

FLOKKUN STÖÐUVATNA Á ÍSLANDI

Hákon Aðalsteinsson

Orkustofnun

Grensásvegi 9, 108 Reykjavík

INNGANGUR

Í tilefni af 70 ára afmæli Sigurjóns Rist 1987 og verkloka hans eftir 40 ára starf að vatnamælingum, hafa hann og nokkrir samstarfsmenn unnið að því að fara yfir ýmis gögn um vötn, sem Sigurjón hefur safnað eða látið taka saman á Orkustofnun. Meðal þeirra var skrá yfir stöðuvötn sem eru 300 m eða meira að breidd. Var ákveðið að skráin skyldi yfirfarin og safnað saman ýmsum gögnum í yfirlit um íslensk stöðuvötn. Við nánari athugun og útreikninga varðandi stærðardreifingu kom í ljós að nærrí lét að markhópur skrárinnar væri öll stöðuvötn stærri en $0,1 \text{ km}^2$ (10 ha). Þó var ljóst að í hana vantaði enn talsvert og m.a. stöðuvötn sem eru mjórri en u.p.b. 250 m en bæta það upp með lengdinni. Hér eftir verður fylgt þeirri almennu málvenju að kalla stöðuvatn vatn, þó fleirtalan vötn hafi mun víðtækari merkingu sem hugtak í vatnafraði, (sjá m.a. Sigurjón Rist 1956).

VATNASKRÁ

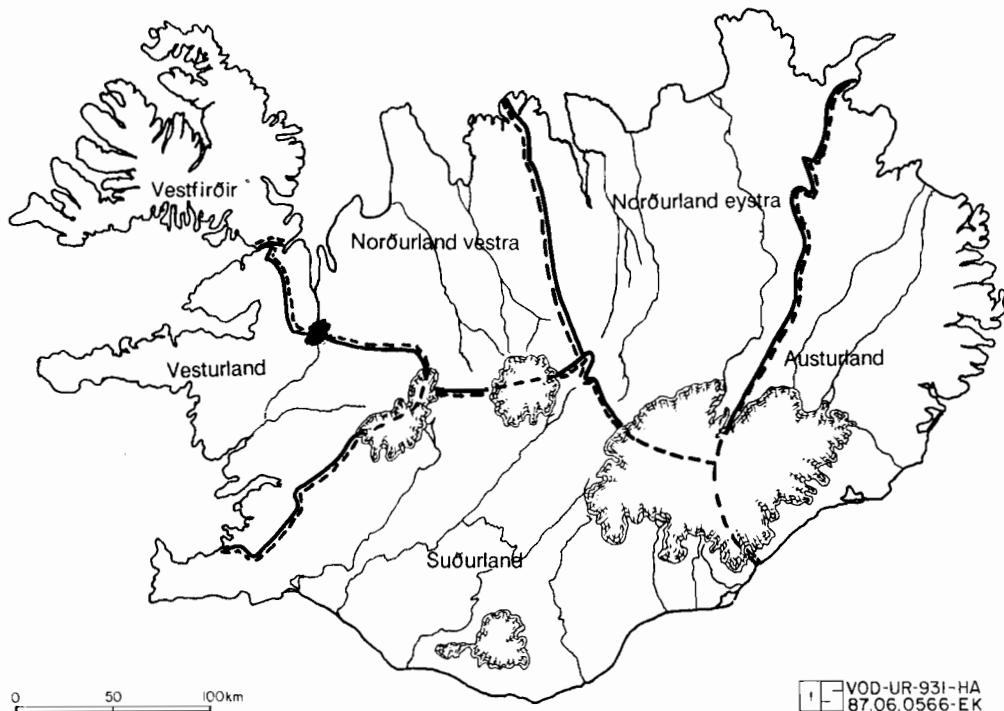
Ofangreind skrá hefur nú verið aukin mikið frá fyrstu gerð, og telst nokkuð tæmandi um vötn stærri en $0,1 \text{ km}^2$. Þessi endurbætta skrá er megin efniviður estifarandi samantektar. Skrá af þessu tagi er gagnleg öllum sem fást við mat á landkostum og skipulag á nýtingu þeirra. Á Orkustofnun nýtist hún t.d. við mat á umhverfisáhrifum virkjana, og þeir sem vilja reyna að meta þau náttúrugæði sem felast í silungsvötnum eða vötnum þar sem hugsanlega mætti rækta silung hafa nú í fyrsta sinn aðgang að skrá yfir líklegan markhóp slískrar úttektar.

Í þessari úrvinnslu er jökullónum sleppt, enda

eru þau oft skammæ fyrirbrigði, sem fyllast og tæmast eftir gangi í jöklinum. Strandlón eru aftur á móti tekin með. Þau eru hinsvegar mjög mismunandi. Aðgangsskilyrðið var að þau hefðu a.m.k. ferskt yfirborðslag. Í skránni má auðveldlega finna þau, því þau eru öll talin vera í 1 m hæð y.s., og í þeirri hæð eru engin önnur vötn. Vafileikur á um að Sigríðarstaðavatn í Vesturhópi og Nýpslón í Vopnafirði falli undir skilgreiningu skrárinnar, en þau eru þó tekin fullgild. Agnar Ingólfsson hefur tekið saman skrá um strandvötn fyrir Náttúruverndarráð (í handriti). Sú skrá á að ná til allra vatna, lóna og vaðla við ströndina, óháð því hvernig seltu er háttáð. Manngerðum vötnum, sem aðallega hafa orðið til við virkjun vatnsfalla eru cinnig gerð skil í skránni, í sérstökum kafla um ýmis önnur einkenni vatna.

Aðgengilegt yfirlit um íslensk stöðuvötn hefur hingað til fyrst og fremst náð til stærstu vatnanna. Haft hefur verið fyrir satt að 27 vötn séu 5 km^2 eða stærri og að um 55 vötn séu á bilinu $1-5 \text{ km}^2$. Jafnvel þó þessi skrá væri rétt hvað varðar vötn stærri en 1 km^2 , er hún ófullnægjandi vegna þess að vötn miklu minni en 1 km^2 geta verið hin nýtilegustu.

Til þess að auðvelda afnot af skránni, hafa öll vötn staðartilvísun, sem byggir á skráningarkerfi yfir svæðisbundin gögn á Vatnsorkudeild Orkustofnunar. Ennfremur er getið hæðar hvers vatns í m.y.s., og auk stærðar er þar að finna tiltækar upplýsingar um dýpi. Skráin hefur verið gefin út og er fáanleg á Orkustofnun (Hákon Aðalsteinsson, o.fl. 1989).



MYND 1. Landshlutaskipting vatnaskrárinnar.

Efniviður

Vatnaskráin er unnin eftir kortum bandaríksa hersins (AMS: Army Map Service) í mælikvarða 1:50.000. Henni er raðað í landfræðilega röð eftir vatnsvíðum og hefst á Hvaleyrvatni við Hafnarfjörð og endar á Seltjörn við Vogastapa á Reykjanesi. Skránni er skipt eftir landshlutum. Landslутaskil fylgja megin vatnaskilum (1. mynd). Höfuðborgarsvæðið er látið fylgja Vesturlandi, en Reykjanesskagi vegna tengsla við sprungubeltin sunnan Langjökuls. Skilin milli Norður og Austurlands eru um sýslumörk, og vatnsvíði Jökulsárlends á Fjöllum þannig skipt upp á milli Norðurlands eystra og Austurlands.

Nákvæmni mælinganna á vötnunum ræðst annars vegar af nákvæmni kortanna, sem er óþekkt og vafalaust mismunandi, og hins vegar því að ekki er ómaksins vert að reyna að mæla með meira en 50 m nákvæmni af kortum í þessum mælikvarða. All-

mörg vötn hafa verið flatarmálsmæld á nákvæmari kortum eða loftmyndum, Önnur vötn hafa verið mæld með því að leggja yfir þau mm-pappír og telja hvað þau þekja marga 1 mm^2 ferninga, sem síðan er umreiknað í km^2 . Ætla má að skekkja í þessum mælingum geti verið á bilinu 10-20 %, mest fyrir minnstu vötnin.

