

# Mat á vistfræðilegu ástandi vatnshlota: Laxfiskar í stöðuvötnum

Stöðuskýrsla til Umhverfisstofnunar

Friðþjófur Árnason



## Veiðimálastofnun

Veiðinýting • Lífríki í ám og vötnum • Rannsóknir • Ráðgjöf

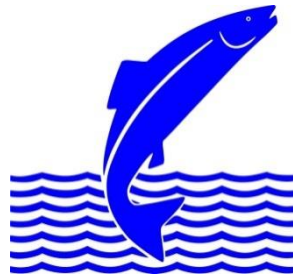
Forsíðumynd: Hvítárvatn

Myndataka: Friðþjófur Árnason

# **Mat á vistfræðilegu ástandi vatnshlota: Laxfiskar í stöðuvötnum**

Stöðuskýrsla til Umhverfisstofnunar

Friðþjófur Árnason



## **Veiðimálastofnun**

## Efnisyfirlit

Inngangur .....	1
Aðferðir .....	2
Niðurstöður.....	4
Veiði á sóknareiningu (CPUE).....	6
Fjöldi tegunda.....	8
Meðallengdir 2 <sup>+</sup> , 3 <sup>+</sup> og 4 <sup>+</sup> bleikju og urriða.....	9
Kynþroskastærð bleikju og urriða .....	15
Svipgerðir bleikju .....	23
Umræða .....	23
Þakkarorð .....	26
Heimildir .....	26
Viðauki I.....	28

## Inngangur

Fimm tegundir fiska í ferskvatni á Íslandi teljast innlendar („native“). Þessar tegundir eru lax (*Salmo salar*), urriði (*Salmo trutta*), bleikja (*Salvelinus alpinus*), Evrópuáll (*Anguilla anguilla*) og hornsíli (*Gasterosteus aculeatus*). Regnbogasilungur (*Oncorhynchus mykiss*) var fluttur til Íslands til eldis og hefur verið alinn á einstaka stað, en hefur ekki náttúrulega útbreiðslu. Þessi tegundafjöldi er lítil samanborið við flest önnur Evrópulönd. Allar íslensku tegundirnar hafa borist til landsins eftir síðustu ísöld (ca. 10.000 ár) og þola seltu og/eða eiga sér seltupólna forfeður. Landfræðileg útbreiðsla tegunda í stöðuvötnum á Íslandi ræðst af þáttum eins og aðgengi, og skilyrðum til vaxtar og tímgunar. Á hverjum tíma er samsetning fiskstofna stöðuvötnum afleiðing af margskonar áhrifaþáttum sem þeir hafa þurft að ganga í gegnum bæði í tíma og rúmi.

Hluti af vinnu við vatnatilskipun var að flokka stöðuvötn í gerðir m.t.t. umhverfisþátta (lýsa). Við skilgreiningu gerða skal fara eftir því sem fram kemur í reglugerð nr. 535/2011 (5. gr. reglugerðarinnar og II. Viðauka). Þar segir til um hvernig gerðir vatnshlota skuli skilgreindar út frá tilteknum lýsum (e. descriptors). Lýsar eru einkennisþættir sem eru líklegir til að hafa afgerandi áhrif á vistkerfi vatnshlota. Valdir voru fjórir umhverfisþættir sem taldir voru hafa veruleg áhrif á líffræði og eðlisfræði stöðuvatna á Íslandi. Umhverfisþættirnir byggja að hluta til á skyldubundnum umhverfislýsum sem kveðið er á um að nota skuli samkvæmt ofangreindri reglugerð (Gerður Stefánsdóttir og Halla Margrét Jóhannesdóttir 2013). Þessir fjórir umhverfisþættir eru aldur berggrunns (yngri berggrunnur; <0,8 milljón ára og eldri berggrunnur  $\geq 0,8$  milljón ára), hæð yfir sjávarmáli (láglendi <600m h.y.s. og hálendi  $\geq 600$ m h.y.s.), meðaldýpt (grunn <3m og djúp  $\geq 3$ m) og jökulþætti (sterklega jökulskotin og bergvötn). Þessi skipting skilaði 16 gerðum stöðuvatnshlota, en ákveðið var að sterklega jökulskotin vötn flokkuðust í sér gerð og væru ekki frekar greind m.t.t. annarra þátta (Gerður Stefánsdóttir og Halla Margrét Jóhannesdóttir 2013). Að endingu var því lagt til að stöðuvatnshlotum á Íslandi væri skipt í níu gerðir (Gerður Stefánsdóttir og Halla Margrét Jóhannesdóttir 2013).

Samkvæmt lögum um stjórn vatnamála (lög nr. 36/2011) skal vatnshlotum skipt upp í fimm gæðaflokka m.t.t. vistfræðilegs ástands þeirra. Flokkarnir eru: mjög gott, gott, ekki viðunandi, slakt og lélegt ástand. Vistfræðilegt ástand er metið út frá ástandi mismunandi lífveruhópa og eru fiskar einn þeirra hópa sem nota skal við matið. Fyrsta skrefið í mati á ástandi fiska er að

skilgreina þætti sem lagðir verða til grundvallar að ástandsmati og aðferðir sem notaðar verða við matið. Slíkt hefur verið skilgreint í þeim Evrópulöndum sem þegar hafa tekið upp vatnatilskipun. Þeir þættir sem fyrst og fremst skal horft til þegar ástand fiskstofna í stöðuvötnum er metið eru samsetning (t.d. fjöldi tegunda), magn og aldurssamsetning. Til að tryggja að hægt sé að bera saman vistfræðilegt ástand milli svæða/landa eiga niðurstöður líffræðilegra þátta (t.d. fiska) að vera settar fram sem vistfræðilegt gæða hlutfall (ecological quality ratios) og gefið upp sem gildi á milli 0 (lélegasta ástand) og 1 (besta ástand) (EC 2005).

Fjölbreytileiki í umhverfi fiskstofna í stöðuvötnum á Íslandi er mikill en tegundir fáar. Þessi fjölbreytileiki vistgerða býður m.a. uppá aðlögun tegunda að mismunandi búsvæðum. Mismunandi útlitsafbrigði bleikju (svipgerðir) hafa verið tengdar við þennan fjölbreytileika í vistgerðum (Sigurður S. Snorrason og Skúli Skúlason 2004, Bjarni K. Kristjánsson 2011). Breytileiki innan tegunda kemur einnig fram í lífsögubáttum og vistfræði (Skúli Skúlason et al., 1992). Hugsanlegt er að nota þennan breytileika í svipgerðum og lífssögubáttum fiska í íslenskum stöðuvötnum til að bæta upp tegundafæð við ástandsflökkun vatna. Náttúrulegur breytileiki í þáttum eins og fjölda einstaklinga, lífmassa, vexti og kynþroskastærð er einnig mikill, og því getur reynst erfitt að greina á milli náttúrulegs ástands og ástands sem er undir álagi. Mikilvægt er að skilja hvaða umhverfisþættir hafa mest áhrif á breytileika í fiskstofnum. Eins og áður hefur komið fram er búið að flokka stöðuvatnshlot í gerðir sem byggðar eru á umhverfisþáttum sem taldir eru hafa mikil áhrif á lífverur.

Markmiðið með þessari samantekt var að greina fyrirbyggjandi gögn um fiska í stöðuvötnum og athuga hvort eftirfarandi þættir í lífsögu þeirra, hafi samsvörun með flokkun stöðuvatna samkvæmt tillögu að gerðagreiningu; magn (veiði á sóknareiningu – CPUE), tegundasamsetning, vöxtur og kynþroskastærð. Í framhaldinu er ætlunin að nota þessa þætti við mat á vistfræðilegu ástandi fiskstofna í stöðuvötnum.

## Aðferðir

Gögnum um fiskstofna úr um 70 stöðuvötnum var safnað í *Yfirlitskönnun á lífríki íslenskra vatna: samræmdur gagnagrunnur* (Hilmar J. Malmquist et al. 2000). Í því verkefni var sýnum safnað með einni sýnatöku úr hverju stöðuvatni. Gögnin gefa því upplýsingar um breytileika í rúmi en ekki í tíma. Í þessari samantekt eru gögn um fiskstofna úr 64 stöðuvötnum notuð, en það eru þau vötn sem hafa verið flokkuð til gerða samkvæmt gerðagreiningu (Gerður Stefánsdóttir og Halla Margrét Jóhannesdóttir 2013) (viðauki I).

Sýnasöfnun fór fram í júlí til september árin 1992 – 1998. Sýnum af laxfiskum var safnað með lagnetum. Lagðar voru ein til tvær netaraðir í hvert vatn en stærð vatna réð hversu margar raðir voru lagðar. Netin voru lätin liggja yfir eina nótt (12 klst). Hver netaröð samanstendur af 11 netum með möskvastærð 12 – 16,5 – 18,5 – 21,5 – 25 – 30 – 35 – 40 – 46 – 50 og 60mm mælt milli hnúta. Slík röð er afbrigði af staðlaðri NORDIC og Jensen röð og hefur nokkuð jafnt veiðiálag á allar stærðir laxfiska á lengdarbilinu u.þ.b. 10 – 60 cm (Hamely, J.M. 1975, Jensen J.W. 1995). Hvert net er 30m langt og 1,5m djúpt og leggst við botn. Þrjú til fjögur net voru tengd saman í trossu og hver netaröð samanstendur af 3 slíkum trossum sem lögð eru á í stöðuvatn, oftast þvert á land en einstaka sinnum með landi eftir aðstæðum hverju sinni. Net voru lögð á u.þ.b. 1 – 3m dýpi. Reiknaður var afli á sóknareiningu (CPUE – *e. catch per unit effort*) sem meðalfjöldi fiska sem veiðist í hvert net yfir eina nótt (12 klst). Þær fisktegundir sem veiddust í lagnetin voru lax, urriði og bleikja. Allur fiskur var tegundagreindur, mældur (cm) og vegin (g) og úr hluta afla voru tekin sýni til greiningar á aldri og kynþroska. Þar sem fleiri en ein svipgerð bleikju veiddist var henni skipt sjónrænt í aðskildar svipgerðir. Samkvæmt fyrirbyggjandi gögnum voru þessar svipgerðir; bleikja, ránbleikja, murta, sniglableikja, dvergbleikja, botnbleikja og ljós bleikja. Ef aðeins veiddist ein svipgerð í viðkomandi vatni var hún skráð sem bleikja. Lagðar voru gildirur til að fanga hornsíli. Í þessari stöðuskýrslu voru gögn um hornsíli eingöngu notuð við útreikninga á fjölda tegunda, þ.e. hvort í viðkomandi stöðuvatni hafi veiðst hornsíli eða ekki. Ekki var gerð tilraun til að fanga ál í þessum vötnum og upplýsingar um þá tegund vantar.

Skrá yfir stöðuvatnshlot og greiningu þeirra í gerðir var fengin hjá Veðurstofu Íslands (Bogi Brynjar Björnsson lét í té upplýsingarnar). Skipting í stöðuvatnsgerði byggist á eftirfarandi umhverfisvísnum. *Aldur berggrunn*s: (1) yngri berggrunnur; <0,8 milljón ára og (2) eldri berggrunnur  $\geq 0,8$  milljón ára), *hæð yfir sjávarmáli*: (1) láglandi <600m h.y.s. og (2) hálendi  $\geq 600$ m h.y.s.), *meðaldýpt*: (1) grunn <3m og (2) djúp  $\geq 3$ m) og *jökulþætti*: (1) sterklega jökulskotin og (2) bergvötn eru. Fjöldi vatna í hverri gerð er gefin í töflu 1 og í texta er að jafnaði vísað í gerð (1-9) samkvæmt númerum í töflu 1.

Tölfræðiúrvinnsla gagna var unnin í jmp (version 10.0.0, SAS institute). Við útreikninga á hvort marktækur munur væri á CPUE og meðallengd fiska milli mismunandi umhverfislýsa var í flestum tilfellum notuð „óparametrísk“ próf (Kruskal Wallis). Við tölfræðilegan samanburð á kynþroska og milli umhverfislýsa var notað „líkindahlutfallapróf“ (Likelihood ratio test). Myndræn framsetning er í flestum tilfellum gefin með kassa-ritum (box-plot) þar sem kassinn afmarkar fyrsta (Q1) og þriðja (Q3) fjórðungsmark úrtaksins. Þverstrik gegnum

kassann tákna miðgildið. Minnsta og stærsta mæling ákvarðar hversu langt lóðréttar línur ná niður- og uppúr kassanum. Við tölfræðilega úrvinnslu í samanburði á lífssögulegum þáttum bleikju (meðallengd og kynþroska) milli umhverfislýsa (dýpi, hæð, bergaldurs, jökuls og gerða) voru aðrar svipgerðir en „bleikja“ útilokaðar.

