

Áhrif brúa- og ræsagerðar á ferðir ferskvatnsfiska og búsvæði þeirra

Guðmundur Ingi Guðbrandsson, Bjarni Jónsson,
Eik Elfarsdóttir og Karl Bjarnason

Skagafirði, sept. 2005

VMST-N/0503



Veiðimálastofnun Norðurlandsdeild

Sæmundargata 1, 550 Sauðárkrókur. Sími: 455-6360, Bréfsími:455-6362
Veffang: www.veidimal.is Netfang: nordurlandsdeild@veidimal.is

Ágrip

Áhrif brúa- og ræsagerðar á ferðir ferskvatnsfiska og búsvæði þeirra voru könnuð á þremur svæðum á Íslandi, í Skagafirði, Fljótum og á Ströndum. Alls voru 62 þveranir (ræsi, brýr og stokkar) skoðaðar í 37 vatnsföllum, þar af hýstu 32 fisk. Niðurstöður voru mjög mismunandi eftir þverunargerð, en virtust nokkuð sambærilegar milli rannsóknarsvæða. Ræsi höfðu mikil áhrif á vatnsföll, en brýr afar takmörkuð. Hlutfall hámarksbreiddar ræsa af meðalflóðfari (0,42:1) og meðalárfari (0,54:1) sýndu að ræsi voru að meðaltali 2 sinnum þrengri en flóðfar og árfar og meðalstraumhraðahlutfall (2,14:1) gaf til kynna að straumur í ræsum væri meira en 2 sinnum hærra en í árfari ofan og neðan þeirra. Þessi hlutföll voru öll marktækt frábrugðin hlutfallinu 1:1 (engin áhrif). Sömu hlutföll fyrir brýr sýndu ekki nein marktæk frávik frá 1:1 (flóðfarshlutfall: 1,00:1, árfarshlutfall: 2,00:1 (marktækni ekki reiknuð því þverun mun breiðari en árfar) og meðalstraumhraðahlutfall: 1,09:1). Á sama hátt var mikill munur á því hvort þverun var geng fiski eftir gerð hennar. Nær engin vandamál virtust hafa skapast fyrir far fiska um brýr, en 40% ræsa hindruðu far fullorðinna laxfiska og 83% ferðir laxfiskaseiða og annarra tegunda en laxfiska. Hlutfall ófiskgengra stokka var mjög hátt, en sýnastærð þeirra einnig lág. Algengasta ástæða þess að fullorðnir laxfiskar komust ekki um ræsi var of lítil meðaldýpt í ræsum (36%) og meðalstraumhraði hindraði laxfiskaseiði og aðrar tegundir í 54% ræsa (breytur einar og sér eða ásamt öðrum). Of há fallhæð og grjót við útfall voru næst algengustu ástæðurnar hjá báðum aldursflokkum. Mun stærra búsvæði tapaðist undir ræsi en brýr á öllum rannsóknarsvæðunum nema í Skagafirði, en ef niðurstöður fyrir eina brú þar er fráskilin, fæst sama niðurstaða og fyrir hin svæðin. Ræsi og stokkar klipptu á farleiðir sjógöngustofna í 8 vatnsföllum, og töpuðu þessir stofnar oft meiru en 50% af búsvæðum sínum. Fullorðinn laxfiskur komst ekki um þveranir í 41% vatnsfalla og í 62% vatnsfalla voru þveranir ógengar laxfiskaseiðum og öðrum tegundum. Þessi frumúttekt á áhrifum brúa- og ræsagerðar á líffríki í ám og lækjum á Íslandi sýnir ótvírætt að vandamál er lúta að slíkum framkvæmdum eru fyrst og fremst tengd ræsum.

Umfang þessara áhrifa á ferðir ferskvatnsfiska og búsvæði þeirra er mikið og víðfeðmt. Niðurstöður okkar benda eindregið til þess að takmörkun á notkun ræsa myndi stórminnka umhverfisáreiti af mannavöldum á fiskistofna í ám og lækjum. Þess vegna mælum við með því að forðast verði eins og mögulegt er að nota lokuð ræsi í vatnsföll sem fósra fisk. Mikilvægt er að fræðslu- og umbótastarf við þveranir vatnsfalla nái til allra þeirra sem stunda vegagerð. Þannig má auka árverkni við vegaf framkvæmdir í ám og lækjum sem er mikilvægur liður í farsælum samgöngubótum á Íslandi.

Summary

The impacts of road crossings on freshwater fish movement and their habitats were examined for three regions in Iceland: Skagafjörður, Fljót, and Strandir. For this study, 62 crossings (culverts, bridges and open boxes) were studied in 37 rivers and streams, of which 32 contained fish. Culverts had a much greater influence on rivers and streams than bridges. The ratios of maximum width of culverts to average bankfull width (0.42:1) and to average base width (0.54:1) showed that culverts were approximately 2 times narrower than both the bankfull width and the base width of the watercourse (above and below the culvert). The ratio of average water velocity within culverts to the average velocity above and below the culverts was more than 2 times greater within the culverts; all these culvert ratios were significantly different from the 'null effect' ratio of 1:1. The corresponding ratios for bridges, however, did not deviate from the 'null effect' ratio. The crossing type determined whether or not fish could pass the crossing. Almost no barriers to fish movement were observed at bridges, whereas 40% of culverts were barriers to adult salmonid fish and 83 % of culverts posed problems to salmonid juveniles and other fish species. The percentage of impassable open boxes was very high, but the sample size was also very low (n=4). For adult salmonids, the most common variable (single or in combination) creating problems at culverts was insufficient depth (36%), while for salmonid juveniles and other fish species it was excessive water velocity (54%). Other variables that significantly contributed to the problem of fish passage were outlet drop to water surface and the presence of rock barriers at the culvert outlets. Greater habitat loss was observed due to culverts than to other crossing types in all the study areas. Culverts and open boxes inhibited spawning migration of arctic charr and/or brown trout populations in 8 rivers and streams. These populations have experienced habitat loss of more than 50% of their original habitats. This initial assessment of the impacts of road crossings on aquatic biota in rivers and streams in Iceland demonstrates that problems related to road crossing construction, primarily caused by culverts, strongly impacts

freshwater fish movement and their habitats. A decrease in the use of culverts in road construction would greatly reduce environmental stress caused by humans on fish populations. We recommend that the use of closed-bottom culverts in fish-bearing streams be minimized to achieve this end. We emphasize the need for education and improvement strategies to target all parties involved in road planning and construction in order to increase awareness of the ecological impacts of road-crossing construction in rivers and streams. By doing so, the future development of the transport system in Iceland will incorporate strategies that will halt the further habitat degradation of fish-bearing rivers and streams.

Efnisyfirlit

1. Inngangur.....	1
2. Aðferðir.....	3
2.1 Rannsóknarsvæði.....	3
2.1.1 Austanvert vatnasvið Héraðsvatna í Skagafirði.....	3
2.1.2 Vatnasvið Fljótaár og Miklavatns í Fljótum.....	3
2.1.3 Strandir norðan Asparvíkurdals og norður í Norðurfjörð.....	4
2.2 Athuganir á þverunum og svæðum ofan og neðan þeirra.....	4
2.2.1 Val á þverunum til rannsóknarinnar.....	4
2.2.2 Mælingar á ræsum og stokkum.....	5
2.2.3 Mælingar á brúm.....	5
2.2.4 Ármælingar ofan og neðan þverana.....	6
2.2.5 Veiðar á fiski og sýnavinnsla.....	6
2.3 Úrvinnsla gagna og tölfræði.....	7
2.3.1 Áhrif þverana á vatnsföll.....	7
2.3.2 Áhrif þverana á ferðir fiska.....	8
2.3.3 Áhrif þverana á búsvæði lífvera.....	10
3. Niðurstöður.....	12
3.1 Yfirlit yfir fjölda vatnsfalla og fjölda og gerð þverana.....	12
3.2 Mælingar á þverunum og áhrif þeirra á vatnsföll.....	13
3.2.1 Niðursetning og frágangur ræsa.....	13
3.2.2 Áhrif þverana á þrengingu flóðfars og árfars.....	14
3.2.3 Áhrif þverana á straumhraða.....	15
3.3 Áhrif þverana á ferðir fiska.....	16
3.3.1 Yfirlit yfir rafveiðar í kringum þveranir.....	16
3.3.2 Hlutfall ófiskgengra þverana.....	16
3.3.3 Breytur sem hindra ferðir fiska um ræsi.....	17
3.3.4 Hindranir: undantekningar frá forsendum.....	18
3.3.5 Umfang hindrana.....	19
3.4 Áhrif þverana á búsvæði lífvera.....	19
3.4.1 Tapað búsvæði undir þverunarmannvirki.....	19
3.4.2 Áhrifasvæði þverana.....	20
3.4.3 Tapað búsvæði sjögöngustofna laxfiska vegna hindrana við þveranir.....	20
4. Umræður.....	21

Þakkir.....	29
Heimildaskrá.....	30
Töflur.....	34
Myndir.....	52
Viðauki A.....	57
Viðauki B.....	59
Viðauki C.....	61
Viðauki D.....	85
Viðauki E.....	90
Viðauki F.....	99

1. Inngangur

Miklar breytingar hafa orðið á vatnafari og lífsskilyrðum fyrir vatnalífverur á Íslandi síðustu áratuginu. Þar kemur marga til, m.a. framkvæmdir vegna framræslu lands, breytingar á árfarvegum af mannavöldum og virkjanir fallvatna og hindranir þeirra vegna. Áhrif vegagerðar hafa einnig verið mikil, bæði vegna malartekju í ám og lækjum svo og brúa- og ræsagerðar.

Ein helsta hættan sem fylgir þverun vatnsfalla í vegagerð er að ferðir fiska og smærri vatnadýra takmarkist eða séu jafnvel alveg hindraðar og búsvæði þeirra skerðist (Warren og Pardew 1998; Harper og Quigley 2000; Vaughan 2002; Gibson o.fl. 2005; Bjarni Jónsson 2005). Á Íslandi hefur mun meiri aðgát verið höfð við að brúa stærri vatnsföll, sérstaklega ef um er að ræða mikilvægar veiðiár, heldur en við þveranir minni áa og lækja (Bjarni Jónsson 2005). Ástæðan er ekki síst vegna takmarkaðrar þekkingar á lífríki hinna síðarnefndu. Hliðarár og minni lækir eru hins vegar gjarnan mikilvæg uppvaxtarsvæði laxfiskaseiða (Curry o.fl. 1993; Erkinaro o.fl. 1998). Urriði og bleikja hrygna oft í slíkum vatnsföllum og í þeim getur verið að finna sérstaka undirstofna innan vatnakerfanna (Bjarni Jónsson o.fl. 2002; Elín R. Guðnadóttir 2002). Þá er algengt að laxaseiði gangi upp í hliðarár og minni lækir og nýti sér þau búsvæði til vaxtar (Erkinaro o.fl. 1998), auk þess sem þar er stundum að finna straumvatnshornsíli. Mikilvægi þessara vatnsfalla getur því oft verið umtalsvert fyrir viðgang og veltu sjógöngustofna, auk þess sem staðbundnir fiskistofnar sömu tegunda eru þar algengir. Slíkir stofnar hafa í sumum tilvikum hátt verndargildi sökum þróunarfræðilegrar sérstöðu þeirra.

Uppskipting búsvæða (habitat fragmentation) lífvera, sérstaklega ef það tengist tapi á búsvæðum, hefur yfirleitt mjög neikvæð áhrif á líffræðilegan fjölbreytileika (sjá t.d. Fahrig 2003). Þegar þveranir í ám og lækjum skera á göngur fiska á hrygningar- og uppeldissvæði minnkar stofnstærð þeirra og framleiðni stofnsins, auk þess sem tegundasamsetning og samfélagsgerð vistkerfisins getur breyst. Í verstu tilvikum getur heilu göngustofnunum verið útrýmt. Hin virka stofnstærð (e. effective population size) fisktegundarinnar minnkar að sama skapi. Þetta gerist líka þegar búsvæði staðbundinna stofna er hólfað upp, því það klýfur stofninn upp í smærri einingar.

Þessi minnkun eða uppskipting stofna leiðir til þess að genaflæði í stofninum dregst saman og erfðafræðilegur fjölbreytileiki getur skerst sökum genaflökts (e. genetic drift) eða innræktunar (sjá t.d. í Wofford o.fl. 2005), en slíkur breytileiki er talinn nauðsynlegur fyrir stofna til að geta aðlagast og lifað af breytingar í umhverfinu (t.d. Allendorf o.fl. 1987). Það er því ljóst að litlir stofnar eru mun veikari fyrir áhrifum hindrana vegna vegagerðar. Hér á Íslandi hefur auk þess verið sýnt fram á gríðarlega mikinn breytileika innan tegunda ferskvatnsfiska (Skúli Skúlason o.fl. 1999; Bjarni Jónsson og Skúli Skúlason 2000; Bjarni Jónsson 2002; Guðmundur Ingi Guðbrandsson og Bjarni Jónsson 2002; Bjarni Kr. Kristjánsson o.fl. 2002; Douchette o.fl. 2004) og neikvæð áhrif hindrana á líffræðilegan fjölbreytileika gætu því verið mikil hérlandis.

Ræsagerð hefur víða valdið umtalsverðum skaða á vatnalífi. Rannsóknir erlendis frá hafa sýnt að greinilegt er að notkun ræsa er víða orðið stórt umhverfisvandamál. Í Kanada og Alaska hafa rannsóknir leitt í ljós að víða hindra ræsi ferðir fiska í 50-85% tilvika (Langill og Zamora 2002; Flanders og Cariello 2000; Gibson o.fl. 2005). Svipaða sögu er að segja af niðurstöðum rannsókna í Evrópu (Glen 2002) og í Rússlandi (Augerot 2004). Notkun ræsa í vegagerð hefur aukist mikið á undanförunum árum og er í sókn bæði sökum þess að þetta er fjárhagslega hagkvæm lausn miðað við margar aðrar og er talin auka umferðaröryggi. Framkvæmdum sem þessum fylgir alltaf talsvert umhverfisrask og betri vitund manna um það hefur leitt til þess að í auknum mæli er tekið tillit til mögulegra áhrifa sem slíkt rask getur haft á lífríki. Þrátt fyrir stóraukna notkun ræsa í vegagerð á Íslandi hafa áhrif þeirra á lífríki vatnsfalla þó ekki verið rannsökuð fyrir en nú.

Hér eru kynntar niðurstöður frumathugunar á áhrifum brúa- og ræsagerðar á vatnalíf á Íslandi sem Norðurlandsdeild Veiðimálastofnunar hefur unnið í samstarfi við Vegagerðina. Í þessum hluta rannsóknarinnar var áhersla lögð á að meta áhrif mismunandi þverunargerða á ferðir fiska og búsvæði þeirra á þremur svæðum á landinu, sem eru ólík hvað varðar vatnafar, landslag og tegundasamsetningu fiska og átta sig á umfangi þeirra áhrifa sem framkvæmdir sem þessar hafa valdið.

Langtímamarkmið þessara rannsókna er hins vegar að leggja grunn að umbótum, fræðslu og tillögum er miða að því að velja hentugar lausnir og bæta vinnulag við ræsa- og brúagerð á Íslandi.

2. Aðferðir

2.1 Rannsóknarsvæði

2.1.1 Austanvert vatnasvið Héraðsvatna í Skagafirði

Lífriki Héraðsvatna í Skagafirði hefur verið mikið rannsakað af Norðurlandsdeild Veiðimálastofnunar undanfarin ár. Mikill fjöldi áa og smærri lækja teljast til austanverðs vatnasviðsins. Búsvæðamat fyrir fiska fór fram á þessu svæði á árunum 1998-2001 og tók fyrir allar stærri hliðarár og marga læki (Bjarni Jónsson o.fl. 2002). Sumarið 2001 fór fram rannsókn á samspili umhverfispátta og útbreiðslu ferskvatnsfisktegunda á svæðinu (Elín R. Guðnadóttir 2002). Allar tegundir íslenskra ferskvatnsfiska hafa fundist í Héraðsvatnakerfinu, en bleikja og urriði eru langalgengust. Á vatnasviðinu finnast bæði sjógöngustofnar og staðbundir stofnar þessara tegunda, auk þess sem blönduð lífssaga virðist vera algeng (Bjarni Jónsson o.fl. 2000; Bjarni Jónsson o.fl. 2002; Elín R. Guðnadóttir 2002). Sýnt hefur verið fram á mikilvægi hliðaráa og lækja sem renna í Héraðsvötnin fyrir framleiðslu þessara tegunda (Bjarni Jónsson o.fl. 2000; Bjarni Jónsson o.fl. 2002). Fyrir rannsókn okkar á áhrifum þverana á ferðir fiska var afmarkað svæði frá austanverðum ósum Héraðsvatna, inn Kjálka og upp Norðurárdal, alveg upp að vatnaskilum á Öxnadalshéiði (hér eftir oftast kallað Skagafjörður). Þetta svæði spannar stórt vatnasvið, þar sem er að finna hvoru tveggja stutt og lengri vatnsföll. Sum þeirra renna um talsvert láglandi og í sumum tilvikum um land sem hefur verið tekið undir landbúnað.

2.1.2 Vatnasvið Fljótaár og Miklavatns í Fljótum

Fljótaá er stærsta vatnsfallið sem rennur í Miklavatn í Fljótum og er verðmæt sjóbleikju- og laxveiðiá. Nokkrir lækir og litlar hliðarár renna í Fljótaá og hafa árlegar rannsóknir á seiðastofnum bleikju og lax á vatnasviði árinna sýnt að mikilvægi þeirra er umtalsvert í seiðaframleiðslunni (Bjarni Jónsson og Eik Elfarsdóttir 2004). Tvær aðrar stærri ár renna í Miklavatn, Brúnastaðaá og Reykjaá og eru fyrst og fremst sjóbleikjuár.

Þessu svæði var bætt inn í upprunalegu rannsóknaráætlunina fyrst og fremst til að geta metið hugsanleg áhrif þveranna á ferðir laxaseiða, en þau nýta sér oft búsvæði í minni hliðarám og lækjum þó svo að laxinn hrygni þar ekki (Erkinaro & Gibson 1997; Erkinaro o.fl. 1998), líkt og sjóbleikjan gerir. Svæðið sem hér var tekið til athugunar afmarkaðist við vatnasvið Fljótaár norðan Stífluvatns og við Reykjaá (hér eftir yfirleitt kallað Fljót).

2.1.3 Strandir norðan Asparvíkurdals og norður í Norðurfjörð

Lífriki í ám og vötnum á Ströndum er lítið þekkt, þar á meðal útbreiðsla og lífssaga ferskvatnsfiska. Flestar ár og lækir á þessu svæði eru stutt og með lítið vatnasvið sem einkennist oft af miklum halla í landi. Það svæði sem var afmarkað fyrir rannsóknina náði frá Fossá í Asparvíkurdal og norður í Norðurfjörð (hér eftir oftast kallað Strandir).

2.2 Athuganir á þverunum og svæðum ofan og neðan þeirra

2.2.1 Val á þverunum til rannsóknarinnar

Keyrt var um rannsóknarsvæðin og fengið yfirlit yfir fjölda og gerðir þverana. Þveranir voru síðan valdar m.t.t. þess hversu líklegt þótti að vatnsfall gæti fósrað fisk (ef það var ekki þegar vitað) og hversu líklegt þótti að vatnsfall þornaði ekki upp hluta ársins, að miklu eða öllu leyti. Þveranir voru flestar valdar í júlí 2005 þegar búast mátti við dæmigerðu sumarrennsli. Þveranir voru flokkaðar í þrjár gerðir: sívalningslaga bylgjujárnsrör (hér eftir kallað ræsi), brýr og opna stokka með náttúrlegum botni. Ein þverun í Skagafirði, í Miklabæjarlæk við Þjóðveg 1, var samsett úr ræsi og stökk og lítið á hana sem tvær þveranir í allri úrvinnslu. Staðsetning allra þverana var skráð með GPS-tæki.

2.2.2 Mælingar á ræsum og stokkum

Lengd (m) var mæld milli inntaks og útfalls þverunar. Breidd (m) ræsa var mæld sem þvermál þess en breidd stokka var mæld þar sem hún var breiðust (yfirleitt niður við árbotn). Rennslisbreidd (m) var einnig mæld, en það er sú breidd í ræsi eða stökk sem vatnsyfirborð þekur (e. wetted width eða base width). Dýpi þverunar í árfarvegi (m) var mælt eða metið við inntak og útfall. Vatnsdýpi í þverun (m) var í öllum tilvikum mælt við inntak og útfall, og einnig fyrir miðri þverun ef það var hægt. Vatnsdýpið var mælt fyrir miðju röri í ræsum en 2-3 mælingar gerðar í stokkum þar sem botn var náttúrlegur. Straumhraði (m/s) var mældur með mæli af gerðinni Marsh-McBirney FloMate Model 2000 á þremur stöðum við bæði inntak og útfall, þ.e. í miðjunni og til hliðanna. Straumhraðinn var mældur yfir 15sek tímabil á hverjum stað og meðaltal mælinga yfir þann tíma skráður niður af mælitækinu. Aðstæður við inntak og úttak voru metnar sjónrænt fyrir ástand ræsa og stokka, botngerð þeirra, hvort græfi undan þeim eða hvort hylur myndaðist við útfall og hvort hindranir voru við inntak, inni í þverun eða við útfall. Ef um fallhæð niður úr þverun á vatnsflöt við útfall var að ræða, var hún mæld (m) og einnig var dýpi hylja (ef til staðar) mælt undir fallhæð. Áhrifasvæði ofan og neðan ræsa og stokka var mælt sem margfeldi af þeirri breidd sem vegfylling virtist taka upp af flóðfari og þeirri lengd sem sjónrænt var metin sem áhrifasvæði. Við mat á lengd áhrifasvæðis var miðað við þætti sem þóttu augljóslega tengjast mannvirkjagerðinni, s.s. grjóthnullungar í árfari sem ekki virtust þar af náttúrunnar völdum, breytingar eða hreyfingar á árfarvegi, s.s. upphleðsla malar- eða sandeyra eða setmyndun.

2.2.3 Mælingar á brúm

Lengd (m) brúa var mæld milli ystu brúarstöpla undir brúnni. Breidd (m) var mæld milli ystu brúna brúarhandriða (svæði sem getur skyggt á árbotn). Þversnið var tekið af ánni undir brúnni og flóðfar og árfar (m) mælt. Flóðfar (e. bankfull width) var skilgreint sem sú breidd árfarvegs sem vatn flæðir um þegar rennsli fyllir alla breidd árfarvegsins án þess að vatn flæði inn á aðliggjandi flæðilönd (t.d. Mount 1995). Árfar (e. channel base width, channel wetted area) var skilgreint sem sú breidd árfarvegs sem afmarkaðist af því rennsli sem var í viðkomandi vatnsfalli þegar það var heimsótt. Dýpi og straumhraði voru mæld á 2-3 metra fresti yfir árfarið, þar sem

fyrsta mæling var tekin einum metra frá bakka (sjá Þórólf Antonsson 2000). Mesta dýpi undir brú var einnig mælt. Straumhraðamælingar voru gerðar með sambærilegum hætti og við ræsi og stokka. Botngerð undir brú var metin sjónrænt samkvæmt stöðluðu flokkunarkerfi sem hefur verið í notkun á Veiðimálastofnun í nokkur ár (sjá Þórólf Antonsson o.fl. 2002). Áhrifasvæði ofan og neðan brúa var metið á sama hátt og við ræsi og stokka. Í sumum tilvikum reyndist afar erfitt að greina milli náttúrlegra hreyfinga í vatnsfalli og áhrifa af brúm, var þá miðað við að matið væri íhaldssamt.

2.2.4 Ármælingar ofan og neðan þverana

Þversnið voru lögð út ofan og neðan við þveranir, utan áhrifasvæða þeirra. Flóðfar, árfar, dýpi og straumhraði voru mæld með sama hætti og lýst er fyrir brýr og botngerð metin með sjónrænum hætti. Ef vatnsfall var ekki mjög einsleitt á svæðum ofan og neðan þverunar, voru fleiri en eitt þversnið tekin og meðaltöl notuð við úrvinnslu.

2.2.5 Veiðar á fiski og sýnavinnsla

Rafveiðar voru notaðar til að ákvarða hvort og hvaða tegundir fiska væru til staðar ofan og neðan þverana og til að afla upplýsinga um þéttleika og aldursamsetningu mismunandi tegunda. Í sumum tilvikum gáfu rafveiðarnar einnig vísbendingar um hvort þverun væri geng fiski. Rafveiðar eru stöðluð sýnatökuaðferð þar sem veitt er svæði þvert yfir ár þannig að sem flestar gerðir búsvæða yfir árbreiddina séu heimsóttar. Veitt var utan áhrifasvæða þverana. Alls var veitt á 76 stöðum á öllum rannsóknasvæðunum þremur. Stærð svæða fór eftir aðstæðum í viðkomandi vatnsfalli og hversu mikill þéttleiki fiska var til staðar. Ef þéttleiki var lítill var stærra svæði veitt til að reyna að ná sem flestum aldurs- og stærðarhópum í sýnið, en það gefur meiri upplýsingar. Stærð rafveiðisvæða var á bilinu 43-750m².

Fiskar sem veiddust voru drepnir á vettvangi með því að svæfa þá í Samaríni, tegundagreindir og frystir samdægurs. Allir fiskar voru lengdarmældir með 1mm nákvæmni. Hlutsýni (minnst 5 fiskar) var tekið á hverjum rafveiðistað eða a.m.k. einum stað við hverja þverun og fiskar vigtaðir, krufnir til að ákvarða kyn og kynþroskastig og kvarnir teknar til aldursákvörðunar. Einnig var safnað í gagnabanka erfðasýnum af þeim fiskum sem teknir voru í hlutsýni, magasýni geymd til síðari

athugana og teknar myndir af fiskum fyrir útlitsrannsóknir. Samtals voru þessi hlutsýni 21% allra veiddra fiska. Þéttleiki fiska af hverri tegund var reiknaður út frá fjölda fiska í hverjum árgangi á hverri stöð og stærð veiðisvæðis: þéttleiki = (fjöldi seiða/stærð veiðisvæðis m^2)*100 m^2 (töflur 4-6). Þetta gefur aðeins seiðavísitölu en ekki heildarfjölda seiða.

2.3 Úrvinnsla gagna og tölfræði

2.3.1 Áhrif þverana á vatnsföll

Áhrif þverana á þrengingu flóðfars og árfars voru könnuð með því að reikna út tvö hlutföll: 1) hlutfall hámarksbreiddar þverana (þvermál/breidd fyrir stokka og ræsi, lengd fyrir brýr) af meðaltali flóðfarsmælinga ofan og neðan þverunar, 2) hlutfall hámarksbreiddar þverana (þvermál/breidd fyrir stokka og ræsi, lengd fyrir brýr) af meðaltali árfarsmælinga ofan og neðan við þverun. Hlutfallið 1:1 þýddi að hámarksbreidd þverunar var hin sama og meðaltal flóðfars/árfarsmælinga ofan og neðan þverunar og því ekki um þrenginu eða áhrif þverunar á flóðfar/árfar að ræða. Ef hlutfallið var lægra en 1:1, þrengdi þverun að flóðfari/árfari, t.d. táknaði hlutfallið 0,5:1 að hámarksbreidd þverunar var tvisvar sinnum minni en meðaltal flóðfars/árfars ofan og neðan þverunar. Einhliða t-próf var notað til að kanna hvort meðalhlutfall hverrar þverunargerðar væri frábrugðin meðaltalinu 1, þ.e. hlutfallinu 1:1 sem lýsir engum áhrifum (one-sample t-test, test with mean=1; De Veaux o.fl. 2005). Hlutföllin voru einnig borin saman milli ræsa í Skagafirði og á Ströndum annars vegar og brúa hins vegar með tvíhliða t-prófi (two-sample t-test, De Veaux o.fl. 2005). Slíkur samanburður var ekki gerður fyrir stokka þar sem sýnastærð (fjöldi) þeirra var lítil.

Fyrir ræsi var einnig reiknað út hlutfall rennslisbreiddar og meðaltals flóðfarsmælinga ofan og neðan ræsis og samskonar hlutfall fyrir rennslisbreidd og meðaláfar að ofan og neðan.

Áhrif þverana á straumhraða í vatnsföllum voru könnuð með því að reikna út meðalstraumhraðahlutfall, þ.e. hlutfall meðalstraumhraða inni í (ræsi/stokkar) eða undir (brýr) þverunarmannvirki af meðalstraumhraða ofan og neðan þverunar.

Hlutfallið 1:1 þýddi að straumhraði væri sá sami í eða undir þverunarmannvirki og í vatnsfallinu sjálfu utan áhrifasvæðis þverunar. Sömu tölfræðiprófum og voru notuð fyrir þrengingarhlutföllin (sjá að ofan) var beitt til að kanna hvort meðalstraumhraðahlutfallið væri frábrugðið meðaltalinu 1 (hlutfallið 1:1) eða breytilegt milli mismunandi svæða eða þverunargerða. Allur tölfræðilegur samanburður var gerður með hjálp tölfræðiforritanna SPSS 13.0 og Minitab 14.0.

2.3.2 Áhrif þverana á ferðir fiska

Tegund og stærð fisks skiptir miklu máli þegar kemur að því að ákvarða fiskgengd um þveranir. Við ákvörðun á fiskgengd þverana voru fiskar flokkaðir í fullorðna laxfiska annars vegar og hins vegar laxfiskaseiði og allar aðrar tegundir fiska (allir aldurshópar). Í þessari rannsókn var stuðst við skilgreiningu Bates o.fl. (2003, Design of Road Culverts for Fish Passage) um að fullorðinn laxfiskur væri lengri en 15 sm (í mörgum tilvikum eru þó fullorðnir fiskar staðbundinna stofna bleikju undir þeim stærðarmörkum) og seiði minni en það. Erfitt var að finna upplýsingar um sundgetu annarra tegunda en laxfiska við þveranir úr sambærilegum rannsóknum, og því var ákveðið að flokka aðrar tegundir en laxfiska með laxfiskaseiðum.