Skráin er unnin eftir um 40 ára gömlum kortum, og þar eru vötnin sett eins og þau komu út á loftmyndum, sem aðallega voru teknar á árunum 1945 og 46. Þar eru sjálfsagt einhver vötn, sem ekki eru lengur til í þeirri mynd sem kortin sýna; hafa e.t.v. verið þurrkuð upp að hluta eða öllu leyti. Ennfremur er mögulegt að sum vatnanna séu minni eða stærri en skráin greinir stóran hluta af árinu, allt eftir því hvernig hittist á með grunnvatnsaðstæður er loftmyndirnar voru teknar.

Mörk vatna og tjarna

Engin einhlít skilgreining er til á því við hvaða stærð vötn verða tjarnir. Þeir eru til sem telja að þegar grunnt vatn er orðið svo lítið, að það heyri til undantekninga að vindbárunni auðnist að hreyfa botnsetið (grugga), sé vatnið orðið tjörn. Þessi skilgreining á sér nokkuð skynsamlegar vistfræðilegar forsendur, og kann að henta í löndum sem eru að miklu leyti skógi vaxin. Hér á Íslandi yrðu býsna margir pollar að vötnum ef þessari skilgreiningu yrði fylgt. Þá má nefna skilgreiningar sem byggja á tegundum háplantna, eða tilvist yfirborðsafrennslis. Yfirsýn vantart til þess að setja fram skilgreiningu sem gæti hentað íslenskum aðstæðum, en líklega yrðu stærðarmörk milli vatna og tjarna sett nokkru lægri en $0,1 \text{ km}^2$. Ennfremur er næsta víst að tekið yrði tillit til ýmissa annarra þátta.

STÆRÐARFLOKKUN

Vesturland

Vesturland nær frá höfuðborgarsvæði að Gilsfirði og byrjar skráin á Hvaleyrarvatni og endar á Lambavatni ofan Kleifa. Vötn stærri en $0,1 \text{ km}^2$ eru alls 336; 170 km^2 að flatarmáli. Þar af eru 35 vötn stærri en 1 km^2 .

TAFLA 1. Stærðarflokken vatna á Vesturlandi.

Fjöldi vatna > $0,1 \text{ km}^2$ (10 ha): 336 Flatarmál " > $0,1 \text{ km}^2$ (10 ha): 170 km^2				
Flokkun	fjöldi	%	km^2	%
> 10 km^2	1	-	15	9
5-10 "	3	1	21	12
1-5 "	31	9	56	33
0,1-1 "	301	90	78	46

Vestfirðir

Vestfirðir ná frá Gilsfirði að Bitrufirði og byrjar skráin á Garpsdalsvatni og endar á Krossárvatni. Vötn stærri en $0,1 \text{ km}^2$ eru alls 337; 94 km^2 að flat-

armáli. Þar af eru aðeins 14 vötn stærri en 1 km^2 .

TAFLA 2. Stærðarflokken vatna á Vestfjörðum.

Fjöldi vatna > $0,1 \text{ km}^2$ (10 ha): 337 Flatarmál " > $0,1 \text{ km}^2$ (10 ha): 94 km^2				
Flokkun	fjöldi	%	km^2	%
> 10 km^2				
5-10 "	14	4	21	23
1-5 "	323	96	73	77

Norðurland vestra

Norðurland vestra nær frá Bitrufirði að Almenningsnöf norðan Fljótavíkur og byrjar skráin á Fiskivötnum og endar á vatni í Tungudal í Fljótum. Vötn á Tvíðægru teljast til þessa landshluta. Vötn stærri en $0,1 \text{ km}^2$ eru 325; 217 km^2 að flatarmáli. Þar af eru 34 vötn stærri en 1 km^2 .

TAFLA 3. Stærðarflokken vatna á Norðurlandi vestra.

Fjöldi vatna > $0,1 \text{ km}^2$ (10 ha): 325 Flatarmál " > $0,1 \text{ km}^2$ (10 ha): 217 km^2				
Flokkun	fjöldi	%	km^2	%
> 10 km^2	4	1	62	29
5-10 "	4	1	25	11
1-5 "	26	8	60	28
0,1-1 "	291	90	70	32

Norðurland eystra

Norðurland eystra nær frá Siglufirði að Gunnelsfjallum á Langanesi og byrjar á Héðinsfjarðarvatni og endar á Eiðisvatni. Vötn stærri en $0,1 \text{ km}^2$ eru 246; 170 km^2 að flatarmáli. Þar af eru 35 vötn stærri en 1 km^2 .

TAFLA 4. Stærðarflokken vatna á Norðurlandi eystra.

Fjöldi vatna > 0,1 km ² (10 ha): 246 Flatarmál " > 0,1 km ² (10 ha): 170 km ²				
Flokkun	fjöldi	%	km ²	%
> 10 km ²	2	1	43	25
5-10 "	1	-	5	3
1-5 "	32	14	67	40
0,1-1 "	211	85	55	32

Austurland

Austurlandi í skránni nær frá Langanesi að Fjallsá á Breiðamerkursandi og byrjar á Krókavatni í Finnafirði og endar á Físfjörðun hjá Vagnsstöðum í Suðursveit. Vötn stærri en 0,1 km² eru 316; 175 km² að flatarmáli. Þar af eru 24 vötn stærri en 1 km². Vötnin tvö sem eru stærri en 5 km² eru bæði í Lagarfljóti; Lögurinn og Vífilsstaðaflói. Deila má um hvort líta eigi á Vífilsstaðaflóa sem stöðuvatn, og þá jafnframt hvort fleiri slísk séu í Lagarfljóti. Jökulsárlón; um 8 km² og 140 m djúpt, er ekki tekið með vegna seltublöndunar.

TAFLA 5. Stærðarflokken vatna á Austurlandi.

Fjöldi vatna > 0,1 km ² (10 ha): 316 Flatarmál " > 0,1 km ² (10 ha): 175 km ²				
Flokkun	fjöldi	%	km ²	%
> 10 km ²	1	-	55	31
5-10 "	1	-	7	4
1-5 "	22	7	41	24
0,1-1 "	292	92	72	41

Suðurland

Suðurland í skránni nær frá Fjallsá á Breiðamerkursandi að Reykjanesi og byrjar á Hvítavatni austan Síðujökuls en endar á Seltjörn. Vötn stærri en 0,1 km² eru 280; 459 km² að flatarmáli, og munar þar miklu að á Suðurlandi eru 2 stærstu vötn

landsins. Vötn stærri en 1 km² eru 50 að tölum. Í þessum tölum eru hin manngerðu vötn, Kvíslavatn (25 km²), Sauðafellsón (4 km²), Sultartangalón (19 km²), Bjarnarlón (1 km²) og inntakslón Sigöldu og Hrauneyjarfossvirkjunar (13 og 9 km²).

TAFLA 6. Stærðarflokken vatna á Suðurlandi.

Fjöldi vatna > 0,1 km ² (10 ha): 280 Flatarmál " > 0,1 km ² (10 ha): 453 km ²				
Flokkun	fjöldi	%	km ²	%
> 10 km ²	9	3	285	63
5-10 "	5	2	35	8
1-5 "	37	12	66	14
0,1-1 "	229	83	67	15