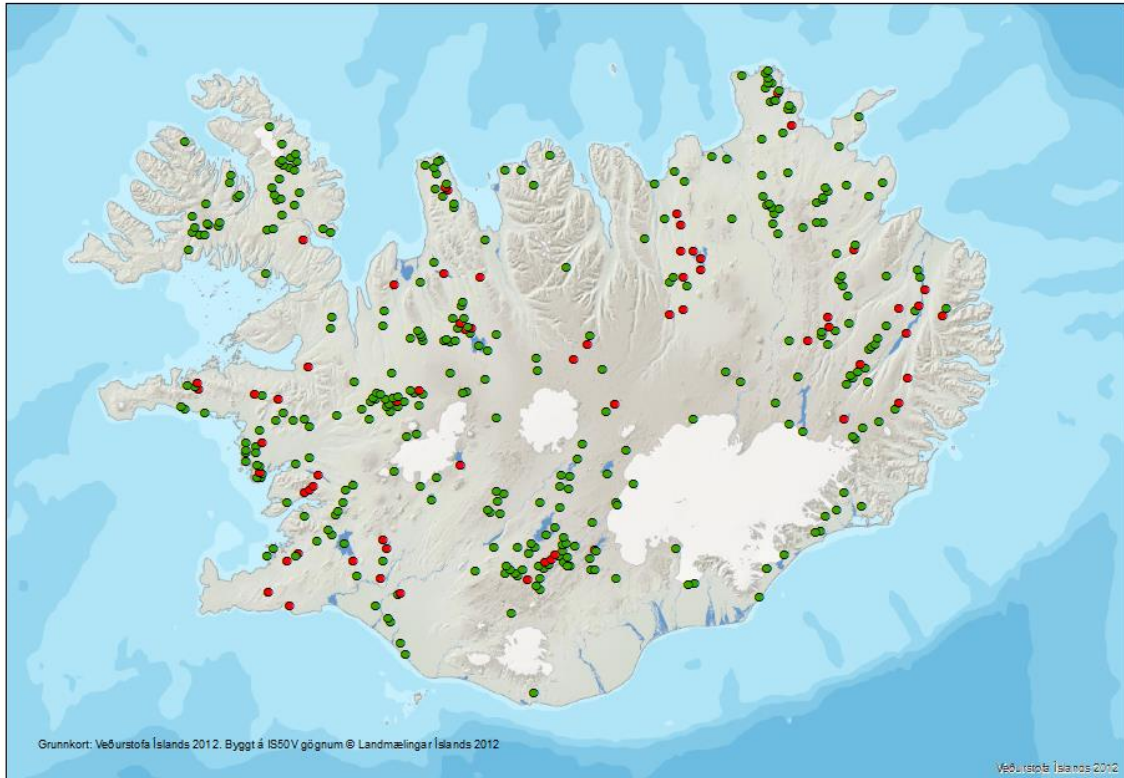
## Niðurstöður

Í heildina voru 381 stöðuvatnshlot stærri en 0,5km<sup>2</sup> flokkuð í níu gerðir (tafla 1). Sýnum af fiskstofnum var safnað úr 64 gerðargreindum stöðuvötnum (1. mynd). Af þessum vötnum voru til gögn með einstaklingsupplýsingum úr 54 stöðuvötnum, en úr 10 stöðuvötnum voru eingöngu til upplýsingar um fjölda veiddra fiska skipt eftir tegund.

**Tafla 1.** Fjöldi stöðuvatna (>0,5km<sup>2</sup>) í hverjum gerðarflokki og fjöldi stöðuvatna þar sem sýni voru tekin af fiskstofnum.

Stöðuvatnsgerð	Typology- Code	Lýsing	Fjöldi gerðagreint	Fjöldi fisksýni
Gerð 1	LIL211	Láglendi, bergvatn, ungt berg, grunnt	50	9
Gerð 2	LIL212	Láglendi, bergvatn, ungt berg, djúpt	48	16
Gerð 3	LIH211	Hálendi, bergvatn, ungt berg, grunnt	9	1
Gerð 4	LIH212	Hálendi, bergvatn, ungt berg, djúpt	12	1
Gerð 5	LIL221	Láglendi, bergvatn, eldra berg, grunnt	109	8
Gerð 6	LIL222	Láglendi, bergvatn, eldra berg, djúpt	80	22
Gerð 7	LIH221	Hálendi, bergvatn, eldra berg, grunnt	21	3
Gerð 8	LIH222	Hálendi, bergvatn, eldra berg, djúpt	6	1
Gerð 9		Jökulskotið	51	3





**1. mynd.** Kort af Íslandi sem sýnir stöðuvatnshlot (>0,5km<sup>2</sup>) sem búið er að greina í gerðir samkvæmt lögum um stjórn vatnamála (grænir punktar) og stöðuvatnshlot þar sem sýnum af fiskstofnum var safnað í gegnum verkefnið *Yfirlitskönnun á lífríki íslenskra vatna* (rauðir punktar).

Flest sýni voru tekin úr stöðuvötnum af gerð 6 sem eru djúp láglandisvötn á eldra bergi. Fæst sýni voru tekin úr stöðuvötnum af gerðum 3, 4, 7 og 8 (tafla 1) sem eru hálendisvötn (> 600 m.y.s.). Bleikja veiddist í 54 stöðuvötnum, urriði veiddist í 36, hornsíli í 39 og lax í 5 stöðuvötnum. Í stöðuvötnum þar sem lax veiddist var fjöldi þeirra í öllum tilfellum færri en sex. Í fjórum stöðuvötnum veiddist enginn fiskur og öll fisklausu vötnin eru í flokki hálendisvatna (>600 m.y.s.). Í töflu 2 er tekin saman tölfræðileg marktækni á milli þeirra umhverfislýsa sem notaðir voru til grundvallar á gerðagreiningu. Eftirfarandi líffræðilegu þættir voru skoðaðir: veiði á sóknareiningu (CPUE), fjöldi tegunda, meðallengd ákveðinna árganga bleikju og urriða, og kynþroskastærð bleikju og urriða.

**Tafla 2.** Marktæknigildi á líffræðilega þætti (\*\*\*) =  $p < 0,001$ , \*\* =  $p < 0,01$ , \* $p < 0,05$ , ns = ekki marktækt) á milli umhverfislýsa (dýpi:  $< 3\text{m}$  eða  $\geq 3\text{m}$ , hæð:  $< 600\text{m.y.s.}$  eða  $\geq 600\text{m.y.s.}$ , Bergaldur: berggrunnur  $< 0,8$  milljón ára, eða berggrunnur  $\geq 0,8$  milljón ára, jökull: sterklega jökulskotin eða önnur stöðuvötn og gerð).

Líffræðilegir þættir	Fjöldi	Umhverfislýsar				
		Dýpi	Hæð	Bergaldur	Jökull	Gerð
CPUE - laxfiskar	64	*	***	ns	ns	*
CPUE - bleikja	64	*	***	ns	ns	*
CPUE - urriði	64	ns	*	ns	ns	ns
Fjöldi teg. <sup>1</sup>	64	ns	***	ns	ns	**
Meðallengd 2 <sup>+</sup> - bleikja	247	ns	ns	***	**	**
Meðallengd 3 <sup>+</sup> - bleikja	400	***	***	***	***	***
Meðallengd 4 <sup>+</sup> - bleikja	437	***	***	***	***	***
Meðallengd 2 <sup>+</sup> - urriði	81	ns	-	ns	-	ns
Meðallengd 3 <sup>+</sup> - urriði	118	ns	-	*	**	***
Meðallengd 4 <sup>+</sup> - urriði	157	ns	-	ns	ns	***
Kynþroskastærð - bleikja	2545	***	***	ns	ns	***
Kynþroskastærð - urriði	1103	*	ns	*	**	***

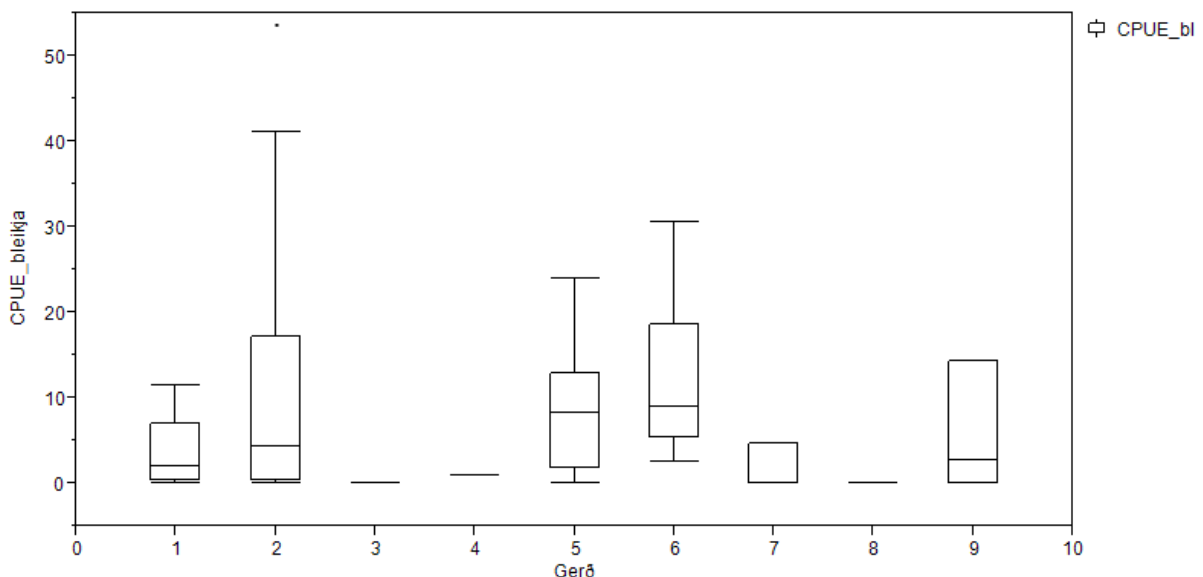
<sup>1</sup> Í samanburði á fjölda tegunda milli mismunandi umhverfislýsa var stöðuvötnum gefinn stuðull í samræmi við fjölda tegunda og tölfræði byggð á tíðnidreifingu (Chi-Square – Pearson).

## Veði á sóknareiningu (CPUE)

Fyrirliggjandi voru upplýsingar um veiði á sóknareiningu (CPUE) úr 64 stöðuvötnum.

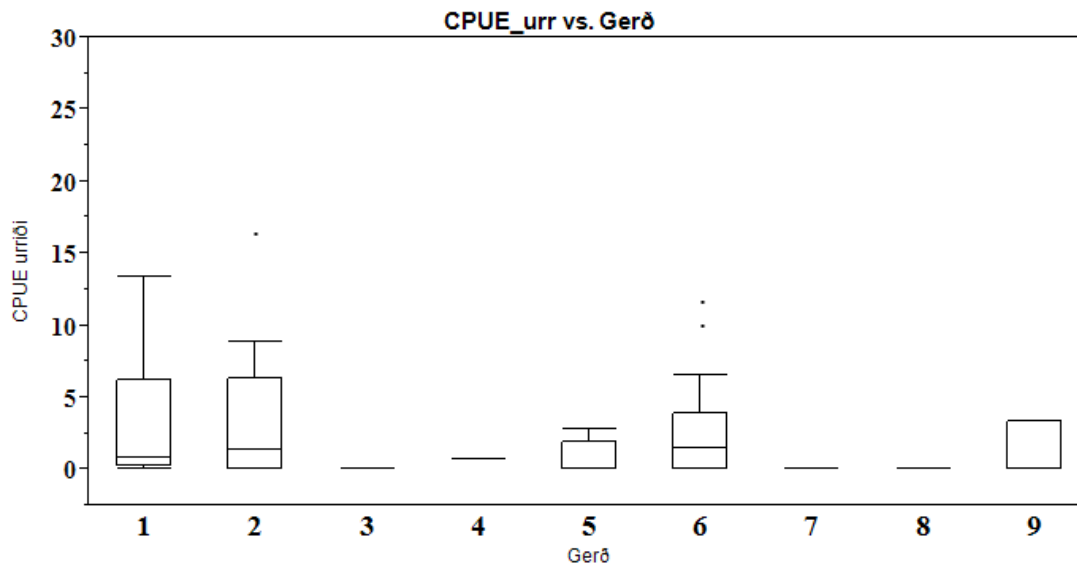
**Laxfiskar** –Marktækur munur var á CPUE laxfiska (lax, bleikja og urriði) milli djúpra og grunnra vatna, á milli hálendis og láglendisvatna og á milli gerða (Kruskal-Wallis, Chi-square próf). Í grunnum vötnum var meðal-CPUE = 6,8 (n=21, SD=7,72) en í djúpum vötnum var meðal-CPUE = 13,2 (n=43, SD=12,13). Í vötnum á láglendi var meðal-CPUE= 12,4 (n=57, SD=11,28) og í vötnum á hálendi var meðal-CPUE = 0,9 (n=7, SD=1,78). Í hálendisvötnum veiddust laxfiskar aðeins í tveimur vötnum af sjö, Langasjó og Reyðarvatni syðra, en í láglendisvötnum veiddust laxfiskar í 55 vötnum af 57. Marktækur munur á milli gerða liggur í því að gerð-6 er marktækt frábrugðin gerð-1 og gerð-7, að öðru leyti kemur ekki fram marktækur munur á milli gerða.