Við mat á fiskgengd ræsa og stokka var fylgt erlendum rannsóknum á sundgetu fiska í mismunandi straumi og ýmsum leiðbeiningabókum um frágang á ræsum og hvaða skilyrði þau þurfi að uppfylla til að vera fiskgeng. Þær breytur sem notaðar voru til að ákvarða fiskgengd um ræsi og stokka voru: meðalstraumhraði, meðaldýpi, fallhæð við útfall, hylur undir fallhæð ef hún var til staðar og hindranir við inntak eða útfall, s.s. grjóthnullungar. Tafla 1 sýnir lágmark eða hámark þessara breyta (eftir því sem við á) sem notuð voru til að ákvarða fiskgengd.

Bates o.fl. (2003) mæla með að hámarks meðalstraumhraði í ræsi fyrir ýmsar tegundir minni laxfiska (e. trouts) sé fyrir fullorðna fiska 1,2m/s í ræsum sem eru styttri en 30m. Þetta á vel við urriða og bleikju sem geta talist til minni tegunda laxfiska. Þar sem urriði og bleikja reyndust langalgengust á rannsóknarsvæðunum eru þessar forsendur notaðar fyrir fullorðinn fisk (tafla 1). Fullorðinn lax er talinn komast um ræsi með meiri straumhraða (t.d. Bates o.fl. 2003), en þar sem ekkert vatnsfall sem fullorðinn lax var líklegur til að fara um var tekið í þessari frumathugun, þarf ekki að

taka tillit til þess hér. Gosse o.fl. (1998) töldu að meðalstraumhraði fyrir laxfiskaseiði mætti ekki vera meiri en á bilinu 0,3-0,6m/s. Powers o.fl. (1997) mæltu með að meðalstraumhraði í ræsum færi ekki yfir 0,34m/s ef leyfa ætti öllum stærðarhópum seiða að komast um ræsi og Poulen og Argent (1997) töldu að ef náttúrlegur botn væri í ræsi, þá mætti þessi þröskuldur færast upp í 0,6m/s. Gibson o.fl. (2005) fylgja þessum leiðbeiningum við úttekt á fjölda ræsa í Kanada, og það sama er gert hér (tafla 1). Þannig að fyrir stokka sem allir höfðu náttúrlegan botn, var 0,6m/s notað, en 0,34m/s fyrir ræsi. Lengd ræsis skiptir síður máli fyrir far seiða. Botn ræsis var ekki talinn náttúrlegur nema að hann líkti eftir árbotni ofan og neðan ræsis. Í þeim fáu tilvikum sem einhver mól hafði skolast inn í ræsi var hún alltaf fremur fingerð og mun einsleitari en árbotninn sjálfur, og þakti auk þess yfirleitt einungis $\frac{1}{4}$ - $\frac{2}{3}$ af lengd ræsis ofan frá. Þess vegna var eftir sem áður miðað við meðalstraumhraðahámark 0,34m/s fyrir seiði í þessum ræsum.

Meðaldýpi í ræsi sem ekki er niðurgrafið þarf samkvæmt flestum leiðbeiningabókum að vera á bilinu 0,2-0,3m fyrir fullorðna laxfiska (Gosse o.fl. 1998; Bates o.fl. 2003; NMFS-SWR 2001, National Marine Fisheries Service – Southwest Region: Guidelines for Salmonid Passage at Stream Crossings 2001). Mælt er með 0,3m fyrir stærri laxfiska eins og lax, en fyrir minni laxfiskategundir á bilinu 0,2-0,24m. Hér er miðað við að lágmarks meðaldýpi í ræsi sé 0,2m (tafla 1) þar sem bleikja og urriði teljast til minni laxfiska og þar sem að dýpismælingar fóru fram við venjulegt sumarrennsli, en búast má við að meira dýpi sé á göngutíma sjógöngustofna að hausti til. Lágmarksdýpi fyrir seiði og aðrar tegundir var ákveðið 0,15m (tafla 1; sjá NMFS-SWR 2001).

Ákvarðað var að fallhæð úr ræsi við útfall mætti ekki vera meiri en 0,3m fyrir fullorðinn fisk og 0,15m fyrir seiði, að því gefnu að hylur væri til staðar undir fallhæðinni sem væri a.m.k. 0,6m á dýpt (tafla 1; NMFS-SWR 2001; Bates o.fl. 2003). Þar sem að aðrar tegundir íslenskra ferskvatnsfiska en laxfiskar (áll og hornsíli) hafa takmarkaða stökkgetu, var gert ráð fyrir að þessar tegundir gætu ekki í neinum tilfellum komist þverun þar sem fallhæð væri við útfall (tafla 1).

Hindranir við útfall eða inntak, s.s. grjóthnullungar gátu einnig hindrað ferðir fiska af öllum aldurshópum og tegundum. Í nokkrum tilfellum var hægt að nota niðurstöður

rafveiða eða aðra þætti til að hjálpa til við að ákvarða fiskgengd þverana, sérstaklega í tilvikum þar sem niðurstöður sýndu að þveranir voru á mörkum þess að standast þær forsendur sem notaðar voru til ákvörðunarinnar. Slík tilvik eru rædd sérstaklega fyrir viðkomandi þverun.

Sömu viðmiðanir fyrir dýpi og straumhraða voru notaðar til að ákvarða fiskgengd undir brúm, nema að litið var til mesta dýpis og lægsta straumhraða sem mældust. Þetta var gert vegna þess að undir brúm er árbotn náttúrlegur og rennsli ekki beint í einn farveg eins og fyrir ræsi. Fyrir seiði var því miðað við að lægsta straumhraðamæling væri ekki meiri 0,6m/s.

Í þeim tilvikum þar sem um tvö ræsi eða fleiri var að ræða í þverun ár eða lækjar, var það ræsi notað sem samkvæmt mælingum var líklegra til að vera gengt fiski.

2.3.3 Áhrif þverana á búsvæði lífvera

Stærð búsvæða sem fóru undir þverunarmannvirki var reiknuð út sem annars vegar stærð árfars sem tapaðist og hins vegar sem tapað flóðfar utan árfars. Heildarstærð búsvæðis (árfar og flóðfar utan árfars) sem tapaðist fyrir ræsi og stokka var reiknað sem margfeldi af lengd þverunar og meðaltali á breidd áhrifasvæðis ofan og neðan hennar. Stærð árfars sem fór undir þverunarmannvirki var reiknað sem margfeldi af lengd þverunar og meðaltali árfarsmælinga á sniðum ofan og neðan þverunar. Árfar ofan og neðan þverunar var notað þar sem yfirleitt var mjög erfitt að greina hvort vegfylling stóð þar sem áður var árfar eða utan þess. Árfari sem tapaðist var skipt upp í það svæði sem fór undir þverunina sjálfa og það svæði sem fór undir vegfyllingu. Búsvæði sem fór undir þverunina sjálfa var reiknað sem margfeldi af breidd þverunar (þvermáli) og lengdar þess. Árfar undir vegfyllingu var þá mismunurinn á heildarárfari og árfari undir þverunina sjálfa. Þar sem stokkar höfðu náttúrlegan botn var ekki um að ræða tap á árfari undir þeim sjálfum, nema ef hluti botns í þeim var steinsteyptur. Fyrir brýr var mælt hve mikið af árfari og flóðfari utan árfars tapaðist undir brúarstöpla og vegfyllingu. Tapað búsvæði undir árfar miðast við það árfar sem var þegar mælingar áttu sér stað, þ.e. við dæmigert sumarrennsli. Þegar um tvö ræsi var að ræða í sömu þverun var það tekið til greina við útreikninga. Búsvæðatap var ekki reiknað fyrir manngerða læki.

Flatarmál (m^2) búsvæðis fiska ofan þverana sem hindruðu ferðir fullorðinna laxfiska í ám og lækjum var reiknað út sem margfeldi af lengd fiskgengs árkafla ofan þverunar og meðalárfars á þeim kafla. Flatarmál búsvæðis neðan þverunar var reiknað út á sama hátt og ofan þverunar og hlutfall tapaðs búsvæðis af heildarflatarmáli árfars viðkomandi vatnsfalls reiknað út. Þessir útreikningar voru eingöngu gerðir fyrir vatnsföll þar sem vitað var að laxfiskar væru til staðar og gat verið um að ræða stofna sjógöngufíska (urriða og/eða bleikju) eða stofna með blandaða lífssögu. Ár og lækir sem vitað var að eingöngu hýstu staðbundna stofna laxfiska voru ekki teknir með í þessa útreikninga. Í tilfellum þar sem tveir lækir sameinuðust, var flatarmáli búsvæðis neðan ármóta skipt á milli vatnsfallanna í útreikningum. Þegar fleiri en ein þverun í sama vatnsfalli hindraði fullorðinn laxfisk, var flatarmál reiknað út fyrir ofan og neðan þá þverun sem var neðar í vatnsfallinu.

3. Niðurstöður

3.1 Yfirlit yfir fjölda vatnsfalla og fjölda og gerð þverana

Á rannsóknarsvæðunum þremur voru alls skoðaðar 62 þveranir í 37 vatnsföllum. Á austanverðu vatnasviði Héraðsvatna í Skagafirði voru teknar fyrir 37 þveranir í 18 vatnsföllum, 7 þveranir voru rannsakaðar í 4 vatnsföllum á vatnasviði Fljótaár og Miklavatns og 18 þveranir í 15 vatnsföllum á Ströndum norðan Asparvíkurdals og norður í Norðurfjörð (töflur 2 og 3).

Í Skagafirði og í Fljótum var fiskur til staðar í öllum vatnsföllum sem skoðuð voru. Á Ströndum var rafveitt í 11 vatnsföllum og varð vart við fisk í 8 af þeim. Munnlegar upplýsingar staðkunnugra staðfestu að fiskur var í 2 vatnsföllum að auki, Bæjará í Veidileysufirði og afrennsli úr Kaldbaksvíkurvatni (tafla 2). Upplýsingar fengust ekki um hvort fiskur væri til staðar í 2 vatnsföllum á Ströndum, Kolbeinsvíkurá og Búðará í Kúvíkurdal.

Bleikja var langalgengasta fiskitegundin á öllum svæðunum og ríkjandi tegund á Ströndum og í Fljótum. Í Skagafirði var bleikjan einnig ríkjandi ásamt urriða, en hann fannst einungis þar. Aðrar fiskitegundir voru mun sjaldgjæfari. Lax fannst í 4 vatnsföllum í Skagafirði og 2 í Fljótum (tafla 2). Athuga ber að sú dreifing fiskitegunda sem hér kemur fram tekur í flestum vatnsföllum aðeins til takmarkaðs svæðis, þ.e. í námunda við þveranir og þarf ekki endilega að endurspeglar útbreiðslu tegunda á rannsóknarsvæðunum. Þessi rannsókn staðfesti að ný fisktegund við Ísland, ósalúra (*Platichthys flesus*) sem nýtir sér ferskvatn og ósasvæði til uppvaxtar hefur numið land á Ströndum.

Þveranir voru flokkaðar í þrjár mismunandi gerðir: ræsi (n=35), brýr (n=23) og stokka (n=4; tafla 3). Hlutfall ræsa af heildarfjölda þverana á hverju svæði var svipaður í Skagafirði og á Ströndum. Um 35% brúa í Skagafirði voru á aflögðum vegum, en einungis um 5% á Ströndum. Fljótin skáru sig meira úr þar sem svipaður fjöldi þverana af hverri gerð var skoðaður, en athuga ber að þveranir sem rannsakaðar voru þar voru mun færri en á hinum stöðunum (tafla 3).

Allar þveranir á Ströndum voru á vegum sem eru í notkun nema gömul brú yfir Fossá í Asparvíkurdal. Tvær þveranir voru í heimreiðum að bæjum (1 ræsi og 1 brú), en aðrar þveranir voru á þjóðvegi 643, utan eins ræsis í þjóðvegi 646. Í Skagafirði voru 6 þveranir í gömlum vegum (allt brýr utan eins ræsis), 3 í afleggjurum heim að bæjum (allt ræsi) og 8 í vegagerð í túnum sem tengist landbúnaði (allt ræsi utan einnar brúar). Aðrar þveranir í Skagafirði voru á þjóðvegi nr. 1 og þjóðvegi nr. 76. Þrjú ræsi sem tengdust afrennislækjum sem mynduðust við vegagerð meðfram þjóðvegi eitt milli Bólu og Silfrastaða í Skagafirði voru tekin til athugunar. Í Fljótum voru 2 þveranir í gömlum vegum (1 brú og 1 stokkur), aðrar þveranir voru í þjóðvegi 76, þjóðvegi 82 og þjóðvegi 789.

3.2 Mælingar á þverunum og áhrif þeirra á vatnsföll

Þveranir voru af margskonar stærðum sem fór f.o.f. eftir stærð vatnsfalls og breidd vegar. Meðalþvermál ræsa í rannsókninni var 1,6m (spönn: 0,61-5,6m) og stokka 2,0m (0,85-4,95m). Lengdir brúa voru frá 3-104m (meðaltal: 24,1m). Í 4 ræsiþverunum í Skagafirði, einni í Fljótum og tveimur á Ströndum voru 2 ræsi í hverri þverun (töflur 12, 13 og 14). Þar af var annað þurrt á einum stað í Skagafirði og á staðnum í Fljótum. Slík ræsi hleypa f.o.f. vatni um sig í leysingum eða miklum vatnsveðrum.

3.2.1 Niðursetning og frágangur ræsa

Ekkert ræsi var niðurgrafið í árfarveginn á neinu svæðanna þriggja, en flest lágu jafnt árbotni við inntak. Í 26% tilfella hafði grafið undan ræsum við inntak og þau ræsi lágu að meðaltali 0,13m (\pm 0,07m) ofar en árfarvegur. Fallhæð niður á vatnsflöt reyndist vera til staðar á 43% ræsa sem könnuð voru og var að meðaltali 0,32m (\pm 0,19m; spönn: 0,05-0,64m). Á Ströndum voru hlutfallslega fleiri ræsi á lofti við inntak en í Skagafirði, eða 45% á móti 19%. Það sama gilti fyrir fallhæð þar sem 55% ræsa á Ströndum en 33% í Skagafirði mynduðu foss við útfall. Þau ræsi á Ströndum sem lágu ofan árfarvegs, voru að meðaltali 0,10m (\pm 0,04m) á lofti við inntak og 0,18m (\pm 0,09m) í Skagafirði. Meðalfallhæð á Ströndum var 0,4m (\pm 0,22m) og 0,24m (\pm

0,17m) í Skagafirði. Ekki reyndist þó marktækur munur á milli svæða á fallhæð eða hversu hátt ræsi voru á lofti við inntak ($P>0,05$).

Athygli vekur að fallhæð niður á vatnsflöt var í 3 af 4 stokkum í allri úttektinni. Í tveimur tilvikum féll vatn niður af grjóthleðslu við útfall stokks (Miklabæjarlækur í Blönduhlíð og Hvammslækur í Fljótum), en í einu tilviki hafði grafið undan við op stokks og fallhæð myndast (Brunná í Fljótum). Meðalfallhæð var 0,4m (spönn: 0,1-0,6m). Engin vandamál voru við inntak stokka.

3.2.2 Áhrif þverana á þrengingu flóðfars og árfars

Hlutfall hámarksbreiddar þverana (lengd fyrir brýr) af meðaltali flóðfars ofan og neðan þeirra sýndi mikinn mun milli þverunargerða (mynd 1). Ræsi og stokkar reyndust þrengja mest að flóðfari hvort sem skoðuð voru öll svæði saman eða hvert fyrir sig, en brýr höfðu mun minni áhrif. Hlutfallið milli breiddar (þvermáls) ræsa og meðalflóðfars var 0,42:1 fyrir öll svæðin saman og var marktækt frábrugðið hlutfallinu 1:1 (einhliða t-próf: $t_{34} = -14,8$, $P<0,001$). Sama gilti fyrir stokka (0,47:1; $t_3 = -10,2$, $P=0,002$). Fyrir brýr var þetta hlutfall 1,00:1 og ekki marktækt frábrugðið hlutfallinu 1:1 ($P=0,05$). Þegar þetta hlutfall var borið saman á milli ræsa í Skagafirði (0,44:1) og á Ströndum (0,34:1) kom ekki fram marktækur munur (tvíhliða t-próf; $P>0,05$). Hins vegar var slíkur samanburður fyrir brýr marktækur (Skagafjörður 1,14:1, Strandir 0,79:1; $t_{19} = 2,27$, $P=0,035$).

Hlutfall breiddar þverunar af meðaltali árfars ofan og neðan þeirra fyrir ræsi og stokka var nær hlutfallinu 1:1 heldur en hlutfallið milli breiddar þverana og flóðfars. Samt sem áður var hlutfallið enn marktækt frábrugðið 1:1 (ræsi: $t_{34} = -12,2$, $P<0,001$; stokkar: $t_3 = -5,44$, $P=0,012$), og þrengdu þessar þverunargerðir umtalsvert að árfari óháð svæðum (ræsi öll svæði: 0,54:1; stokkar öll svæði: 0,61:1; mynd 2). Hlutfallið fyrir brýr sýndi að ef öll svæði voru tekin saman reyndist lengd brúar yfir vatnsfall vera 2 sinnum meiri en árfarið, og 2,5 sinnum meira fyrir brýr í Skagafirði einum. Í Fljótum var hlutfallið þó undir 1:1 eða 0,85:1 (mynd 2), en sýnastærð þar var ekki stór ($n=2$). Ekki reyndist marktækur munur fyrir ræsi á milli Skagafjarðar og Stranda ($P>0,05$).

Hlutfall rennslisbreiddar í ræsum af meðalflóðfari (0,30 öll svæði) og meðalárfari (0,39 öll svæði) ofan og neðan þeirra var hámarktækt frábrugðin hlutfallinu 1:1 ($t_{34} = -22,3$, $P < 0,001$ og $t_{34} = -20,8$, $P < 0,001$; myndir 3 og 4). Þetta hlutfall var afar svipað milli svæða ($P > 0,005$).

Í viðauka A er að finna ofantalin hlutföll fyrir hverja einstaka þverun.

3.2.3 Áhrif þverana á straumhraða

Meðalstraumhraðahlutfall, þ.e. hlutfall meðalstraumhraða inni í (ræsi og stokkar) / undir þverunarmannvirki (brýr) af meðalstraumhraða ofan og neðan þverunar, fyrir mismunandi þverunargerðir sýndi að gerð þverunar hafði mikil áhrif á straumhraða um þverunina (mynd 5). Ræsi höfðu mest áhrif, en straumhraði um þau (öll svæði) var að meðaltali 2,14 sinnum meiri en meðalstraumhraði á sniðum ofan og neðan þeirra. Meðalstraumhraðahlutfall ræsa fyrir öll svæði var marktækt hærra en hlutfallið 1:1 (t-test: $t_{34} = 6,72$, $P < 0,001$), en hvorki brýr (1,09:1) né stokkar (1,83:1) sýndu marktæk frávik þar frá ($P > 0,05$). Meðalstraumhraðahlutfall ræsa reyndist marktækt hærra en brúa (öll svæði) (t-test: $t_{45} = -5,67$, $P < 0,001$).

Meðalstraumhraðahlutfallið var einnig nokkuð breytilegt milli svæða fyrir hverja þverunargerð fyrir sig (mynd 5). Þessi munur var á mörkum þess að vera marktækur fyrir ræsi í Skagafirði annars vegar (1,82:1) og á Ströndum hins vegar (2,57:1; $t_{30} = -2,05$, $P = 0,050$), en var ómarktækur fyrir brýr á milli sömu svæða ($P > 0,05$). Ekki var hægt að bera stokka saman á milli svæða sökum þess hve fáir þeir voru. Meðalstraumhraði undir brúm á Ströndum er nokkuð lægri en meðalstraumhraði ofan og neðan þeirra (mynd 5).

Viðauki B hefur að geyma upplýsingar um meðalstraumhraðahlutfall fyrir hverja einstaka þverun.

3.3 Áhrif þverana á ferðir fiska

3.3.1 Yfirlit yfir rafveiðar í kringum þveranir

Á þeim 76 rafveiðistöðum sem veitt var á, á öllum þremur rannsóknarsvæðunum, veiddust alls 2117 fiskar, 1419 í Skagafirði, 430 á Ströndum og 268 í Fljótum. Bleikja og urriði voru langalgengustu fisktegundirnar, en rétt innan við 1000 fiskar veiddust af hvorri tegund, urriðinn eingöngu í Skagafirði, en bleikjan á öllum svæðunum.

Vorgömul (0+, úr hrygningu ársins á undan) og eins árs seiði (1+) voru langalgengasti aldursflokkurinn (sjá töflur 4-6 og myndir í viðauka C, D og E fyrir aldurs- og lengdardreifingar). Kynþroskastig bleikju og urriða gaf til kynna að margir af stofnum bleikju og urriða á rannsóknarsvæðunum hafi blandaða lífssögu (töflur 4-6).

Kynþroska smáhængar urriða veiddust í 4 af 14 vatnsföllum sem fóstu urriða á rannsóknarsvæðinu í Skagafirði og kynþroska hrygnur (ekki sjógengnar) í 1 vatnsfalli (tafla 4). Kynþroska smáhængar bleikju voru mjög algengir á öllum rannsóknarsvæðunum og fundust í 53% bleikjuvatnsfalla í Skagafirði (tafla 4), 75% í Fljótum (tafla 5) og 71% á Ströndum (tafla 6). Kynþroska hrygnur bleikju sem ekki höfðu gengið til sjávar fundust í 1 vatnsfalli í Fljótum, í Brunná (tafla 5) og einu á Ströndum, í Kraká í Veiðileysufirði (tafla 6).

Aðrar tegundir en bleikja og urriði veiddust í mun minna mæli. Bleikja eða urriði veiddust í langflestum vatnsföllum sem veitt var í á annað borð, en þó ekki í læk við Reykjarnes í Árneshreppi á Ströndum þar sem einungis veiddust hornsíli (töflur 4-6, Viðauki E, mynd E9).

Hinn mikli þéttleiki seiða sem víða fannst ofan og neðan þverana sýndi að mjög algengt er að þveranir séu settar niður þar sem búsvæði eru mjög góð fyrir seiði (töflur 4-6, viðaukar C, D og E).

3.3.2 Hlutfall ófiskgengra þverana

Gerð þverunar hafði mikil áhrif á hvort fiskur komst upp fyrir þverun eða ekki. Einnig var mikill munur á fjölda þverana sem voru metnar ógengar fyrir fullorðna laxfiska og fyrir seiði eða aðrar tegundir en laxfiska (tafla 7).

Ræsi hindruðu ferðir fullorðinna laxfiska í 40% tilfella og í 83% tilfella fyrir seiði/aðrar tegundir en laxfiska. Þessi hlutföll voru mjög svipuð á milli svæða (tafla 7). Brýrnar skáru sig mikið úr, en í Skagafirði og Fljótum voru allar brýr gengar öllum fiski (töflur 7-9). Á Ströndum var ein brú metin ógeng bæði fullorðnum og seiðum, Búðará í Kúvíkurdal á Ströndum (töflur 7 og 10), sökum lítils dýpis undir henni. Athuga ber þó að um algerlega náttúrlegar aðstæður var að ræða undir brúnni, mjög svipaðar og ofan og neðan hennar.

Stokkar skáru sig talsvert úr, því hlutfall ófiskgengra stokka var mjög hátt, 75% fyrir fullorðna og 100% fyrir seiði/aðrar tegundir, ef öll svæðin voru tekin saman (tafla 7). Athuga ber að sýnastærð stokka er mjög lítil (n=4).

Þveranir sem voru ógengar fullorðnum fiski voru í öllum nema einu tilviki einnig ógengar seiðum, í ræsi í Víðivallalæk (þverun 2 (P2) í túni), en þar var dýpi ekki nægjanlegt fyrir fullorðinn fisk (tafla 8).

3.3.3 Breytur sem hindra ferðir fiska um ræsi

Breytur (einar eða ásamt öðrum) sem hindruðu ferðir fiska um ræsi voru misalgengir orsakavaldar ef litið var á fullorðna laxfiska annars vegar og laxfiskaseiði/aðrar tegundir hins vegar (mynd 6 og 7, töflur 8-10). Algengasta ástæða þess að fullorðnir laxfiskar komust ekki um ræsi var of lítil meðaldýpt í ræsunum (36% tilfella). Of há fallhæð úr ræsi niður á vatnsflöt hindraði ferðir í 25% og grjót í 21% tilvika. Of grunnur hylur við útfall þar sem fallhæð var úr ræsi og of hár straumhraði voru óalgengari ástæður (mynd 6, töflur 8-10). Langalgengasta orsök þess að laxfiskaseiði og aðrar tegundir fiska komust ekki upp ræsi var of hár straumhraði (54% tilvika). Of há fallhæð var líka algeng orsök eða við 22% ræsa. Grjót við útfall, of grunnt meðaldýpi í ræsi og of grunnur hylur við útfall þar sem fallhæð var úr ræsi voru ekki eins algengar ástæður (7. mynd, töflur 8-10). Tvær breytur hindruðu svipaðan fjölda ræsa hjá fullorðnum og seiðum/öðrum tegundum, grjót við útfall og dýpi hyljar þar sem fallhæð úr ræsi var til staðar. Grjót hindraði far allra aldurshópa um 6 ræsi og of grunnur hylur við 3 ræsi hjá fullorðnum og 2 hjá seiðum/öðrum tegundum hindraði far (töflur 8-10).

Meðaldýpi ræsis var í fimm tilfellum eina orsökkin á bak við hindrun fullorðinna fiska og straumhraði var í 16 tilvikum eina orsök þess að seiði/aðrar tegundir komust ekki upp ræsi (töflur 8-10). Hins vegar var ekki síður algengt að fleiri en ein breyta væri örsök hindrunar (töflur 8-10). Við 9 ræsi sem hindruðu ferðir fullorðinna fiska voru tvær eða fleiri ástæður fyrir hindrun og við 13 ræsi hjá seiðum/öðrum tegundum.

3.3.4 Hindranir: undantekningar frá forsendum

Við nokkrar þveranir höfðu fleiri þættir en hinar almennu forsendur (sjá töflu 1) áhrif á hvort ræsi voru talin fiskgeng. Í afrennsli úr Kaldbaksvíkuvatni á Ströndum var brúin metin geng út frá dýpi og sjónrænu mati á straumhraði, en straumhraðamælingar vantaði þaðan. Engar hindranir voru til staðar (tafla 10). Í neðsta ræsinu niður við sjó í Síkinu í Norðurfirði á Ströndum var straumhraði um 0,01m/s hraðari en seiði eiga að komast samkvæmt þeim forsendum sem gefnar voru, en ræsi var samt talið gengt seiðum þar sem lítil seiði (0+ eða 1+) sáust synda upp það við vettvangsathuganir (tafla 10). Þrjú ræsi voru metin geng fullorðnum fiski þrátt fyrir að þau hafi ekki uppfyllt allar forsendur fyrir því að vera geng. Í Seljá á Ströndum var fallhæð við útfall ræsis of há, en hylur neðan þess var mjög djúpur og rafveiðar á seiðum rétt ofan ræsisins sýndu að um var að ræða sjóbleikjuseiði. Ræsið var því metið gengt fyrir fullorðna sjóbleikju (töflur 6 og 10). Í Hvammslæk við Bakkavað í Fljótum var ræsi með hærri fallhæð en forsendur fyrir fari fullorðinna fiska leyfir. Ræsið var metið gengt fullorðnum fiski (sjóbleikju) út frá lengdar- og aldursdreifingu í veiðinni ofan ræsisins (tafla 5, mynd D4 í viðauka D), en veiðin þar var að megninu til 0+ og engin fiskur eldri en 2+. Það bendir til þess að um sjóbleikju eða blandaða lífssögu sé að ræða. Munnlegar heimildir gáfu einnig til kynna að sjóbleikja gengi upp lækinn (Jóhannes H. Ríkharðsson). Ræsi í Þjóðvegi 1 í Strangalæk í Blönduhlíð í Skagafirði reyndist hafa örlítið of grunnan hyl neðan fallhæðar úr ræsinu til að standast forsendur fyrir fari fullorðinna fiska. Hins vegar benda aldurs- og lengdardreifingar (tafla 4, myndir C17 og C18 í viðauka C) til þess að um seiði sjógöngufisks sé að ræða bæði af urriða (eingöngu 0+ og 1+) og bleikju (0+, 1+ og 2+) og því talið að fullorðinn fiskur komist upp ræsið (tafla 8).

3.3.5 Umfang hindrana

Á öllum svæðunum þremur voru 15 vatnsföll (af 37, eða 41%) þar sem fullorðinn fiskur var ekki talinn komast um eina eða fleiri þveranir í viðkomandi vatnsfalli. Sama tala fyrir seiði reyndist vera 23 vatnsföll (62%). Af þessum voru 5 vatnsföll sem ekki er vitað hvort hýsa fisk, öll á Ströndum (töflur 8-10, tafla 2). Greinilegur munur var á gerð þverana í vatnsföllum sem voru talin geng öllum fiski. Í heildina höfðu þveranir ekki áhrif á 14 vatnsföll (38%) og þar af voru 13 vatnsföll eingöngu með brúm, og eitt vatnsfall eingöngu með ræsum (Siki í Norðurfirði á Ströndum, tafla 10).

