar með er ekki öll sagan sögð. Samanburðarmælingar í safnmælum og venjulegum stöðvarmælum í Reykjavík og á Hveravöllum, gefa til kynna að bæta þurfi 25%-35% við mælda úrkomu við Hvalvatn, til þess að fá sæmilega réttan samanburð við stöðvarnar í byggð. Eftir þá leiðréttingu, verður niðurstaðan sú, að úrkoma við Breiðfoss sé tæplega tvöföld á við úrkomuna í Reykjavík, og úrkoman við Súlna kvísl tæplega fjórföld, miðað við sambærilega mæla.

Tilgangurinn fyrir 40 árum var að verða nokkurs

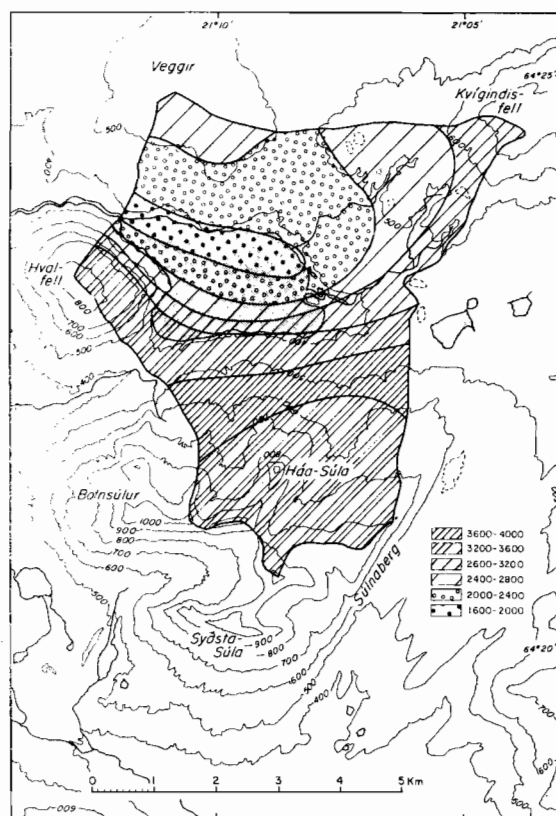
TAFLA 2. Úrkomuhlutföll  
Safnmælar við Hvalvatn / Stöðvarmælar í byggð

	T <sub>1</sub>	T <sub>6</sub>	T <sub>8</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>9</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>7</sub>
Reykjavík	1.5	1.8	1.7	1.9	2.3	2.9	2.5	2.7	2.9
Stóri-Botn	0.8	0.9	0.9	1.0	1.2	1.5	1.3	1.4	1.6
Andakils- virkjun	0.9	1.0	0.9	1.1	1.3	1.6	1.4	1.6	1.7
Þingvellir	0.8	1.0	0.9	1.1	1.3	1.6	1.4	1.5	1.6
Stardalur	0.8	0.9	0.9	1.0	1.2	1.5	1.3	1.4	1.6

vísari um vatnabúskap svæðisins, og með 20 ára meðaltöl í höndum, er sjálfsagt að gera tilraun, þrátt fyrir alla óvissu í mælingum. Í grein Flosa H. Sigurðssonar, kemur fram mat á því, hve miklu þurfi að bæta við tölur venjulegra úrkomumæla, til að fá þá úrkomu, sem fellur á jörðina. Ég hafði ekki meðtekið síðustu og hæstu tölur, þegar ég lagði til atölu við úrkomukort af vatnasviði Hvalvatns, og notaði því aðeins leiðréttingu upp á 25%, til þess að vera viss um að vera ekki of stórtæk. Kortið á mynd 4 sýnir svæði með meðalúrkomu frá 1600-2000 mm að meira en 3600 mm, og meðalársúrkomu á svæðinu öllu var samkvæmt þessu um 2900 mm á þessum 20 árum.

Það er freistandi að bera þessar ónákvæmu tölur saman við tölur um rennsli, en rennismælingarnar urðu fyrir því, að landeigandi í Stóra-Botni byggði stíflu í ós vatnsins 1961, og því tæpast um annað að ræða en gera samanburð á árunum fyrir þann tíma. Uppmæling á úrkomukorti fyrir áratuginn 1951-60, sem gert var á sama hátt og kortið fyrir 1951-70, gaf tæplega 2800 mm í meðalúrkomu. Rennismælingar fyrir sömu ár skila 2,72 m<sup>3</sup>/sek, sem einnig svarar til tæplega 2800 mm. Markús Á. Einarsson hefur reiknað út uppgufun frá vatnsfleti og gnóttargufun, miða við aðstæður í Reykjavík og á Hveravöllum. Samkvæmt því er uppgufun örugglega innan við 400 mm, og giska má á, að hún sé milli 200 og 300 mm. Lekt bergsins er talin lítil á þessum slóðum, og ekki hægt að fullyrða hvað mikið af úrkomu ratar þá leið.

Flestir þættir í vatnabúskapnum við Hvalvatn eru þannig enn í talsverðri óvissu, en mér virðist samt, að mikið hafi áunnist með þeim mælingum, sem ráðist var í af stórhug og bjartsýni fyrir 40 árum. Sú mynd sem hér er fengin af úrkomunni er ekki fjarri lagi, og það má bæta hana með rannsóknnum á úrkomumælum við mismunandi veður-skilyrði. Þegar er vitað, að leiðréttingin sem notuð var, er of lítil og ugglaut má draga úrkomukortið á fleiri vegu.



MYND 4. Áætluð meðalúrcoma við Hvalvatn 1951-70, mm.

$$\text{Meðaltal 1951-70} + L_1 + L_2 \quad \begin{array}{l} L_1 = 25 \text{ til } 35\% \\ L_2 = 25\% \end{array}$$