**Bleikja** - Marktækur munur var á CPUE bleikju milli sömu þátta og hjá öllum laxfiskum saman, þ.e. milli dýpis, hæðar yfir sjó og gerðar (Kruskal-Wallis, Chi-square próf). Í grunnum vötnum var meðal-CPUE = 5,1 (n=21, SD=6,31) en í djúpum vötnum var meðal-CPUE = 10,4 (n=43, SD=11,59). Í vötnum á láglandi var meðal-CPUE= 9,7 (n=57, SD=10,63) og í vötnum á hálendi var meðal-CPUE = 0,8 (n=7, SD=1,75). Í hálendisvötnum veiddist bleikja aðeins í tveimur vötnum af sjö, Langasjó og Reyðarvatni syðra. Í láglandisvötnum veiddist bleikja í 51 vötnum af 57. Marktækur munur á milli gerða liggur í því að gerð-6 er marktækt frábrugðin gerð-1 og gerð-7, að öðru leyti kemur ekki fram marktækur munur á milli gerða (2. mynd).



**2. mynd.** Afli á sóknareiningu (CPUE) bleikju (box plot) skipt eftir gerðum stöðuvatna á Íslandi. Sýni voru tekin úr 64 stöðuvötnum.

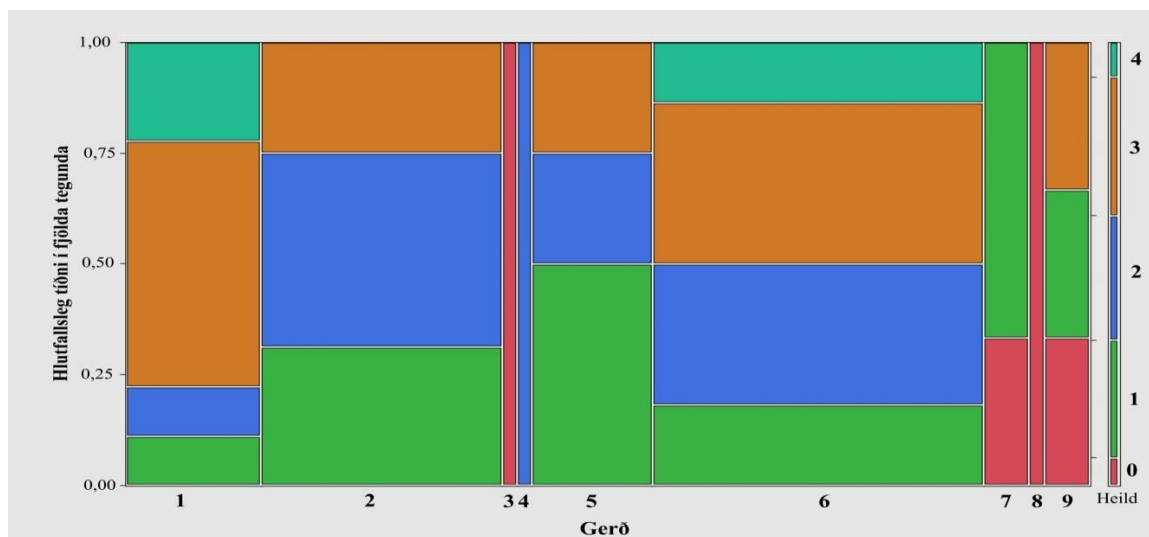
**Urriði** – Eingöngu kom fram marktækur munur á meðal-CPUE milli hálendis og láglandisvatna (Wilcoxon, Chi-square; p=0,0194). Í vötnum á láglandi var meðal-CPUE= 2,6 (n=57, SD=3,82) og í vötnum á hálendi var meðal-CPUE = 0,1 (n=7, SD=0,26). Af sjö hálendisvötnum veiddist urriði aðeins í einu en í láglandisvötnum veiddist urriði í 34 af 57. Ekki kom fram marktækur munur á milli annarra umhverfislýsa og þar á meðal var ekki marktækur munur á CPUE milli stöðuvatnsgerða.



**4. mynd.** Afli á sóknareiningu (CPUE) urriða (box plot) skipt eftir gerðum stöðuvatna á Íslandi. Sýni voru tekin úr 64 stöðuvötnum.

### Fjöldi tegunda

Lax, bleikja, urriði og hornsíli veiddust með þeim sýnatökuaðferðum sem notaðar voru en all ekki. Mestur getur tegundafjöldinn því orðið fjórar tegundir. Fjórar tegundir ferskvatnsfiska finnast eingöngu í stöðuvötnum af gerð-1 og gerð-6 (5. mynd). Marktækur munur er á tíðni tegunda milli stöðuvatnsgerða (Pearson, Chi square,  $p=0,017$ ). Forsendur fyrir því að lax veiðist er göngufæri milli viðkomandi stöðuvatns og sjávar. Ekki veiddist fiskur í hálendisvötnum af gerð-3 og gerð-8 en sýni voru aðeins til úr einu vatni af hvorri gerðinni.



**5. mynd.** Hlutfallslegur fjöldi stöðuvatna þar sem veiddist engin (rautt), ein (grænt), tvær (blátt), þrjár (brúnt) og fjórar (blá-grænt) tegund ferskvatnsfiska. Vötnum skipt eftir gerð. Breidd súlna gefur til kynna fjölda stöðuvatna á bak við gögnin. Súlan lengst til hægri gefur til kynna meðalhlutfall fjölda fisktegunda allra vatna.

Taka þarf tölfræðilegri marktækni á mun á fjölda fisktegunda milli vatna með þeim fyrirvara að í sumum stöðuvatnsgerðum, sérstaklega hálandisvötnum, voru sýni tekin úr fáum vötnum og því eru gögnin veik. Ef hálandisvötn eru tekin út úr gögnunum, kemur ekki fram marktækur munur á tegundafjölda milli annarra gerða (Pearson, Chi square,  $p=0,366$ ).

*Fjöldi tegunda: Hálandis vs láglandis:*

Marktækur munur var á fjölda tegunda milli hálandis og láglandisvatna (Chi-square, Pearson;  $p<0,001$ ). Af sjö hálandisvötnum veiddist enginn fiskur í fjórum þeirra og aldrei veiddust fleiri en tvær fisktegundir. Urriði, bleikja og hornsíli veiddust í hálandisvötnum en aldrei fleiri en tvær tegundir í einstöku vatni. Í Langasjó (hálandisvatn gerð-4) veiddist urriði og bleikja en ekki eru til upplýsingar um hornsíli. Haft skal í huga að urriði og bleikja voru flutt í Langasjó. Fiskur veiddist í öllum láglandisvötnum og var tegundafjöldi frá einni tegund upp í fjórar tegundir. Í 35% af láglandisvötnunum veiddust þrjár fisktegundir og lax veiddist í fimm láglandisvötnum.

*Fjöldi tegunda: Djúp vs grunn:*

Ekki var marktækur munur á fjölda tegunda milli grunnra og djúpra vatna (Chi-square, Pearson;  $p\geq 0,05$ ).

*Fjöldi tegunda: Yngri berg vs eldra berg:*

Ekki var marktækur munur á fjölda tegunda milli stöðuvatna á yngri berglögum og eldri berglögum (Chi-square, Pearson;  $p\geq 0,05$ ).

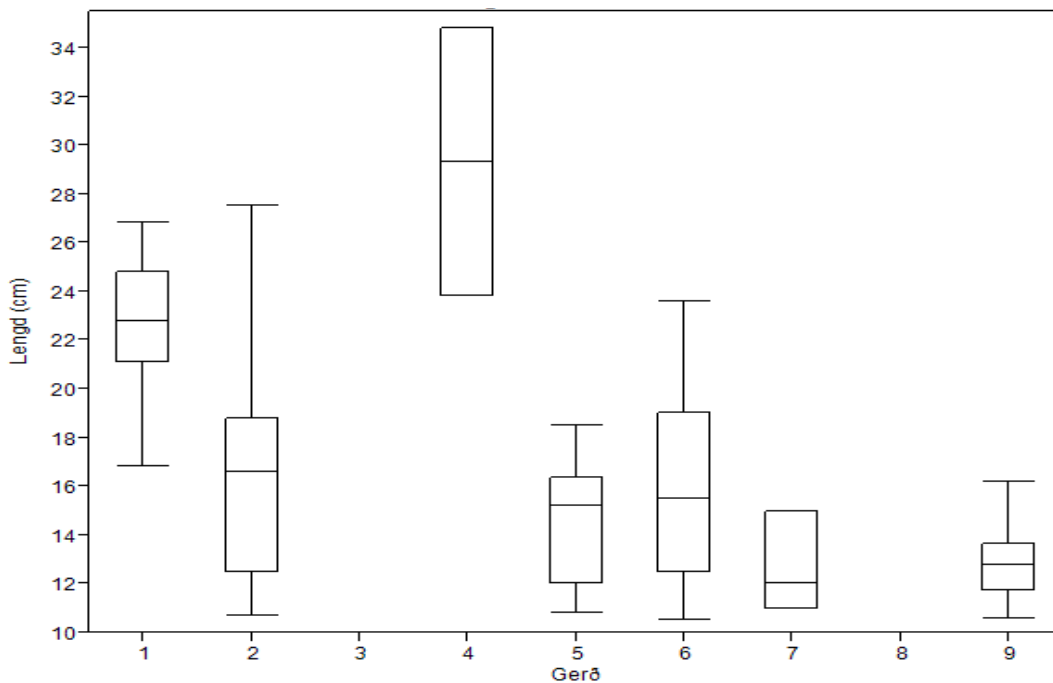
## **Meðallengdir 2+, 3+ og 4+ bleikju og urriða**

Gögn úr 44 stöðuvötnum voru notuð við útreikninga á meðalengd 2+, 3+ og 4+ ára bleiku og gögn úr 28 vötnum við útreikninga á meðalengd urriða fyrir sömu aldurshópa. Í vötnum þar sem bleikja greindist í fleiri en eina svipgerð var svipgerðunum murta, dvergbleikja, sniglableikja og ránbleikja úthýst úr gögnum. Þær svipgerðir greindust í þremur vötnum, Galtarbóli (sniglableikja og ránbleikja), Úlfljótsvatni (murta, dvergbleikja og ránbleikja) og Hestvatni (dvergbleikja). Í öðrum vötnum sem bleikja veiddist í var hún ekki skilgreind til ákveðinnar svipgerðar.

**Tafla 2.** Fjöldi gerðargreindra stöðuvatna þar sem fyrir liggja einstaklingsupplýsingar um bleikju eða urriða og fjöldi 2<sup>+</sup>, 3<sup>+</sup> og 4<sup>+</sup> gamla einstaklinga í hverri stöðuvatnsgerð (Gögn úr Yfirlitskönnun Íslenskra stöðuvatna).

Gerð	Heildarfj. stöðuvatna	Bleikja				Urriði			
		Fjöldi vatna m. bleikju	n	n	n	Fjöldi vatna m. urriða	n	n	n
			2 <sup>+</sup>	3 <sup>+</sup>	4 <sup>+</sup>		2 <sup>+</sup>	3 <sup>+</sup>	4 <sup>+</sup>
1	3	3	30	38	29	3	10	22	13
2	13	10	56	67	38	8	41	44	34
3	1	0	0	0	0	0	0	0	0
4	1	1	2	12	0	1	0	0	0
5	8	6	53	62	83	2	0	8	17
6	21	21	89	185	228	13	30	42	85
7	3	1	3	7	31	0	0	0	0
8	1	0	0	0	0	0	0	0	0
9	3	2	14	29	28	1	0	6	8
Samt:	54	44	247	400	437	28	81	122	157

### Meðallengd 2<sup>+</sup> bleikju



**6. mynd.** Meðallengd og lengdardreifing tveggja ára bleikju skipt eftir gerð stöðuvatna.

Marktækur munur er á meðallengd 2 ára bleikju milli stöðuvatnsgerða (Kruskal-Wallis, Chi-square;  $p < 0,01$ ). Við prófun milli gerðapara kemur víða fram marktækur munur. T.d. er gerð-1 marktækt frábrugðin gerðum 2, 5, 6, 7 og 9.

*Meðallengd 2<sup>+</sup> bleikju: Hálandis vs láglendis:*

Ekki er marktækur munur á meðallengd 2 ára bleikju milli hálandis (n=5, meðaltal = 19,3cm) og láglendisvatna (n=242, meðaltal = 16,3cm) (Kruskal-Wallis, Chi-square; p=0,939). Í hálandisvötnum veiddist 2<sup>+</sup> bleikja aðeins í Langasjó (n=2, meðallengd=29,3cm) og Reyðarvatni syðra (n=3, meðallengd=12,7cm).