3.4 Áhrif þverana á búsvæði lífvera

3.4.1 Tapað búsvæði undir þverunarmannvirki

Á austanverðu vatnasviði Héraðsvatna í Skagafirði hafa tapast alls 4185 m² af búsvæði fiska undir þau 37 þverunarmannvirki sem skoðuð voru. Meira en helmingur þessa svæðis var þó utan árfars, en 1654 m² af árfari tapaðist (tafla 11). Langstærstur hluti þessa svæðis var vegna vegfyllingar við eina brú, brúna yfir Norðurá yfir á Kjálka, en vegfylling sem fór undir árfar við hana nam um 60% af heildarárfari sem fór alls undir vegfyllingar í Skagafirði og um 80% af því svæði sem fór undir flóðfar utan árfars í Skagafirði (tafla 12). Í Fljótum var búsvæðamissir 374m², þar af 306m² undir árfar þeirra 7 þverunarmannvirkja sem athuguð voru. Á Ströndum fóru 1457m² af búsvæði undir þau 18 þverunarmannvirki sem skoðuð voru, þar af 935m² undir árfar (tafla 11)

Meðaltalsútreikningar fyrir mismunandi þverunargerðir í Fljótum og á Ströndum sýna greinilega að mun meira árfar fer undir ræsi en brýr að meðaltali (tafla 11, mynd 8). Brýrnar sjálfar taka aldrei upp árfar og vegfylling og brúarstöplar aðeins takmarkað svæði. Hins vegar taka ræsin sjálf upp u.þ.b. helming alls þess árfars sem fer undir allt þverunarmannvirki (tafla 11). Í Skagafirði eru meðaltöl heildarárfars sem tapast svipuð fyrir brýr og ræsi, þrátt fyrir að brýrnar sjálfar taki ekki upp neitt árfar þar frekar en á hinum svæðunum (tafla 11). Hins vegar ef Norðurárbrúin yfir á Kjálka er ekki tekin með í meðaltalsútreikningana fyrir Skagafjörð, verða niðurstöðurnar

svipaðar í Skagafirði og á hinum rannsóknarsvæðunum (mynd 8). Brýr og ræsi virðast taka upp svipað mikið af flóðfari utan árfars bæði á Ströndum og í Skagafirði (ef Norðurárbrúin er ekki tekin með: tafla 11, mynd 8). Í Fljótum voru engin áhrif mælanleg vegna brúa, en athuga ber að sýnastærð þar var mjög lág (n=2; tafla 11). Engar aðrar einstakar þveranir höfðu viðlíka áhrif á meðaltalsútreikninga og Norðurárbrúin (töflur 12-14).

3.4.2 Áhrifasvæði þverana

Áhrifasvæði voru afar mismunandi stór eftir einstökum þverunum og áhrif einstakra þverana á heildartölur og meðaltöl þess vegna mikil (töflur 11-14). Áhrifasvæði voru yfirleitt stærri ofan þverana en neðan þeirra, nema í Skagafirði (tafla 11). Áhrifasvæði brúa voru að meðaltali mun minni en annarra þverunargerða (tafla 11).

3.4.3 Tapað búsvæði sjógöngustofna laxfiska vegna hindrana við þveranir

Vegna hindrana við þveranir á ferðum fullorðinna laxfiska í ám og lækjum, þar sem sjógöngustofna og/eða stofna með blandað lífssögu var að finna, tapaðist á bilinu 848-12844m² búsvæði, eða frá 37% og allt upp í 92% af heildarbúsvæði viðkomandi vatnsfalla (tafla 15). Í 6 af 8 vatnsföllum útilokuðu þveranir aðgang sjógöngufiska að meira en helmingi búsvæða vatnsfallanna. Hlutfallið var langhæst í Hjarðarhagalæk í Blönduhlíð í Skagafirði (92%), en einnig mjög hátt í læk norðan Hjarðarhagalæks (78%). Þá var hlutfallið yfir 60% bæði í Strangalæk í Blönduhlíð og í Brunná í Fljótum (tafla 15). Á einum þessara staða, í Helluá í Blönduhlíð, varð ekki vart neins fiskjar í rafveiði ofan ræsisins (tafla 4). Þessar þveranir voru í öllum tilvikum ræsi eða stokkar. Í tveimur þessara vatnfalla voru fleiri en ein þverun sem hindruðu fullorðinn fisk (tafla 15).

Í þeim ám og lækjum sem ekki voru geng fullorðnum laxfiski á Ströndum (tafla 10) var eingöngu um að ræða vatnsföll sem ekki var vitað að hýstu fisk, eða þar sem náttúrulegar hindranir neðan þverana gerðu vatnsfall ófiskgengt sjógöngufiski (tafla 14) og eingöngu fundust staðbundnir stofnar laxfiska eða annarra fiskitegunda.

4. Umræður

Þessi frumúttekt á áhrifum brúa- og ræsagerðar á vatnalíf á Íslandi sýnir með ótvíræðum hætti að slíkar framkvæmdir hafa haft í för með sér umtalsverð neikvæð áhrif á lífríki áa og lækja. Þau áhrif eru þó mjög háð þverunargerð. Þessi fyrsti hluti rannsóknarinnar sem beindist fyrst og fremst að áhrifum á ferðir ferskvatnsfiska og búsvæði þeirra gefur gott yfirlit yfir umfang vandamálsins á þeim þremur svæðum á landinu sem rannsóknin náði yfir.

Mikill munur reyndist vera á áhrifum mismunandi þverunargerða og kom þetta sérstaklega vel fram fyrir brýr og ræsi. Stokkar voru fáir í rannsókninni og niðurstöður fyrir þá því ekki eins marktækar, auk þess sem flestir þeirra voru gamlir og í sumum tilvikum illa farnir. Ræsi hafa mun meiri áhrif en brýr á alla þá þætti sem kannaðir voru. Þau þrengja mikið að bæði flóðfari og árfari og straumhraði um þau er mun meiri en í árfari ofan og neðan þeirra. Fyrir sömu þætti virðast brýr ekki hafa nein marktæk áhrif. Meðan brýr höfðu lítil sem engin áhrif á ferðir fiska eða tap á búsvæðum, voru áhrif ræsa afar mikil, sérstaklega á ferðir laxfiskaseiða og annarra tegunda en laxfiska, en einnig á tap á búsvæðum, sérlega á árfari. Auk þessa klipptu ræsi á farleiðir nokkurra sjógöngustofna þannig að hrygningar- og uppeldissvæði þeirra rýrnuðu um meira en helming í flestum tilvikum. Vandamál er lúta að áhrifum brúa- og ræsagerðar á vatnalíf er því fyrst og fremst tengt ræsum.

Þrenging árfars og flóðfars vegna ræsagerðar getur haft áhrif á hreyfingar í árbotninum ofan og neðan ræsis og aukið setmyndun (Wellmann o.fl. 2000). Til þess að leyfa árfarvegi að þróast innan ræsisins og til að forðast áhrif á árfarveginn ofan og neðan þeirra mæla Bates o.fl. (2003) með því að breidd í botni ræsa sé í minnsta lagi $1,2 \times$ breidd flóðfars + 0,6m. Ekkert ræsanna í þessari rannsókn uppfyllti þetta, og var þvermál þeirra um tvisvar sinnum minna en flóðfar og árfar (myndir 1 og 2). Sé einungis miðað við rennslisbreidd um ræsi var þetta enn alvarlegra. Erlendar rannsóknir hafa sýnt að algengt er að malareyrar hlaðist upp ofan og neðan ræsa (Wellmann o.fl. 2000) og varð vart við slíkt við nokkur ræsi í þessari rannsókn, t.d. í Kraká í Veðileysufirði á Ströndum og Reykjaá í Fljótum svo dæmi séu tekin. Almennt varð ekki vart mikillar setmyndunar í kringum ræsi í þessari rannsókn. Með

Því að tryggja að þveranir þrenji ekki að vatnsföllum má frekar halda áhrifum á náttúrlegar hreyfingar í lágmarki svo þau megi þróast á eðlilegum forsendum.

Þegar þrengt er að árfari með niðursetningu ræsis eykst straumhraði oft margfalt í gegnum það miðað við svæði ofan og neðan þess (Larinier 2002; House o.fl. 2005). Aukning á straumhraða í vatnsföllum við þveranir hefur mikil áhrif á lífríki í viðkomandi vatnsfalli. Straumhraði breytist yfirleitt ekki þar sem brýr eru notaðar en öðru máli gegnir um þau ræsi sem þrengra að árfari (Kosicki og Davis 2001; þessi rannsókn). Botngerð ræsanna skiptir líka gríðarlega miklu máli (House o.fl. 2005). Náttúrleg botngerð eða botngerð sem líkir eftir slíkri dregur úr straumhraða og lygnur eða hvíldarstaðir ná að myndast inn á milli, sem ekki gerist í einsleitum straumfari ræsa án náttúrlegs botns. Þetta sást vel í þessari rannsókn, þar sem straumhraði var mun minni undir brúm og í stökkum heldur en í ræsum þar sem hann var meira en tvisvar sinnum hærri en ofan og neðan þeirra (mynd 5). Þetta getur haft mikil áhrif á ferðir fiska upp ræsi (t.d. Gibson o.fl. 2005; Larinier 2002). Of hár straumhraði var einmitt algengasta orsök þess að laxfiskaseiði og aðrar tegundir komust ekki um ræsi í okkar rannsókn (mynd 7). Áhrifin á fullorðna fiska voru hins vegar mun minni, en ónægt dýpi í ræsum hafði hins vegar víðtækust áhrif á fullorðna fiskinn (mynd 6). Rannsóknir erlendis hafa sýnt að þessir tveir þættir hafa mikil áhrif á far fiska um ræsi (Warren og Pardew 1998; Toepfer o.fl. 1999; Gibson o.fl. 2005).

Aðrir þættir sem höfðu marktæk áhrif á fiskgengd um þveranir í þessari rannsókn voru of há fallhæð og grjóthindranir fyrir framan útfall ræsa. Slíkt er einnig vel þekkt erlendis frá (Bates o.fl. 2003; Gibson o.fl. 2005), ekki síst fyrir tegundir smávaxinna fiska (Warren og Pardew 1998). Of grunnur hylur þar sem um fallhæð var að ræða var í færri tilfellum vandamál við ræsi á rannsóknarsvæðunum.

Athygli vakti hversu algengt var að fleiri en einn þáttur kæmi í veg fyrir fiskgengd við eitt og sama ræsið í okkar rannsókn (tölur 8-10) og bendir til þess að ýmislegt hefði mátt betur fara við niðursetningu og frágang ræsa á rannsóknarsvæðunum. Hins vegar styrkir þetta áreiðanleika þess mats sem notað var við að ákvarða hvort þverun væri fiskgeng eða ekki, þó vissulega sé erfiðara að benda á einhvern einn þátt sem orsakavald við tiltekið ræsi. Auðvelt ætti að vera að koma í veg fyrir þætti eins og að grjót hindri för við útfall með því að gæta að frágangi. Of há fallhæð myndast t.d. oft

ef halli ræsis er minni en vatnsfallsins ofan og neðan þess. Ef árbotn eða jarðlög neðan fallhæðar eru ekki mjög hörð grefur oft undan ræsinu við útfall og hylur myndast (Wellmann 2000). Slíkir hylir geta verið jákvæðir fyrir far fiska upp ræsi þegar þeir eru nógu stórir og fallhæð ekki of mikil, en hönnunarlega séð teldist það miður. Stundum eru ræsi steipt í stokk til að koma í veg fyrir að grafi undan þeim og til að halda þeim stöðugri. Það hins vegar skapar mjög oft vandamál með fallhæðir ef ekki er gætt að því að grafa ræsin niður í árfarveginn. Nokkuð var um þetta á rannsóknarsvæðunum í þessari rannsókn. Af þeim ræsum sem könnuð voru í úttektinni var ekkert ræsi niðurgrafið í árfarveginn á neinu svæðanna þriggja og talsvert algengt var að fallhæð væri niður á vatnsflöt (43% ræsa).

Telja má að þær breytur sem notaðar voru til að ákvarða fiskgengd séu nokkuð tæmandi fyrir íslenskar aðstæður. Ólíkt því sem er víða erlendis, þá er lítið skóglendi að finna hér á landi og gróðurleyfar eins og brotnir trjábólir blokka ekki ræsi og stokka. Hins vegar geta girðingaleifar eða rusl hæglega truflað far um þessar gerðir þverana. Ekki varð þó vart við slíkt í þessari rannsókn.

Líkt og víða erlendis sýna niðurstöður okkar að ræsi hamla för fiska í mjög mörgum tilfellum. T.d. sýndu Gibson o.fl. (2005) fram á að 53% ræsa hindruðu far laxfiska á svæði í Suður-Labrador í Kanada og Flanders og Cariello (2000) að allt upp í 85% ræsa væru ógeng minni laxfiskum í Tongass National Forest í Alaska. Þessar rannsóknir miðuðu við að allir aldurshópar kæmst um ræsi, en greindu áhrif ekki niður eftir aldurshópum eins og hér er gert. Við fundum að miklu máli skiptir hvort um er að ræða fullorðinn laxfisk (40% ræsa hindra) eða seiði (83% ræsa hindra). Þar sem svo lágt hlutfall ræsa hleypir fiski í gegn er ljóst að þau eru afar óæskileg í vatnsföllum þar sem fiskur er til staðar, a.m.k. eins og staðið hefur verið að hönnun þeirra og frágangi hingað til. Fundist hafa enn alvarlegri dæmi um ógeng ræsi fyrir seiði í Kamloops í British Columbia í Kanada, þar sem aðeins 1 ræsi af 31 var gengt seiðum (Chestnut 2002). Það er hins vegar mat okkar að gera þarf enn betur í að flokka áhrif ræsa á mismunandi stærðarhópa seiða og m.t.t. mismunandi tegunda. Munur er á sundgetu ýmissa tegunda m.t.t. straumþungahindrana (Bates o.fl. 2003; Haro o.fl. 2004), en líklegt má telja að mismunandi hegðunarmynstur geti líka haft áhrif á það hvort fiskar reyni að komast hindrun eða ekki. Munur gæti einnig verið á milli stofna sömu tegundar, t.d. milli sjógöngu- og staðbundinna stofna. Þá er það

einkennandi fyrir íslenska ferskvatnsfiska að þeir eru mjög breytilegir milli stofna innan sömu tegunda (Skúli Skúlason o.fl. 1999; Bjarni Jónsson 2002; Guðmundur Ingi Guðbrandsson og Bjarni Jónsson 2002; Bjarni Kr. Kristjánsson o.fl. 2002; Douchette o.fl. 2004). Með því að flokka betur fiskgengd ræsa m.t.t. þessara þátta væri auðveldara að greina innviði vandamálsins og bregðast við því. Rannsóknir í framhaldinu ættu m.a. að beinast að þessu. Einnig er mikilvægt að taka mælingar á straumhraða og vatnsdýpi í ræsum á fleiri tímum árs, m.a. á haustin á meðan á göngutíma sjógenginna laxfiska stendur. Ekki var heldur unnt í þessari úttekt að mæla halla ræsa m.t.t. til halla lands ofan og neðan þeirra. Slíkar mælingar eru mikilvægar við ákvörðun á hvers konar þverunargerð er heppilegust (sjá t.d. NMFS-SWR 2001).

Vegaframkvæmdum í ám og lækjum, hvort sem um er að ræða malartekju eða brúar- eða ræsagerð, fylgir alltaf umhverfiskrassi. Mikilvægt er að draga úr slíku meðan á framkvæmdum stendum og huga vel að frágangi eftir framkvæmdir. Mikill munur var á búsvæðatapi milli mismunandi þverunargerða. Brýr höfðu takmörkuð áhrif á árfar meðan ræsi tóku mun meira upp af því (mynd 8). Slíkt er vel þekkt erlendis frá (Harper og Quigley 2000). Þó svo að þau svæði sem á þennan hátt tapast séu ekki hátt hlutfall af heildarbúsvæðum viðkomandi vatnsfalls, eru ræsi oft sett niður á grynningum eða brotum sem eru mikilvæg fyrir framleiðslu hryggleysingja og eru bestu búsvæði seiða (Gibson o.fl. 2005). Það þýðir því beint tap á uppeldisbúsvæðum og í sumum tilvikum hrygningarsvæðum. Þetta var raunin víða á rannsóknarsvæðum okkar og var staðfest með rafveiðum fiska þar sem þéttleiki seiða var oft mikill ofan og neðan ræsa (tölur 4-6).

Þegar þau landsvæði sem tekin voru fyrir í þessari rannsókn eru borin saman virðist ekki mjög mikill munur á áhrifum brúa- og ræsagerðar á ferðir fiska milli svæðanna. Nokkuð hærra hlutfall ógengra ræsa er þó á Ströndum. Líklegasta skýringin á því er að landi hallar þar mun meira en í Skagafirði og í Fljótum, og þar sem ræsi voru ekki niðurgrafin, getur meiri halli valdið frekari hindrunum. Sökum þess hve lax var í fáum vatnsföllum er ekki hægt að leggja mikið mat á áhrif brúa- og ræsagerðar á þá tegund. Þó veita upplýsingar úr Fljótunum innsýn inn í þetta. Ljóst er að brú yfir Straumlæk í Fljótum hindraði ekki farvögum og eins árs laxaseiða upp lækinn, en slíkt gerði ræsi í Hvammslæk (tafla 5), sem er liggur í sama vegi um 30m austar en brúin yfir Straumlæk. Mikilvægt er að taka fyrir landsvæði þar sem eru laxveiðiár með stærri

vatnasviðum svo betra mat megi fá á áhrif ræsa á far þessarar tegundar. Niðurstöður fyrir ræsi í Skagafirði sýna líka mikla notkun ræsa í vegagerð í landbúnaði og slíkt getur haft mikil áhrif á fiskgengd lækja.

Umfang þeirra áhrifa sem ræsi hafa þegar haft á ferðir fiska á rannsóknarsvæðunum þremur er augljóslega mikið og víðfeðmt. Far fullorðinna laxfiska var hindrað í 41% vatnsfalla í rannsókninni og seiða og annarra tegunda í 62% áa og lækja. Heildaráhrif á fiskistofna eru því greinilega mikil. Sá skaði sem þegar hefur verið valdið markast mikið af því hversu langt er síðan viðkomandi þverun var lögð og af vistfræðilegum þáttum s.s. stofnstærð og lífsögugerð tegundar í viðkomandi vatnsfalli.

Í átta vatnsföllum hindruðu ræsi og stokkar ferðir sjógöngustofna urriða og/eða bleikju og skáru í 6 af 8 tilfellum meira en 50% af mögulegum búsvæðum sjógöngufisks í viðkomandi vatnsfalli. Skýrasta dæmið er úr Helluá í Blönduhlíð í Skagafirði, en enginn fiskur veiddist ofan þess ræsis. Í öðrum vatnsföllum var greinilega um aðrar lífsögugerðir að ræða þar sem fiskur veiddist ofan þverana. Efnahagsleg áhrif hindrana á sjógöngufisk sem er nýttur eru augljós. Bæði sjóbleikja og sjóbirtingur eru talsvert nýtt í Héraðsvötnunum og framleiðsla seiða í hliðarám og lækjum stendur undir talsverðum hluta þeirrar veiði (Bjarni Jónsson o.fl. 2000). Sömu sögu er að segja um sjóbleikju í Fljótum.

Litlir stofnar eru augljóslega viðkvæmari fyrir uppskiptingu búsvæða, bæði erfðafræðilega séð auk þess sem þeir eiga erfðara með að þola raskanir í umhverfinu sem hafa áhrif á stofnstærðir þeirra. Rannsóknir á áhrifum hindrana á laxfiskastofna hafa sýnt að þar sem hólfun stofna hefur orðið getur það leitt til minni erfðabreytileika í stofni (Wofford o.fl. 2005). Rannsóknir með líkanagerð á litlum stofni staðbundinnar bleikjutegundar (e. white-spotted charr) í Japan, þar sem búsvæði hennar hafði verið hólfað upp með fjölda lítilla virkjana, sýndi að langtíma (30-100 árum eftir hólfun) lífslíkur stofnsins voru litlar og þar skipti afkoma fullorðinna fiska mestu máli (Morita og Yokota 2002). Kraká á Ströndum er gott dæmi um á með litlum staðbundnum bleikjustofni, á árkafla sem er ekki nema u.þ.b. 800-1000m á lengd. Fullorðinn fiskur kemst um ræsið í Kraká en hins vegar virðast fiskarnir ekki ná mjög mikilli stærð (Viðauki E, mynd E13) og gæti það því torvelað ferðir stærri hluta stofnsins en bara seiðum. Annað gott dæmi af staðbundnum stofni er lækurinn við Reykjarnes í

Árneshreppi á Ströndum, en þar fundust eingöngu hornsíli. Ræsið blokkar allt far upp lækinn. Útlitsrannsóknir á þessum hornsílastofni benda til þess að hann sé einstæður á landsvísu og hafi mjög hátt verndargildi á alþjóðlegan mælikvarða. Sökum hins mikla fjölbreytileika innan tegunda ferskvatnsfiska á Íslandi er líklegt að áhrif ræsagerðar á framtíðar lífslíkur lítilla stofna geti verið mjög alvarlegar.

Þó svo að önnur vatnadýr en fiskar hafi ekki verið tekin fyrir í þessari úttekt má víst telja að þær þveranir sem hamla fari fiska hindri einnig að enn minni lífverur komist þær (Vaughan 2002). Þetta á þó ekki við um vatnadýr sem lifa hluta lífsferils síns á landi, eins og mörg skordýr (Vaughan 2002).

Sökum þeirra víðtæku áhrifa á vatnsföll og líffríki sem ræsi hafa oft í för með sér, hafa ýmsir ráðlagt að notkun þeirra sé takmörkuð til muna og þveranir með opnum botni séu frekar notaðar (Harper og Quigley 2000; Chestnut 2002; Gibson o.fl 2005; NMFS-SWR 2001). Okkar niðurstöður benda eindregið til þess að takmörkun á notkun ræsa myndi stórmínka umhverfisáreiti á fiskistofna í ám og lækjum á Íslandi. Almennt má segja að þveranir yfir vatnsföll sem bera fisk ættu að tryggja langtíma kvikan stöðugleika í vatnsfallinu, þannig að þverun þrengi ekki að árfarvegi eða breyti halla, botngerð eða öðrum eiginleikum vatnsfallsins. Brýr eru yfirleitt best fallnar til slíks, en aðrar þveranir með opnum botni eru oft ágætis lausnir. Þó svo að þeir fáu stokkar (opinn botn) sem voru í okkar rannsókn hafi hindrað far fiska í flestum tilvikum, þá voru það aðrir þættir sem höfðu áhrif á hindrun en botngerð. Í Miklabæjarlæk í Skagafirði og í Hvammslæk í Fljótum var fallhæð of mikil vegna grjóthleðslna við útfall og í Brunna í Fljótum var hylur undir fallhæð ekki nægilega djúpur. Þar þrengdi líka stokkurinn talsvert að árfari (Viðauki A) og straumhraði varð of mikill fyrir seiði (Viðauki B og tafla 9). Fjórði stokkurinn, í Gljúfurá í Skagafirði, var með góðum árbotni og lygnum á milli, en straumur yfir steypa þverbita yfir árfarið hamlaði fari minni fiska. Þannig að í okkar rannsókn á stökkum er greinilegt að ýmsu öðru er ábótavant en því að botninn sé opinn.

Við mælum því með því að forðast verði að nota lokuð ræsi í vatnsföll sem fóstur fisk. Í þeim tilfellum þar sem óhjákvæmilegt er að nota ræsi má þó oft minnka áhrif þeirra og koma í veg fyrir þau vandamál sem þeim fylgja með því að velja sem víðust ræsi og með réttu vinnulagi við niðurstöðu og frágang ræsa. Mikið er áunnið með því

einu að grafa ræsi niður, hafa halla þess jafnan árfarvegi og ræsi nógu breitt. Rannsaka þyrfti betur áhrif þess að hafa fleiri en eitt ræsi í sömu þverun. Gosse o.fl. (1998) mæla með því að ræsi sem eru minni en 2m að þvermáli séu grafinn 30cm niður í árfarveginn og stærri ræsi a.m.k. 15% af þvermáli sínu. Með þessu móti er hægt að koma í veg fyrir að fallhæð myndist við útfall, straumur verður minni vegna náttúrlegrar botngerðar, sérlega ef þrenging á árfari er ekki til staðar eða lítil. Í áframhaldandi rannsóknum á áhrifum ræsagerðar á lífríki í ám og lækjum á Íslandi ætti þróun aðferða við niðurstetningu og frágang ræsa við íslenskar aðstæður að vera eitt markmiðanna.

Með þessari frumúttekt á áhrifum brúa- og ræsagerðar á ferðir fiska og þróun á aðferðafræði til að mæla þau áhrif, hefur fengist nauðsynlegur grunnur til að byggja á áframhaldandi rannsóknir sem skilað geta auknum skilningi og stuðlað að fræðslu og umbótum. Auk þeirra þátta sem þegar hafa verið nefndir hér að ofan er nauðsynlegt að rannsaka áhrif brúa- og ræsagerðar í fleiri landshlutum, útbúa tilraunir sem kanna sundgetu mismunandi stærðarflokka, tegunda og stofna og merkingartilraunir á fiski úti í náttúrunni til að kanna raunverulegt far fiska um mismunandi þveranir. Einnig er mjög mikilvægt að kanna áhrif ræsagerðar á önnur og smærri vatnadýr. Þá er og mikilvægt að hefja þegar úrbætur á ræsum sem vitað er að hindra ferðir fiska, en slíkar aðgerðir hafa víða skilað góðum árangri erlendis (Roni o.fl. 2002). Forgangsröðun slíkra verkefna á rannsóknarsvæðunum þremur er auðveld. Í framhaldinu þarf að fylgjast vel með árangri af slíkum umbótum með vöktunarrannsóknum.

Fræðslu- og umbótastarf þarf að ná til allra þeirra sem stunda vegagerð: Vegagerðarinnar, verktaka í vegagerð, bænda, eigenda sumarbústaðalanda og einkalands svo og til framkvæmdaaðila virkjana og annarra stærri framkvæmda. Lagt er til að samstarfi verði haldið áfram um þetta mikilvæga umhverfisverkefni milli Norðurlandsdeildar Veiðimálastofnunar og Vegagerðarinnar þar sem áhersla verði á að afla víðtækari þekkingar á áhrifum þverunar vatnsfalla á landsvísu og kanna leiðir til úrbóta þar sem þess er þörf. Einnig verði haft að leiðarljósi að á seinni stigum verkefnisins verði gefin út leiðbeiningabók um val á þverunargerðum og vinnulag við niðurstetningu þeirra. Vinna við umhverfisvandamál og úrlausn þeirra er þverfag og að

Þessari vinnu þyrftu sérfræðingar beggja stofnanna að koma, auk annarra hagsmunaaðila.

Þessi fyrsta úttekt á áhrifum brúa- og ræsagerðar á lífríki í ám og vötnum á Íslandi sýnir að umfang þess vandamáls sem skapast fyrir ferðir fiska um ræsi er viðfeðmt. Vandamálið er ekki síst alvarlegt í ljósi þess að ræsi hafa undanfarin ár verið notuð í auknum mæli við þveranir vatnsfalla bæði í vegagerð og landbúnaði. Rannsókn okkar undirstrikar nauðsyn þess að taka mat á áhrifum framkvæmda á lífríki inn í framkvæmdaferli frá upphafi, eins og nú er orðið almennt viðurkennt. Þannig má forgangsraða einstökum kostum í vegagerð, ekki einungis m.t.t. fjárhagslegs kostnaðar, samgöngubóta og öryggissjónarmiða, heldur einnig þeirra áhrifa sem þeir munu hafa á lífríkið og vistkerfið í heild sinni. Þeir sem standa að vegagerð eru orðnir mun meðvitaðri en áður um þau áhrif sem raskanir sem fylgja framkvæmdum geta haft á náttúru landsins. Sú viðbótar þekking sem hér er lögð fram á áhrifum ræsagerðar á lífríkið er nauðsynleg til að auka árverkni við vegaf framkvæmdir í ám og lækjum og er mikilvægur liður í farsælum samgöngubótum.

Þakkir

Verkefnið var unnið í samstarfi Norðurlandsdeildar Veiðimálastofnunar og Vegagerðarinnar sem styrkti framkvæmd þess. Stuðningur Vegagerðarinnar gerði það mögulegt að ráðast í svo umfangsmikla og nákvæma forúttekt. Páli Valdimari Kolka Jónssyni og Guðbrandi Brynjúlfssyni eru færðar bestu þakkir fyrir aðstoð við vetvangsvinnu og Stefáni Óla Steingrímssyni, fyrir lán á straumhraðamæli. Bændur og landeigendur á þeim svæðum sem rannsóknin náði yfir fá bestu þakkir fyrir ómetanlegar upplýsingar um göngur fiska í ám og minni lækjum sem lítið eða ekkert hafa verið rannsakaðir áður. Rannsóknaverkefnið í heild sinni var unnið af starfsmönnum Norðurlandsdeildar Veiðimálastofnunar. Guðmundur Ingi Guðbrandsson hafði umsjón með framkvæmd úttektarinnar og vann verkið sem hluta af starfsþjálfun sinni í meistaranámi í umhverfisstjórnun við Yale háskóla, Yale School of Forestry and Environmental Studies, í Bandaríkjunum, sem jafnframt styrkti ferðir hans til og frá Íslandi. Ákveðnir verkþættir voru unnir sem hluti af rannsóknarverkefni sem styrkt var með framlagi úr Nýsköpunarsjóði námsmanna.

Heimildir

Allendorf, FW., Ryman, N. og Utter, F. 1987. Genetics and fishery management: past, present, and future. In: N. Ryman og F. Utter (eds.). *Population genetics and fishery management*. University of Washington Press, Seattle, Washington, USA, 1-20.

Augerot, X. 2004. Salmon stocks and habitat in the Russian Far East. In: P. Gallagher og L. Wood (eds.), *Proceedings of the World Summit on Salmon*, June 10-13, 2003. Simon Fraser University, Burnaby, British Columbia, Canada.

Bates, K., Barnard, MRJ., Heiner, B., Klavas, JP. og Powers, PD. 2003. Design of road culverts for fish passage. Washington Department of Fish and Wildlife, Olympia. 110 bls.