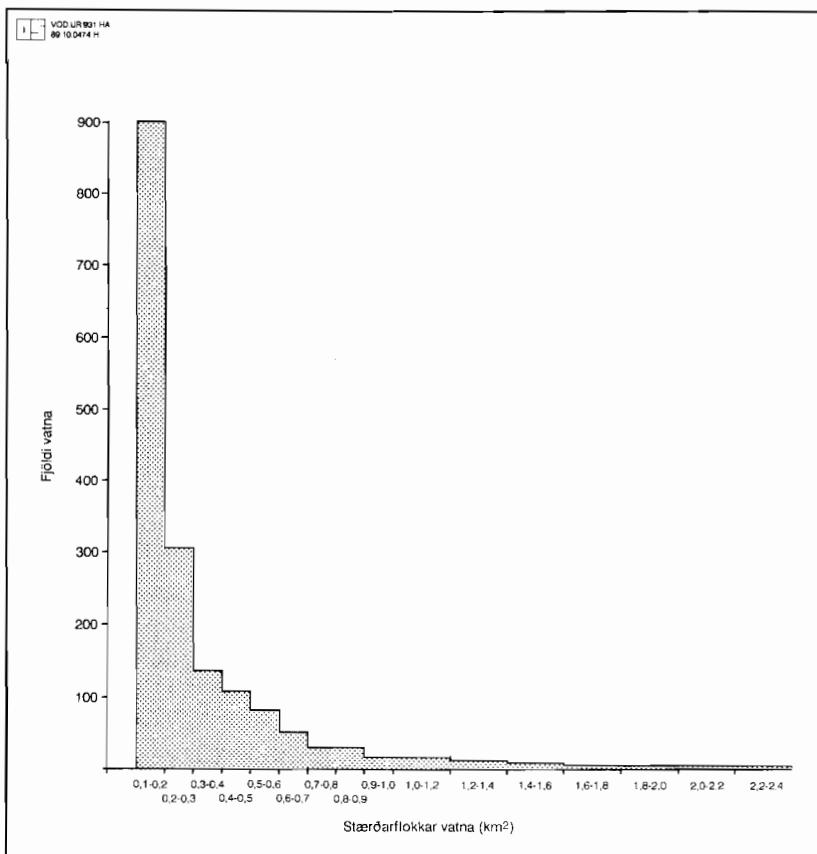
Landið allt

Stærðardreifing vatna á landinu öllu er sýnd á 2. mynd. Vötn stærri en 0,1 km² töldust vera um 1840 talsins og mælast tæplega 1300 km². Þar af teljast 193 vötn stærri en 1 km², sem er verulega meira en áður var ætlað, en Sigurjón Rist (1956) taldi þennan hóp vatna vera rösklega 80. Vötn á bilinu 0,1-1 km² teljast vera um 1650.

TAFLA 7. Stærðarflokken vatna á landinu öllu.

Fjöldi vatna > 0,1 km ² (10 ha): 1841 Flatarmál " > 0,1 km ² (10 ha): 1280 km ²				
Flokkun	fjöldi	%	km ²	%
> 10 km ²	17	1	460	36
5-10 "	14	1	93	7
1-5 "	162	9	313	24
0,1-1 "	1648	90	414	32

Í skránni sem þetta yfirlit byggir á voru um 2000 vötn, sem annað hvort voru stærri en 0,3 km að mestu breidd eða stærri en 0,1 km². Meðal þeirra vatna sem ná 0,1 km² eru 46 strandlón, sem eru alls 95 km². Manngerð vötn eru 8 talsins; alls um



MYND 2. Stærðardreifing vatna á landinu öllu.

76 km². Þá voru fyrirhuguð lón Blönduvirkjunar sett inn (um 60 km²), en þau eru ekki með í útreikningum um stærðardreifingu.

Jökullón sem eru undanskilin í vatnaskránni töldust veru 35 stærri en 0,1 km²; alls um 45 km². Þá eru ósar eða vaðlar, þar sem stöðugra áhrifa gætir af sjávarseltu einnig undanskilin. Þau eru lauslega áætluð 50; alls um 100 km², (Agnar Ingólfsson, í handriti).

Smávötn

Augljóst er af stærðardreifingu vatnanna í skránni að vötnum fjölgar mjög örт eftir því sem þau verða minni. Af skrá yfir vötn, 0,02 km² (2 ha) og stærri af sunnanverðu Austurlandi, sem tiltæk

er á Orkustofnun, má ráða að þessi öra fjölgun með smæð nær einnig til enn minni vatna. Í umræddri úttekt á vötnum á sunnanverðu Austurlandi reyndust vötn á bilinu 0,1-1 km² vera 78, en 210 vötn á bilinu 0,02-0,1 km². Í samsvarandi úrtaki frá Vestfjörðum reyndust vötn á bilinu 0,1-1 km² vera 137, en 161 á bilinu 0,02-0,1 km² (Helgi Gunnarsson; í handritum á Orkustofnun). Mikill munur er þannig á hlutfalli vatna í þessum stærðarflokum á Vestfjörðum og Austfjörðum. Þar sem ætla má að landslagseinkenni séu þar líkari en milli þeirra og annara landshluta, þykir sýnt að ekki er nægjanleg regla í stærðardreifingu til þess að giska á fjölda vatna, t.d. á bilinu 0,02-0,1 km², á landinu öllu með

TAFLA 8. Yfirlit um vötn stærri en u.p.b. 0,1 km² (10 ha).

Landshlut	Heildar-fjöldi flatarm	0,1-1 km ² fjöldi flatarm	1-5 km ² fjöldi flatarm	5-10 km ² fjöldi flatarm	≥10 km ² fjöldi flatarm					
Vesturland	336	170	301	78	31	56	3	21	1	15
Vestfirðir	337	94	322	72	14	21	-	-	-	-
Norðurl. vestra	325	217	291	70	26	60	4	25	4	62
Norðurl. eystra	246	170	211	55	32	67	1	5	2	43
Austurland	316	175	292	72	22	41	1	7	1	55
Suðurland *	280	453	229	67	37	66	5	35	9	285
Alls:	1841	1280	1648	414	162	313	14	93	17	460

* Meðtalin eru 6 manngerð vötn, alls 66 km².

neinni nákvæmni.

Í Svíþjóð teljast vötn stærri en 0,01 km² vera um 90 þúsund. Þar af eru um 66 þúsund (74%) minni en 0,1 km² (SMHI 1983). Þar eru vötn af stærðarflokki 0,1-1 km² um 80% allra vatna stærri en 0,1 km². Samsvarandi hlutfall á Íslandi er um 90%. Hlutfall smávatna virðist því geta verið nokkru hærra á Íslandi en í Svíþjóð, líklega um 80% á móti 74% í Svíþjóð. Samkvæmt því virðist mega gera ráð fyrir að alls séu vötn á bilinu 0,01-0,1 km² um 7000 á Íslandi, alls um 100 km². Pannig er hér giskað á að vötn stærri en 0,01 km² séu um 9000 talsins, alls um 1400 km².

Pekja vatna um 0,1 km² og stærri miðað við landið allt er um 1,3 %, en að frádregnum jöklum er þekjan 1,5 % að meðaltali. Í handbókum með staðfræðilegum upplýsingum um Ísland eru vötn talin vera 2757 km², samkvæmt mælingum Landmælinga Íslands, og er þá allt talið sem kemur fram sem yfirborðsvatn innan útlína landsins á landakortum. Það gefur 2,6 % vatnaþekju, eða um 3 %, séu jöklar undanskildir.

ÖNNUR EINKENNI EN STÆRD

Gerð vatna og framleiðslugeta

Þegar mat er lagt á stöðuvötn, t.d. sem veiðivötn, duga ekki lengur einar saman upplýsingar um stærð yfirborðs. Þá er m.a. nauðsynlegt að kunna

einhver skil á framleiðslugetu vatnanna, og í því til-liti er dýpi þeirra, bæði meðaldýpi og mesta dýpi, mikilvægur þáttur, en samband meðaldýpis og mesta dýpis er háð lögun vatnsskálarinnar.

Önnur einkenni sem skipta máli eru til dæmis lengd strandlínu, þ.e.a.s. hversu vogskorin vötn eru, því strandsvæðin eru oft þau svæði sem gefa mesta framleiðslu og geta verið mjög mikilvæg uppeldissvæði fyrir smáseidri. Til þess að glöggva sig á strandlengju vatna hefur hugtak yfir margfeldi strandar (Development of shoreline) verið skilgreint. Það lýsir hlutfallinu á milli lengdar strandlínus og ummáls hringjar með sama flatarmáli og viðkomandi vatn, og er þannig mælikvarði á mismunandi þýðingu strandarinnar fyrir einstök vötn. Þingvallavatn, Mývatn og Másvatn eru hér tekin sem dæmi til að lýsa mismunandi margfeldi strandar í vötnum. Másvatn er ekki fjarri því að vera hringlaga, en Mývatn hefur meira en þrefalda og Þingvallavatn meira en tvöfalda strandlínus (tafla 9).

Út frá þeirri vitneskju sem þegar hefur verið afluð hér lendis má gera ráð fyrir að neðan 20-30 m dýpis fari ekki fram mikil frumframleiðsla (sjá t.d. Gunnar St. Jónsson 1977 og 1987, og Hákon Aðalsteinsson 1981). Í djúpum vötnum er endurnýjun (-notkun) næringarefna hægari en í grunnum vötnum, og afrakstursgeta þeirra því oft lakari. Í

TAFLA 9. Margfeldi strandar í nokkrum vötnum.