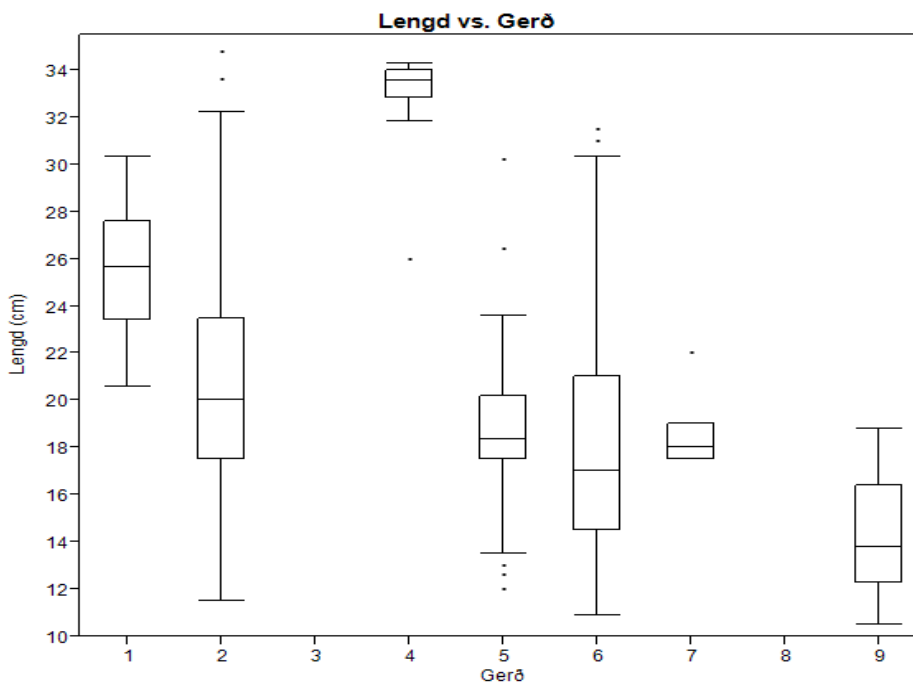
*Meðallengd 2<sup>+</sup> bleikju: Djúpr vs grunn:*

Ekki var marktækur munur á meðallengd 2 ára bleikju milli grunnra (n=86, meðaltal = 17,4cm) og djúpra vatna (n=161, meðaltal = 16,0cm) (Kruskal-Wallis, Chi-square; p=0,153).

*Meðallengd 2<sup>+</sup> bleikju: Yngri berg vs eldra berg:*

Marktækur munur var á meðallengd 2 ára bleikju milli stöðuvatna á yngri berglögum (n=88, meðaltal = 18,7cm) vs eldri berglögum (n=159, meðaltal = 15,1cm) (Kruskal-Wallis, Chi-square; p < 0,001)

### Meðallengd 3<sup>+</sup> bleikju



**7. mynd.** Meðallengd og lengdardreifing þriggja ára bleikju skipt eftir gerð stöðuvatna.

Marktækur munur var á meðallengd 3<sup>+</sup> ára bleikju milli stöðuvatnsgerða (Kruskal-Wallis test, ChiSquare, p<0,001). Marktækni kemur nánast fram milli allra gerða nema 7-6, 7-5 og 7-2.

*Meðallengd 3<sup>+</sup> bleikju: Hálandis vs láglendis:*

Marktækur munur var á meðallengd 3 ára bleikju milli hálandis (n=19, meðaltal = 27,6m) og láglendisvatna (n=381, meðaltal = 18,9cm) (Kruskal-Wallis, Chi-square; p<0,001). Í gerð hálandisvatna veiddist 3<sup>+</sup> bleikja aðeins í tveimur vötnum, Langasjó (n=12) og Reyðarvatni

syðra (n=7). Meðallengd 3<sup>+</sup> bleikju í Langasjó var 32,9cm og ræður þetta eina vatn því miklu um í samanburði milli hálendis og láglendisvatna.

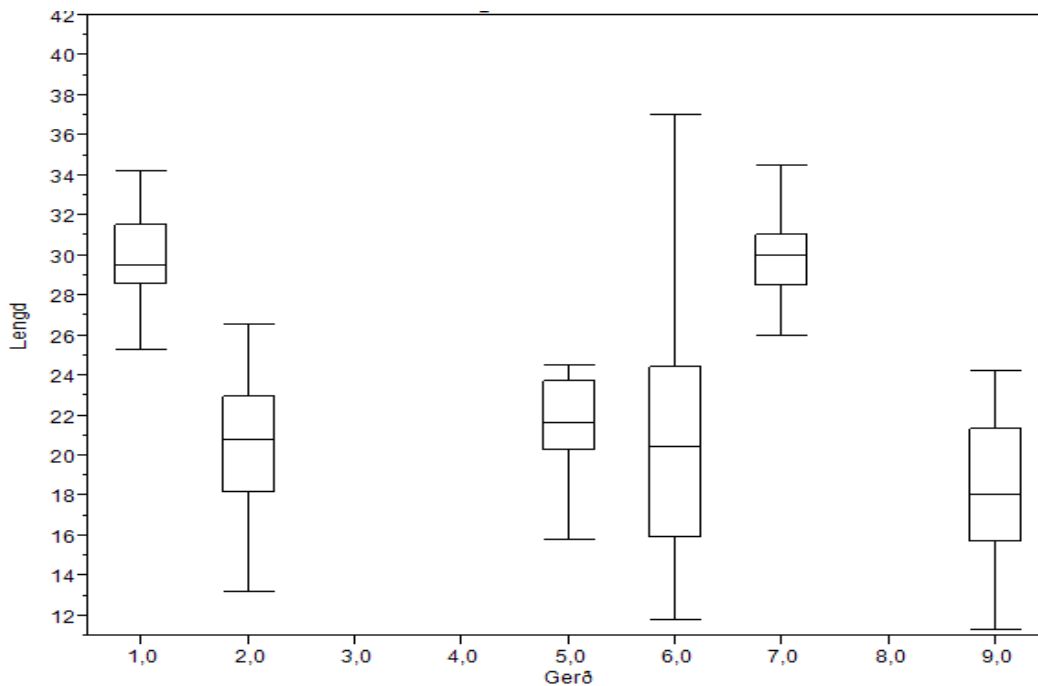
*Meðallengd 3<sup>+</sup> bleikju: Djúp vs grunn:*

Marktækur munur á meðallengd 3 ára bleikju milli grunnra (n=107, meðaltal = 21,2cm) og djúpra vatna (n=293, meðaltal = 18,7cm) (Kruskal-Wallis, Chi-square; p<0,001) .

*Meðallengd 3<sup>+</sup> bleikju: Yngri berg vs eldra berg:*

Marktækur munur var á meðallengd 3 ára bleikju milli stöðuvatna á yngri berglögum (n=117, meðaltal = 23,7cm) vs eldri berglögum (n=283, meðaltal = 17,5cm) (Kruskal-Wallis, Chi-square; p < 0,001)

### Meðallengd 4<sup>+</sup> bleikju



**8. mynd.** Meðallengd og lengdardreifing fjögurra ára bleikju skipt eftir gerð stöðuvatna.

Það er marktækur munur á meðallengd 4<sup>+</sup> ára bleikju milli stöðuvatnsgerða (Kruskal-Wallis ChiSquare, p<0,001). Í meginatriðum er munurinn í samræmi við box-plot. Gerð-1 og gerð-7 skera sig frá öðrum og einnig er munur á milli t.d gerð-5 og gerð-6 en ekki milli gerð-5 og gerð-2.

*Meðallengd 4<sup>+</sup> bleikju: Hálendis vs láglendis:*

Marktækur munur var á meðallengd 4 ára bleikju milli hálendis (n=31, meðaltal=29,4cm) og láglendisvatna (n=406, meðaltal=21,4cm) (Kruskal-Wallis, Chi-square; p<0,001). Reyðarvatn syðra var eina hálendisvatnið sem 4<sup>+</sup> bleikja veiddist í.



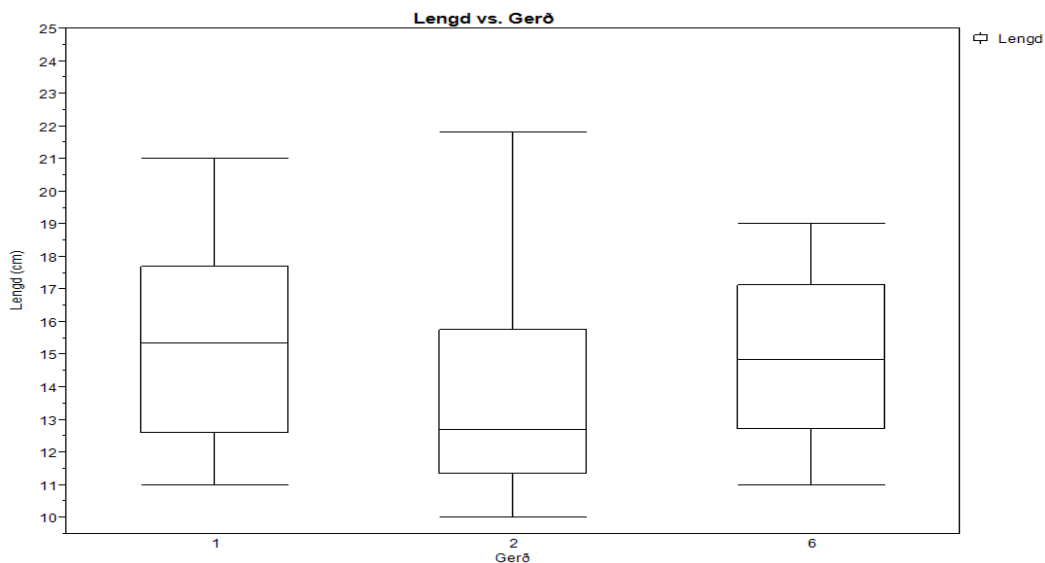
*Meðallengd 4<sup>+</sup> bleikju: Djúp vs grunn:*

Marktækur munur var á meðallengd 4 ára bleikju milli grunnra (n=143, meðaltal=25,0cm) og djúpra vatna (n=294, meðaltal=20,6cm) (Kruskal-Wallis, Chi-square; p<0,001) .

*Meðallengd 4<sup>+</sup> bleikju: Yngri berg vs eldra berg:*

Marktækur munur var á meðallengd 4 ára bleikju milli stöðuvatna á yngri berglögum (n=68, meðaltal=26,0cm) vs eldri berglögum (n=369, meðaltal=21,5cm) (Wilcoxon, p < 0,001)

## Meðallengd 2<sup>+</sup> urriða



**9. mynd.** Meðallengd og lengdardreifing tveggja ára urriða skipt eftir gerð stöðuvatna.

Tveggja ára urriði veiddist aðeins í þremur stöðuvatnsgerðum og ekki var marktækur munur á meðallengd urriða milli stöðuvatnsgerða (Kruskal-Wallis, Chi-square; p=0,097).

*Hálendis vs láglendis:*

Ekki veiddist tveggja ára urriði í hálendisvötnum.

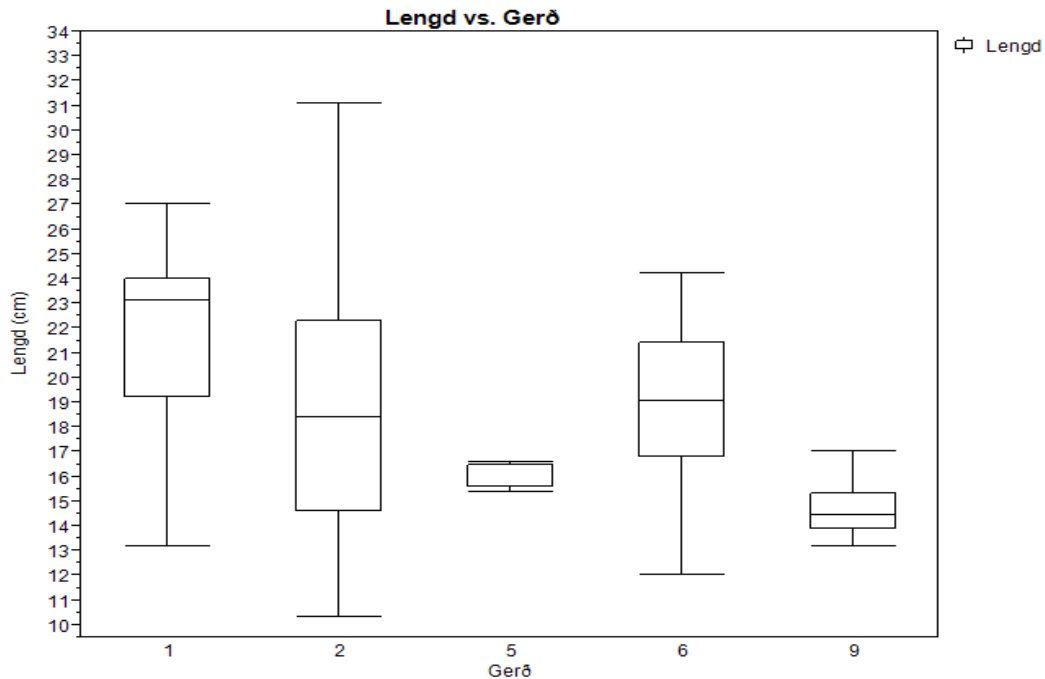
*Djúp vs grunn:*

Ekki var marktækur munur á meðallengd 2 ára urriða milli grunnra (n=10, meðaltal=15,4cm) og djúpra vatna (n=71, meðaltal=14,4cm) (Kruskal-Wallis, Chi-square; p=0,272) .