Bjarni Jónsson 2002. Evolution of diversity among Icelandic arctic charr (*Salvelinus alpinus* L.). *Fisheries Science*, **68**, Supplement I, November 2002, 349-352.

Bjarni Jónsson 2005. Áhrif ræsagerðar á ferðir göngufiska og líffræðilegan fjölbreytileika. *Freyr*, **101**, 24-25.

Bjarni Jónsson og Eik Elfarsdóttir, 2004. Rannsóknir á seiðastofnum Fljótaár árið 2004. VMST-N/0410. 26 bls.

Bjarni Jónsson og Skúli Skúlason 2000. Polymorphic segregation in Arctic charr *Salvelinus alpinus* (L.) from Vatnshlíðarvatn, a shallow Icelandic lake. *Biological Journal of the Linnean Society*, **69**, 55-74.

Bjarni Jónsson, Bjarni K. Kristjánsson, Guðni Magnús Eiríksson og Hjalti Þórðarson, 2000. Rannsóknir á botngerð og seiðastofnum í Austari Jökulsá og hliðarám, Vestari Jökulsá og Hofsa. Áhrif virkjunar við Villinganes á vatnalíf á vatnasvæði Héraðsvatna í Skagafirði. Skýrsla unnin fyrir Verkfræðistofuna Stoð. VMST-N/00001. 47 bls.

Bjarni Jónsson, Eik Elfarsdóttir, Elín R. Guðnadóttir og Hjalti Þórðarson, 2002. Búsvæðamat og útbreiðsla sjóbleikju á vatnasvæði Héraðsvatna. Skýrsla Veiðimálastofnunar VMST-N/0221. 32 bls.

Bjarni Kr. Kristjánsson, Skúli Skúlason & D.L.G. Noakes. 2002. Morphological segregation of Icelandic threespine stickleback (*Gasterosteus aculeatus* L.). *Biological Journal of the Linnean Society*, **76**, 247-257.

Chestnut, TJ. 2002. A review of closed bottom stream crossing structures (culverts) on fish-bearing streams in the Kamloops Forest District, June 2001. *Canadian Manuscript Report of Fisheries and Aquatic Sciences* 2602.

Curry, RA., Allen, S., Fox, MG. og Morgan, GE. 1993. Growth and food of young-of-the-year brook charr, *Salvelinus fontinalis*, in lake and creek environments. *Environmental Biology of Fishes*, **37**, 131-138.

- De Veaux, RD, Velleman, PF og Bock, DE. 2005. *Stats: Data and Models*. Pearson Education, New York, USA. 743 bls.
- Douchette, LI., Skúlason, S. og Snorrason, SS. 2004. Risk of predation as a promoting factor of species divergence in threespine sticklebacks (*Gasterosteus aculeatus* L.). *Biological Journal of the Linnean Society*, **82**, 189-203.
- Elín Ragnheiður Guðnadóttir. 2002. Áhrif umhverfisþátta á útbreiðslu ferskvatnsfisktegunda í Héraðsvötnum og hliðarám þeirra. Fimm eininga rannsóknaverkefni, maí 2002. Háskóli Íslands, Líffræðiskor. 22 bls.
- Erkinaro, J. og Gibson, RJ. 1997. Interhabitat migration of juvenile Atlantic salmon in a Newfoundland river system, Canada. *Journal of Fish Biology*, **51**, 373-388.
- Erkinaro, J., Julkunen, M. og Niemelä, E. 1998. Migration of juvenile Atlantic salmon *Salmo salar* in small tributaries of the subarctic River Teno, northern Finland. *Aquaculture*, **168**, 105-119.
- Fahrig, L. 2003. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.*, **34**, 487-515.
- Flanders, LS. og Cariello, J. 2000. Tongass road condition report. Alaska Department of Fish and Game Technical Report No. 00-7. 48 bls.
- Gibson, R.J., Haedrich, R.L. & Wernerheim, C.M. 2005. Loss of fish habitat as a consequence of inappropriately constructed stream crossings. *Fisheries*, **30**, 10-17.
- Glen, DJ. 2002. Recovery of salmon and trout following habitat enhancement works: review of case studies 1995-2002. Proceedings of the 13th International Salmonid Habitat Enhancement Workshop, Westport, Co. Mayo, Ireland, 93-112.
- Gosse, MM., Power, AS., Hyslop, DE. og Pierce, SL. 1998. *Guidelines for protection of freshwater habitat in Newfoundland and Labrador*. Fisheries and Oceans, St. John's Newfoundland.
- Guðmundur Ingi Guðbrandsson og Bjarni Jónsson 2002. Phenotypic and genetic basis of segregation in shape and life history of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in the River Víðidalsá, NW-Iceland. *Fisheries Science*, **68**, Supplement I, November 2002, 461-462.
- Haro, A., Castro-Santos, T., Noreika, J. og Odeh, M. 2004. Swimming performance of upstream migrant fishes in open-channel flow: a new approach to predicting passage through velocity barriers. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **61**, 1590-1601.
- Harper, DJ. og Quigley, JT. 2000. No net loss of fish habitat: an audit of Forest Road Crossings of Fish-bearing streams in British Columbia, 1996-1999. *Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences* 2319, 43 bls.

- House, MR., Pyles, MR og White, D. 2005. Velocity distributions in streambed simulation culverts used for fish passage. *Journal of the American Water Resources Association*, **41**, 209-217.
- Kosicki, AJ. og Davis, SR. 2001. Consideration of stream morphology in culvert and bridge design. Hydrology, Hydraulics, and Water Quality; Roadside Safety Features. *Transportation Research Record*, **1743**, 57-59.
- Langill, DA og Zamora, PJ. 2002. An audit of small culvert installations in Nova Scotia: habitat loss and habitat fragmentation. *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.* 2422: vii. 35 bls.
- Larinier, M. 2002. Fish passage through culverts, rock weirs and estuarine obstructions. *Bulletin Francais de la Peche et de la Pisciculture*, **364 suppl.**, 119-134.
- Morita, K. og Yokota, A. Population viability of stream-resident salmonids after habitat fragmentation: a case study with white-spotted charr (*Salvelinus leucomaensis*) by an individual based model. *Ecological Modelling*, **155**, 85-94.
- Mount, JF. 1995. *California Rivers and Streams. The conflict between fluvial process and land use*. University of California Press, Berkeley, USA. 359 bls.
- NMFS-SWR (National Marine Fisheries Service). 2001. Guidelines for salmonid passage at stream crossings. 14 bls.
- Poulin, VA og Argent, HW. 1997. *Stream crossing guidebook for fish streams*. V.A. Poulin and Associates, Vancouver, B.C. 80 bls.
- Powers, PD., Bates, K., Burns, T., Gowen, B. og Whitney, R. 1997. Culvert hydraulics related to upstream juvenile salmon passage. *Washington Department of Fish and Wildlife*, Olympia, Washington.
- Roni, P., Beechie, TJ., Bilby, RE., Leonetti, FE., Pollock, MM. og Pess, GR. 2002. A review of stream restoration techniques and a hierarchical strategy for prioritizing restoration in Pacific Northwest watersheds. *North American Journal of Fisheries Management*, **22**, 1-20.
- Skúli Skúlason, Sigurður S. Snorrason og Bjarni Jónsson. 1999. Sympatric morphs, population and speciation in freshwater fish with emphasis on arctic charr. In: Magurran, A., May, R., eds. *Evolution of Biological Diversity: from population to species*. Oxford: Oxford University Press, 70-92.
- Toepfer, C.S., Fisher, W.L. & Haubelt, J.A. 1999. Swimming performance of the threatened Leopard Darter in relation to road culverts. *Transactions of the American Fisheries Society*, **128**, 155-161.
- Vaughan, MD. 2002. Potential impact of road-stream crossings (culverts) on the upstream passage of aquatic macroinvertebrates. *US Forest Service Report*. 15 bls.

- Warren, M.L. & Pardew, M.G. 1998. Road crossings as barriers to small-stream fish movement. *Transactions of the American Fisheries Society*, **127**, 637-644.
- Wellmann, J.C., Combs, D.L. og Cook, S.B. 2000. Long-term impacts of bridge and culvert construction or replacement on fish communities and sediment characteristics of streams. *Journal of Freshwater Ecology*, **15**, 317-328.
- Wofford, J.E.B., Gresswell, R.E. og Banks, M.A. 2005. Influence of barriers to movement on within-watershed genetic variation of coastal cutthroat trout. *Ecological Applications*, **15**, 628-637.
- Þórólfur Antonsson, 2000. Verklýsing fyrir mat á búsvæðum seiða laxfiska í ám. Skýrsla Veiðimálastofnunar VMST-R/0014. 10 bls.
- Þórólfur Antonsson, Sigurður Már Einarsson og Siðurður Guðjónsson. 2002. Evaluation of salmonid habitat in Icelandic rivers. Ritstj.: Riitta Kamula og Anne Laine. *Proceedings of The Second Nordic International Symposium on Freshwater Fish Migration and Fish Passage. Evaluation and Development*. Fishway 2001, Reykjavík, Iceland, September 20-22, 2001.

Tafla 1. Forsendur notaðar til ákvörðunar á fiskgengd ræsa og stokka fyrir fullorðinn laxfisk og laxfiskaseiði og aðrar tegundir (allir aldurshópar) eftir lengd þverunar. M Strhr = meðalstraumhraði í þverun, M dýpi = meðaldýpi í þverun, fallhæð = fallhæð á vatnsflöt og hylur er hylur undir fallhæð ef hún er til staðar. Sínd eru háþörk sem leyfileg eru fyrir meðalstraumhraða og fallhæð, og lágmörk fyrir meðaldýpi og hyl undir fallhæð. Sjá texta fyrir nánari útskýringar.

Lengd þverunar	Fullorðinn laxfiskur				Laxfiskaseiði og aðrar tegundir			
	M Strhr (m/s)	M dýpi (m)	Fallhæð (m)	Hylur (m)	M Strhr (m/s)	M dýpi (m)	Fallhæð (m)	Hylur (m)
0 - 18m	1,2				0,34*			
18 - 30m	1,2	0,20	0,30	0,60	0,34*	0,15	0,15***	0,60
30 - 60m	0,9				**			

*ef botn ræsis/stokks er náttúrlegur, þ.e. líkir eftir botngerð ofan og neðan þverunar, þá er miðað við meðalstraumhraða 0,6m/s.

**ef ræsi/stokkur er yfir 30m á lengd verður botn þverunarinnar að líkja eftir botni vatnsfalls ofan og neðan þverunar.

***fyrir aðrar tegundir en laxfiska er miðað við að fallhæð sé engin.

Tafla 2. Yfirlit yfir fjölda vatnsfalla þar sem þveranir voru skoðaðar á svæðunum þremur sem rannsóknin tók til, á austanverðu vatnasviði Héraðsvatna í Skagafirði, á vatnasviði Fljótaár og Miklavatns í Fljótum og á Ströndum norðan Asparvíkurdals og norður í Norðurfjörð. Fjöldi vatnsfalla sem vitað var að fósstrar fisk, flokkaður niður eftir tegundum, er einnig sýndur.

Landsvæði	Fj. vatnsfalla	Fj. vatnsfalla með fiski	Fjöldi vatnsfalla með:					
			<i>bleikju</i>	<i>urriða</i>	<i>lax</i>	<i>hornsíli</i>	<i>ál</i>	<i>ósalúru</i>
Skagafjörður	18	18	17	14	4	4		
Fljót	4	4	4		2			
Strandir	15	10	9			3	2	1
Samtals	37	32	30	14	6	7	2	1

Tafla 3. Yfirlit yfir fjölda mismunandi þverana sem rannsakaðar voru í ám og lækjum á svæðunum þremur sem rannsóknin tók til, á austanverðu vatnasviði Héraðsvatna í Skagafirði, á vatnasviði Fljótaár og Miklavatns í Fljótum og á Ströndum norðan Asparvíkurdals og norður í Norðurfjörð. Meðalfjöldi þverana í vatnsfalli er einnig sýndur.

Landsvæði	Ræsi	Brýr	Stokkar	Samtals þveranir	Meðalfj. í vatnsfalli
Skagafjörður	21	14	2	37	2,06
Fljót	3	2	2	7	1,75
Strandir	11	7	0	18	1,2
Samtals	35	23	4	62	1,68

Tafla 4. Þéttleiki veiddra urriða, bleikju, lax og hornsíla eftir aldri á hverja 100m² á rafveiðistöðum við þverunarmannvirki í ám og lækjum á austanverðu vatnasviði Héraðsvatna í Skagafirði, í október 2000, júlí 2001 og júlí-ágúst 2005. Gefið er til kynna hvort kynþroska fiskar veiddust, hæ=hængar, hr=hrygnur. Horns=hornsíli. Þ=þverun.

Vatnsfall	Rafveiðistaður	Svæði stærð (m ²)	Urriði							Bleikja					Lax			Horns				
			Aldur							Kynþr		Aldur					Kynþr		Aldur			
			0+	1+	2+	3+	4+	5+	6+	7+	hæ	hr	0+	1+	2+	3+	4+	5+	hæ	hr	0+	1+
Gljúfurá	Ofan ræsis á þjóðv. 76	385			0,26																	
	Neðan gömlu brúar	350		0,86	0,29																	
Lækur norðan Hjarðarhagalækjar	Ofan ræsis á þjóðv. 76	120	29,17	2,50	1,67								0,83									
Hjarðarhagalækur	Ofan ræsis á þjóðv. 76	280	27,14	2,14	1,43		0,36	0,36	0,36		x											
Hjarðarhagalækur*	Neðan ræsis á þjóðv.76	100	93,00	4,00			1,00				1,00	x		1,00								1,00
Þverá	Ofan brúar á þjóðv. 76	333	2,40	1,80																		
	Neðan brúar á þjóðv. 76	532	5,45	0,94										0,19	0,19						x	
Hvammsá	Ofan brúar á þjóðv. 76	357	4,48	0,28										0,28								
	Neðan brúar á þjóðv. 76	312	15,06	0,32											0,32							
Dalsá	Ofan brúar á þjóðv. 1	163	1,85	2,46	0,62									5,54	1,85	0,62					x	
	Neðan brúar á þjóðv. 1	525	4,00											0,95								
Miklabæjarlækur	Ofan ræsis á þjv. 1, Þ1	118	26,38	27,23																		
	Neðan ræsis á þjv. 1, Þ1	114	5,26	27,19	5,26		0,88					x										
	Neðan brúar í túni, Þ2	128	22,61		1,56																	3,90
	Neðan ræsis í túni, Þ4	147	0,68	5,43	0,68	0,68								1,36								2,71
Viðivallalækur	Ofan ræsis á þjv. 1, Þ1	105		2,85	0,95																	
	Neðan ræsis á þjv. 1, Þ1	137		2,19	0,73																	
	Ofan ræsis í túni, Þ4	50	6,00	4,00	2,00	2,00			4,00		x	x										
Helluá	Ofan ræsis, gamli veg, Þ1	336																				
	Milli Þ1 og Þ2	144	35,54	8,36										0,70								
	Neðan ræsis á þjv. 1, Þ2	225	16,89	13,33											0,89							
Strangilækur	Ofan efsta ræsis, Þ1	83		6,06																		
	Ofan ræsis á þjv. 1, Þ3	150	41,33	2,67										12,00	2,00	0,67					x	
	N. ræsis á þjv. 1, Þ3**	330	6,97	0,30										6,36	0,91							6,67
Bóluá	Ofan gömlu brúar, Þ1	300													1,00							
	Milli Þ1 og Þ2	344			0,29									0,58	3,19	2,61	0,29				x	
	Neðan ræsis á þjv. 1, Þ2	727												6,61	1,24						x	0,28

* Hjarðarhagalækur og lækur norðan hans eru sameinaðir á þessari stöð

**Strangilækur rennur beint út í lænu úr Norðurá neðan ræsisins. Veitt var í lænunni.

Tafla 4, frh.

Vatnsfall	Rafveiðistaður	Svæði stærð (m ²)	Urriði							Bleikja						Lax			Horns			
			Aldur							Kynþr		Aldur						Kynþr		Aldur		
			0+	1+	2+	3+	4+	5+	6+	7+	hæ	hr	0+	1+	2+	3+	4+	5+	hæ	hr	0+	1+
Afrennislækur 2	Ofan ræs, afl. Silfrast, Þ1	102	37,25	0,98							11,76	7,84	0,98	0,98	0,98			x				
	Milli Þ1 og Þ2	123	4,87								25,16	4,06										
	N. ræsis á þjv. 1, Þ2***	290	3,45	0,34							15,17	3,10							x			1,72
Afrennislækur 1	Ofan ræsis á þjóðv. 1	64	121,9								7,81											12,50
	Neðan ræsis á þjóðv.1	140	25,00	0,71		0,71					17,14	1,43		0,71					x		1,43	2,86
Norðurá	N. brúar yfir á Kjálka, Þ3	540	0,19								0,93										0,56	
Egilsá	Ofan brúar	320										1,88	0,63						x			
	Neðan brúar	342										0,88	0,29									
Kotá	Milli brúa	360											0,56	0,83	0,56	0,28						
Valagilsá	Ofan brúar á þjóðv. 1	260										1,15	1,54									
	Neðan brúar á þjóðv. 1	180										0,56	0,56									
Norðurá	O. brúar i. v. Heiðsp., Þ1	675									0,15	0,74	1,33						x			
Grjótá	Ofan gömlu brúar, Þ1	175										0,57	2,86	1,14	0,57							
	Ofan ræsis á þjv. 1, Þ2	360											1,94	1,39								
	Neðan ræsis á þjv. 1, Þ2	585										1,20	5,64	0,68	0,17				x			

***Afrennislækur 2 rennur beint út í lænu úr Norðurá neðan ræsis á þjóðvegi 1. Veitt var í lænunni.

Tafla 5. Þéttleiki veiddra bleikju og laxa eftir aldri á hverja 100m² á rafveiðistöðum við þverunarmannvirki í ám og lækjum á vatnasviði Fljótaár og Miklavatns í Fljótum, 4. ágúst 2005. Gefið er til kynna hvort kynþroska fiskar veiddust, hæ=hængar, hr=hrygnur. Þ=þverun.

Vatnsfall	Rafveiðistaður	Stærð svæðis (m ²)	Bleikja						Lax		
			Aldur					Kynþroski		Aldur	
			0+	1+	2+	3+	4+	hæ	hr	0+	1+
Brunná	ofan ræsis á þjv. 789, Þ1	150	10,67		2,00						
	milli Þ1 og Þ2	112	1,79		10,71	0,89	0,89	x	x		
	neðan stokks í gamla vegi, Þ2	65	12,31	1,54	7,69						
Straumlækur	ofan brúar við Bakkavað, þjv 789	120	0,83	1,67	0,83		0,83	x		4,17	
	neðan brúar við Bakkavað	51	5,88	1,96						9,80	3,92
Hvammslækur	ofan stokks á þjóðv. 82, Þ1	104			3,85			x			
	neðan stokks á þjóðv. 82. Þ1	106	12,26		7,55	0,94		x			
	o. ræsis við Bakkavað, þjv 789, Þ2	43	160,84	2,33	13,99						
	n. ræsis við Bakkavað, þjv 789, Þ2	95	68,78	1,06	2,12			x		1,06	2,12
Reykjaá	ofan gömlu brúar, Þ1	372		3,23	0,54	0,27					
	neðan ræsis á þjóðv. 76, Þ2	231		2,60	1,73						

Tafla 6. Þéttleiki veiddrar bleikju, hornsíla, ósakola og ála eftir aldri á hverja 100m² á rafveiðistöðum við þverunarmannvirki í ám og lækjum á Ströndum norðan Asparvíkurdals og norður í Norðurfirði, 26. júlí og 14. ágúst 2005. Gefið er til kynna hvort kynþroska fiskar veiddust, hæ=hængar, hr=hrygnur. Þ=þverun.

Vatnsfall	Rafveiðistaður	Stærð svæðis (m ²)	Bleikja								Hornsíli	Ósakoli	Áll
			Aldur						Kynþr				
			0+	1+	2+	3+	4+	5+	6+	hæ			
Fossá við Asparvík	ofan brúar, Þ1	160											
	neðan ræsis, þjv. 643, Þ2	100											
Skarfadalsá	ofan ræsis, þjv. 643	80											
	neðan ræsis, þjv. 643	275											
Seljá, Veiðileysufirði	250m ofan ræsis, þjv. 643	360		3,61	2,22	0,28		0,28			x		
	2-25m ofan ræsis, þjv. 643	60		3,33	1,67	1,67					x		
	neðan ræsis, þjv. 643	585		0,51	0,68	0,17							
Kraká, Veiðileysufirði	ofan ræsis, þjv. 643	390	0,26	1,03	4,10	0,77	0,77	1,03	0,26		x	x	
	neðan ræsis, þjv. 643	340	0,88	0,88	4,71	0,59	0,29				x		
Kleifá, Reykjarfirði	ofan ræsis, þjv. 643	210											
	neðan ræsis, þjv. 643	320											
Reykjarfjarðará, Reykjarfirði	ofan brúar, þjv. 643	420	7,14	5,71	1,43								0,24
	neðan brúar, þjv. 643	455	13,85	4,84	0,44	0,22						0,44	
Lækur við Reykjarneshyrmu	ofan ræsis, þjv. 643	228										24,18	
	neðan ræsis, þjv. 643	240										1,25	
Ávíkurá, Árneshreppi	ofan ræsis, þjv. 643	220											
	neðan ræsis, þjv. 643	350			0,57						x		
Árnesá, Árneshr.	neðan flúða (2-3 km ofan brúar)	750	2,93	3,33	0,67	0,13		0,13			x		
Melaá, Árneshreppi	ofan brúar, þjv. 643	160		0,63		1,88							
	neðan brúar, þjv. 643	225				0,89							
Síki, Norðurfirði	ofan efsta ræsis, þjv. 646, Þ1	150	1,33	1,33		4,67			0,67		x	19,33	4,00
	ofan ræsis við sjó, þjv. 643, Þ3	59		1,68	3,37	6,73	1,68	1,68			x	8,42	
	neðan ræsis við sjó, þjv. 643, Þ3	93											4,30
	neðan ræsis við sjó, þjv. 643, Þ3*	93				1,08							1,08

*Veitt var 2 sinnum á þessari stöð, 26. júlí og 14. ágúst 2005

Tafla 7. Hlutfall (%) ófiskgengra þverana eftir svæðum og þverunargerð fyrir fullorðna laxfiska og seiði. Aðrar fisktegundir falla í sama flokk og laxfiskaseiði.

	Skagafjörður		Fljót		Strandir		Öll svæði	
	Fullorðnir	Seiði	Fullorðnir	Seiði	Fullorðnir	Seiði	Fullorðnir	Seiði
Ræsi	33	86	33	100	55	73	40	83
Brýr	0	0	0	0	14	14	4	4
Stokkar	50	100	100	100	-	-	75	100

Tafla 8. Breytur sem voru notaðar til að ákvarða fiskgengd um þveranir. Þveranir í Skagafirði. Lengd, breidd, meðaldýpi og meðalstraumhraði er sýnt fyrir allar þveranir, en mesta dýpi og lægsti straumhraði að auki fyrir brýr. Fallhæð og hylur við útfall er sýnt fyrir ræsi og stokka þar sem slíkt var að finna. Í þeim tilfellum sem aðstæður við ræsi og stokka hindruðu ferðir fiska er það gefið til kynna og hvers konar hindrun var um að ræða (hindrun). Þveranir sem fiskur kemst um eru merktar með (+) og ógengar þveranir eru merktar með (-). Far um ræsi er skipt upp í far fullorðinna laxfiska (F) og seiða laxfiska og allra aldurshópa annarra tegunda fiska (S). (±) merkir að ræsi var talið gengt fiski byggt á einhverjum forsendum öðrum en tilgreindar eru í aðferðum (sjá texta). Ef breyta er undirstrikuð táknað það að hún hindrar ferðir fullorðinna fiska um þverun og feitletrun táknað hindrun seiða laxfiska og alla aldurshópa annarra tegunda.

Vatnsfall	Þverun	Lengd (m)	Breidd (m)	Meðal-dýpi (m)	Mesta dýpi (m)	Meðal	Lægsti	Fallhæð útfall (m)	Hylur útfall (m)	Hindrun	Far um ræsi	
						straum-hraði (m/s)	straum-hraði (m/s)				F	S
Gljúfurá, Þ1, þjóðv. 76	S	32,8	5,0	0,38		0,785					+	-
Gljúfurá, Þ2, gamli vegur	B	21,0	3,8	0,20	0,32	0,832	0,496				+	+
Lækur n. Hjarðarhagalæks, þjv. 76	R	18,1	1,5	<u>0,17</u>		0,730					-	-
Hjarðarhagalækur, þjóðv. 76	R	18,2	1,8	<u>0,19</u>		0,908		<u>0,47</u>	0,49	Griót	-	-
Þverá, þjóðv. 76	B	55,5	4,7	0,22	0,38	0,795	0,376				+	+
Hvamsá, þjóðv. 76	B	6,0	9,2	0,13	0,21	0,560	0,182				+	+
Dalsá, þjóðv. 76	B	49,9	8,9	0,41	0,48	0,565	0,010				+	+
Miklabæjarlækur, þjóðv. 1, Þ1	S	13,9	1,4	0,20		0,449		0,6	0,48		-	-
Miklabæjarlækur, þjóðv. 1, Þ1	R	18,1	1,3	<u>0,12</u>		0,864		0,07	<u>0,22</u>	Griót	-	-
Miklabæjarlækur, tún, Þ2	B	3,5	3,0	0,15	0,28	0,594	0,273				+	+
Miklabæjarlækur, tún, Þ3	R	6,0	1,0	0,44		0,470					+	-
Miklabæjarlækur, tún, Þ4	R	6,4	0,8	0,37		1,019		0,2	>1.50		+	-
Víðivallalækur, þjóðv. 1, Þ1	R	21,5	0,9	0,24		0,293					+	+
Víðivallalækur, fjárhús, Þ2	R	6,0	1,2	<u>0,15</u>		0,314					-	+
Víðivallalækur, tún, Þ3	R	5,9	0,8	<u>0,18</u>		0,533			0,25		-	-
Víðivallalækur, tún, Þ4	R	9,8	1,0	0,20		0,566					+	-
Víðivallalækur, tún, Þ5	R	2,0	0,8	0,57		0,204					+	+
Víðivallalækur, tún, Þ6	R	6,1	0,8	0,65		0,111					+	+
Helluá, gamli vegur, Þ1	R	9,1	1,4	0,22		1,361		<u>0,4</u>		Griót	-	-
Helluá, þjóðv. 1, Þ2	R	15,1	1,7	0,25		1,191		0,095	0,69		+	-
Strangilækur, afl. að Bólu, Þ1	R	12,0	1,1	<u>0,11</u>		0,882		<u>0,34</u>	0,39		-	-
Strangilækur, afl. að Bólu, Þ2	R	16,2	0,7	0,34		0,644			0,76		+	-
Strangilækur, þjóðv. 1, Þ3	R	18,2	0,8	0,26		1,192		0,15	0,53		±	-

Tafla 8, frh.

Vatnsfall	Þverun	Lengd (m)	Breidd (m)	Meðal- dýpi (m)	Mesta dýpi (m)	Meðal	Lægsti	Fallhæð útfall (m)	Hylur útfall (m)	Hindrun	Far um	
						straum- hraði (m/s)	straum- hraði (m/s)				F	S
Bóluá, gamli vegur, Þ1	B	8,4	3,3	0,19	0,37		0,063				+	+
Bóluá, þjóðv. 1, Þ2	R	15,0	2,2	0,26		0,556			0,61		+	-
Afrennslisl. 2, afl. Silfrast., Þ1	R	18,3	0,8	0,28		0,669					+	-
Afrennslisl. 2, þjóðv. 1, Þ2	R	20,0	1,4	0,31		0,993					+	-
Afrennslisl. 1, þjóðv. 1	R	16,2	1,3	0,28		0,369			0,37		+	-
Norðurá við Kjálka, Þ3	B	104,0	4,0	0,54	0,85	0,677	0,501				+	+
Egilsá, Norðurárdal	B	34,0	3,8	0,40	0,6	0,653	0,267				+	+
Kotá Norðárd, gamli vegur, Þ1	B	16,2	2,9	0,27	0,47	0,487	0,450				+	+
Kotá Norðurárdal, þjóðv. 1, Þ2	B	38,0	4,5	0,33	0,46	0,435	0,053				+	+
Valagilsá Norðurárdal	B	20,3	4,9	0,45	0,6	0,808	0,190				+	+
Norðurá innan Heiðarsp., Þ1	B	24,0	3,1	>0.78	>1.20	0,551	0,020				+	+
Norðurá v.Heiðarsp, þjóðv 1, Þ2	B	39,7	4,6	0,28	0,45	0,424	0,182				+	+
Grjótá Öxnadh. gamli vegur, Þ1	B	16,0	3,6	0,26	0,35	0,463	0,152				+	+
Grjótá Öxnadh. þjóðv. 1, Þ2	R	21,7	4,7	0,29		0,836			0,49		+	-

Tafla 9. Breytur sem voru notaðar til að ákvarða fiskgengd um þveranir. Þveranir í Fljótum. Lengd, breidd, meðaldýpi og meðalstraumhraði er sýnt fyrir allar þveranir, en mesta dýpi og lægsti straumhraði að auki fyrir brýr. Fallhæð og hylur við útfall er sýnt fyrir ræsi og stokka þar sem slíkt var að finna. Í þeim tilfellum sem aðstæður við ræsi og stokka hindruðu ferðir fiska er það gefið til kynna og hvers konar hindrun var um að ræða (hindrun). Þveranir sem fiskur kemst um eru merktar með (+) og ógengar þveranir eru merktar með (-). Far um ræsi er skipt upp í far fullorðinna laxfiska (F) og seiða laxfiska og allra aldurshópa annarra tegunda fiska (S). (±) merkir að ræsi var talið gengt fiski byggt á einhverjum forsendum öðrum en tilgreindar eru í aðferðum (sjá texta). Ef breyta er undirstrikuð táknað það að hún hindrar ferðir fullorðinna fiska um þverun og feitletrun táknað hindrun seiða laxfiska og alla aldurshópa annarra tegunda.