Vatn	Flatarmál A (km^2)	Strönd L (km)	Margfeldi strandar $L/2\sqrt{\pi}A$
Mývatn *	37,3	77,2	3,56
Másvatn *	4	8,9	1,25
Þingvallavatn	82,2	88	2,47

*) Jón Ólafsson 1979

grunnum vötnum tekur allt vatnið þátt í framleiðslu og næringarefni sem fara aftur í umferð eru nýtt þegar í stað af annaðhvort botngróðri (háplöntum eða þörungum) eða svíspörungum. Ef vitað er hversu mikið af vatnsskál djúpra vatna er á minna dýpi en 20-30 m, er fengin ákveðin vísbending um það hvort framleiðslugeta vatnsins er í einhverju samræmi við stærð þess. Dýptarkort er því nauðsynlegt að gera af öllum djúpum vötnum, og yfirleitt æskileg í öllum tilfellum. Gerð botngróðurs fer eftir dýpi. Í grunnum vötnum eða á gryningum ber mest á hágróðri, mara og nikrum (Hákon Aðalsteinsson 1978, Arnþór Garðarsson 1987), en kransþörungar virðast meira áberandi á meira dýpi (6-20 m), eins og í Þingvallavatni, Prístíku á Auðkúluheiði og Veiðivötnum (Gunnar St. Jónasson 1987, Hákon Aðalsteinsson 1978 og Magnús Jóhannesson 1986). Reynslan sýnir að grunn vötn geta gefið af sér mikla framleiðslu, eins og t.d. Mývatn og Friðmundarvötn (Hákon Aðalsteinsson 1978, Pétur M. Jónasson 1979, og Jón Kristjánsson 1980). Ennfremur er hæð yfir sjávarmáli afar mikilvægur þáttur.

Vatnamælingar Orkustofnunar hafa dýptarmælt um 80 stöðuvötn; flest vötn stærri en 5 km^2 , um fjórðung vatna $1-5 \text{ km}^2$ og nokkur minni. Ætla má að þar á meðal séu öll dýpstvotn landsins, og bróðurpartur vatna sem eru dýpri en 30 m. Um flest önnur nýtileg vötn er fátt vitað með vissu, sem nýta má til flokkunar eftir einkennum sem geta vísað á framleiðslugetu. Til þess að finna nothæfan lykil að mikilvægum einkennum vatnanna var farið í gegnum mælingar Vatnamælinga (Sigurjón Rist 1975).

Myndun íslenskra vatna

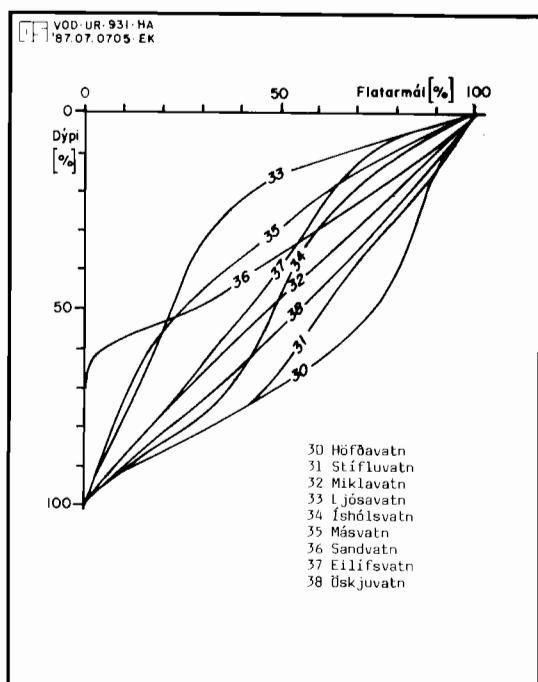
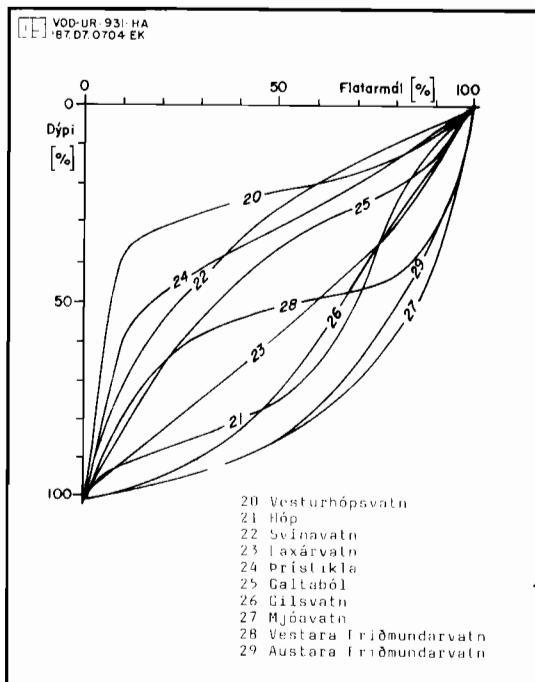
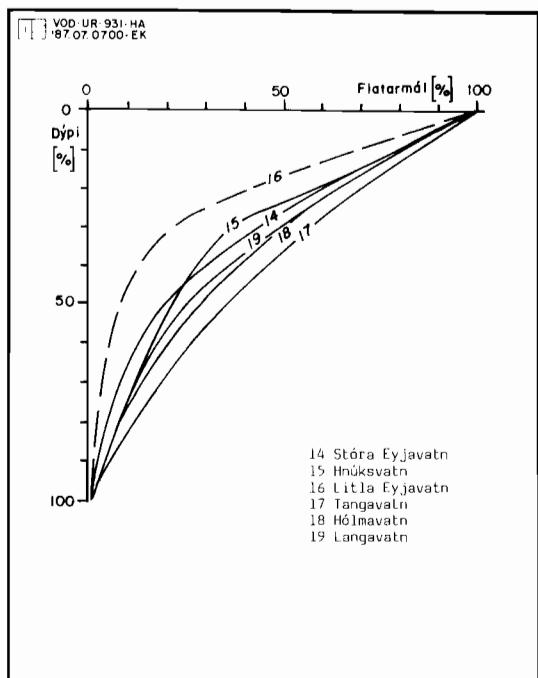
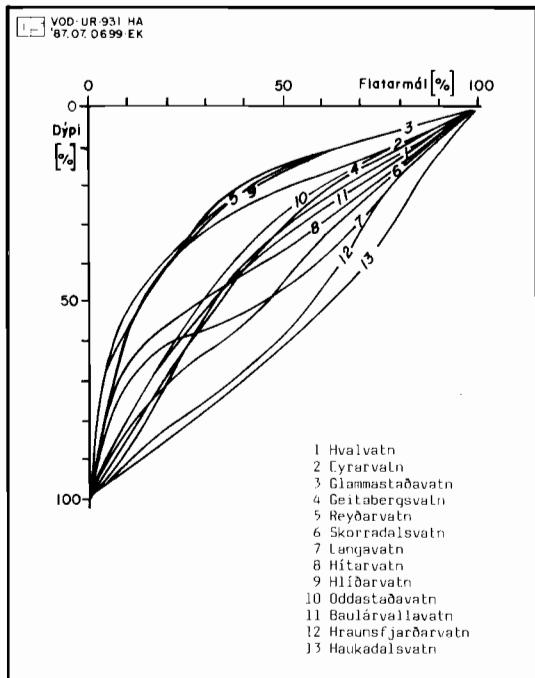
Fjölbreytni vatna er mikil á Íslandi, bæði hvað varðar stærð og dýpi. Í bók sinni Íslensk vötn gerir Sigurjón Rist (1956) grein fyrir mælingum á stærð og dýpi stærstu vatnanna og athugunum sínum á myndun þeirra.

Stærstu og dýpstvotn eru yfirleitt til orðin fyrir jökulsvörfun í dölmum, eða með því að gosefni (hraun og móberg) hafa stíflað upp dali eða dalverpi. Á eldvirka beltinu hefur landsig hjálpað til, svo sem við myndun Þingvallavatns, og Öskjuvatn er beinlínis myndað í landsigi í kjölfar goss. Lögurinn í Lagarfljóti er skýrasta dæmið um það hvert reginafl er í landmótun jökulsins, en hann er um 24 km langur og dýpstur um 112 m og nær þar um 90 m niður fyrir sjávarmál. Annars hefur eldvirkni yfirleitt komið við sögu myndunar dýpstvotnanna.