*Yngri berg vs eldra berg:*

Ekki var marktækur munur var á meðallengd 2 ára urriða milli stöðuvatna á yngri berglögum (n=51, meðaltal=14,3cm) vs eldri berglögum (n=30, meðaltal=15,0cm) (Kruskal-Wallis, Chi-square, p < 0,001)

## Meðallengd 3<sup>+</sup> urriða



**10. mynd.** Meðallengd og lengdardreifing þriggja ára urriða skipt eftir gerð stöðuvatna.

Það var marktækur munur á lengd þriggja ára urriða milli stöðuvatnsgerða (Kruskal-Wallis, Chi-square;  $p < 0,001$ ). Marktækni kemur víða fram en í grunninn sker gerð-1 sig frá öðrum og gerð-9 er marktækt frábrugðin öllum nema gerð-5.

### *Djúp vs grunn:*

Ekki var marktækur munur á meðallengd þriggja ára urriða milli grunnra ( $n=30$ , meðaltal = 20,0cm) og djúpra vatna ( $n=88$ , meðaltal = 19,2cm) (Kruskal-Wallis, Chi-square;  $p=0,199$ ).

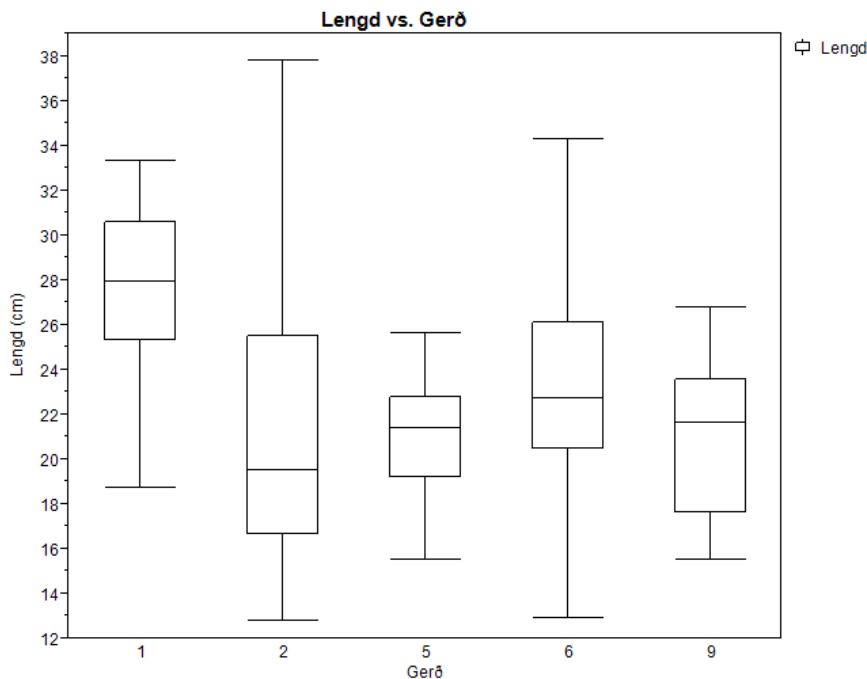
### *Yngri berg vs eldra berg:*

Það var marktækur munur á meðallengd þriggja ára urriða milli stöðuvatna á yngri berglögum ( $n=62$ , meðaltal = 20,6cm) samanborið við eldri berglög ( $n=56$ , meðaltal = 18,5cm) (Kruskal-Wallis, Chi-square;  $p < 0,001$ )

### *Hálendis vs lágendis:*

Ekki veiddist þriggja ára urriði í hálendisvötnum.

## Meðallengd 4<sup>+</sup> urriða



**11. mynd.** Meðallengd og lengdardreifing þriggja ára urriða skipt eftir gerð stöðuvatna.

Lengdardreifing fyrir 4 ára urriða var normaldreifð í öllu gerðum og var marktækni athuguð með ANOVA. Það er marktækur munur á milli stöðuvatnsgerða (ANOVA,;  $p < 0,001$ ) og munurinn kemur fram í því að gerð-1 er marktækt frábrugðinn öllum öðrum gerðum (t-próf milli para) en ekki er munur á milli annarra gerða.

### *Djúp vs grunn:*

Ekki var marktækur munur á meðallengd 4 ára urriða milli grunnra ( $n=30$ , mean = 23,8cm) og djúpra vatna ( $n=127$ , mean = 22,5cm) (t-próf;  $p=0,157$ ).

### *Yngri berg vs eldra berg:*

Það var ekki marktækur munur á meðallengd 4 ára urriða milli stöðuvatna á yngri berglögum ( $n=47$ , mean = 23,0cm) og eldri berglögum ( $n=110$ , mean = 22,7cm) (t-próf,  $p = 0,698$ )

### *Hálendis vs lágendis:*

Ekki veiddist fjögurra ára urriði í hálendisvötnum.

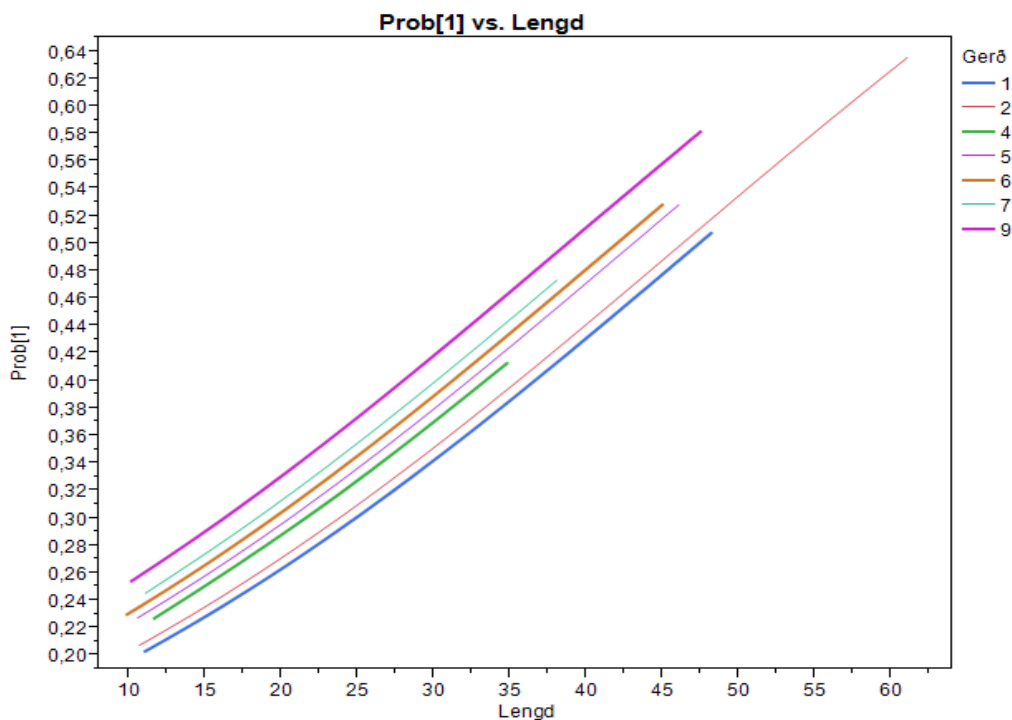
## Kynþroskastærð bleikju og urriða

Allar bleikjur og urriðar sem sýni voru tekin úr voru metin til kynþroska og gefin svokölluð kynþroskastig (0-5). Fiskur sem metinn var á kynþroskastigi fjórir eða hærra var kynþroska, og talinn hrygna á komandi hausti. Fiskur á kynþroskastigi undir fjórum var skilgreindur ókynþroska. Fiskur var ákvarðaður kynþroska (1) eða ókynþroska (0) út frá ofangreindri einkunn og það notað við tölfræðiútreikninga. Fyrir hverja stöðuvatnsgerð voru reiknaðar

líkur á kynþroska miðað við ákveðna lengd og einnig reiknuð lengd við 50% kynþroska, þ.e. þar sem líkanið (logistic regression) ákvarðar að helmingur fiska væri kynþroska og reiknuð voru 95% öryggismörk á lengdina. Innan gerða voru einnig einstök vötn skoðuð og athugað hvort marktækur munur væri á milli vatna hvað kynþroskastærð varðar.

### Kynþroski - Bleikja

Til útreikninga á kynþroska bleikju voru notaðar upplýsingar frá 43 stöðuvötnum og 2542 einstaklingum. Eins og í útreikningum á meðallengdum aldurshópa voru aðrar svipgerðir en „bleikja“ undanskildar í útreikningum. Með logistic regression líkani var skoðað hvort lengd hefði áhrif á kynþroska og hvort marktækur munur væri á milli stöðuvatnsgerða og umhverfislýsa í sambandi lengdar og kynþroska. Í gerð-3 og gerð-8 veiddust engar bleikjur (tafla 2).



**12. mynd.** Áætlaðar líkur á kynþroska miðað við lengd bleikju úr sjö stöðuvatnsgerðum á Íslandi. Líkindareikningur var gerður með probit regression módeli (Likelihood ratio test, Lengd,  $\chi^2 = 56,99$ ; DF = 1;  $p < 0,001$ , Gerð,  $\chi^2 = 103,90$ ; DF = 6;  $p < 0,001$ ).

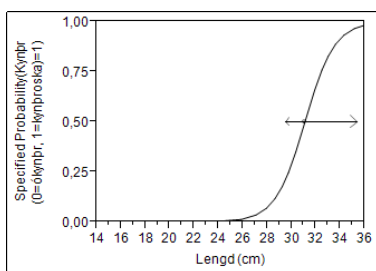
Lengd hefur marktæk áhrif á kynþroska þegar öll vötnin eru greind saman (Likelihood ratio test,  $\chi^2 = 56,99$ ; DF = 1;  $p < 0,001$ ) og það er marktækur munur á milli stöðuvatnsgerða (Likelihood ratio test,  $\chi^2 = 103,90$ ; DF = 6;  $p < 0,001$ ). Þetta þýðir að við sömu lengd eru t.d.

meiri líkur á að bleikja úr gerð-9 sé kynþroska samanborði við bleikju úr gerð-1 (12. mynd). Lengd bleikju við 50% kynþroska var frá 30,2cm í gerð-2 til 41,9cm í gerð-5 (Tafla 3).

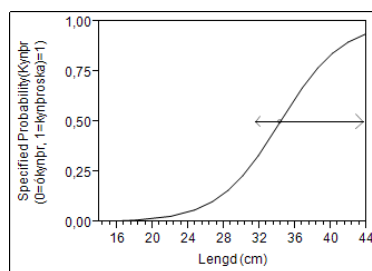
**Tafla 3.** Fjöldi bleikjusýna í hverri stöðuvatnsgerð og áætluð lengd við 50% kynþroska, auk 95% efri og neðri öryggismarka. Ef lengd hafði ekki marktæk áhrif á kynþroska er það táknað með ns.

Stöðuvatns-gerð	n	Lengd (cm) við 50% kynþr.	95% mörk neðri (cm)	95% mörk efri (cm)
1	147	34,7	32,3	39,3
2	405	30,2	27,6	34,4
3	0			
4	20	33,4	32,4	34,3
5	433	41,9	36,5	54,2
6	1309	ns		
7	47	ns		
8	0			
9	181	ns		

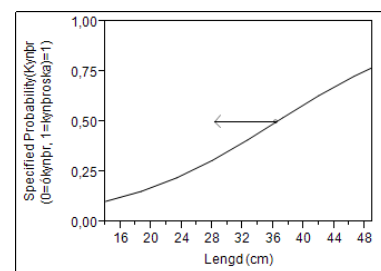
Þegar athugað var hvernig samband lengdar og kynþroska er milli einstakra vatna innan ákveðinna gerða kemur fram marktækur munur milli vatna í gerðum-2, -5, -6 og -9. Í gerðum-4 og -7 er aðeins eitt vatn í hvorri gerð og það er því eingöngu í gerð-1 þar sem ekki kemur fram marktækur munur á lengd við kynþroska á milli einstakra vatna (13. mynd).



Apavatn



Elliðavatn



Ytra Deildarvatn

**13. mynd.** Áætlaðar líkur á kynþroska miðað við lengd bleikju úr þremur stöðuvötnum af gerð-1. Lóðrétta línan sker lengd við 50% kynþroska og sýnir jafnframt 95% öryggismörk.