Vatnsfall	Þverun	Lengd (m)	Breidd (m)	Meðal-dýpi (m)	Mesta dýpi (m)	Meðal	Lægsti	Fallhæð útfall (m)	Hylur útfall (m)	Hindrun	Far um ræsi	
						straum-hraði (m/s)	straum-hraði (m/s)				F	S
Brunná, þjóðv. 789, Þ1	R	12,2	1,0	<u>0,14</u>		0,733		<u>0,39</u>	0,6		-	-
Brunná, gamli vegur, Þ2	S	8,0	0,9	<u>0,16</u>		0,927		0,1	<u>0,42</u>		-	-
Straumlækur við Bakkavað, þjv. 789	B	3,0	4,0	0,19	0,25		0,467				+	+
Hvammslækur, þjóðv. 82, Þ1	S	14,5	0,9	<u>0,15</u>		0,353		<u>0,49</u>	0,55		-	-
Hvammslækur v. Bakkavað, Þ2	R	8,9	0,6	<u>0,18</u>		0,839		<u>0,36</u>	0,55		±	-
Reykjaá, gamli vegur, Þ1	B	9,2	3,8	0,30	0,45		0,080				+	+
Reykjaá, þjóðv. 76, Þ2	R	28,6	5,6	0,35		1,162					+	-

Tafla 10. Breytur sem voru notaðar til að ákvarða fiskgengd um þveranir. Þveranir á Ströndum. Lengd, breidd, meðaldýpi og meðalstraumhraði er sýnt fyrir allar þveranir, en mesta dýpi og lægsti straumhraði að auki fyrir brýr. Fallhæð og hylur við útfall er sýnt fyrir ræsi og stokka þar sem slíkt var að finna. Í þeim tilfellum sem aðstæður við ræsi og stokka hindruðu ferðir fiska er það gefið til kynna og hvers konar hindrun var um að ræða (hindrun). Þveranir sem fiskur kemst um eru merktar með (+) og ógengar þveranir eru merktar með (-). Far um ræsi er skipt upp í far fullorðinna laxfiska (F) og seiða laxfiska og allra aldurshópa annarra tegunda fiska (S). (±) merkir að ræsi var talið gengt fiski byggt á einhverjum forsendum öðrum en tilgreindar eru í aðferðum (sjá texta). Ef breyta er undirstrikuð táknað það að hún hindrar ferðir fullorðinna fiska um þverun og feitletrun táknað hindrun seiða laxfiska og alla aldurshópa annarra tegunda.

Vatnsfall	Þverun	Lengd (m)	Breidd (m)	Meðal-dýpi (m)	Mesta dýpi (m)	Meðal	Lægsti	Fallhæð útfall (m)	Hylur útfall (m)	Hindrun	Far um ræsi	
						straum-hraði (m/s)	straum-hraði (m/s)				F	S
Fossá, Asparvík, g. vegur, Þ1	B	22,3	4,0	0,19	0,20		0,190				+	+
Fossá, Asparvík, Þjóðv. 643, Þ2	R	19,3	3,5	0,26		0,985		0,56			-	-
Kaldbaksvíkurvatn afrennsli	B	38,5	4,0	>1.16	>1.5						+	+
Kolbeinsvíkurá, Þjóðv. 643	R	15,0	2,2	<u>0,18</u>		1,269		0,33	0,6		-	-
Skarfadalsá, Þjóðv. 643	R	18,1	2,2	0,20		0,956		0,05	<u>nei</u>	Grjót	-	-
Seljá Veiðileysuf., Þjóðv. 643	R	24,0	2,4	0,26		1,207		0,64	>1.50		±	-
Kraká Veiðileysuf., Þjóðv. 643	R	17,3	2,3	0,21		0,694			>1.50		+	-
Bæjará, Veiðileysuf., heimreið	B	5,3	4,3	0,25	0,44	0,434	0,327				+	+
Búðará, Kúvíkurdal, Þjóðv. 643	B	3,0	5,0	0,07	0,13	0,232	0,040				-	-
Kleifá, Reykjarfirði, Þjóðv. 643	R	20,8	1,9	0,26		1,274					-	-
Reykjarfjarðará, Reykjarf. 643	B	19,0	4,3	0,49	0,78		0,148				+	+
Lækur v Reykjarnes, Þjóðv. 643	R	21,1	2,0	0,10		0,582		0,52		Grjót	-	-
Ávíkurá, Árneshr., Þjóðv. 643	R	12,2	2,5	0,23		1,051		0,27	<u>nei</u>	Grjót	-	-
Árnesá, Árneshr., Þjóðv. 643	B	14,6	5,5	0,16	0,25		0,211				+	+
Melaá, Árneshr., Þjóðv. 643	B	4,0	4,6	0,21	0,26		0,039				+	+
Síki Norðurfirði., vegur 646, Þ1	R	9,1	1,2	0,39		0,107					+	+
Síki Norðurfirði, heimreið, Þ2	R	11,7	1,5	0,26		0,226					+	+
Síki Norðurfirði, Þjóðv. 643, Þ3	R	12,3	1,3	0,20		0,349					+	±

Tafla 11. Samantekt á tapi á búsvæðum fiska sem farið hafa undir þverunarmannvirki í ám og lækjum á rannsóknarsvæðunum þremur. Heildarstærð og meðaltal árfars og flóðfars sem tapast, auk stærðar áhrifasvæðis ofan og neðan þverana, er sýnt fyrir allar þveranir saman og einnig meðaltal fyrir hverja þverunargerð milli rannsóknarsvæða. Árfari sem tapast er skipt upp í það svæði sem fer undir þverunina sjálfa og sem fer undir vegfyllingu. Utan árfars vísar til þess svæðis sem fer undir vegfyllingu og er innan flóðfars en stendur utan árfars.

Landsvæði		Árfar (m ²) undir:			Utan árfars (m ²)	Alls flóðfar (m ²)	Ahrifasv.	Ahrifasv.
		þverun	vegfyll	alls árfar			ofan (m ²)	neðan (m ²)
Skagafjörður	Samtals tapað	477,5	1176,6	1654,2	2530,5	4184,7	691,5	870,2
	Meðaltal allar þveranir	14,0	34,6	48,7	74,4	123,1	22,3	28,1
	Meðaltal ræsa	23,8	19,6	43,5	9,8	53,3	32,0	44,2
	Meðaltal brúa	0	55,0	55,0	159,3	214,2	1,5	0
	Meðaltal stokka	24,4	26,9	51,3	61,8	113,1	97,1	59,7
Fljót	Samtals tapað	185,1	120,4	305,5	68,1	373,6	291,2	95,3
	Meðaltal allar þveranir	26,4	17,2	43,6	9,7	53,4	41,6	13,6
	Meðaltal ræsa	61,7	34,1	95,8	19,4	115,2	96,3	28,3
	Meðaltal brúa	0	0	0	0	0	0	0
	Meðaltal stokka	0	9,1	9,1	4,9	13,9	1,2	5,2
Strandir	Samtals tapað	421,7	513,7	935,4	521,9	1457,3	3331,8	756,6
	Meðaltal allar þveranir	23,4	28,5	52,0	29,0	81,0	185,1	42,0
	Meðaltal ræsa	38,3	41,7	80,1	27,6	107,7	24,1	25,7
	Meðaltal brúa	0	7,8	7,8	31,2	39,0	438,2	67,7

Tafla 12. Búsvæði (m²) (árfar og flóðfar) sem tapast hefur vegna þverunarmannvirkja og áhrifasvæði ofan og neðan þverunar í vatnsföllum á austanverðu vatnasviði Héraðsvatna í Skagafirði. Árfar sem tapast vegna þverunarmannvirkis er skipt upp í svæði sem fer undir þverunina sjálfa og sem fer undir vegfyllingu. Utan árfars vísar til þess svæðis innan flóðfars sem fer undir vegfyllingu en stendur utan árfarsins. Heildarsvæði sem fer undir árfar og heildarsvæði undir flóðfar eru gefin upp. Samanlegðartölur og meðaltöl yfir tapað árfar og flóðfar og áhrifasvæði þverunar eru sýndar fyrir allar þverunargerðir saman og einnig meðaltöl sérstaklega fyrir hverja gerð. Þ=þverun, S=stokkur, B=brú, R=ræsi.

Vatnsfall	Þverun	Árfar (m ²) undir:			Utan árfars (m ²)	Alls flóðfar (m ²)	Áhrifasv. ofan (m ²)	Áhrifasv. neðan (m ²)	Athugasemdir
		þverun	vegfyll	alls árfar					
Gljúfurá, Þ1, Þjóðv. 76	S	48,7	40,6	89,3	123,6	212,8	97,1	110,9	
Gljúfurá, Þ2, gamli vegur	B	0	0	0	2,7	2,7	0	0	
Lækur n. Hjarðarhagalæks, Þj 76	R	27,1	23,7	50,8	7,9	58,7	13,2	22,4	
Hjarðarhagalækur, Þjóðv. 76	R	32,3	32,2	64,6	1,0	65,6	20,7	20,9	
Þverá, Þjóðv. 76	B	0	0	0	19,1	19,1	-	-	Ekki hægt að meta áhrifasvæði.
Hvammsá, Þjóðv. 76	B	0	0	0	14,3	14,3	18,2	0	
Dalsá, Þjóðv. 76	B	0	47,7	47,7	44,4	92,1	0	0	
Miklabæjarlækur, Þjóðv. 1, Þ1	S	0	13,3	13,3	0	13,3	-	8,4	Stokkur og ræsi mynda saman Þ1.
Miklabæjarlækur, Þjóðv. 1, Þ1	R	23,9	21,3	45,2	9,0	54,2	9,0	-	Malarbotn í ræsi að 1/4 hluta ofan frá.
Miklabæjarlækur, tún, Þ2	B	0	5,1	5,1	0	5,1	0	0	
Miklabæjarlækur, tún, Þ3	R	6,0	5,2	11,2	0,0	11,2	0	3,3	
Miklabæjarlækur, tún, Þ4*	R	8,4	2,8	11,2	9,9	21,1	14,9	39,2	
Víðivallalækur, Þjóðv. 1, Þ1	R	19,6	15,9	35,5	17,7	53,2	4,7	1,8	Malarbotn í ræsi.
Víðivallalækur, fjárhús, Þ2	R	7,2	2,4	9,6	0	9,6	0	0	
Víðivallalækur, tún, Þ3	R	4,7	0,1	4,8	0	4,8	0	0	
Víðivallalækur, tún, Þ4	R	10,0	1,5	11,5	0	11,5	0	0	
Víðivallalækur, tún, Þ5	R	1,6	2,4	4,0	0	4,0	0	0	
Víðivallalækur, tún, Þ6	R	4,6	10,8	15,4	0	15,4	0	0	
Helluá, gamli vegur, Þ1*	R	26,2	19,7	45,8	48,2	94,0	314,4	83,8	
Helluá, Þjóðv. 1, Þ2*	R	51,3	20,8	72,2	13,9	86,1	24,5	126,0	Malarbotn í ræsi að 1/3 hluta ofan frá.
Strangilækur, afl. að Bólu, Þ1	R	12,9	0	12,9	9,2	22,1	0	4,4	0.42m ² af svæði utan árfars er undir ræsi.
Strangilækur, afl. að Bólu, Þ2	R	11,3	32,7	44,0	0,2	44,2	4,5	16,1	
Strangilækur, Þjóðv. 1, Þ3	R	14,9	29,6	44,5	0	44,5	3,6	5,7	

*Tvö ræsi voru í þverun.

Tafla 12, frh.

Vatnsfall	Þverun	Árfar (m ²) undir:			Utan árfars (m ²)	Alls flóðfar (m ²)	Áhrifasv. ofan (m ²)	Áhrifasv. neðan (m ²)	Athugunarsemdir
		Þverun	vegfull	alls árfar					
Bóluá, gamli vegur, Þ1	B	0	0	0	0	0	0		
Bóluá, þjóðv. 1, Þ2*	R	65,3	29,9	95,1	24,4	119,6	124,1	276,1	Sandframburður og upphlaðin eyri neðan ræsis.
Afrennslisl. 2, afl. Silfrast., Þ1	R	-	-	-	-	-	-	-	
Afrennslisl. 2, þjóðv. 1, Þ2	R	-	-	-	-	-	-	-	Malarbotn í ræsi að 1/2 hluta ofan frá.
Afrennslisl. 1, þjóðv. 1	R	-	-	-	-	-	-	-	
Norðurá við Kjálka, Þ3	B	0	713,9	713,9	2104,6	2818,6	-	-	Ekki var hægt að meta áhrifasvæði.
Egilsá, Norðurárdal	B	0	2,6	2,6	0	2,6	0	0	
Kotá Norðárd, gamli vegur, Þ1	B	0	0	0	0	0	0	0	
Kotá Norðurárdal, þjóðv. 1, Þ2	B	0	0	0	31,5	31,5	0	0	
Valagilsá Norðurárdal, þjóðv. 1	B	0	0	0	0	0	0	0	
Norðurá innan Heiðarsp., Þ1	B	0	0	0	0	0	0	0	
Norðurá v.Heiðarsp, þjóðv 1, Þ2	B	0	0	0	13,2	13,2	0	0	
Grjótá Öxnadh. gamli vegur, Þ1	B	0	0	0	0	0	0	0	
Grjótá Öxnadh. þjóðv. 1, Þ2	R	101,7	102,3	204,0	35,9	239,9	42,8	151,3	
Samtals	Allt	477,5	1176,6	1654,2	2530,5	4184,7	691,5	870,2	
Meðaltal	Allt	14,0	34,6	48,7	74,4	123,1	22,3	28,1	
Meðaltal	R	23,8	19,6	43,5	9,8	53,3	32,0	44,2	
Meðaltal	B	0	55,0	55,0	159,3	214,2	1,5	0	
Meðaltal	S	24,4	26,9	51,3	61,8	113,1	97,1	59,7	

*Tvö ræsi voru í þverun.

Tafla 13. Búsvæði (m²) (árfar og flóðfar) sem tapast hefur vegna þverunarmannvirkja og áhrifasvæði ofan og neðan þverunar í vatnsföllum á vatnasviði Fljótaár og Miklavatns í Fljótum. Árfar sem tapast vegna þverunarmannvirkis er skipt upp í svæði sem fer undir þverunina sjálfa og sem fer undir vegfyllingu. Utan árfars vísar til þess svæðis innan flóðfars sem fer undir vegfyllingu en stendur utan árfarsins. Heildarsvæði sem fer undir árfar og heildarsvæði undir flóðfar eru gefin upp. Samanlegðartölur og meðaltöl yfir tapað árfar og flóðfar og áhrifasvæði þverunar eru sýndar fyrir allar þverunargerðir saman og einnig meðaltöl sérstaklega fyrir hverja gerð. Þ=þverun, S=stokkur, B=brú, R=ræsi.

Vatnsfall	Þverun	Árfar (m ²) undir:			Utan árfars (m ²)	Alls flóðfar (m ²)	Áhrifasv. ofan (m ²)	Áhrifasv. neðan (m ²)	Athugasemdir
		þverun	vegfyll	alls árfar					
Brunná, þjóðv. 789, Þ1	R	12,2	12,8	25,0	3,7	28,7	3,4	11,0	
Brunná, gamli vegur, Þ2	S	0	3,6	3,6	0	3,6	0	1,8	
Straumlækur við Bakkavað,þj.789	B	0	0	0	0	0	0	0	
Hvammslækur, þjóðv. 82, Þ1	S	0	14,5	14,5	9,8	24,3	2,4	8,6	
Hvammslækur v. Bakkavað,Þ2*	R	12,7	0,2	12,9	46,7	59,6	24,4	42,3	
Reykjaá, gamli vegur, Þ1	B	0	0	0	0	0	0	0	
Reykjaá, þjóðv. 76, Þ2	R	160,2	89,4	249,5	7,9	257,4	261,0	31,5	Eyri og sandur hlaðist upp ofan ræsis.
Samtals	Allt	185,1	120,4	305,5	68,1	373,6	291,2	95,3	
Meðaltal	Allt	26,4	17,2	43,6	9,7	53,4	41,6	13,6	
Meðaltal	R	61,7	34,1	95,8	19,4	115,2	96,3	28,3	
Meðaltal	B	0	0	0	0	0	0	0	
Meðaltal	S	0	9,1	9,1	4,9	13,9	1,2	5,2	

*Tvö ræsi voru í þverun.

Tafla 14. Búsvæði (m²) (árfar og flóðfar) sem tapast hefur vegna þverunarmannvirkja og áhrifasvæði ofan og neðan þverunar í vatnsföllum á Ströndum norðan Asparvíkurdals og norður í Norðurfjörð. Árfar sem tapast vegna þverunarmannvirkis er skipt upp í svæði sem fer undir þverunina sjálfa og sem fer undir vegfyllingu. Utan árfars vísar til þess svæðis innan flóðfars sem fer undir vegfyllingu en stendur utan árfarsins. Heildarsvæði sem fer undir árfar og heildarsvæði undir flóðfar eru gefin upp. Samanlegðartölur og meðaltöl yfir tapað árfar og flóðfar og áhrifasvæði þverunar eru sýndar fyrir allar þverunargerðir saman og einnig meðaltöl sérstaklega fyrir hverja gerð. Þ=þverun, S=stokkur, B=brú, R=ræsi.

Vatnsfall	Þverun	Árfar (m ²) undir:			Utan árfars (m ²)	Alls flóðfar (m ²)	Áhrifasv. ofan (m ²)	Áhrifasv. neðan (m ²)	Athugasemdir
		þverun	vegfyll	alls árfar					
Fossá, Asparvík, g. vegur, Þ1	B	0	0	0	22,8	22,8	0	0	
Fossá, Asparvík, Þjóðv. 643, Þ2	R	67,6	100,4	167,9	121,6	289,5	0	0	
Kaldbaksvíkurá, Þjóðv. 643	B	0	15,0	15,0	13,0	27,9	0	0	
Kolbeinsvíkurá, Þjóðv. 643	R	33,0	34,3	67,3	13,4	80,6	5,1	70,6	
Skarfadalsá, Þjóðv. 643	R	39,8	43,0	82,8	24,0	106,8	12,1	7,5	
Seljá Veiðileysuf., Þjóðv. 643	R	56,4	81,6	138,0	34,8	172,8	35,8	94,3	
Kraká Veiðileysuf., Þjóðv. 643**	R	39,8	47,4	87,2	44,3	131,5	130,4	44,5	
Bæjará, Veiðileysuf., heimreið	B	0	14,6	14,6	0	14,6	0	0	
Búðará, Kúvíkurdal, Þjóðv. 643	B	0	25,2	25,2	0	25,2	40,6	24,2	
Kleifá, Reykjarfirði, Þjóðv. 643	R	39,5	77,0	116,5	0	116,5	40,6	12,0	
Reykjarfjarðará, Reykjarf. Þj. 643	B	0	0	0	100,0	100,0	0	0	Djúpur hylur undir brú og strengur neðan við.
Lækur v Reykjarnes, Þjóðv. 643**	R	42,2	26,4	68,6	15,3	83,9	8,6	20,3	
Ávíkurá, Árneshr., Þjóðv. 643**	R	30,3	29,5	59,8	0,0	59,8	8,0	7,0	Setmyndun ofan ræsis
Árnesá, Árneshr., Þjóðv. 643	B	0	0	0	82,5	82,5	2960,0	450,0	
Melaá, Árneshr., Þjóðv. 643	B	0	0	0	0	0	66,6	0	
Síki Norðurfirði., vegur 646, Þ1	R	10,9	10,4	21,3	8,6	29,9	8,0	4,8	
Síki Norðurfirði, heimreið, Þ2*	R	31,6	4,1	35,7	12,9	48,6	7,1	14,7	Malarbotn í ræsum að 1/3 hluta ofan frá.
Síki Norðurfirði, Þjóðv. 643, Þ3*	R	30,7	4,9	35,6	28,9	64,5	9,0	6,8	
Samtals	Allt	421,7	513,7	935,4	521,9	1457,3	3331,8	756,6	
Meðaltal	Allt	23,4	28,5	52,0	29,0	81,0	185,1	42,0	
Meðaltal	R	38,3	41,7	80,1	27,6	107,7	24,1	25,7	
Meðaltal	B	0	7,8	7,8	31,2	39,0	438,2	67,7	

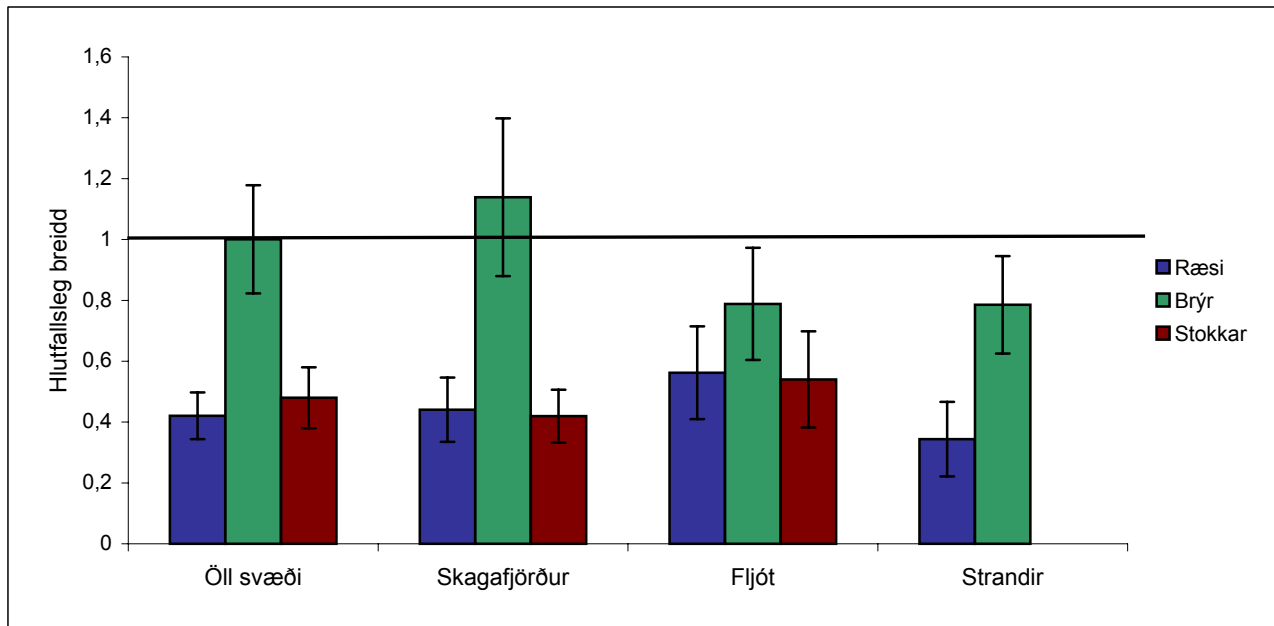
*Tvö ræsi voru í þverun.

**Náttúrulegar hindranir neðan þverana gera vatnsfall ófiskgengt sjögöngufiski.

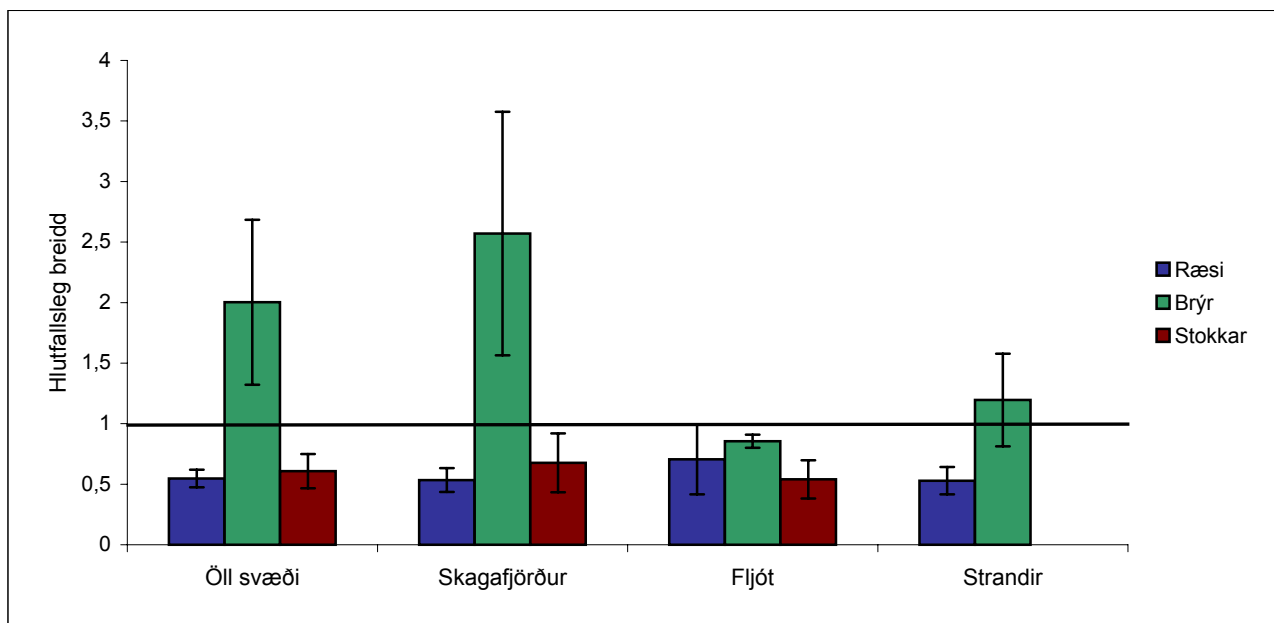
Tafla 15. Flatarmál búsvæðis (m²) ofan þverana sem hindra ferðir sjógöngustofna laxfiska (urriða og/eða bleikju) og hlutfall (%) þess svæðis af heildarbúsvæði vatnsfallsins. Flatarmál búsvæðis er reiknað út frá lengd árkafla og meðalbreidd árfars á þeim kafla við dæmigerðar sumarrennslisaðstæður.

Vatnsfall	Gerð þverunar	Búsvæði sem tapast (m²)	Hlutfall heildar- búsvæðis (%)
Lækur n. Hjarðarhagalæks, þjóðv. 76	Ræsi	3990	78,1
Hjarðarhagalækur, þjóðv. 76	Ræsi	12844	92,0
Miklabæjarlækur, þjóðv. 1, Þ1*	Ræsi / Stokkur	2475	37,2
Víðivallalækur, tún, Þ3	Ræsi	2138	37,0
Helluá, gamli vegur, Þ1	Ræsi	11365	55,6
Strangilækur, afl. að Bólu, Þ1	Ræsi	1088	63,6
Brunná, gamli vegur, Þ2*	Stokkur	2050	67,8
Hvammslækur, þjóðv. 82, Þ1	Stokkur	848	50,4

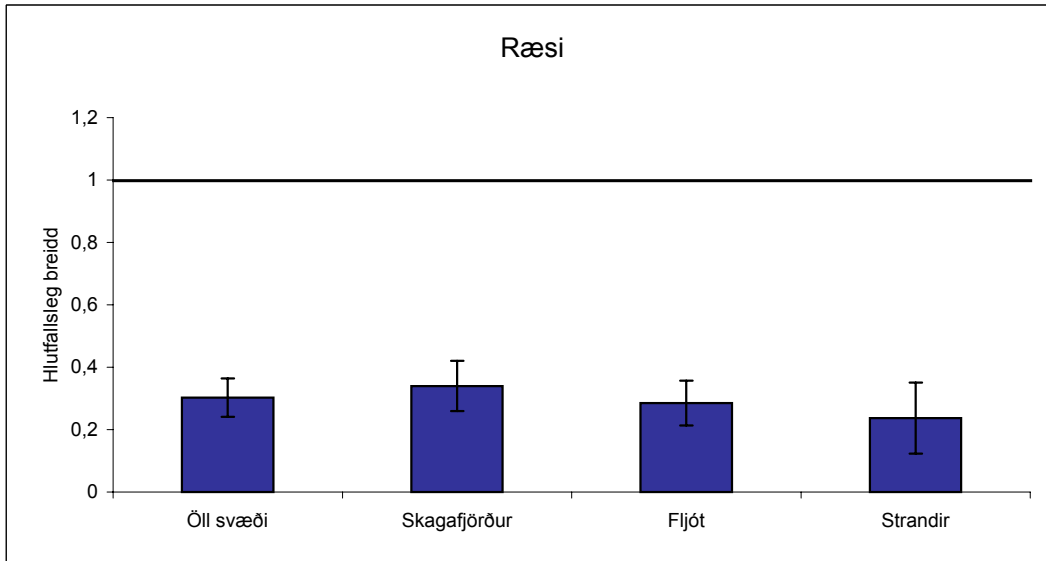
*Önnur þverun (ræsi) ofar í vatnsfalli hindraði einnig far fullorðinna laxfiska



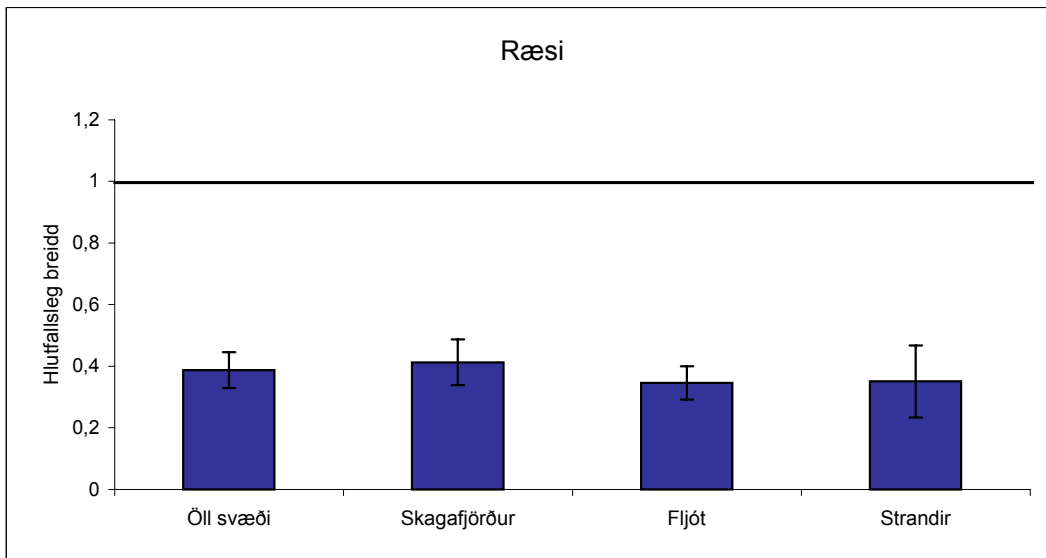
Mynd 1. Hlutfall breiddar þverunar (lengd fyrir brýr) og meðalflóðfars ofan og neðan þverunar fyrir allar þrjár gerðir þverana. Hlutfallsleg breidd er sýnd fyrir þveranir á öllum svæðum saman og einnig á hverju svæði fyrir sig með 95% öryggismörkum. Svarta línan sýnir það hlutfall sem kæmi út ef breidd þverunar væri hin sama og meðalflóðfar ofan og neðan hennar, þ.e. hutfallið 1:1.