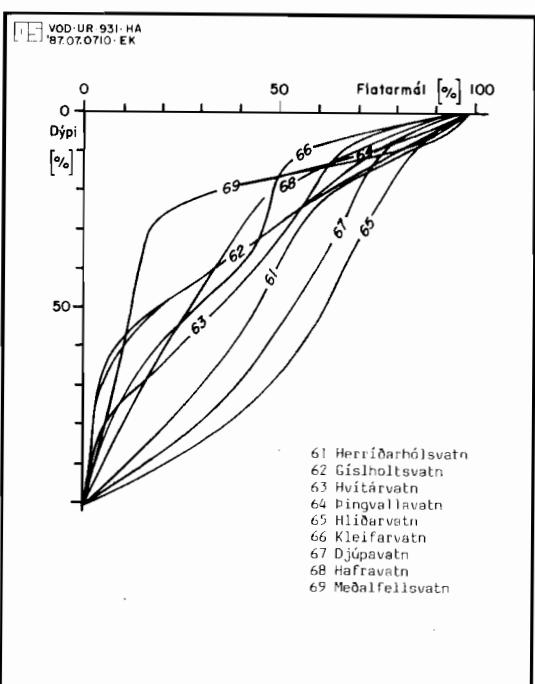
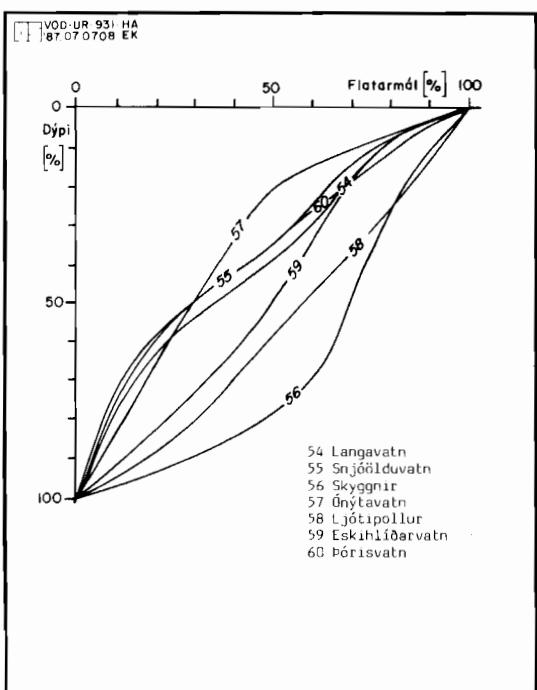
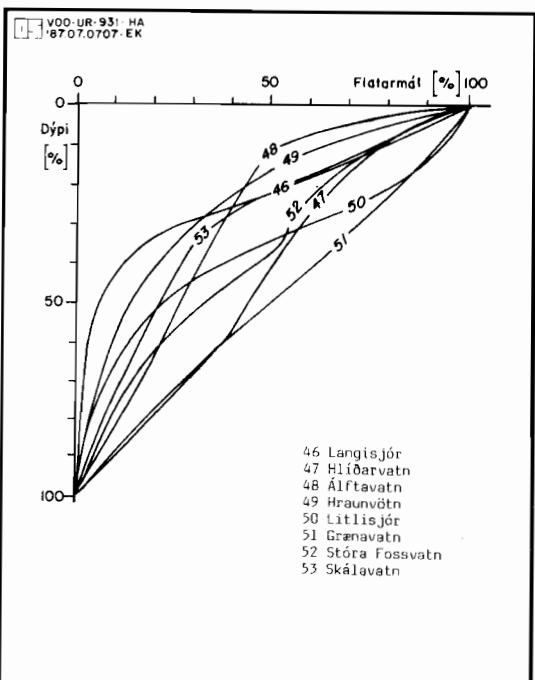
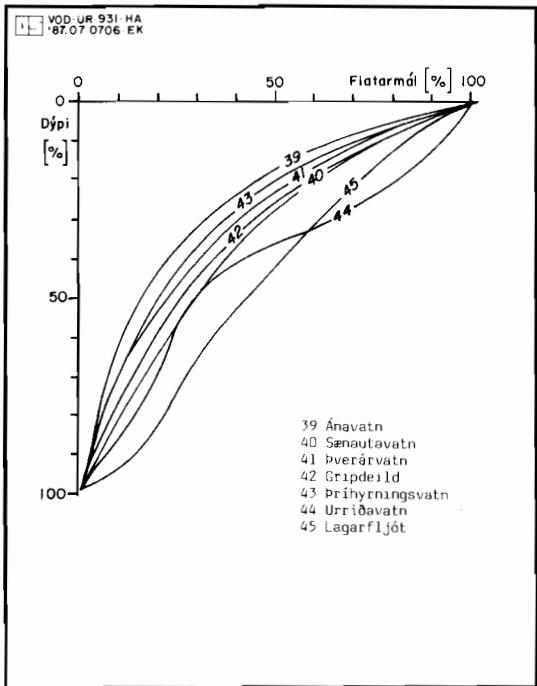
Flest vötn og nær öll hin minni hafa þó orðið til í ójöfnum sem jökullinn skildi eftir sig þá er hann hörfðað í lok síðasta jökulskeiðs, annaðhvort í svörfuðum dældum eða bak við upphleðslur af einhverju tagi. Hér er aðallega um að ræða vötn á til-tölulega flötu landi, þar sem skriðþungi jökulsins var lítill. Reikna má með að stærð og dýpi þessara vatna fari mjög eftir þeim halla sem jökullinn gekk fram undir, þ.e.a.s. skriðþunganum.

Lögun vatnsskálarinnar

Í bók Sigurjóns Rist, Stöðuvötn (1975, með síðari viðbótum) eru línurit sem lýsa lögun vatnsskálarinnar. Af þeim má auðveldlega lesa flatarmál skálarinnar yfir tilteknu dýpi. Slík línurit má einnig nota til að ákvarða rúmtak vatnsskálarinnar. Á myndum 3 og 4 eru sýnd svonefnd hlutfallsleg hypsografisk línurit af flestum íslenskum vötnum



MYND 3. Lögunareinkenni nokkurra vatna á Vestur- og Norðurlandi.



MYND 4. Lögunareinkenni nokkurra vatna á Austur- og Suðurlandi.

TAFLA 10. Flokkun á lögum vatnsskálar íslenskra vatna og samanburður við "meðaldreifingu" og sænsk vötn skv. Håkanson (1977).

Lögunar-flokkar	Heiti	"Meðal dreifing"	Hlutfall (%)	
			íslensk vötn	sænsk vötn
f(-3,0) - f(-1,5)	áberandi hvolf	6,5	6	5
f(-1,5) - f(-0,5)	hwolf/lítið eitt dallaga	24,2	32	33
f(-0,5) - f(0,5)	dallaga	38,3	39	31
f(0,5) - f(1,5)	dallaga/lítið eitt skállaga	24,2	14	21
f(1,5) - f(3,0)	skállaga	6,5	9	10

sem hafa verið dýptarmæld. Þeim er raðað rétt-sælis og saman spyrt vötn af sama landssvæði.

Håkanson (1977) hefur notað línumit af þessu tagi við flokkun vatna eftir lögum.

Mælikvarðinn er samræmdur með því að setja flatarmál vatnsborðs (x -ás) og mesta dýpi (y -ás) 100. Håkanson kannaði lögum vatnsskálar í 48 vötnum, flestum í Svíþjóð; reiknaði út meðallögum og frávik frá henni. Meðallögum vatnsskálar telur hann vera nærrí línulega (aðeins hvolfлага), þ.e.a.s. í flestum vatnanna mun halli vera nokkuð jafn frá yfirborði til mesta dýpis (dallögum), en þó ber heldur meira á grunnum svæðum en djúpum. Af þessu úrtaki reiknaði Håkanson líkindadreifingu fyrir lögum vatnsskálar, sem hann telur gilda fyrir vötn á norðurhveli jarðar; þeirra sem urðu til við landmótun jökla í lok seinasta jökluskeiðs. Hann flokkar vötnin í fimm meginflokkka eftir því hve mikil lögum þeirra víkur frá meðallögum. Við flokkun íslensku vatnanna var flokkun Håkansons fylgt og eru flokkarnir auðkenendir með sömu tölfræðilegu stuðlunum og hann notar. Flokkun íslensku vatnanna er ekki byggð á tölfræðilegum útreikningum heldur einungis myndrænum samanburði (mynd 5). Niðurstöður flokkunarinnar ásamt nokkrum tölulegum upplýsingum eru í töflum 10 og 11. Í töflu 10 er samanburður á flokkun Håkansons ("normal dreifing" og sænsk vötn) og flokkun íslenskra vatna.