*Djúp vs grunn stöðuvötn:*

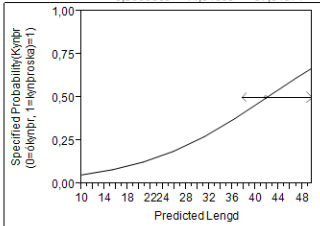
Marktækur munur er líkum á kynþroska við ákveðna lengd bleikju milli djúpra og grunnra stöðuvatna (Likelihood ratio test, Lengd,  $\chi^2 = 54,39$ ; DF = 1;  $p < 0,001$ , Dýpi,  $\chi^2 = 92,67$ ; DF

= 1;  $p < 0,001$ ). Áætluð lengd bleikju við 50% kynþroska er 41,8cm í grunnum vötnum en 37,6cm í djúpum vötnum.

Effect Likelihood Ratio Tests				
Source	Nparm	DF	ChiSquare	Prob>ChiSq
Lengd	1	1	38,8610961	<,0001*

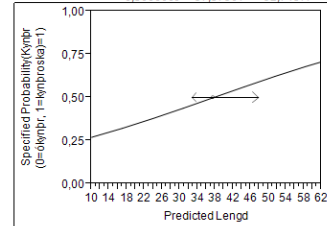
Effect Likelihood Ratio Tests				
Source	Nparm	DF	ChiSquare	Prob>ChiSq
Lengd	1	1	26,6680994	<,0001*

Inverse Prediction				
Specified Probability(Kynþr (0=ökynþr, 1=kynþroska)=1)	Predicted Lengd	Lower 95%	Upper 95%	
0.5000000	41,84839	37,61574	49,72495	



Grunn vötn (n=627)

Inverse Prediction				
Specified Probability(Kynþr (0=ökynþr, 1=kynþroska)=1)	Predicted Lengd	Lower 95%	Upper 95%	
0.5000000	37,57301	32,71577	47,75486	



Djúp vötn (n=1915)

**14. mynd.** Áætlaðar líkur á kynþroska miðað við lengd bleikju úr grunnum og djúpum stöðuvötnum.

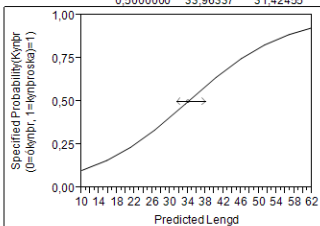
*Yngri berggrunnur vs eldri berggrunnur:*

Ekki var marktækur munur á líkum á kynþroska við ákveðna lengd bleikju milli stöðuvatna á yngri berggrunni og stöðuvatna á eldri berggrunni (Likelihood ratio test, Lengd,  $\chi^2 = 36,75$ ;  $DF = 1$ ;  $p < 0,001$ , Aldur bergs,  $\chi^2 = 3,22$ ;  $DF = 1$ ;  $p = 0,072$ ).

Effect Likelihood Ratio Tests				
Source	Nparm	DF	ChiSquare	Prob>ChiSq
Lengd	1	1	59,3117587	<,0001*

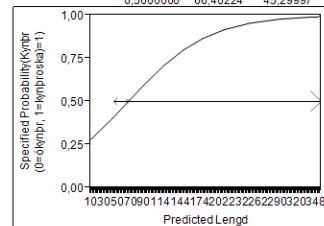
Effect Likelihood Ratio Tests				
Source	Nparm	DF	ChiSquare	Prob>ChiSq
Lengd	1	1	5,09419905	0,0240*

Inverse Prediction				
Specified Probability(Kynþr (0=ökynþr, 1=kynþroska)=1)	Predicted Lengd	Lower 95%	Upper 95%	
0.5000000	33,96337	31,42455	37,86906	



Yngra berg (n= 633)

Inverse Prediction				
Specified Probability(Kynþr (0=ökynþr, 1=kynþroska)=1)	Predicted Lengd	Lower 95%	Upper 95%	
0.5000000	66,40224	45,29997	356,9199	



Eldra berg (n = 1909)

**15. mynd.** Áætlaðar líkur á kynþroska miðað við lengd bleikju úr stöðuvötnum á yngri og eldri berggrunni.

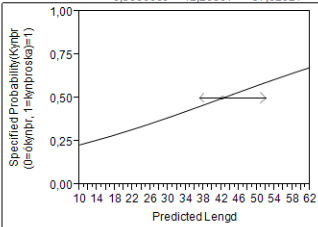
*Hálendis vs lágglendisstöðuvötn:*

Marktækur munur er líkum á kynþroska við ákveðna lengd bleikju milli hálendis og lágglendisstöðuvatna (Likelihood ratio test, Lengd,  $\chi^2 = 38,72$ ; DF = 1;  $p < 0,001$ , hæð yfir sjó,  $\chi^2 = 14,66$ ; DF = 1;  $p < 0,001$ ). Áætluð lengd bleikju við 50% kynþroska er 42,2cm í lágglendisvötnum en lengd hefur hins vegar ekki marktæk áhrif á líkur á kynþroska í hálendisvötnum þegar þau eru greind ein og sér (Likelihood ratio test, Lengd,  $\chi^2 = 2,52$ ; DF = 1;  $p = 0,112$  (16. mynd).

Effect Likelihood Ratio Tests				
Source	Nparm	DF	ChiSquare	Prob>ChiSq
Lengd	1	1	36,8804167	<,0001*

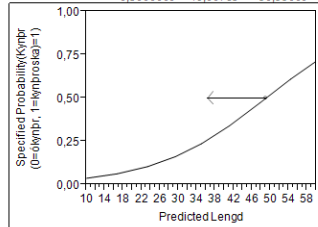
Effect Likelihood Ratio Tests				
Source	Nparm	DF	ChiSquare	Prob>ChiSq
Lengd	1	1	2,5245842	0,1121

Inverse Prediction				
Specified Probability(Kynþr (0=ókyþr, 1=kynþroska)=1)	Predicted Lengd	Lower 95%	Upper 95%	
0,5000000	42,20801	37,02921	51,97523	



Lágglendisvötn (n=2475)

Inverse Prediction				
Specified Probability(Kynþr (0=ókyþr, 1=kynþroska)=1)	Predicted Lengd	Lower 95%	Upper 95%	
0,5000000	49,00785	36,33666		



Hálendisvötn (n=67)

**16. mynd.** Áætlaðar líkur á kynþroska miðað við lengd bleikju úr stöðuvötnum á hálendi og lágglendi.

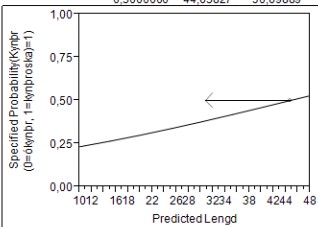
*Jökulskotin stöðuvötn vs bergvötn*

Ekki er marktækur munur á líkum á kynþroska bleikju milli jökulskotinna stöðuvatna og bergvatna (Likelihood ratio test, Lengd,  $\chi^2 = 34,29$ ; DF = 1;  $p < 0,001$ , Jökuláhrif,  $\chi^2 = 0,00$ ; DF = 1;  $p < 0,984$ ).

Effect Likelihood Ratio Tests				
Source	Nparm	DF	ChiSquare	Prob>ChiSq
Lengd	1	1	2,93670097	0,0866

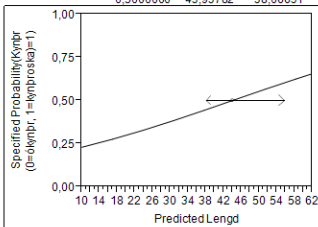
Effect Likelihood Ratio Tests				
Source	Nparm	DF	ChiSquare	Prob>ChiSq
Lengd	1	1	31,3541753	<,0001*

Inverse Prediction				
Specified Probability(Kynþr (0=ókyþr, 1=kynþroska)=1)	Predicted Lengd	Lower 95%	Upper 95%	
0,5000000	44,65827	30,69889		



Jökulskotin stöðuvötn (n = 181)

Inverse Prediction				
Specified Probability(Kynþr (0=ókyþr, 1=kynþroska)=1)	Predicted Lengd	Lower 95%	Upper 95%	
0,5000000	43,93782	38,06631	55,74085	



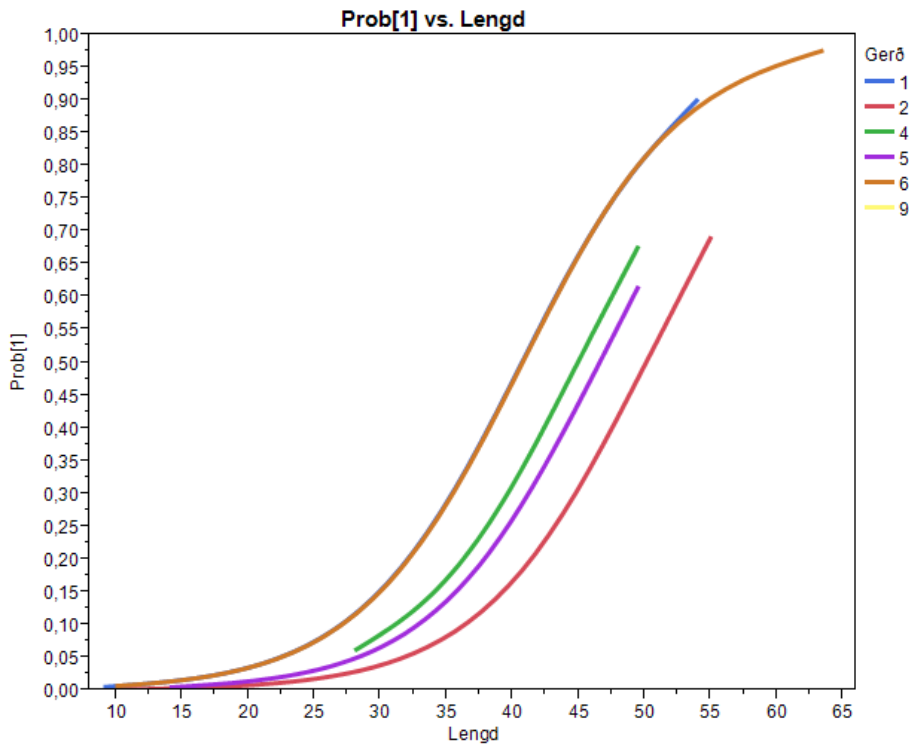
Bergvötn (n = 2361)

**17. mynd.** Áætlaðar líkur á kynþroska miðað við lengd bleikju úr jökulskotnum stöðuvötnum og bergvötnum.

## Kynþroski - Urriði

Í heildina voru 1103 urriðar úr 28 vötnum teknir í sýni og greindir til kynþroska. Ef allir urriðar eru keyrðir saman sem einn hópur þá hefur lengd áhrif á kynþroska þeirra (Likelihood Ratio test, Lengd,  $\chi^2 = 157,73$ ; DF = 1;  $p < 0,001$ ) og áætluð lengd urriða við 50% kynþroska er 45,2cm (95% öryggismörk; 43,0cm og 48,1cm).

Þegar stöðuvatnsgerð er bætt við líkanið þá eru áhrif lengdar og gerðar marktæk (18. mynd). Urriði veiddist ekki í gerðum-3, -7 og -8. Í gerð-9 veiddist aðeins ókynþroska urriði (tafla 2).



**18. mynd.** Áætlaðar líkur á kynþroska miðað við lengd urriða úr sex stöðuvatnsgerðum á Íslandi. Líkindareikningur var gerður með probit regression módeli (Likelihood ratio test, Lengd,  $\chi^2 = 158,08$ ; DF = 1;  $p < 0,001$ , Gerð,  $\chi^2 = 43,81$ ; DF = 5;  $p < 0,001$ ).

Þegar athugað var hvernig samband lengdar og kynþroska hjá urriða var milli einstakra vatna innan ákveðinna gerða kom fram marktækur munur milli vatna í gerðum 2 og 6. Í gerðum 1 og 5 var kom ekki fram marktækur munur á lengd við kynþroska á milli einstakra vatna. Í öðrum gerðum veiddust ýmist engir urriðar eða aðeins eitt vatn var á bakvið gögnin.



**Tafla 3.** Fjöldi urriðasýna í hverri stöðuvatnsgerð og áætluð lengd við 50 % kynþroska, auk 95% efri og neðri öryggismarka. Ef lengd hafði ekki marktæk áhrif á kynþroska er það táknað með ns.