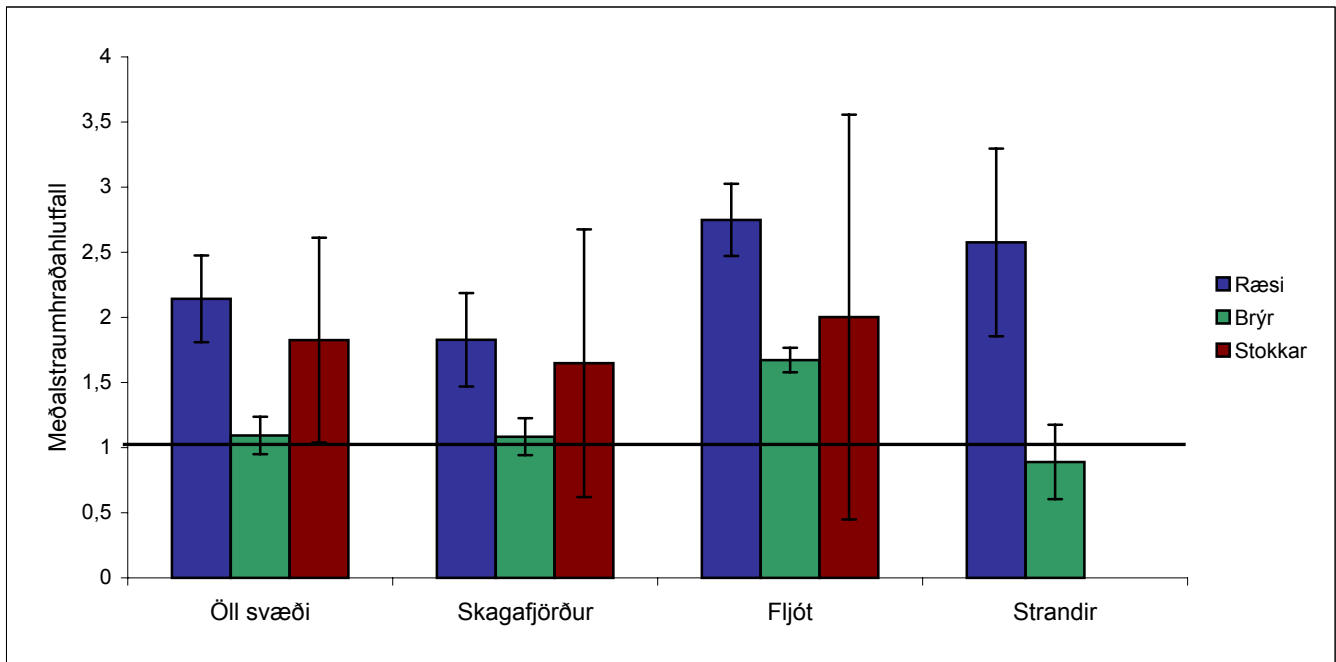
Mynd 2. Hlutfall breiddar þverunar (lengd fyrir brýr) og meðalárfars ofan og neðan þverunar fyrir allar þrjár gerðir þverana. Hlutfallsleg breidd er sýnd fyrir þveranir á öllum svæðum saman og einnig á hverju svæði fyrir sig með 95% öryggismörkum. Svarta línan sýnir það hlutfall sem kæmi út ef breidd þverunar væri hin sama og meðalárfar ofan og neðan hennar, þ.e. hutfallið 1:1.



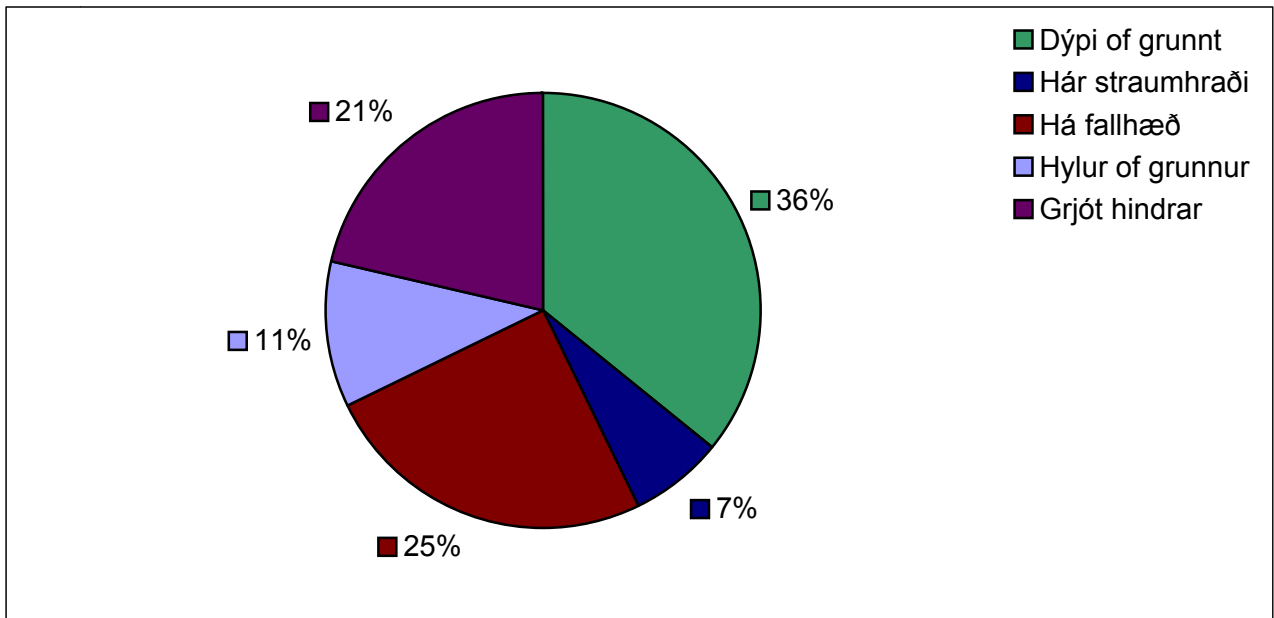
Mynd 3. Hlutfall rennslisbreiddar þverunar og meðalflóðfars ofan og neðan þverunar fyrir ræsi. Hlutfallsleg breidd er sýnd fyrir þveranir á öllum svæðum saman og einnig á hverju svæði fyrir sig með 95% öryggismörkum. Svarta línan sýnir það hlutfall sem kæmi út ef rennslisbreidd þverunar væri hin sama og meðalflóðfar ofan og neðan hennar, þ.e. hutfallið 1:1.



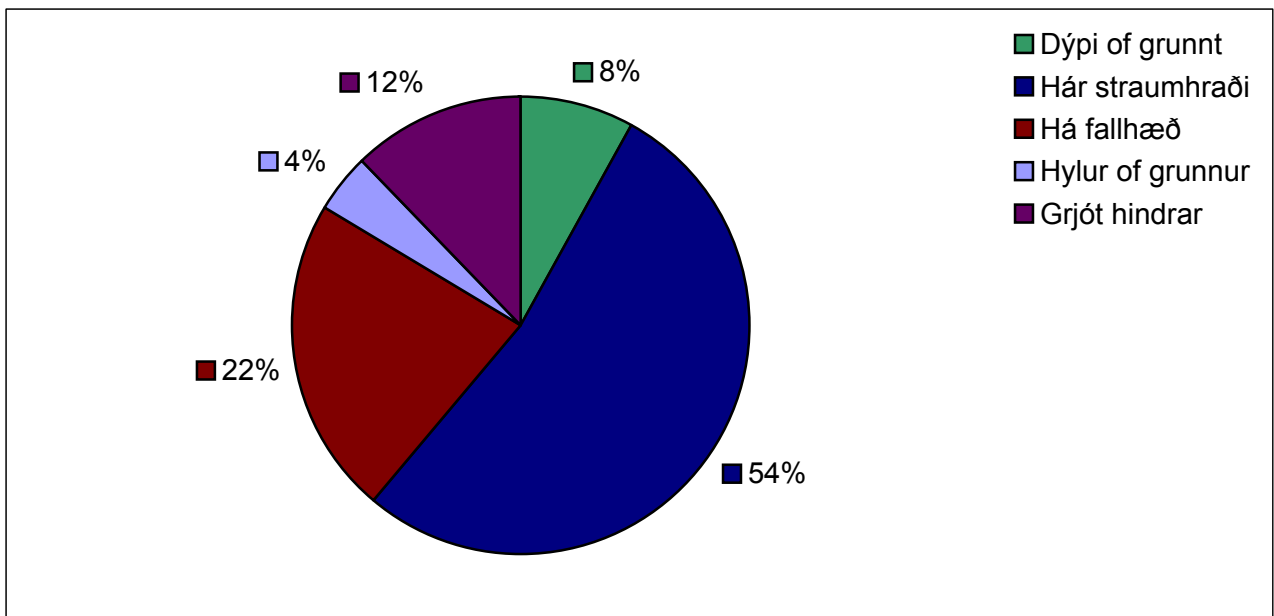
Mynd 4. Hlutfall rennslisbreiddar þverunar og meðalárfars ofan og neðan þverunar fyrir ræsi. Hlutfallsleg breidd er sýnd fyrir þveranir á öllum svæðum saman og einnig á hverju svæði fyrir sig með 95% öryggismörkum. Svarta línan sýnir það hlutfall sem kæmi út ef rennslisbreidd þverunar væri hin sama og meðalárfar ofan og neðan hennar, þ.e. hutfallið 1:1.



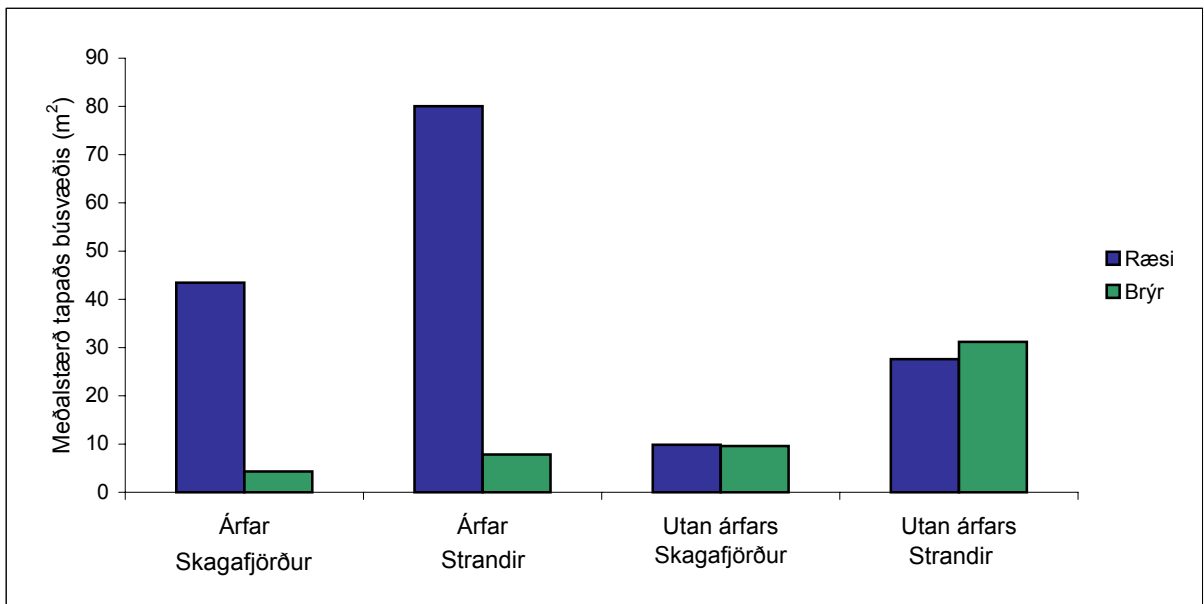
Mynd 5. Meðalstraumhraðahlutfall reiknað sem meðalstraumhraði í þverunarmannvirki á móti meðalstraumhraða ofan og neðan þverunar fyrir allar þrjár gerðir þverunar. Meðalstraumhraðahlutfall er sýnt fyrir öll svæði saman og fyrir hvert um sig með 95% öryggismörkum. Svarta línan sýnir hutfallið 1:1 sem er það hlutfall sem kæmi út ef meðalstraumhraði væri sá sami í þverun og ofan og neðan hennar.



Mynd 6. Breytur (einar og sér eða ásamt öðrum) sem hindra ferðir fullorðna laxfiska um ræsi (öll svæði saman).



Mynd 7. Breytur (einar og sér eða ásamt öðrum) sem hindra ferðir laxfiskaseiða og alla aldurshópa annarra tegunda en laxfiska um ræsi (öll svæði saman).



Mynd 8. Meðalstærð tapaðs búsvæðis (m²) per þverunarmannvirki vegna ræsa og brúa í Skagafirði og á Ströndum. Meðalstærð tapaðs flóðfars er skipt upp í tapað árfar og tapað svæði utan árfars. Norðurárbrúin yfir á Kjálka í Skagafirði er ekki með í þessum útreikningum.

Viðauki A. Hlutfall breiddar þverunar (lengd fyrir brýr) af meðalflóðfari ofan og neðan þverunar, hlutfall breiddar þverunar (lengd fyrir brýr) af meðalárfari ofan og neðan þverunar, hlutfall rennslisbreiddar ræsa og stokka af meðalflóðfari ofan og neðan þeirra og hlutfall rennslisbreiddar ræsa og stokka af árfari ofan og neðan þeirra fyrir hverja einstaka þverun í vatnsföllum á austanverðu vatnasviði Héraðsvatna í Skagafirði, á vatnasviði Fljótaár og Miklavatns í Fljótum og á Ströndum frá Asparvíkurdal norður í Norðurfjörð.

Vatnsfall	Gerð þverunar	Breidd þverunar / flóðfari	Breidd þverunar / árfari	Rennslis-breidd / flóðfari	Rennslis-breidd / árfari
Skagafjörður					
Gljúfurá, þ1, þjóðv. 76	Stokkur	0,375	0,800	0,263	0,561
Gljúfurá, þ2, gamli vegur	Brú	1,593	3,395	-	-
Lækur n. Hjarðarhagalæks, þjv. 76	Ræsi	0,461	0,533	0,287	0,332
Hjarðarhagalækur, þjóðv. 76	Ræsi	0,472	0,501	0,267	0,283
Þverá, þjóðv. 76	Brú	0,762	2,627	-	-
Hvammsá, þjóðv. 76	Brú	0,656	1,333	-	-
Dalsá, þjóðv. 76	Brú	1,065	2,294	-	-
Miklabæjarlækur, þjóðv. 1, þ1	Stokkur	0,464	0,552	0,464	0,552
Miklabæjarlækur, þjóðv. 1, þ1	Ræsi	0,444	0,528	0,318	0,378
Miklabæjarlækur, tún, þ2	Brú	1,094	1,094	-	-
Miklabæjarlækur, tún, þ3	Ræsi	0,400	0,400	0,392	0,392
Miklabæjarlækur, tún, þ4	Ræsi	0,667	0,667	0,526	0,526
Víðivallalækur, þjóðv. 1, þ1	Ræsi	0,552	0,552	0,527	0,527
Víðivallalækur, fjárhús, þ2	Ræsi	0,750	0,750	0,650	0,650
Víðivallalækur, tún, þ3	Ræsi	0,970	0,970	0,782	0,782
Víðivallalækur, tún, þ4	Ræsi	0,396	0,742	0,365	0,684
Víðivallalækur, tún, þ5	Ræsi	0,207	0,385	0,195	0,363
Víðivallalækur, tún, þ6	Ræsi	0,195	0,273	0,169	0,236
Helluá, gamli vegur, þ1	Ræsi	0,295	0,571	0,203	0,392
Helluá, þjóðv. 1, þ2	ræsi	0,440	0,711	0,323	0,522
Strangilækur, afl. að Bólu, þ1	Ræsi	1,033	1,033	0,670	0,670
Strangilækur, afl. að Bólu, þ2	Ræsi	0,133	0,257	0,137	0,266
Strangilækur, þjóðv. 1, þ3	Ræsi	0,095	0,152	0,087	0,140
Bóluá, gamli vegur, þ1	Brú	1,461	2,732	-	-
Bóluá, þjóðv. 1, þ2	ræsi	0,482	0,686	0,175	0,249
Afrennslisl. 2, afl. Silfrast., þ1	Ræsi	0,291	0,291	0,262	0,262
Afrennslisl. 2, þjóðv. 1, þ2	Ræsi	0,320	0,320	0,265	0,265
Afrennslisl. 1, þjóðv. 1	Ræsi	0,405	0,405	0,323	0,323
Norðurá við Kjálka, þ3	Brú	0,362	2,012	-	-
Egilsá, Norðurárdal	Brú	0,781	2,274	-	-
Kotá Norðárd, gamli vegur, þ1	Brú	1,073	2,238	-	-
Kotá Norðurárdal, þjóðv. 1, þ2	Brú	2,346	8,786	-	-
Valagilsá Norðurárdal, þjóðv. 1	Brú	1,191	2,562	-	-
Norðurá innan Heiðarsp., þ1	Brú	0,803	0,889	-	-
Norðurá v.Heiðarsp, þjóðv 1, þ2	Brú	1,202	1,394	-	-
Grjótá Öxnadh. gamli vegur, þ1	Brú	1,556	2,356	-	-
Grjótá Öxnadh. þjóðv. 1, þ2	Ræsi	0,250	0,498	0,215	0,428

Viðauki A, frh.

Vatnsfall	Gerð þverunar	Breidd þverunar / flóðfari	Breidd þverunar / árfari	Rennslis- breidd / flóðfari	Rennslis- breidd / árfari
Fljót					
Brunná, þjóðv. 789, þ1	Ræsi	0,426	0,488	0,272	0,312
Brunná, gamli vegur, þ2	Stokkur	0,621	0,621	0,621	0,621
Straumlækur við Bakkavað, þj .789	Brú	0,882	0,882	-	-
Hvammslækur, þjóðv. 82, þ1	Stokkur	0,459	0,459	0,543	0,543
Hvammslækur v. Bakkavað, þ2	Ræsi	0,695	0,988	0,228	0,325
Reykjaá, gamli vegur, þ1	Brú	0,694	0,827	-	-
Reykjaá, þjóðv. 76, þ2	Ræsi	0,566	0,642	0,354	0,401

Strandir

Fossá, Asparvík, g. vegur, þ1	Brú	0,963	1,868	-	-
Fossá, Asparvík, þjóðv 643, þ2	Ræsi	0,202	0,402	0,092	0,183
Kaldbaksvíkurá, þjóðv. 643	Brú	0,937	1,631	-	-
Kolbeinsvíkurá, þjóðv. 643	Ræsi	0,106	0,491	0,063	0,292
Skarfadalsá, þjóðv. 643	Ræsi	0,140	0,481	0,081	0,277
Seljá Veiðileysuf. , þjóðv. 643	Ræsi	0,200	0,409	0,137	0,280
Kraká Veiðileysuf., þjóðv. 643	Ræsi	0,286	0,456	0,186	0,298
Bæjará, Veiðileysuf., heimreið	Brú	0,777	0,797	-	-
Búðará, Kúvíkurdal, þjóðv. 643	Brú	0,367	0,376	-	-
Kleifá, Reykjarfirði, þjóðv. 643	Ræsi	0,217	0,258	0,160	0,191
Reykjarfjarðará, Reykjarf. þj. 643	Brú	0,903	1,362	-	-
Lækur v Reykjarnes, þjóðv 643	Ræsi	0,444	0,615	0,156	0,215
Ávíkurá, Árneshr., þjóðv. 643	Ræsi	0,324	0,449	0,163	0,226
Árnesá, Árneshr., þjóðv. 643	Brú	0,642	1,390	-	-
Melaá, Árneshr., þjóðv. 643	Brú	0,911	0,941	-	-
Síki Norðurfirði., vegur 646, þ1	Ræsi	0,480	0,511	0,430	0,457
Síki Norðurfirði, heimreið, þ2	Ræsi	0,673	0,885	0,522	0,687
Síki Norðurfirði, þjóðv. 643, þ3	Ræsi	0,709	0,862	0,618	0,752

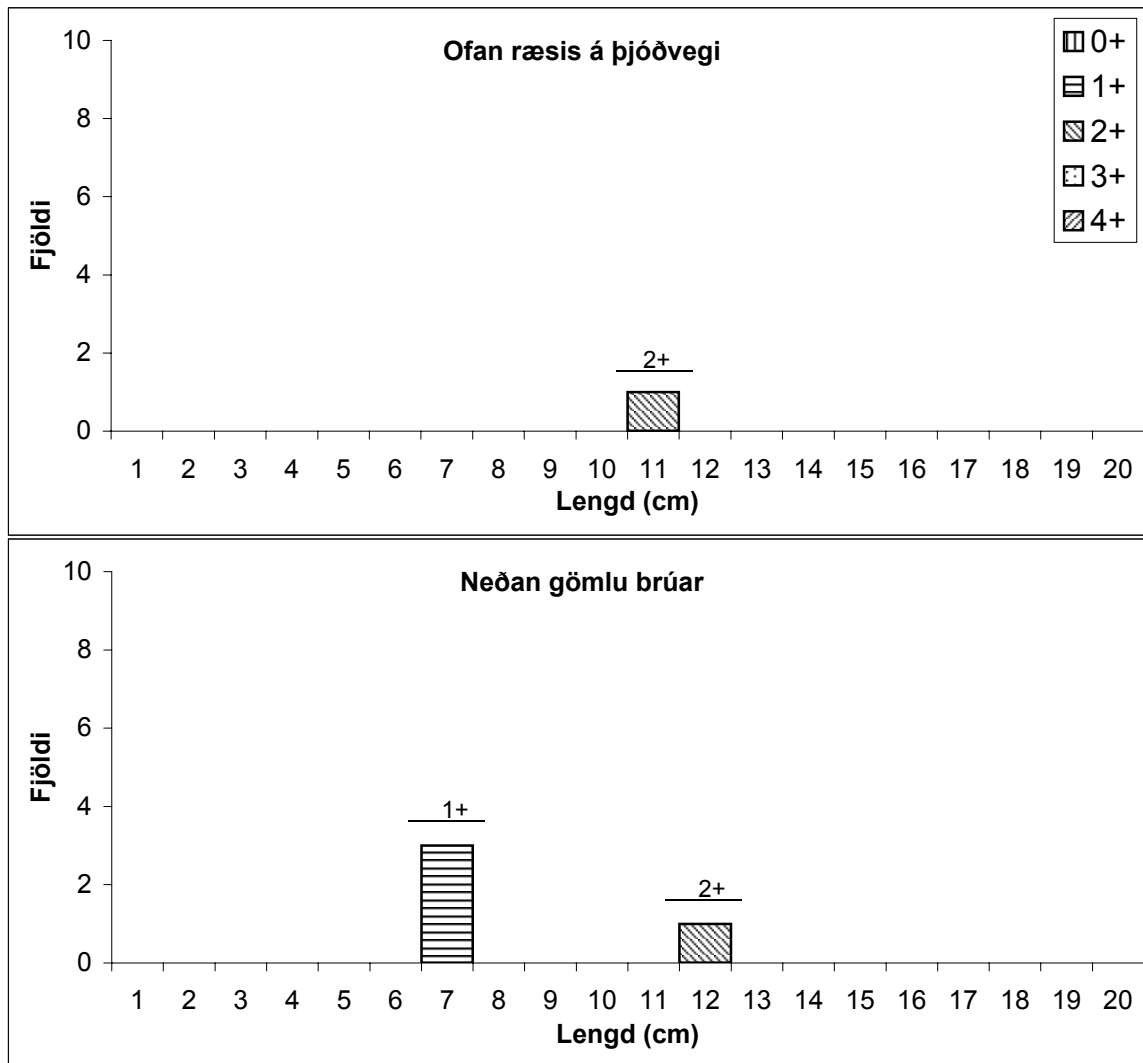
Viðauki B. Meðalstraumhraðahlutfall (hlutfall meðalstraumhraða inni í/undir þverunarmannvirki og meðalstraumhraða ofan og neðan þverunar) fyrir einstaka þverun í vatnsföllum á austanverðu vatnasviði Héraðsvatna í Skagafirði, á vatnasviði Fljótaár og Miklavatns í Fljótum og á Ströndum frá Asparvíkurdal norður í Norðurfjörð.