Mörg vötn hafa óreglulegan botn og þau getur verið nokkuð örðugt að flokka. Í þeim tilfelli

hef ég sett þau í flokk eftir því sem mér sýndist vera megin lögunareinkennið. Í jaðartilvikum gætu þau vötn lent hvoru megin markanna sem er í hlutlægum tölfræðilegum útreikningum. Hafandi það í huga tel ég að í meginindráttum séu íslensk vötn svipuð að fjölbreytni og t.d. sænsk vötn, og ekki ósvipuð því sem við er að búast, skv. Håkanson. Þó virðist hvolf-lögum vera algengari hér en í samanburðarúrtakinu.

Óreglurnar í lögum vatnsskálar íslenskra vatna eru aðallega af þrennskonar toga, og er þeim lýst á mynd 5, auðkenndar með bókstöfunum a-d.

- a) Nokkuð skörp skil milli grunnra og djúpra botnsvæða.
- b) Frávik af sama toga og (a), en mun minni.
- c) Vötn sem eru með bæði tiltölulega djúp og grunn botnsvæði.
- d) Vötn með tiltölulega brattar strendur, eitt eða fleiri lítill djúp svæði, en annars nokkuð jafn djúp.
- bb) Fleiri en ein óregla af sama tagi.

Í töflu 11 er, auk flokkunar eftir lögum, að finna tölulegar upplýsingar um 71 vatn. Þar má t.d. sjá að algengast er að meðaldýpi sé um 40 % af mesta dýpi, og að frávikið fer eftir því hve ávöll eða skál-laga vötnin eru.

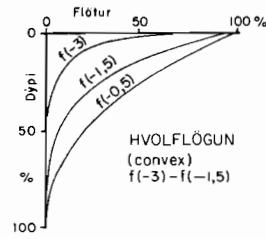
Í mörgum tilfellum virðast upplýsingar vera til um mesta dýpi stöðuvatna, bæði vegna þess að miklu minna þarf af mælingum til að nálgast mesta

TAFLA 11. Nokkur töluleg einkenni vatna, sem Vatnamælingar OS hafa dýptarmælt. Vötnunum er raðað eftir lögum vatnsskálarinnar. Númer þau sömu og á myndum 3 og 4.

Nr	Lögun	Frá sjó (km)	Hæð y.s. (m)	Mesta b x l (km)	Flatar-mál (km ²)	Mesta dýpi (m)	Meðal dýpi (m)	Meðald./ mesta d.	Hluti (%) botns ofan meðal-dýpis	botns ofan 20-30 m d.
Hvollfögun (f(-3,0)-f(-1,5))										
16	Litla Eyjavatn (a)	4	354	0,5x2,2	0,36	20,2	2,8	0,14	43	100
20	Vesturhópsvatn (ad)	19	19	2,3x6,9	10,3	28	7,1	0,25	62	96-100
33	Ljósavatn	37	105	1,2x3,1	3,2	35	10,5	0,30	68	82-94
69	Meðalfellsvatn (b)	4	46	1,4x2,9	2,0	18,5	4,4	0,24	65	100
Meðaltal: (f(-1,5)-f(-0,5))										
2	Eyrarvatn	13	75	0,8x1,5	0,82	12,5	3,4	0,27	52	100
3	Glammastaðavatn	15	77	0,9x2,5	1,4	24	6,6	0,28	72	97-100
5	Reyðarvatn	56	325	2,5x6,5	8,3	48,5	11,3	0,23	62	80-95
9	Hlíðarvatn	19	78	1,7x4,9	4,4	21	4,7	0,22	61	99-100
14	Stóra Eyjavatn	8	570	1,3x2,1	1,7	43	13,7	0,32	58	77-93
15	Hnuksvatn	7	540	0,6x0,9	0,27	24	7,8	0,32	66	94-100
18	Hólmavatn (b)	4	492	0,6x0,7	0,25	22,2	7,8	0,35	58	98-100
19	Langavatn	4	491	0,2x1,7	0,15	10,3	3,3	0,32	53	100
22	Svínavatn	21	123	2,1x11,1	11,8	38,5	12,5	0,32	58	78-94
24	Þristikla (b)		455	1,8x3,2	4,0	17,5	5,5	0,31	50	100
35	Másvatn	47	276	1,5x3,6	4,0	17,2	6,0	0,35	55	100
39	Ánavatn	104	521	1,0x8,0	4,9	24	6,0	0,25	62	96-100
40	Sænautavatn	70	524	0,8x3,5	2,3	23	7,8	0,34	57	92-100
41	Íverárvatn	99	519	0,6x1,7	0,9	12	3,5	0,29	58	100
42	Gripdeild		560	1,3x2,3	1,7	8	2,5	0,31	56	100
43	Þríhyrningsvatn	152	585	1,7x3,6	4,3	33	10	0,30	63	86-96
46	Langisjór (a)	111	663	2,5x19,8	25,7	73,5	18,5	0,25	59	65-89
48	Álfavatn (a)		537	1,1x1,5	1,2	21,9	6,1	0,28	60	96-100
49	Hraunvöin		590	1,3x4,0	2,4	21	5,3	0,25	64	98-100
53	Skálavatn	150	568	0,7x1,5	0,78	16	5,6	0,35	70	100
66	Kleifarvatn (a)		140	2,4x5,2	10	97	29,1	0,30	55	52-55
68	Hafnarvatn (b)	8	76	0,8x1,8	1	28	8,0	0,28	59	88-100
Meðaltal:										
Dallögun (f(-0,5) - f(0,5))										
1	Hvalvatn	9	386	1,9x3,9	4,2	160	63,6	0,40	60	21-23
4	Geitabergsvatn	19	79	0,53x2,05	0,93	21	9,4	0,45	62	98-100
6	Skorradalsvatn	17	57	1,5x16,0	14,7	48	22,5	0,47	52	48-69
7	Langavatn (b)	27	214	2,4x4,3	5,1	36	15,7	0,44	46	66-96
8	Hítarvatn (b)	29	147	1,9x5,4	7,6	24	8,8	0,37	50	97-100
10	Oddastaðavatn	16	57	1,7x2,9	3,0	15	5,4	0,36	59	100
11	Baulárvallavatn	16	193	1,4x1,6	1,6	47	17,7	0,38	57	60-76