Stöðuvatns-gerð	n	Lengd (cm) við 50% kynþr.	95% mörk neðri (cm)	95% mörk efri (cm)
1	165	39,3	37,1	42,6
2	334	53,62	47,7	66,73
3	0			
4	15	ns		
5	56	42,4	38,1	59,5
6	473	41,5	38,4	46,5
7	0			
8	0			
9*	60	ns		

\* Allur urriði sem veiddist var ókynþroska

### Djúp vs grunn stöðuvötn:

Marktækur munur er líkum á kynþroska við ákveðna lengd urriða milli djúpra og grunnra stöðuvatna (Likelihood ratio test, Lengd,  $\chi^2 = 149,93$ ; DF = 1;  $p < 0,001$ , Dýpi,  $\chi^2 = 5,06$ ; DF = 1;  $p = 0,025$ ). Áætluð lengd urriða við 50% kynþroska er 48,7cm í grunnum vötnum en 39,9cm í djúpum vötnum (19. mynd).

#### Effect Likelihood Ratio Tests

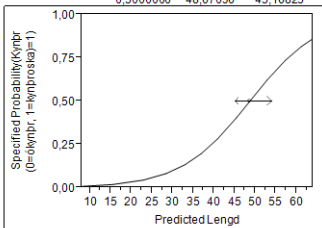
Source	Nparm	DF	ChiSquare	Prob>ChiSq
Lengd	1	1	83,2124953	<.0001*

#### Effect Likelihood Ratio Tests

Source	Nparm	DF	ChiSquare	Prob>ChiSq
Lengd	1	1	75,6978239	<.0001*

#### Inverse Prediction

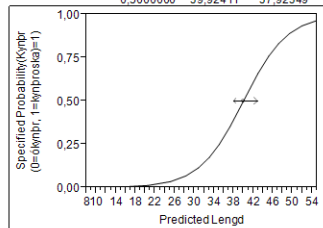
Specified Probability(Kynþr (0=ókylnþr, 1=kynþroska)=1)	Predicted Lengd	Lower 95%	Upper 95%
0,5000000	48,67036	45,16825	53,97999



Grunn vötn (n=882)

#### Inverse Prediction

Specified Probability(Kynþr (0=ókylnþr, 1=kynþroska)=1)	Predicted Lengd	Lower 95%	Upper 95%
0,5000000	39,92411	37,92349	42,78170



Djúp vötn (n=221)

**19. mynd.** Áætlaðar líkur á kynþroska miðað við lengd bleikju úr grunnum og djúpum stöðuvötnum.

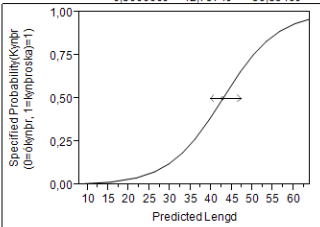
*Yngri berggrunnur vs eldri berggrunnur:*

Marktækur munur er líkum á kynþroska við ákveðna lengd urriða milli stöðuvatna á yngri og eldri berggrunni (Likelihood ratio test, Lengd,  $\chi^2 = 162,32$ ; DF = 1;  $p < 0,001$ , Aldur berggrunns,  $\chi^2 = 5,4$ ; DF = 1;  $p = 0,020$ ). Áætluð lengd urriða við 50% kynþroska er 42,7cm í vötnum á yngri berggrunni en 46,1cm í vötnum á eldri berggrunni (20. mynd).

Effect Likelihood Ratio Tests				
Source	Nparm	DF	ChiSquare	Prob>ChiSq
Lengd	1	1	76,0857759	<,0001*

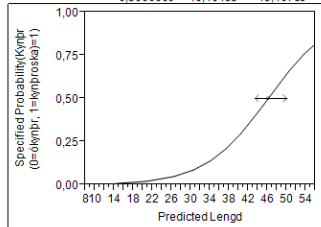
Effect Likelihood Ratio Tests				
Source	Nparm	DF	ChiSquare	Prob>ChiSq
Lengd	1	1	86,2350042	<,0001*

Inverse Prediction				
Specified Probability(Kynbr (0=ókyrnbr, 1=kynþroska)=1)	Predicted Lengd	Lower 95%	Upper 95%	
0,5000000	42,73740	39,83490	47,20366	



Yngri berggrunnur (n=589)

Inverse Prediction				
Specified Probability(Kynbr (0=ókyrnbr, 1=kynþroska)=1)	Predicted Lengd	Lower 95%	Upper 95%	
0,5000000	46,10135	43,46783	50,07204	



Eldri berggrunnur (n=514)

**20. mynd.** Áætlaðar líkur á kynþroska miðað við lengd urriða úr stöðuvötnum á yngri og eldri berggrunni.

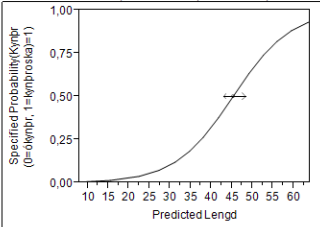
*Hálendis vs láglandisstöðuvötn:*

Ekki kom fram marktækur munur á líkum á kynþroska við ákveðna lengd urriða milli hálendis og láglandisstöðuvatna (Likelihood ratio test, Lengd,  $\chi^2 = 152,54$ ; DF = 1;  $p < 0,001$ , hæð yfir sjó,  $\chi^2 = 0,01$ ; DF = 1;  $p = 0,969$ ). Áætluð lengd urriða við 50% kynþroska er 42,9cm í vötnum á láglandi en lengd hafði ekki marktæk áhrif á kynþroska í vötnum á hálendi (Likelihood ratio test, Lengd,  $\chi^2 = 2,30$ ; DF = 1;  $p = 0,129$ ) (21. mynd). Aðeins 15 urriðar veiddust í vötnum á hálendinu og af þeim voru fimm kynþroska (meðallengd = 42,6cm) en tíu ókynþroska (meðallengd = 38,4cm).

Effect Likelihood Ratio Tests				
Source	Nparm	DF	ChiSquare	Prob>ChiSq
Lengd	1	1	150,329653	<,0001*

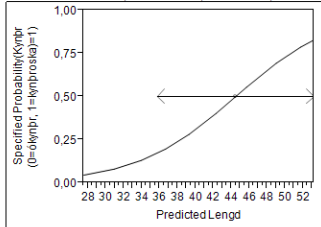
Effect Likelihood Ratio Tests				
Source	Nparm	DF	ChiSquare	Prob>ChiSq
Lengd	1	1	2,30239785	0,1292

Inverse Prediction				
Specified Probability(Kynbr (0=ókynbr, 1=kynþroska)=1)	Predicted Lengd	Lower 95%	Upper 95%	
0,5000000	45,22162	42,96694	48,27239	



Láglandisvötn (n=1088)

Inverse Prediction				
Specified Probability(Kynbr (0=ókynbr, 1=kynþroska)=1)	Predicted Lengd	Lower 95%	Upper 95%	Type of CI
0,5000000	44,46325	35,71444	53,21207	Wald



Hálendisvötn (n=15)

**20. mynd.** Áætlaðar líkur á kynþroska miðað við lengd urriða úr stöðuvötnum á láglandi og hálendi.

### Jökulskotin stöðuvötn vs bergvötn

Af 60 urriðum sem veiddust í jökulskotnum stöðuvötnum voru allir ókynþroska. Í bergvötnum hafði lengd marktæk áhrif á kynþroska (Likelihood ratio test, Lengd,  $\chi^2 = 153,38$ ; DF = 1;  $p < 0,001$ ) og áætluð lengd við 50% kynþroska var 44,9cm.

## Svipgerðir bleikju

Bleikja var flokkuð í fleiri en eina svipgerð í fjórum vötnum og tveimur stöðuvatnsgerðum. Þrjú vötn tilheyrðu gerð-6 og eitt tilheyrði gerð-2. Í Úlfjótavatni (gerð-2) var bleikju skipt í ránbleikju, murtu, bleikju og dvergbleikju. Í Galtarbóli (gerð-6) var bleikja flokkuð í ránbleikju og sniglableiku, í Þiðriksvallavatni (gerð-6) í bleikju og botnbleikju og í Hestvatni (gerð-6) í dvergbleikju og bleikju. Vegna þess litla fjölda stöðuvatna og stöðuvatnsgerða sem hýstu fleiri en eina svipgerð bleikju var ekki farið í frekari greiningu á þeim gögnum.

## Umræða

Í niðurstöðum þessarar skýrslu voru gögn um fiskistofna í íslenskum stöðuvötnum, sem aflað var í verkefninu *Yfirlitskönnun á lífríki íslenskra vatna: samræmdur gagnagrunnur* (Hilmar J. Malmquist et. al. 2000), greind. Valdir voru líffræðilegir þættir sem fyrirfram var talið að hentuðu við mat á ástandi fiskstofna og þeir skoðaðir með tilliti til gerðagreininga á íslenskum stöðuvötnum samkvæmt gefnum umhverfisvísnum. Niðurstöðurnar gefa vísendingar um að

þeir umhverfislýsar (dýpi, hæð, aldur berggrunns og jökuláhrif) sem liggja að baki gerðagreiningarinnar hafi marktæk áhrif á marga af þeim líffræðilegu þáttum fiskstofna sem skoðaðir voru. T.d. hefur hver einstakur umhverfisvísir marktæk áhrif á meðallengd þriggja og fjögurra ára bleikju, og marktækur munur er flestum líffræðilegu þáttunum á milli stöðuvatnsgerða. Mikilvægt er að túlka niðurstöðurnar með fyrirvara og hafa í huga að gögnin að baki þeim eru takmörkunum háð. Í fyrsta lagi þá er almennur breytileiki í svipgerð, lífsferlum og stofnstærðum mikil hjá þeim laxfiskum sem liggja að baki þessum greiningum (Klemetsen o.fl. 2003). Það er einnig mjög mikilvægt að hafa í huga að gögnin sem hér voru notuð eru fengin úr einni punktmælingu sem gefur vísbendingu um breytileika í rúmi, en segir ekkert um breytileika í tíma. Vistkerfi og tegundir breytast með tíma og nauðsynlegt er að gera ráð fyrir þessum breytingum við mat á ástandi (Kratz, o.fl. 2003). Mikilvægt er því að hafa yfir að ráða gögnum úr reglulegum mælingum yfir lengri tíma. Í mörgum tilfellum voru fá stöðuvötn í ákveðnum gerðum og í gerðum-3, -4 og -8 voru fisksýni aðeins til úr einu stöðuvatni. Í þeim tilfellum er ekki um raunverulegan samanburð á gerðum eða umhverfislýsum að ræða heldur samanburð á einstökum vötnum.

Í stöðuvötnum er veiði í lagnet algengasta aðferðin til að afla sýna úr fiskstofnum og m.a. notuð við sýnatökur í tengslum við vatnatilskipun Evrópu (Vatnatilskipun Evrópu 2000/60/EB). Út frá staðlaðri netaveiði er reiknuð veiði á sóknareiningu (CPUE) sem gefur upplýsingar um fjölda fiska í net yfir ákveðinn tíma. Ef lengd og þyngd netaveiddra fiska er þekkt þá er hægt að reikna lífmassa á sóknareiningu (BPUE – Biomass Per Unit Effort) sem gefur mikilvægar upplýsingar um framleiðslu viðkomandi stöðuvatns. Fram kom munur á CPUE hjá bleikju milli stöðuvatnsgerða sem skýrist af mun á milli örfárra gerða (gerð-6 vs gerð-1 og gerð-6 vs gerð-7) en slíkur munur kom ekki fram hjá urriða milli gerða. Hins vegar kom fram munur milli hálendis- og láglandisvatna hjá báðum tegundum sem skýrist af fiskleysi í hálendisvötnum. Víða í löndum Evrópu er CPUE eða BPUE notað sem einn af líffræðilegum mælikvörðum á ástand fiskstofna í stöðuvötnum (Rask o.fl. 2010, Lauridsen o.fl. 2008, Argillier o.fl. 2013). Misjafnt er hvernig CPUE breytist við álag og fer það eftir tegundum og um hvers konar álag er að ræða. T.d. getur ofauðgun næringarefna í stöðuvötnum leitt til fjölgunar ákveðinna fisktegunda meðan öðrum tegundum fækkar (Argillier, o.fl. 2013). Vatnsmiðlun í útföllum stöðuvatna getur haft neikvæð áhrif á hrygningu urriða (Friðþjófur Árnason og Ragnhildur Þ. Magnúsdóttir 2012) sem aftur getur leitt til minnkandi stofns í viðkomandi stöðuvatni en ef vatnsborð stöðuvatns er hækkað, t.d. vegna stíflumannvirkja, getur það leitt til aukinnar útskolunar næringarefna af landsvæði sem fer á kaf undir vatn sem tímabundið getur aukið fjölda fiska í stöðuvötnum (Guðni

Guðbergsson 2009, Guðni Guðbergsson og Þórólfur Antonsson 1997). Mikilvægt væri að nota lífmassa fiskstofna með sambærilegum hætti og gert var með aðra líffræðilega þætti í þessari skýrslu til að sjá hvort hann svari umhverfislýsum og gerðagreiningu stöðuvatna.