Vatnsfall	Gerð þverunar	Meðalstraum- hraðahlutfall
Skagafjörður		
Gljúfurá, Þ1, þjóðv. 76	Stokkur	2,17
Gljúfurá, Þ2, gamli vegur	Brú	1,81
Lækur n. Hjarðarhagalæks, þjv. 76	Ræsi	2,30
Hjarðarhagalækur, þjóðv. 76	Ræsi	2,45
Þverá, þjóðv. 76	Brú	1,22
Hvammsá, þjóðv. 76	Brú	1,19
Dalsá, þjóðv. 76	Brú	0,92
Miklabæjarlækur, þjóðv. 1, Þ1	Stokkur	1,12
Miklabæjarlækur, þjóðv. 1, Þ1	Ræsi	2,16
Miklabæjarlækur, tún, Þ2	Brú	1,16
Miklabæjarlækur, tún, Þ3	Ræsi	1,12
Miklabæjarlækur, tún, Þ4	Ræsi	1,76
Víðivallalækur, þjóðv. 1, Þ1	Ræsi	0,67
Víðivallalækur, fjárhús, Þ2	Ræsi	0,91
Víðivallalækur, tún, Þ3	Ræsi	1,56
Víðivallalækur, tún, Þ4	Ræsi	1,60
Víðivallalækur, tún, Þ5	Ræsi	0,85
Víðivallalækur, tún, Þ6	Ræsi	0,73
Helluá, gamli vegur, Þ1	Ræsi	2,08
Helluá, þjóðv. 1, Þ2	Ræsi	1,61
Strangilækur, afl. að Bólu, Þ1	Ræsi	2,35
Strangilækur, afl. að Bólu, Þ2	Ræsi	2,72
Strangilækur, þjóðv. 1, Þ3	Ræsi	4,05
Bóluá, gamli vegur, Þ1	Brú	0,99
Bóluá, þjóðv. 1, Þ2	ræsi	1,57
Afrennslisl. 2, afl. Silfrast., Þ1	Ræsi	2,35
Afrennslisl. 2, þjóðv. 1, Þ2	Ræsi	2,99
Afrennslisl. 1, þjóðv. 1	Ræsi	1,13
Norðurá við Kjálka, Þ3	Brú	1,22
Egilsá, Norðurárdal	Brú	0,81
Kotá Norðárd, gamli vegur, Þ1	Brú	1,23
Kotá Norðurárdal, þjóðv. 1, Þ2	Brú	1,15
Valagilsá Norðurárdal, þjóðv. 1	Brú	1,03
Norðurá innan Heiðarsp., Þ1	Brú	0,79
Norðurá v.Heiðarsp, þjóðv 1, Þ2	Brú	0,71
Grjótá Öxnadh. gamli vegur, Þ1	Brú	0,95
Grjótá Öxnadh. þjóðv. 1, Þ2	Ræsi	1,46

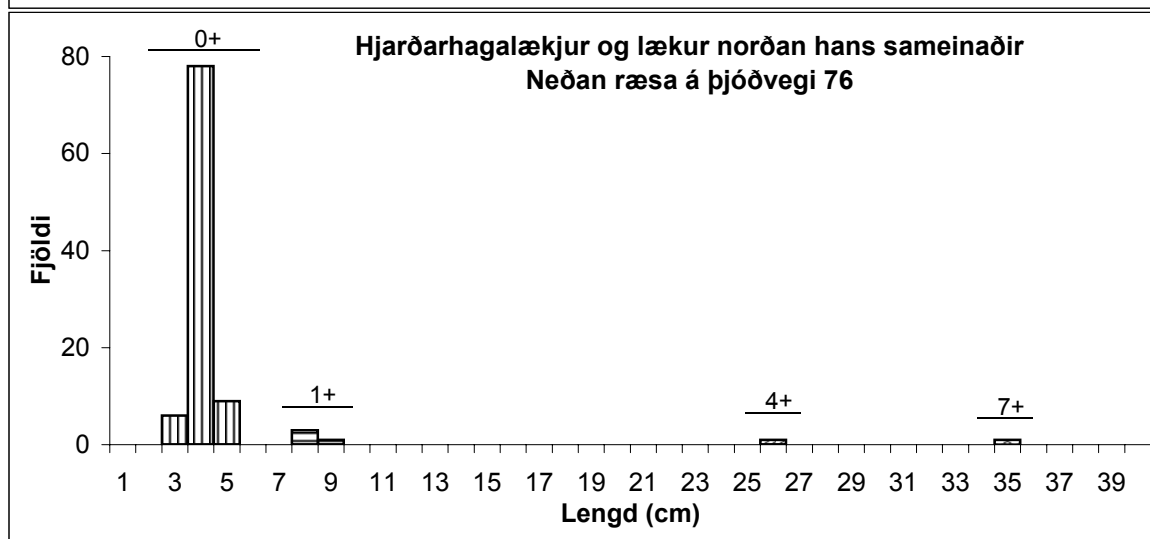
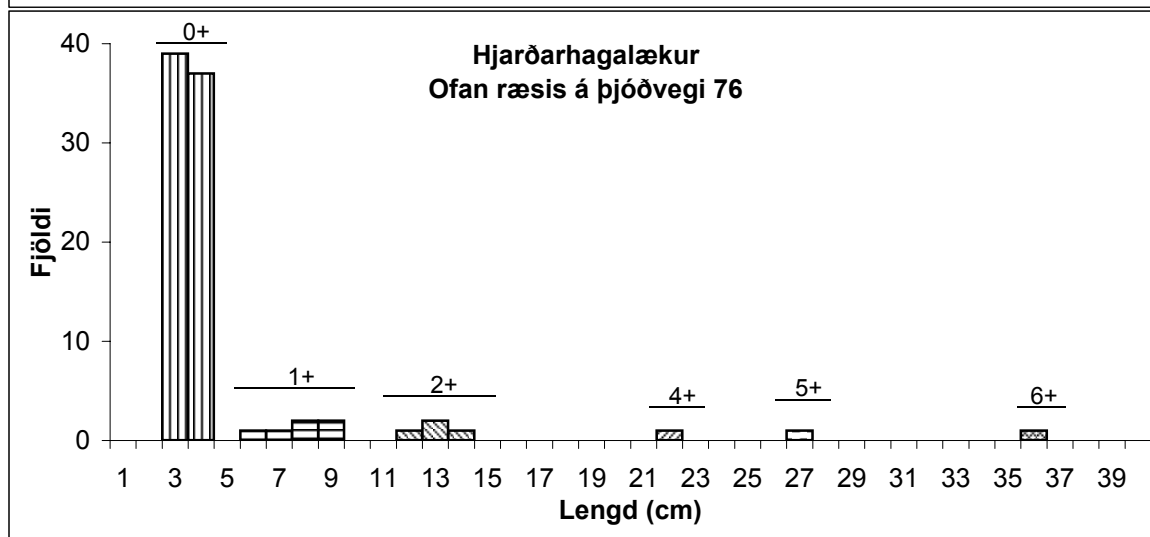
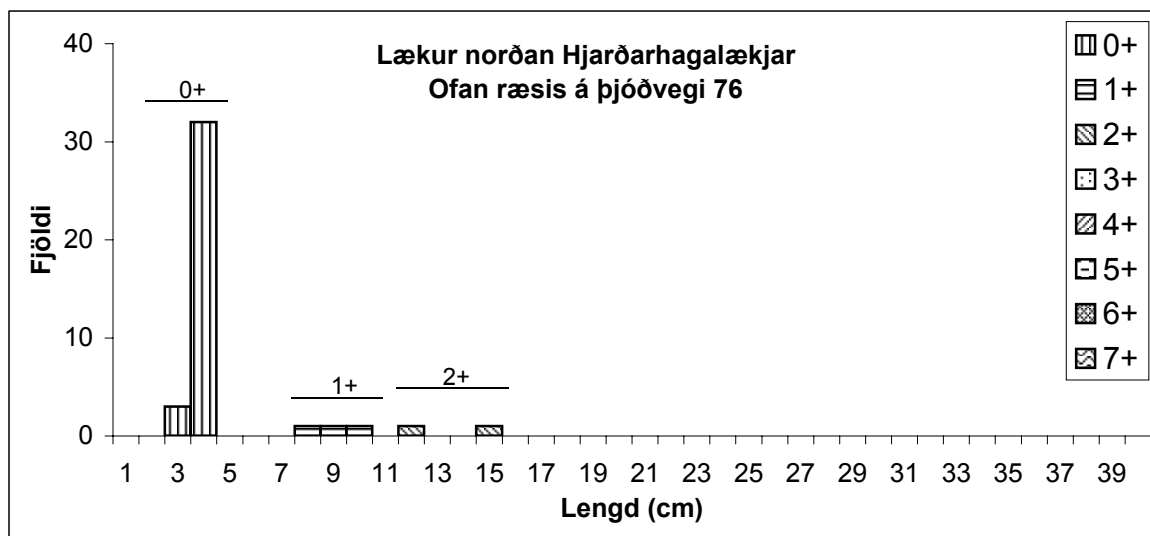
Viðauki B, frh.

Vatnsfall	Gerð þverunar	Meðalstraum- hraðahlutfall
Fljót		
Brunná, þjóðv. 789, Þ1	Ræsi	2,66
Brunná, gamli vegur, Þ2	Stokkur	2,80
Straumlækur við Bakkavað, þj .789	Brú	1,62
Hvammslækur, þjóðv. 82, Þ1	Stokkur	1,21
Hvammslækur v. Bakkavað, Þ2	Ræsi	3,03
Reykjaá, gamli vegur, Þ1	Brú	1,72
Reykjaá, þjóðv. 76, Þ2	Ræsi	2,56
Strandir		
Fossá, Asparvík, g. vegur, Þ1	Brú	0,67
Fossá, Asparvík, þjóðv 643, Þ2	Ræsi	2,45
Kaldbaksvíkurá, þjóðv. 643	Brú	
Kolbeinsvíkurá, þjóðv. 643	Ræsi	3,08
Skarfadalsá, þjóðv. 643	Ræsi	2,57
Seljá Veiðileysuf. , þjóðv. 643	Ræsi	3,57
Kraká Veiðileysuf., þjóðv. 643	Ræsi	2,54
Bæjará, Veiðileysuf., heimreið	Brú	0,87
Búðará, Kúvíkurdal, þjóðv. 643	Brú	1,12
Kleifá, Reykjarfirði, þjóðv. 643	Ræsi	2,59
Reykjarfjarðará, Reykjarf. þj. 643	Brú	0,49
Lækur v Reykjarnes, þjóðv 643	Ræsi	4,76
Ávíkurá, Árneshr., þjóðv. 643	Ræsi	3,58
Ánesá, Árneshr., þjóðv. 643	Brú	
Melaá, Árneshr., þjóðv. 643	Brú	1,30
Síki Norðurfirði., vegur 646, Þ1	Ræsi	0,44
Síki Norðurfirði, heimreið, Þ2	Ræsi	0,93
Síki Norðurfirði, þjóðv. 643, Þ3	Ræsi	1,84

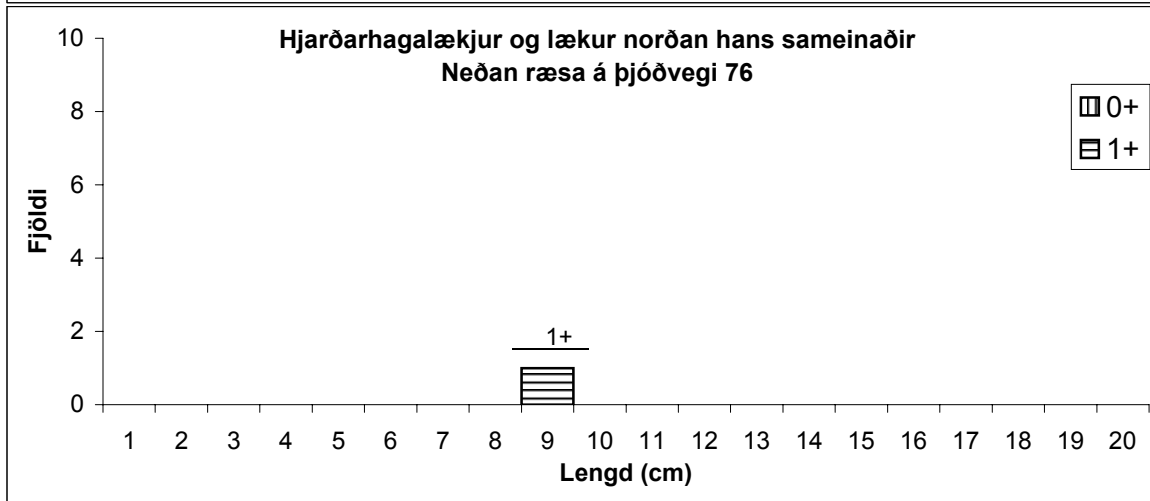
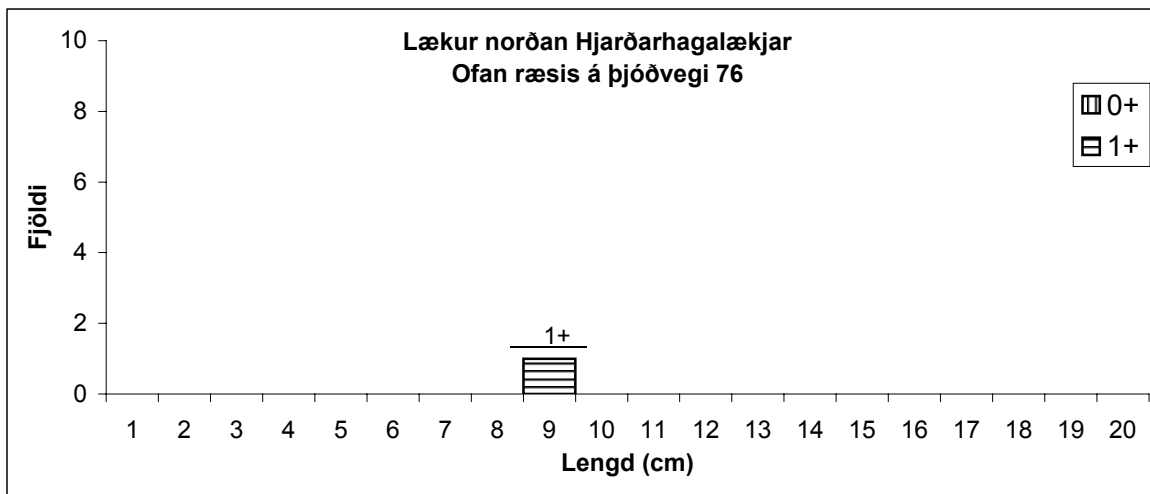
Viðauki C. Lengdar- og aldursdreifingar veiddra fiska í rafveiðum við þverunarmannvirki í ám og lækjum á austanverðu vatnasviði Héraðsvatna í Skagafirði í október 2000, júlí 2001 og í júlí og ágúst 2005.



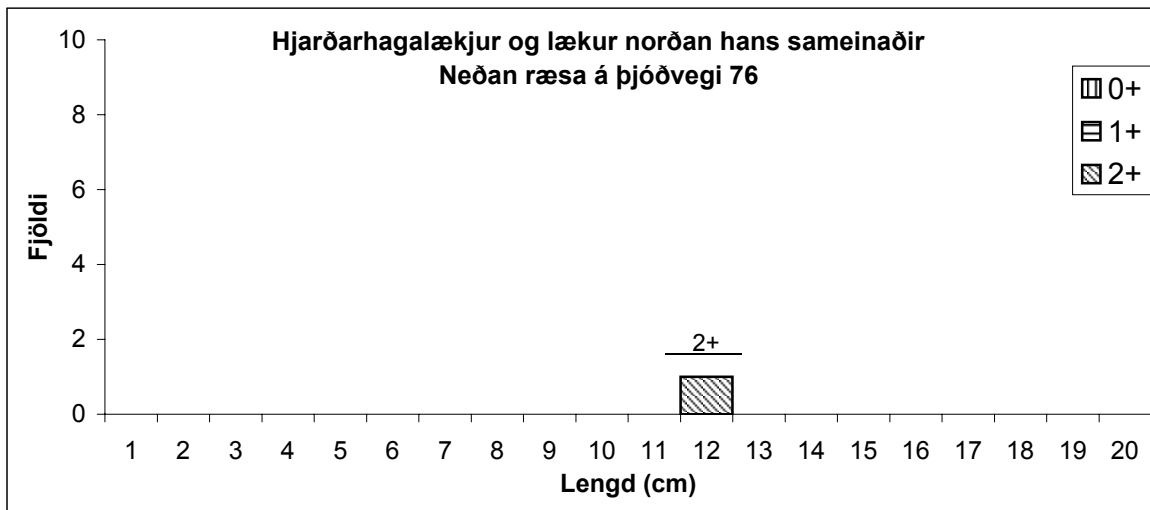
Mynd C1. Lengdar- og aldursdreifing veiddra urriða í Gljúfurá í rafveiðum 16. ágúst 2005.



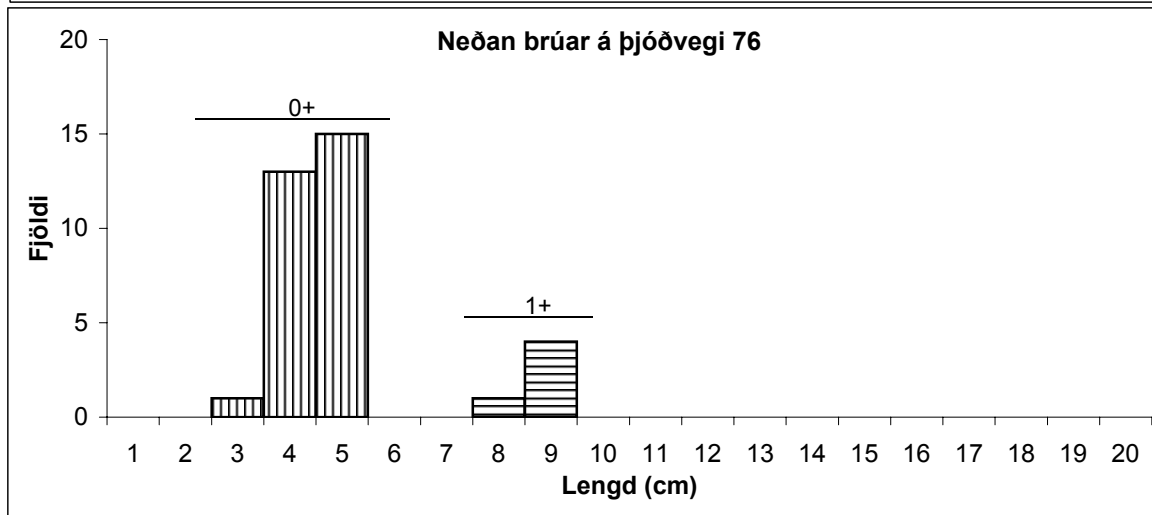
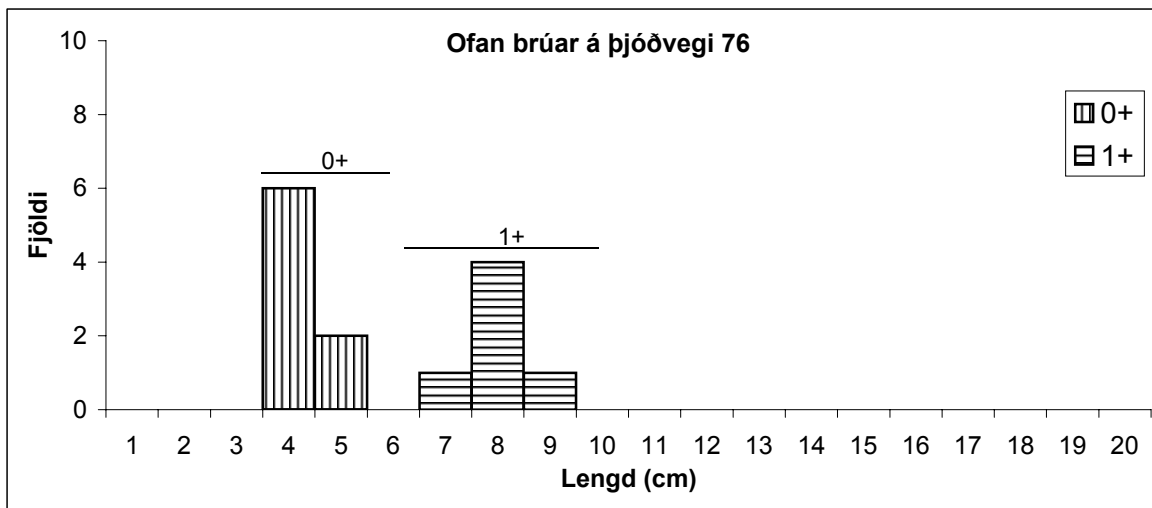
Mynd C2. Lengdar- og aldrisdreifing urriða í Hjarðarhagalæk og læk norðan hans í rafveiðum 22. júlí og 16. ágúst 2005.



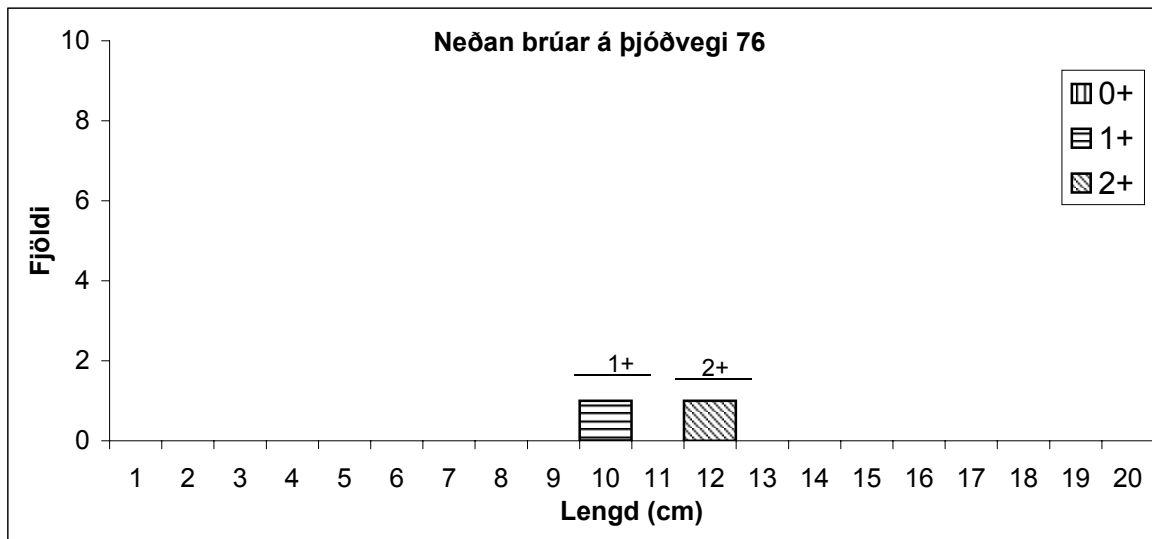
Mynd C3. Lengdar- og alursdreifing bleikju í Hjarðarhagalæk og læk norðan hans í rafveiðum 16. ágúst 2005.



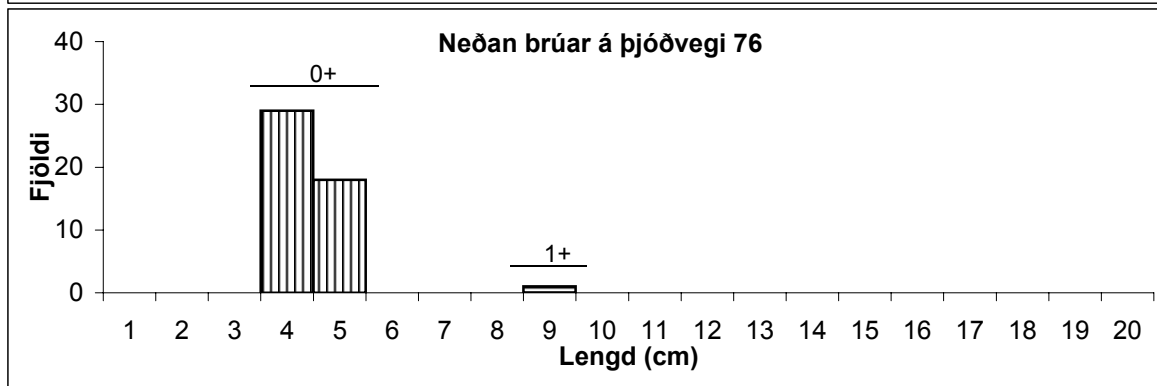
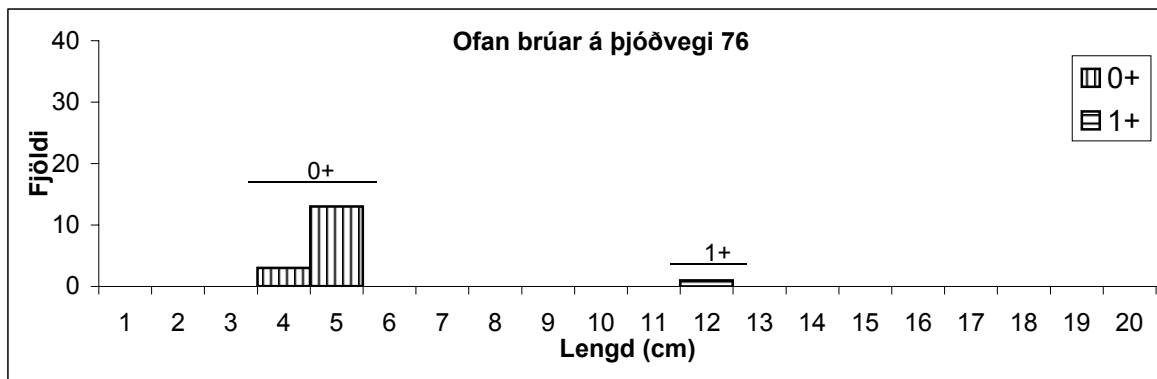
Mynd C4. Lengdar- og alursdreifing lax í Hjarðarhagalæk og læk norðan hans eftir að þeir sameinast í rafveiðum 16. ágúst 2005.



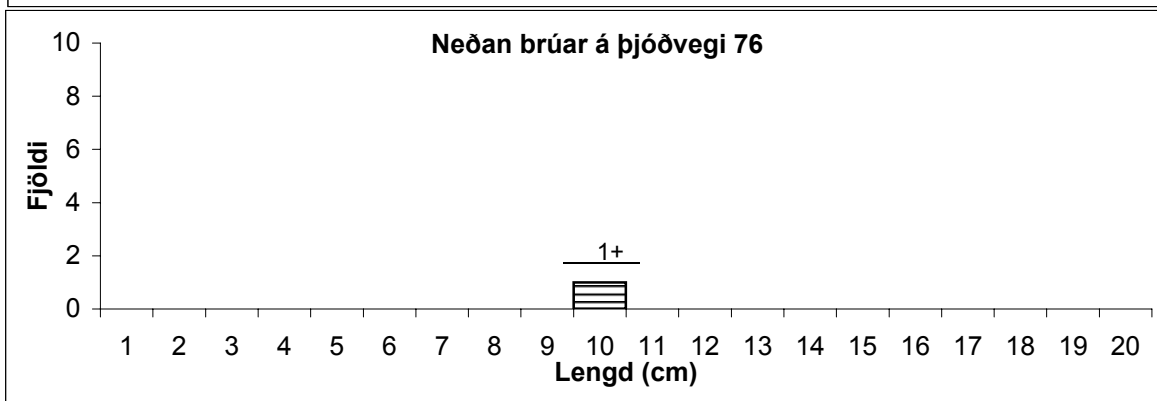
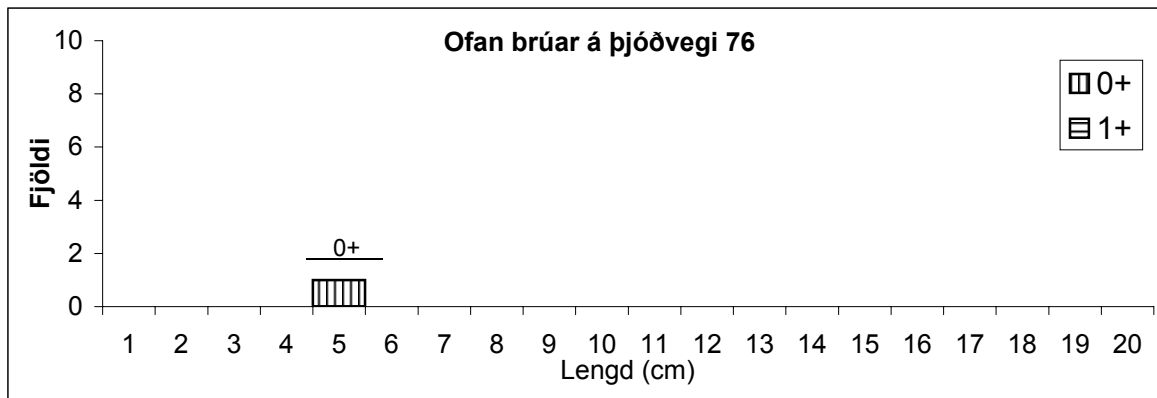
Mynd C5. Lengdar- og aldersdreifing urriða í Þverá í rafveiðum 19. ágúst 2005.



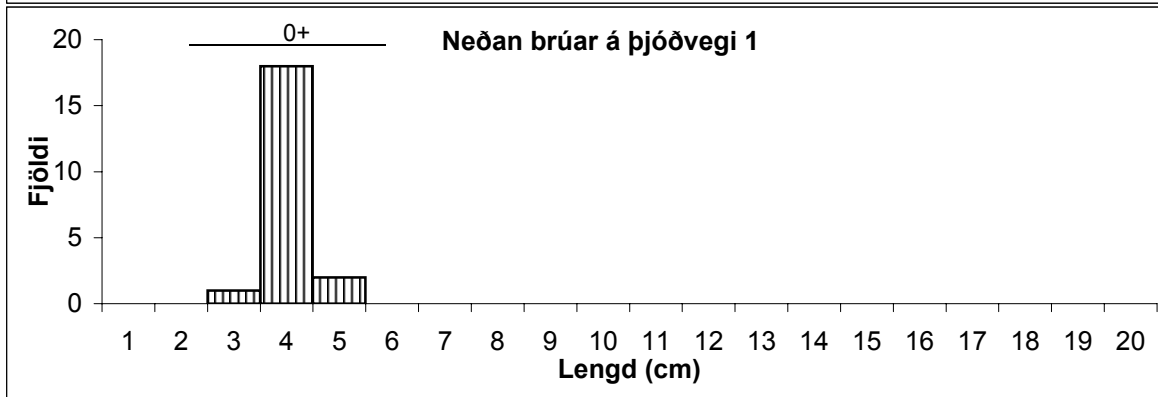
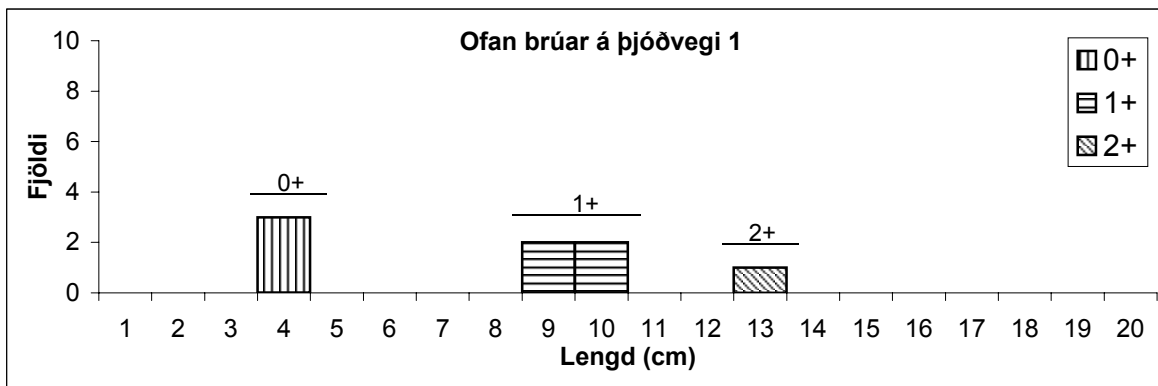
Mynd C6. Lengdar- og aldersdreifing bleikju í Þverá í rafveiðum 19. ágúst 2005.



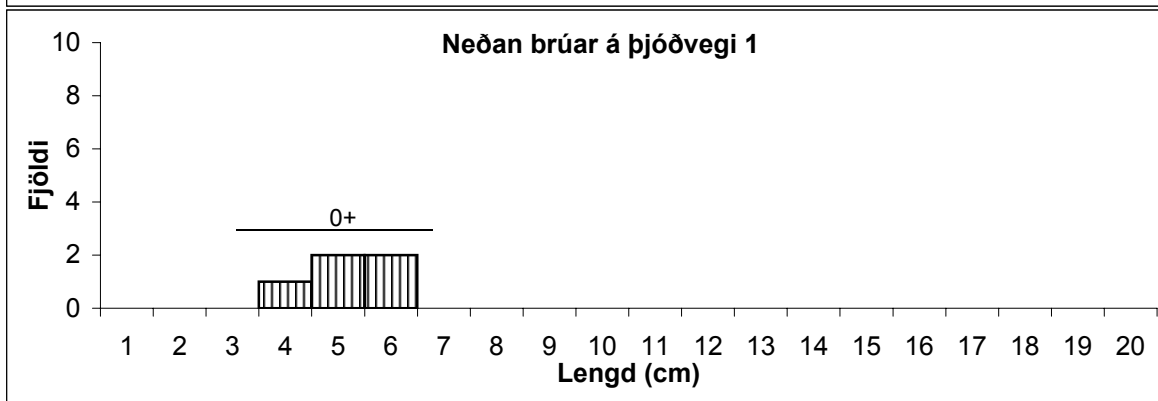
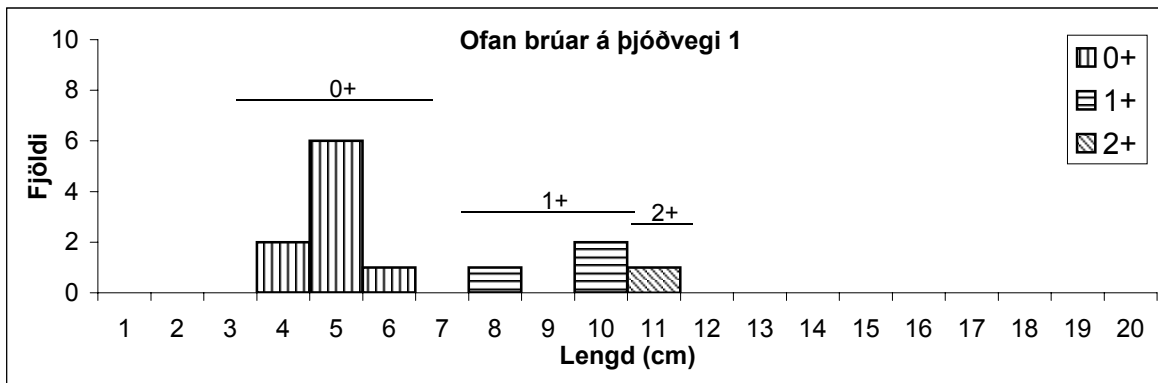
Mynd C7. Lengdar- og aldersdreifing urriða í Hvammsá í rafveiðum 19. ágúst 2005.