Nr	Lögun	Frá sjó (km)	Hæð y.s. (m)	Mesta b x l (km)	Flatar- mál (km ²)	Mesta dýpi (m)	Meðal dýpi (m)	Meðald./ mesta d.	Hluti (%) botns ofan meðal- dýpis	20-30 m d.
17	Tangavatn á Glámu (b)	6	560	0,65x0,7	0,31	22,5	8,7	0,39	53	96-100
25	Galtaból (b)		450	1,0x1,6	1,4	10	4,1	0,41	57	100
32	Miklavatn	0	1	2,58x5,22	6,6	23	10,5	0,45	48	90-100
34	Íshólvvatn (c)	75	370	1,3x5,2	5,2	39	19,0	0,49	51	52-68
36	Sandvatn (a)	65	277	2,0x1,5	3,7	4	1,8	0,44	60	100
37	Eilísvatn (b)		352	1,3x4,5	3,3	16	7,0	0,44	53	100
44	Urriðavatn (b)	45	38	0,6x2,4	1,0	10,5	4,4	0,42	61	100
45	Lögurinn (Lagarfljót)	48	20	2,3x24,4	53,0	111,5	51,0	0,46	54	27-36
47	Heiðarvatn	11	72	1,2x2,0	1,9	30	12,9	0,43	52	73-100
50	Litlisjór (b)	150	587	2,9x7,5	9,2	16,5	7,2	0,44	70	100
52	Stóra Fossvatn	150	575	1,0x1,3	0,85	15,5	6,7	0,43	51	100
54	Langavatn (bb)	150	565	0,4x1,4	0,39	19	7,2	0,38	49	100
55	Snjóölduvatn (bb)	150	562	1,4x2,1	1,6	22	7,8	0,35	50	96-100
57	Ónytavatn (b)		574	0,9x1,9	1,1	23	8,0	0,35	61	92-100
59	Eskihlíðarvatn	160	528	1,0x3,4	1,5	27	12,7	0,47	48	70-100
60	Pórisvatn	148	571	5,0x14,0	(73)	(109)	(41)	0,38	57	29-42
61	Herriðarhólvatn (bb)	28	61	1,2x1,7	1,3	15	6,6	0,45	54	100
62	Gíslholtsvatn (b)	35	69	1,2x2,3	1,6	8,5	2,6	0,30	52	100
63	Hvítárvatn (b)	135	421	3,3x11,3	29,6	84	27,6	0,33	50	44-53
64	Þingvallavatn (b)	45	100	9,5x14,5	83	114	34,1	0,41	67	38-47
	Kvíslavatn		602	2,2x12,6	20,1	11	4,5	0,41	59	100
<i>Meðaltal:</i>										
<i>Skállögun</i> <i>(f(0,5)-f(1,5))</i>										
12	Hraunsfjarðarvatn (b)	17	207	1,3x2,2	2,5	84	39,2	0,47	40	25-33
13	Haukadalsvatn	6	37	0,8x4,4	3,3	41,5	23,8	0,57	45	35-63
23	Laxárvatn	15	87	1,0x5,5	2,9	4,5	2,5	0,55	47	100
28	V. Fridmundarvatn	53	441	2,6x3,5	5,1	2,25	1,2	0,53	53	100
31	Stífluvatn	14	125	1,4x4,6	3,9	(14)	(8,5)	0,60	45	100
38	Öskjuvatn		1050	3,2x4,4	10,7	217	115	0,53	48	8-12
51	Grænavatn		579	1,6x3,0	3,3	13,5	6,8	0,50	50	100
58	Ljótipollur		585	0,5x1,3	0,43	14	8,1	0,58	50	100
65	Hlíðarvatn	1	1	2,0x2,5	3,3	5	2,9	0,58	43	100
67	Djúpavatn		195	0,31x0,74	0,15	16,7	8,4	0,50	47	100
	Mývatn	58	277	5,2x7,4	37,3	4	2	0,50	-	100
<i>Meðaltal:</i>										
<i>f(1,5)-f(3,0))</i>										
21	Hóp (c)	2	1	5,2x7,9	29,8	8,5	5,5	0,65	39	100
26	Gilsvatn	45	419	0,9x2,7	1,4	0,75	0,47	0,61	41	100
27	Mjóavatn	58	448	1,3x4,05	2,5	1,1	0,8	0,72	32	100
29	A Fridmundarvatn	52	435	1,4x2,3	2,0	1,15	0,8	0,70	34	100
30	Höfðavatn	0	1	3,3x4,7	10,1	6,4	3,9	0,61	37	100
56	Skyggnir	150	562	0,8x1,7	1,3	23,5	15,1	0,64	48	70-100
<i>Meðaltal:</i>										
<i>f(1,5)-f(3,0))</i>										

Lögun vatnsskálar



Eitt eða fleiri lítil djúp svæði, en að óðruleiti ber meira á grunnum svæðum

Meðaldýpi 20-30% af mesta dýpi.

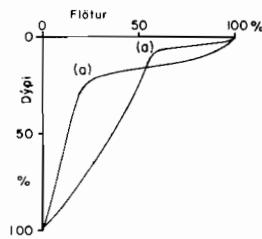
Nokkuð jafn halli frá yfirborði til mesta dýpis.

Meðaldýpi oftast 30-50% af mesta dýpi.

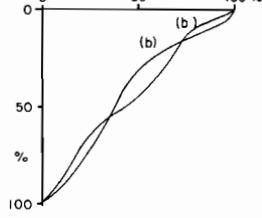
Vötn með brattar stendur og flatain botn.

Meðaldýpi oftast 50-70% af mesta dýpi.

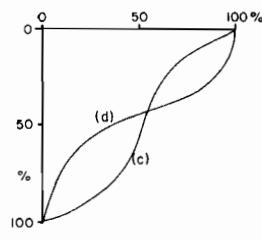
Óregluleg botngerð (ýkt lögun)



(a) Stórr hluti botnsins annabréð hvort tilfölulega grunnur eða tilfölulega djúpur



(b) Frávik af sama tagi og (a) en mun minna.



(c) Vötn bæði með tilfölulega grunn og tilfölulega djúp botnsvæði

(d) Vötn með tilfölulega brattar stendur og eitt eða fleiri lítil djúp svæði

MYND 5. Mismunandi lögun vatnsskálar og lögunarflokkar (til vinstri), og dæmi um óreglur í lögun (til hægri).

dýpi en meðaldýpi, og væntanlega þykir mesta dýpi forvitnilegra, sjá t.d. ritröðina Vötn og Veiði, sem Landssamband Veiðifélaga hefur látið taka saman (Hinrik A. Þórðarson 1980-1986).

Talsverð regla er á sambandinu milli meðal og mesta dýpis. Þannig virðist oft mega nota hvort sem er meðaldýpi eða mesta dýpi til að átta sig á megin dýptareinkennum vatna, því að á afmörkuðum svæðum eru vatnsskálar oft líkar að lögun

(myndir 3 og 4), og eins og sjá má í töflu 11 svara tiltekin form vatnsskálar til ákveðins hlutfalls milli meðal og mesta dýpis.

Með tilvísun til kafla um framleiðsluskilyrði, þar sem komist var að þeirri niðurstöðu að neðan 20-30 m verði ljós takmarkandi, sést að flest vatnanna ættu að njóta lýsingar frá yfirborði til mesta dýpis (tafla 11). Vötn þar sem verulegur hluti botnsins er myrkvaður eru talin í töflu 12.

TAFLA 12. Hlutfall botns sem nýtist til frumframleiðslu í nokkrum djúpum vötnum (%).

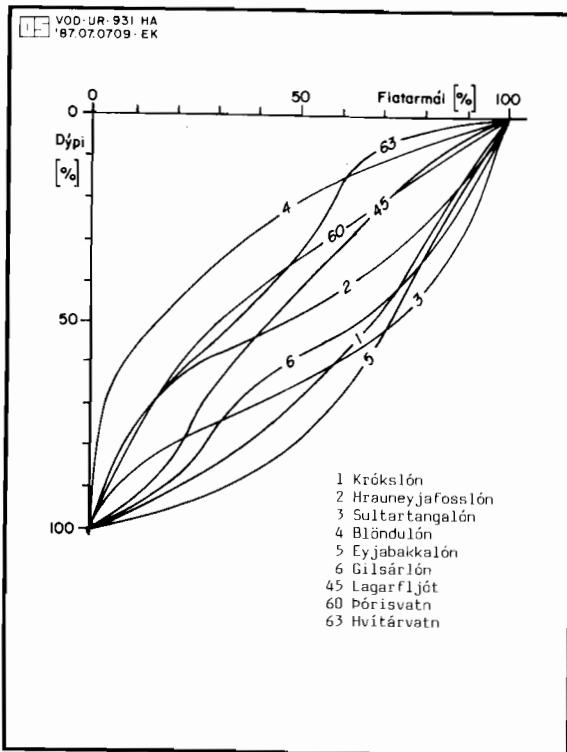
Hvalvatn	20
Skorradalsvatn	60
Baulárvallavatn	70
Hraunsfjarðarvatn	30
Haukadalsvatn	50
Ishólvatn	60
Öskjuvatn	10
Þingvallavatn	40
Kleifarvatn	50

Þýðingarlaust er að nota sömu viðmiðun á jökulvötn. Ólífraent grugg dregur svo mjög úr gegnsæi að í stað þess að reikna með að botn ofan 20-30 m njóti ljóss, er sönnu nær að miða við 2-3 m dýpi (Hákon Aðalsteinsson 1981 og 1986.). Í töflu 13 er sýnt hve mikið af botni nokkurra jökulskotinna stöðuvatna eigi möguleika á ljósorku til frumframleiðslu.

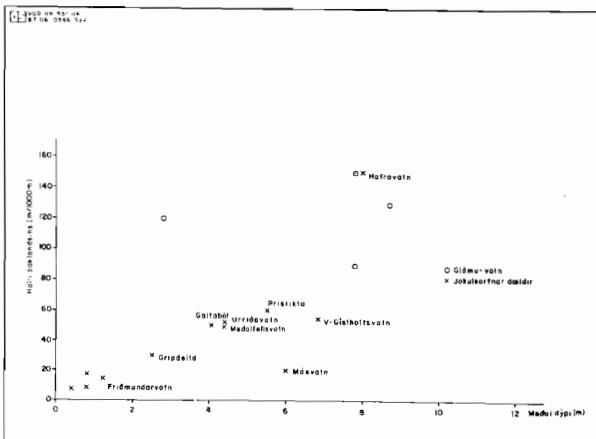
Þótt gert sé ráð fyrir að gegnsæi í jökulskotnum vötnum sé aðeins um 2-3 m er samt talsverður botnflötur lýstur og nýtist frumframleiðslu ef ekki koma til miklar vatnsborðsseflur. Strandbelti virkjunarlónanna í Þjórsá/Tungnaá er t.d. álíka að stærð og mörg fyrirtaks silungsvötn ($1-2 \text{ km}^2$).