Fram kom marktækur munur á fjölda tegunda milli gerða annarsvegar og hálendis og láglandisvatna hinsvegar. Vegna þess hversu fá vötn eru á bakvið hálendisvötnin og hversu fáar tegundir ferskvatnsfiska finnast á Íslandi er ráðlegt að taka þessum niðurstöðum með fyrirvara. Önnur lönd Evrópu hafa mun fleiri og fjölbreyttari tegundir fiska í ferskvatni og hafa nýtt þennan líffræðilega þátt við gerðagreiningu og mat á álagi. Mismunandi svipgerðir bleikju hafa verið tengdar mismunandi vistgerðum stöðuvatna á Íslandi (Bjarni K. Kristjánsson o.fl. 2011) og hugmyndin var í upphafi að nýta það með svipuðum hætti við mat á gerðargreiningu stöðuvatna í þessari skýrslu. En vegna takmarkaðra gagna sem fyrirleggjandi voru, var á þessu stigi fallið frá frekari nýtingu þeirra.

Þeir lífsögulegu þættir sem skoðaðir voru virðast aðgreinast nokkuð vel milli mismunandi umhverfisþátta og stöðuvatnsgerða, sérstaklega hjá bleikju, en þar var fjöldi sýna einnig meiri en hjá urriða. Að teknu tilliti til fjölda fiska gefur meðallengd árgangs upplýsingar um vöxt hans frá klaki og er þannig mat á framleiðslu í viðkomandi stöðuvatni. Búast má við að álag hafi áhrif á vöxt og þar með meðallengd árganga. Eins og með CPUE þarf að skoða það sérstaklega fyrir hverja tegund fyrir sig þar sem svörun við álagi getur verið mismunandi milli tegunda. Bæði hjá bleikju og urriða er samband kynþroska og lengdar marktækt frábrugðin milli gerða. Misjafnt er milli tegunda hvaða umhverfislýsar hafa áhrif á þetta samband. Skoða þarf betur hvaða þýðingu kynþroskastærð hefur í tengslum við álag.

Mikilvægt er í framhaldi af þessari vinnu að bæta við aldursdreifingu fisktegunda í stöðuvötnum. Eðlileg aldursdreifing felur í sér að yngri aldurshópar eru fjölmennir en eftir því sem fiskurinn verður eldri því færri verða í hverjum árgangi. Óeðlileg dreifing í aldursflokka getur gefið til kynna að bæði viðkomandi tegund í stöðuvatni sé undir álagi og á hvaða lífsstigum álagið komi fram.

Í vinnu við vatnatilskipun er ekki farið að leggja vinnu í álgasflokkun stöðuvatna. Slík vinna er forsenda þess að hægt sé að meta hvernig þeir líffræðilegu þættir sem hér hafa verið til umfjöllunar svara álagi. Í framhaldi af því er síðan hægt að stilla líffræðilegu þættina með tilliti til hversu mikið álagið er.

Fiskar eru líklegir til að vera næmir á umhverfisbreytingar í stöðuvötnum enda liggja þeir ofarlega í fæðukeðju þeirra. Þrátt fyrir anmarka á gögnum þá bendir sú greining sem gerð hefur verið í þessari skýrslu til þess að fiskstofnar séu undir áhrifum frá þeim umhverfislýsum sem valdir voru til að skipta stöðuvötnum upp í gerðir og fiskstofnar gætu verið góðir kandidatar til að lýsa ástandi vatna. Til eru gögn um fiskstofna í íslenskum stöðuvötnum sem ná yfir lengri tíma. Nauðsynlegt er að greina þau

gögn til að sjá breytingar í tíma, enda er það ein forsenda þess að hægt sé að meta áhrif álags á líffræðilega þætti.

## Pakkarorð

Starfsmenn Veiðimálastofnunar sem komu að vinnu við vatnatilskipun er þakkað þeirra innlegg og samstarf við gerð þessarar skýrslu. Guðni Guðbergsson, Þórólfur Antonsson, Hilmar J. Malmquist, Skúli Skúlason og Sigurður S. Snorrason stjórnðu verkefninu *yfirlitskönnun á lífríki íslenskra vatna* og er þeim þakkað fyrir aðgang að gögnum úr því verkefni. Inga Rúnari Jónssyni og Guðmundu Björg Þórðardóttur er þakkað fyrir aðstoð við gagnagrunna og utanumhald gagna. Gott samstarf var við Boga Brynjar Björnsson hjá Veðurstofunni og einnig Höllu Margréti Jóhannesdóttur hjá Veiðimálastofnun sem stýrir og samræmir vinnu við Vatnatilskipun þar.

## Heimildir

Argillier, C., Caussé, S., Gevrey, M., Pédrón, S., De Bortoli, J., Brucet, S., Emmrich, M., Jeppesen, E., Lauridsen, T., Mehner, T., Olin, M., Rask, M., Volta, P., Winfield, I.J., Kelly, F., Krause, T., Palm, A. and Holmgren, K. 2013. Development of a fish-based index to assess the eutrophication status of European lakes. *Hydrobiologia*, 704: 193-211.

Bjarni K. Kristjánsson, Hilmar J. Malmquist, Finnur Ingimarsson, Þórólfur Antonsson, Sigurður S. Snorrason og Skúli Skúlason. 2011. Relationships between lake ecology and morphological characters in Icelandic Arctic charr, *Salvelinus alpinus*. *Biological Journal of the Linnean Society* 52: 1-18.

European Commission (2005). WFD CIS Guidance document No 13. Overall approach to the classification of ecological status and ecological potential.

Friðþjófur Árnason. og Ragnhildur Þ. Magnúsdóttir. 2013. Rannsóknir á urriðastofnum Hraunsfjarðarvatns og Baulárvallavatns árið 2012. Veiðimálastofnun, VMST/13011, 18 bls.

Gerður Stefánsdóttir og Halla Margrét Jóhannesdóttir. 2013. Gerðir straumvatna og stöðuvatna. Stöðuskýrsla til Umhverfisstofnunar. Veiðimálastofnun, VMST13007. Veðurstofa Íslands VÍ 2013-002.

Guðni Guðbergsson. 2009. Framvinda fiskstofna í miðlunar- og uppistöðulónum. Fræðaging landbúnaðarins, 6: 187-194

Guðni Guðbergsson og Þórólfur Antonsson. 1997. Bleikja á Auðkúluheiði. Náttúrufræðingurinn 67 (2): 105-124.

Hamley, J.M. (1975). Review of gillnet selectivity. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada* 32: 1943-1969.

Hilmar J. Malmquist, Þórólfur Antonsson, Guðni Guðbergsson, Skúli Skúlason og Sigurður S. Snorrason. 2000. Biodiversity of macroinvertebrates on rocky substrate in the surf zone of Icelandic lakes. *Verhandlungen International Vereinigung Limnology*, 27: 1-7.

Jensen, J.W. (1995). A direct estimate of gillnet selectivity for brown trout. *Journal of Fish Biology*, 46: 857-861.

Klemetsen, A., Amundsen, P-A., Dempson, J.B., Jonsson, B., Jonsson, N., O'Connell, M.F. og Mortensen, E. 2003. Atlantic salmon *Salmo salar* L., brown trout *Salmo trutta* L. and Arctic charr *Salvelinus alpinus* (L.): a review of aspects of their life histories. *Ecology of Freshwater Fish*, 12: 1-59.

Kratz, T.K., Deegan, L.A., Harmon, M.E. og Lauenroth, W.K. 2003. Ecological variability in space and time: insights gained from the US LTER program. *BioScience*, 53(1): 57-67.

Lauridsen, T.L., Landkildehus, F., Jeppesen, E., Jørgensen, T.B. og Søndergaard, M. 2008. A comparison of methods for calculation Catch Per Unit Effort (CPUE) of gill net catches in lakes. *Fisheries Research*, 98: 204-211.

Rask, M., Olin, O. og Ruukijarvi, J. 2010. Fish-based assessment of ecological status of Finnish lakes loaded by diffuse nutrient pollution from agriculture. *Fisherie Management and Ecology*, 17: 126-133.

Sigurður S. Snorrason og Skúli Skúlason. 2004. Adaptive speciation in northern freshwater fish – patterns and processes. In: Diekmann U, Metz H, Doebeli M, Tautz D. Eds. *Adaptive speciation*. Cambridge University Press.

Skúli Skúlason, Þórólfur Antonsson, Guðni Guðbergsson, Hilmar J. Malmquist og Sigurður S. Snorrason, S. 1992. Variability in Icelandic Arctic charr. *Icelandic Agricultural Sciences*, 6: 143-153.

## Viðauki I

Nöfn stöðuvatna, gerð, typology code, og eftirfarandi umhverfislýsar sem notaðar voru voru til að gerðargreina stöðuvatnshlot, aldur berggrunn (yngri berggrunnur; <0,8 milljón ára og eldri berggrunnur ≥0,8 milljón ára), hæð yfir sjávarmáli (láglandi <600m h.y.s. og hálandi ≥600m h.y.s.), meðaldýpt (grunn <3m og djúp ≥ 3m) og jökulþætti (sterklega jökulskotin og bergvötn).

Nafn	Gerð	Typology code	Láglandis (1)	Jökulskotið (1)	Ungt berg (1)	Grunn vötn (1)
			Hálandis (2)	Bergvatn (2)	Eldra berg (2)	Dýpri vötn (1)
Apavatn	1	LIL211	1	2	1	1
Elliðavatn	1	LIL211	1	2	1	1
Grænavatn	1	LIL211	1	2	1	1
Laugarvatn	1	LIL211	1	2	1	1
Mývatn	1	LIL211	1	2	1	1
Sandvatn nyrðra	1	LIL211	1	2	1	1
Sandvatn syðra	1	LIL211	1	2	1	1
Svartárvatn	1	LIL211	1	2	1	1
Ytra Deildarvatn	1	LIL211	1	2	1	1
Baulárvallavatn	2	LIL212	1	2	1	2
Eystra-Gríslholtsvatn	2	LIL212	1	2	1	2
Frostastaðavatn	2	LIL212	1	2	1	2
Hafravatn	2	LIL212	1	2	1	2
Hlíðarvatn	2	LIL212	1	2	1	2
Kleifarvatn	2	LIL212	1	2	1	2
Kringlúvatn	2	LIL212	1	2	1	2
Langavatn	2	LIL212	1	2	1	2
Másvatn	2	LIL212	1	2	1	2
Nýjavatn	2	LIL212	1	2	1	2
Selvallavatn	2	LIL212	1	2	1	2
Skálavatn	2	LIL212	1	2	1	2
Stóra-Fossvatn	2	LIL212	1	2	1	2
Stóra-Viðarvatn	2	LIL212	1	2	1	2
Úlfjótssvatn	2	LIL212	1	2	1	2
Þríhyrningsvatn	2	LIL212	1	2	1	2
Fjorðungsvatn	3	LIH211	2	2	1	1
Langisjór	4	LIH212	2	2	1	2
Arnarvatn-stóra	5	LIL221	1	2	2	1
Hólsvatn	5	LIL221	1	2	2	1
Mjóavatn	5	LIL221	1	2	2	1
Sandvatn	5	LIL221	1	2	2	1
Sauravatn	5	LIL221	1	2	2	1
Úlfsvatn Arnarvatnsh	5	LIL221	1	2	2	1
Vatnshlíðarvatn	5	LIL221	1	2	2	1
V-Friðmundarvatn	5	LIL221	1	2	2	1
Ánavatn	6	LIL222	1	2	2	2
Draghálsvatn	6	LIL222	1	2	2	2
Eiðavatn	6	LIL222	1	2	2	2
Eyrvavatn	6	LIL222	1	2	2	2
Galtaból	6	LIL222	1	2	2	2
Glammasstaðavatn	6	LIL222	1	2	2	2
Haukadalsvatn	6	LIL222	1	2	2	2
Heiðarvatn	6	LIL222	1	2	2	2
Hestvatn	6	LIL222	1	2	2	2
Hítarvatn	6	LIL222	1	2	2	2
Íshólsvatn	6	LIL222	1	2	2	2
Óddastaðavatn	6	LIL222	1	2	2	2
Selvatn	6	LIL222	1	2	2	2
Skorradalsvatn	6	LIL222	1	2	2	2
Skriðuvatn	6	LIL222	1	2	2	2
Svínavatn	6	LIL222	1	2	2	2
Sænautavatn	6	LIL222	1	2	2	2
Urriðavatn	6	LIL222	1	2	2	2
Vesturhópsvatn	6	LIL222	1	2	2	2
Þiðriksvallavatn	6	LIL222	1	2	2	2
Þurriðarvatn	6	LIL222	1	2	2	2
Ólvesvatn	6	LIL222	1	2	2	2
Gilsárvatn	7	LIH221	2	2	2	1
Reyðarvatn S	7	LIH221	2	2	2	1
Urðarvatn syðra	7	LIH221	2	2	2	1
Ódáðavatn	8	LIH222	2	2	2	2
Folavatn	9	LIH122	2	1	2	2
Hvítarvatn	9	LIL112	1	1	1	2
Lögurinn	9	LIL122	1	1	2	2