Tengsl dýpis og myndunar

Freistandi er að reyna að finna eitthvað sem gæti gefið vísbendingu um hvert sé líklegt dýpi einstakra vatna. Það er ekki líklegt að fleiri vötn verði dýptarmæld í bráð, og þar sem flest stærri vötn hafa þegar verið mæld er athyglinni beint að minni vötnum. Afl jöklusins hefur mótað af þykkt og halla lands (skriðbunga), og mótaða landsins af jarðgerð og jarðlagahalla. Síðar hafa orðið breyttingar sem erfitt er að henda reiður á, svo sem setmyndun, áfok, öskufall og vafalaust er mjög mismunandi hve mikið hefur rofnað úr útfalli einstakra vatna, þ.e.a.s. hversu mikið vatnsborð hefur lækkað frá myndun vatnsins. Flestir þessara þátta eru þess eðlis að ómögulegt eða mjög tímafrekt er að elta ólar við þá.



MYND 6. Línurit sem lýsa lögum botnsskálar í nokkrum virkjunarlónum í jökulám og jökulárveitum og jökulskotnum stöðuvötnum.



MYND 7. Meðaldýpi vatna sem fall af halla baklandsins í höfunarstefnu jöklusins.

TAFLA 13. Hlutfall og stærð botns, þar sem ljós nær til, í nokkrum jökulskotnum vötnum og virkjunarlónum, í rekstri, í byggingu eða fyrirhuguð.

Vatn/lón	km ²	mesta	Dýpi meðal	Botn ofan 2-3 m dýpis %	km ²
Krókslón við Sigoldu	14	20	10	8-12	1-1,7
Hrauneyjafosslón	8	9	4	17-29	1,5-2,6
Sultartangalón	19	10	6	7-12	1,3-2,3
Kvíslavatn *	20	11	4,5	20-30	4-6
Blöndulón	66	26	6	24-35	16-23
Eyjabakkalón	48	17	11	8-11	4-5
Gilsárlón	22	7,5	3,8	16-26	3,5-5,7
Lagarfljót	53	111,5	51	4-6	2-3
Þórisvatn **	73	109	41	7-10	5-7
Hvítárvatn	29,6	84	27,6	12-15	3,6-4,4

*) Lauslegir útreikningar benda til að eftir lúkningu Kvíslaveitu muni ljós aðeins ná niður á u.p.b. 1 m dýpi í Kvíslavatni. Af því leiðir að aðeins um 5% eða 1 km² botnsins mun njóta lýsingar.

**) Jökulaur hefur verið mjög mismikill í Þórisvatni undansfarin ár, eftir því hve mikil vatnið er notað í miðlunar-skyni. Ennfremur blandast jökulaurinn oft lítið inn í Austurbotna, einkum þá er litlu er miðlað. Þess vegna er gert ráð fyrir að lýstur botn í Þórisvatni sé á bilinu 10-20 km². Hins vegar reðst það af vatnsborðsbreytingum við miðlun og hve vel tekst að nýta lýstan botn til frumframleiðslu. Það gildir jafnt um Þórisvatn og virkjunarlónin í eftir hluta töflunnar.

Athyglinni var því eingöngu beint að hugsanlegum tengslum milli landslags og dýpis vatna, aðallega þeirra sem Sigurjón telur jöklusorfnar dældir. Athugað var sambandið milli meðaldýpis vatnanna og halla baklandsins í megin hörfunarstefnu ísaldarjökulsins. Hörfunarstefnan var þó lögurð að landslagi eftir því sem við þótti eiga í hverju tilfelli. Þannig er matið nokkuð huglægt. Aðeins 17 vötn voru í úrtakinu (mynd 7).

Af þessum 17 vötnum voru 5 á Glámuhlendinu á Vestfjörðum. Þau eru í stöllóttu landslagi frá 350 til 570 m hæðar. Landið er bratt og landslag fremur fjölbreytt. Þessi vötn urðu ekki þvinguð undir neina reglu af þessu tagi, enda er erfitt að skilgreina bakland þeirra. Á Glámuhlendi hefur verið fremur lítil staðbundinn jökull, sem landslagið

hefur væntanlega haft meira taumhald á en það hafði á megin hveljökulinn. Af hinum 12 má draga lærðom af 10, og greina 2-3 flokka. Vötn þar sem landið hallar minna en 20 m á hverja 1000 m hafa meðaldýpi undir u.p.b. 1 m (Friðmundarvötn; 4). Vötn þar sem landið hallar 40-60 m á þúsund metra eru 4-7 m að meðaldýpi (5 vötn). Þar á milli er eitt vatn í flokki vatna þar sem ætla mætti að landhallinn 20-40 m leiddi af sér vötn með meðaldýpið 1-4 m. Á sama hátt mætti giska á að þar sem land hallar um 60-80 m sé meðaldýpi vatna á bilinu 7-10 m. Þau vötn sem eru í 10 vatna úrtakinu eru ýmist á flötum heiðum eða á láglendi. Þau vötn sem ekki félru að reglunni voru Hafgravatn og Másvatn, auk vatna á Glámuhlendinu.

HEIMILDIR

- Arnbjör Garðarsson, Árni Einarsson, Gísli Már Gíslason, Guðmundur V. Helgason og Jón S. Ólafsson 1987. *Yfirlitskönnum á botnlífi Mývatns*. Náttúruverndaráð, fjölrít nr. 18. 51 s.
- Gunnar Steinn Jónsson 1977: *Plöntusvif í Thingvallavatni 1974-75*. Líffræðistofnun HÍ, óbirt prófritgerð í handriti.
- Gunnar Steinn Jónsson 1987: The depth distribution and biomass of epilithic periphyton in Lake Thingvallavatn, Iceland. *Arch. Hydrobiol.* 108:531-547.
- Hákon Aðalsteinsson 1978: *Plöntu- og dýralíf í vötnum á Auðkúluheiði*. Orkustofnun, OS-ROD 7806. 113 s.
- Hákon Aðalsteinsson 1981: *Tengsl svifaurs og gagnsveis í jökulskotnum stöðuvötnum*. Orkustofnun, OS-81027/VOD-12. 30 s.
- Hákon Aðalsteinsson 1985: *Lífvist í tjörnum og smávötnum á Höfsafrétti*. Orkustofnun, OS-85046/VOD-04. 48 s.
- Hákon Aðalsteinsson 1986: Vatnsaflsvirkjanir og vötn. *Náttúrufraðingurinn* 56:109-131.
- Hákon Aðalsteinsson, Sigurjón Rist, Stefán Hermannsson og Svanur Pálsson 1989: *Stöðuvötn á Íslandi, skrá um vötn stærri en 0,1 km²*. Orkustofnun, OS-89004/VOD-02. 50 s.
- Hinrik A. Þórðarson 1980-1986: *Vötn og Veiði I-VII*. Landssamband Veiðifélaga, Reykjavík.
- Hákanson, L. 1977: On lake form, lake volume and lake hypsographic survey. *Geogr. Ann.* 59:1-29.
- Jón Kristjánsson 1980: *Fiskifræðilegar rannsóknir á vatnakerfi Blöndu 1975-1979*. Orkustofnun, OS80032/ROD13, 30 s.
- Jón Ólafsson 1979: Physical characteristics of Lake Mývatn and River Laxá. *Oikos* 32:38-66.
- Magnús Jóhannsson 1986: *Rannsóknir á fiskstofnum Veiðivatna sumarið 1985*. Veiðimálastofnun, VMST-S/86001. 25 s.
- Pétur M. Jónasson 1979: The Lake Mývatn Ecosystem, Iceland. *Oikos* 32:289-305.
- Sigurjón Rist 1956: *Íslensk vötn I. Raforkumálastjóri*. 127 s.
- Sigurjón Rist 1975: *Stöðuvötn*. Orkustofnun, OS-ROD 7519, með síðari viðbótum (lausblaðamappa).
- SMHI (Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut) 1983. *Svenskt sjöregister*. SMHI, Norrköping. 312 s.