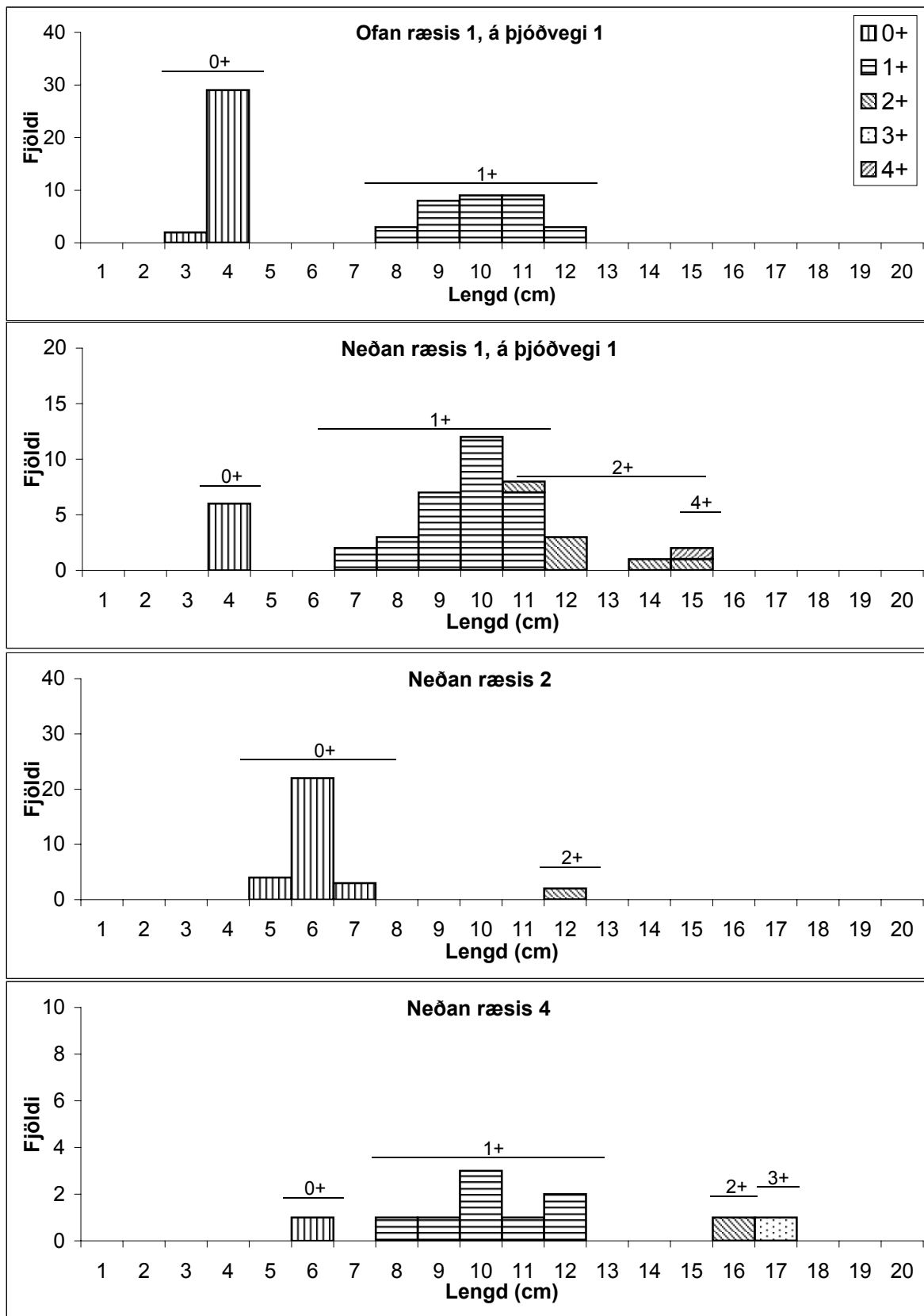
Mynd C8. Lengdar- og aldersdreifing bleikju í Hvammsá í rafveiðum 19. ágúst 2005.



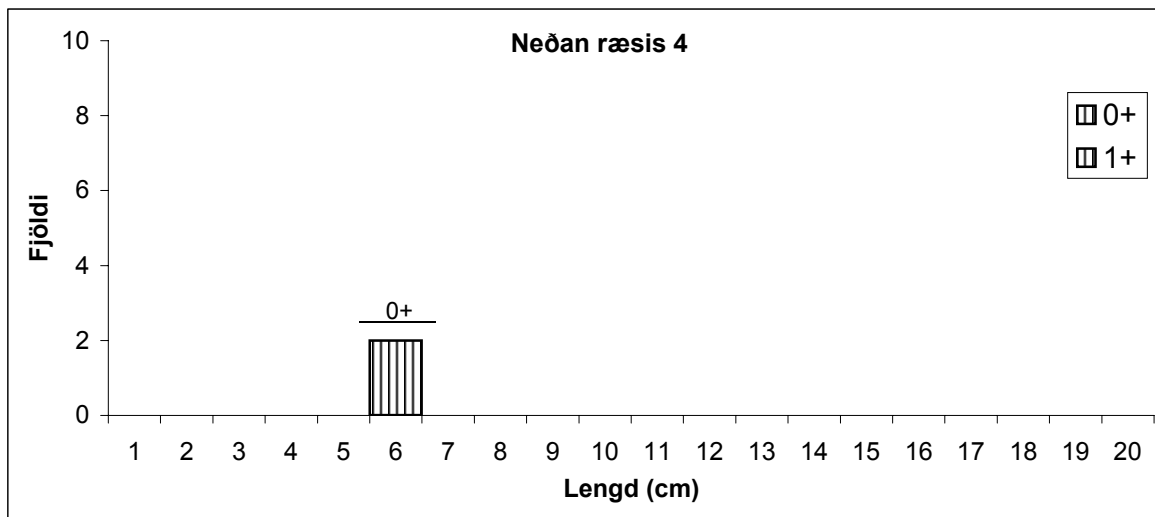
Mynd C9. Lengdar- og aldursdreifing urriða í Dalsá í rafveiðum 19. ágúst 2005.



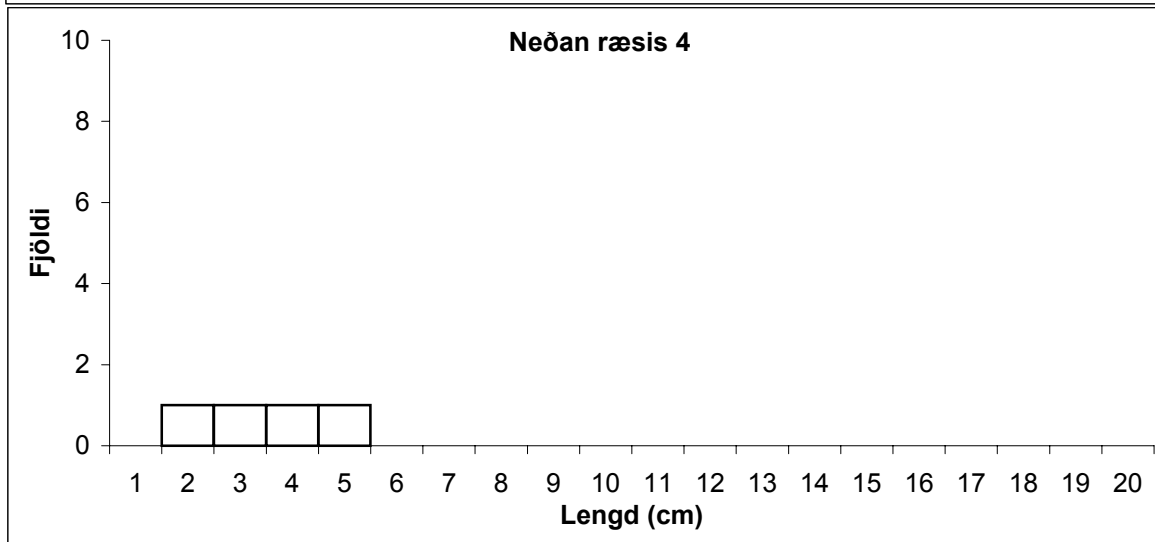
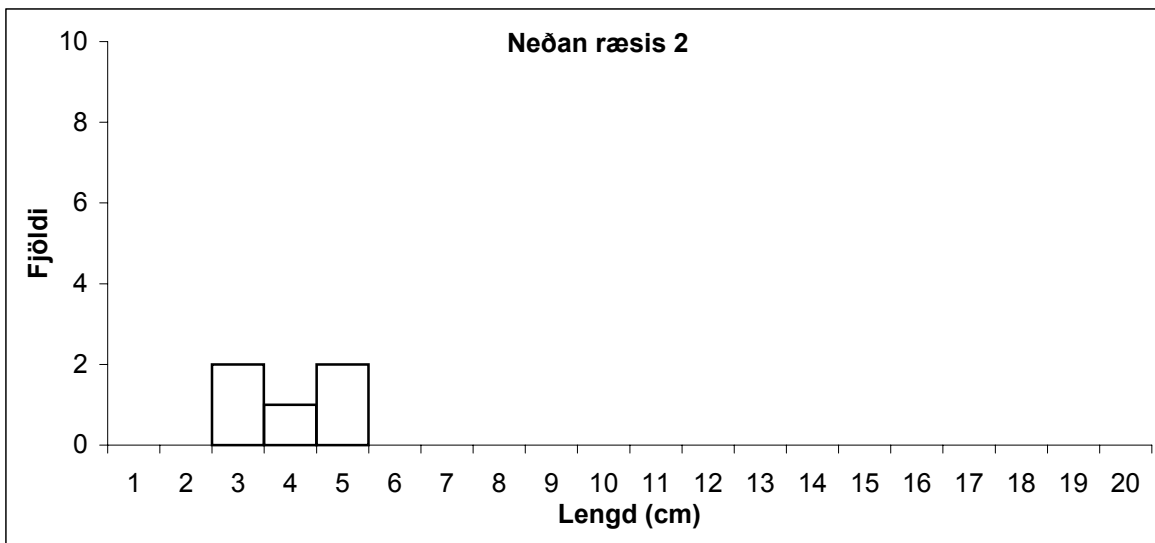
Mynd C10. Lengdar- og aldursdreifing bleikju í Dalsá í rafveiðum 19. ágúst 2005.



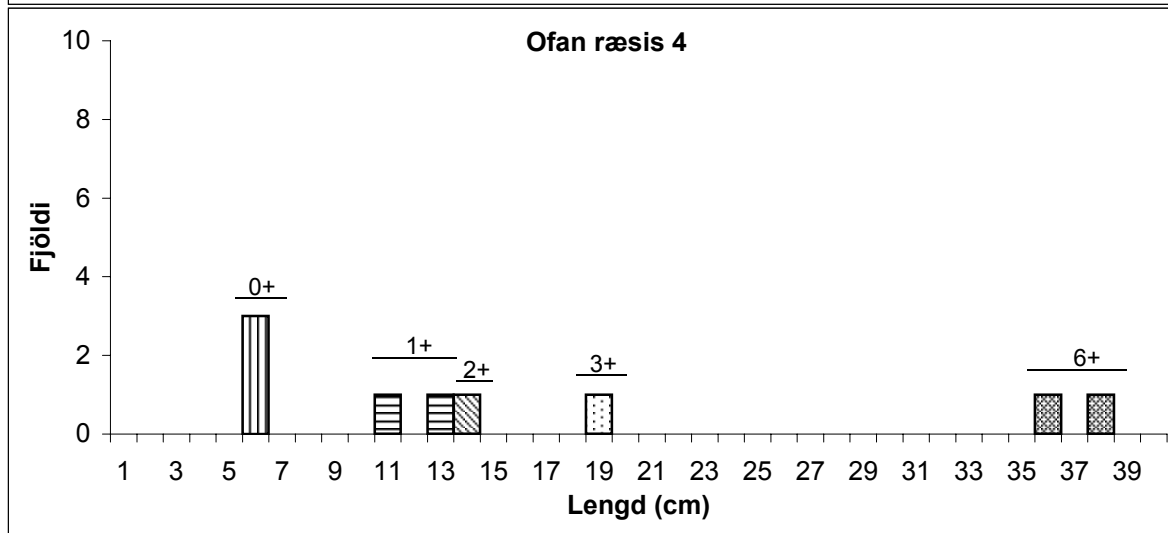
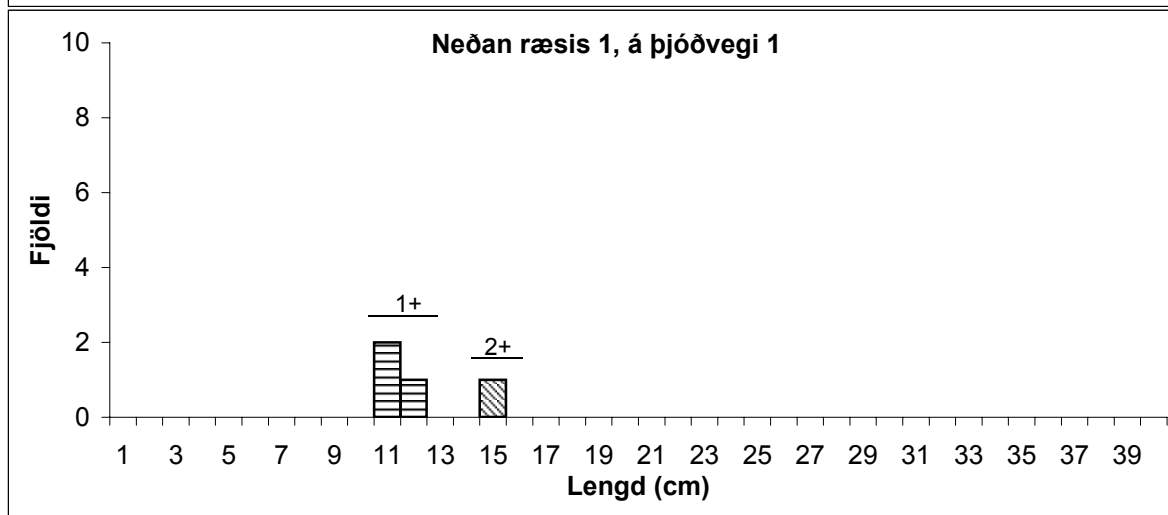
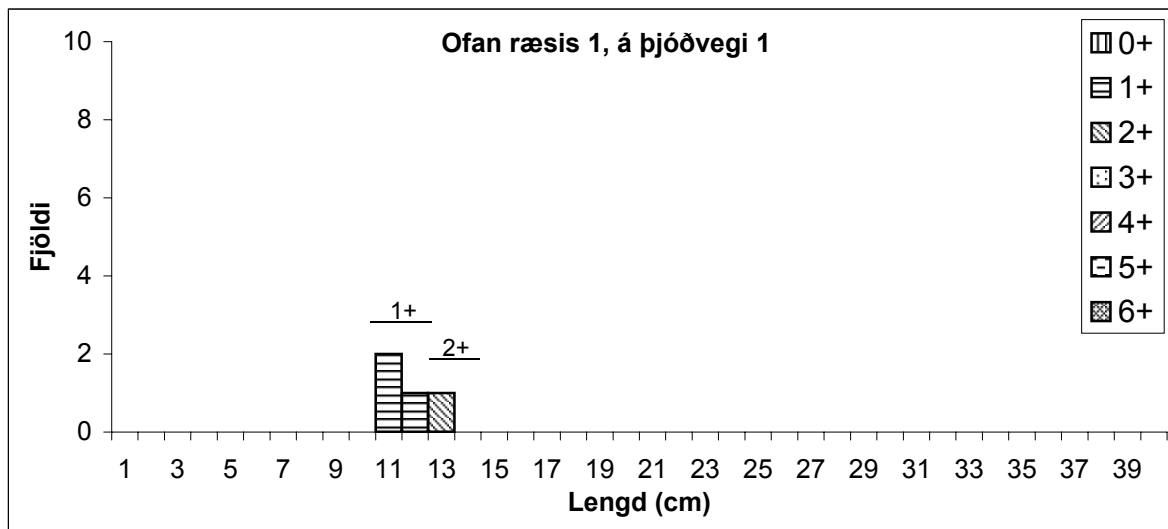
Mynd C11. Lengdar- og aldursdreifing urriða í Miklabækjarlæk í rafveiðum 22. júlí og 20. ágúst 2005.



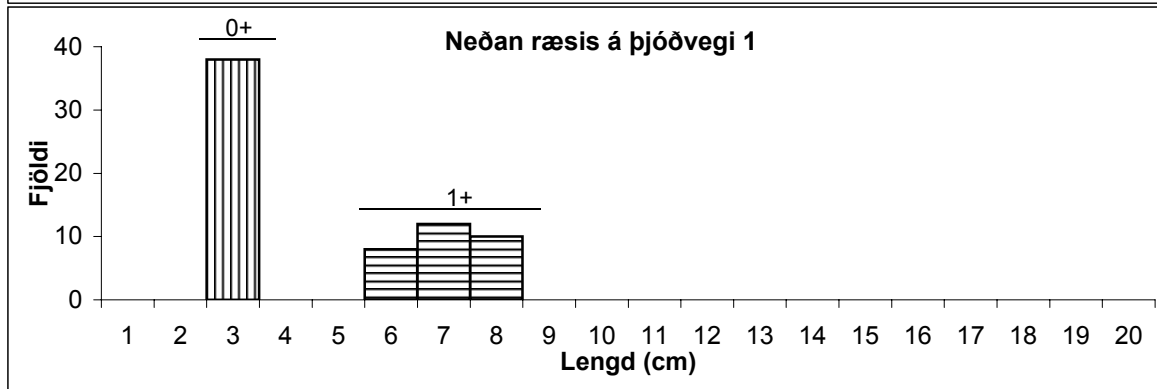
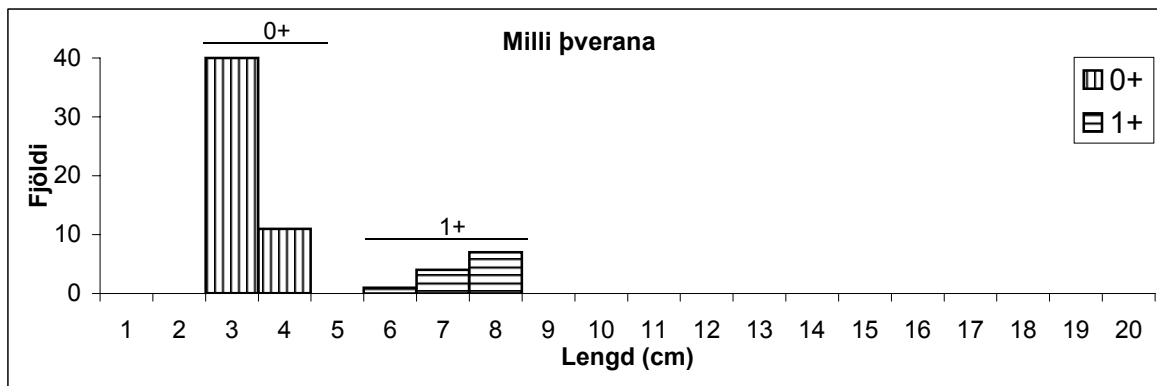
Mynd C12. Lengdar- og aldursdreifing bleikju í Miklabækjarlæk í rafveiðum 20. ágúst 2005.



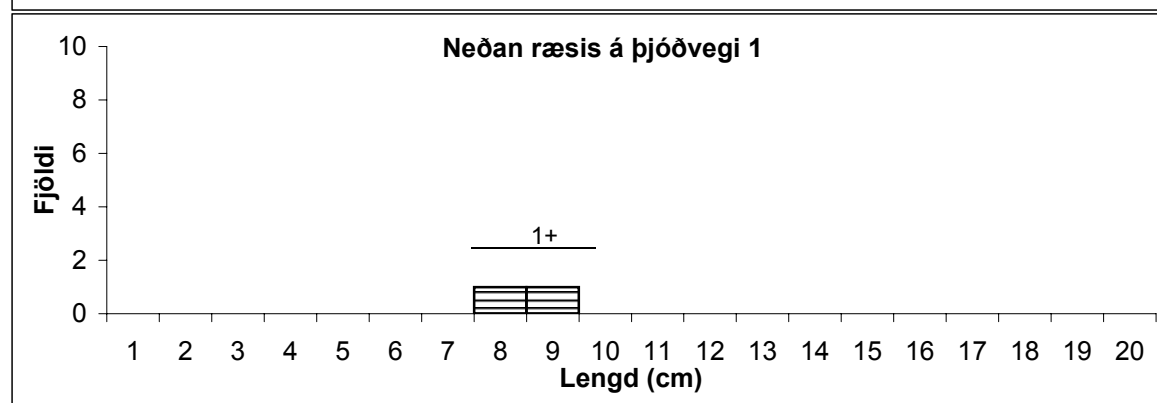
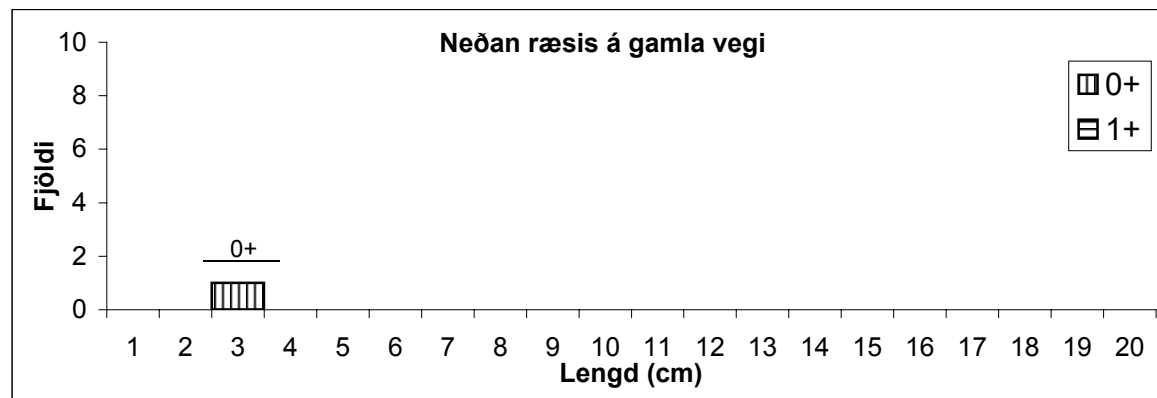
Mynd C13. Lengdardreifing hornsíla í Miklabækjarlæk í rafveiðum 20. ágúst 2005.



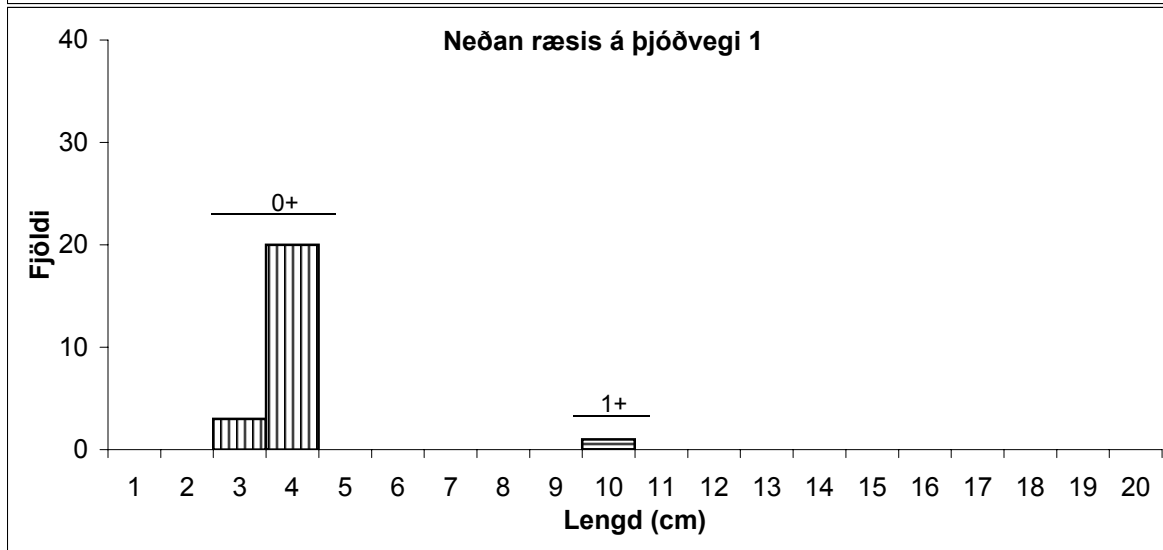
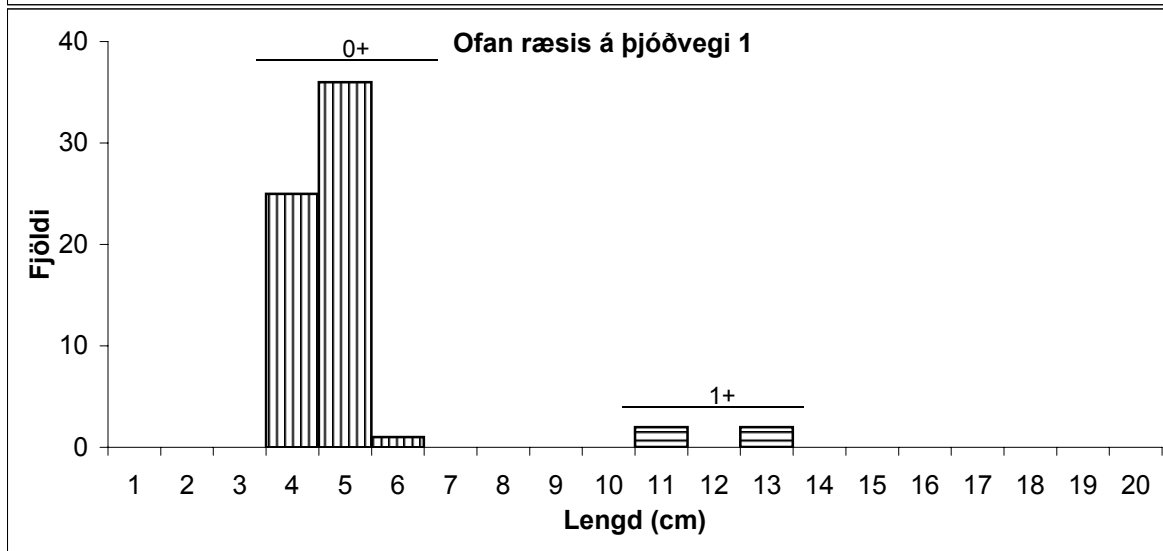
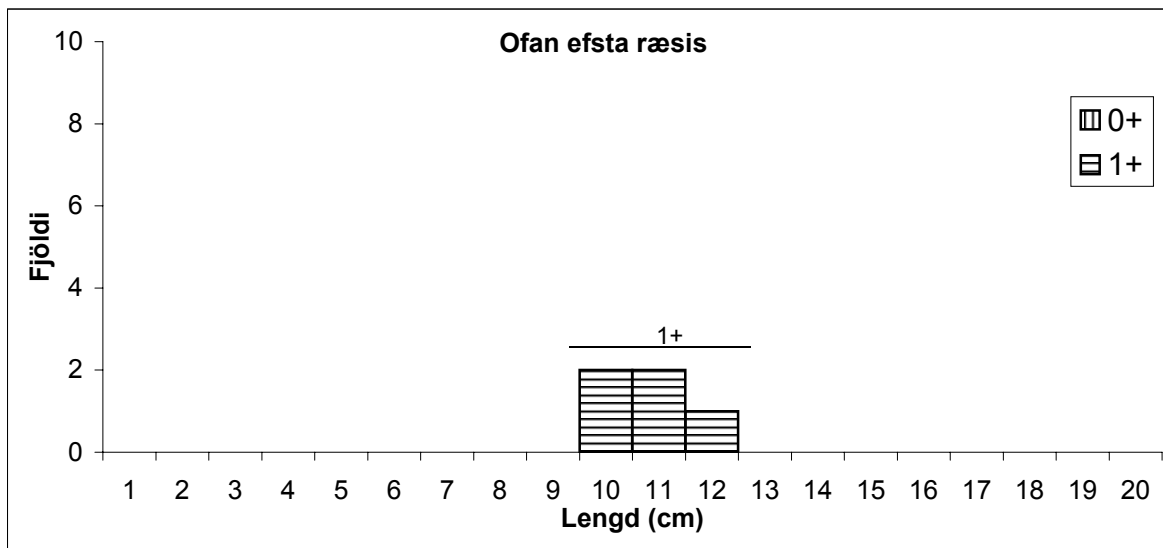
Mynd C14. Lengdar- og aldursdreifing urriða í Víðivallalæk í rafveiðum 22. júlí og 20. ágúst 2005.



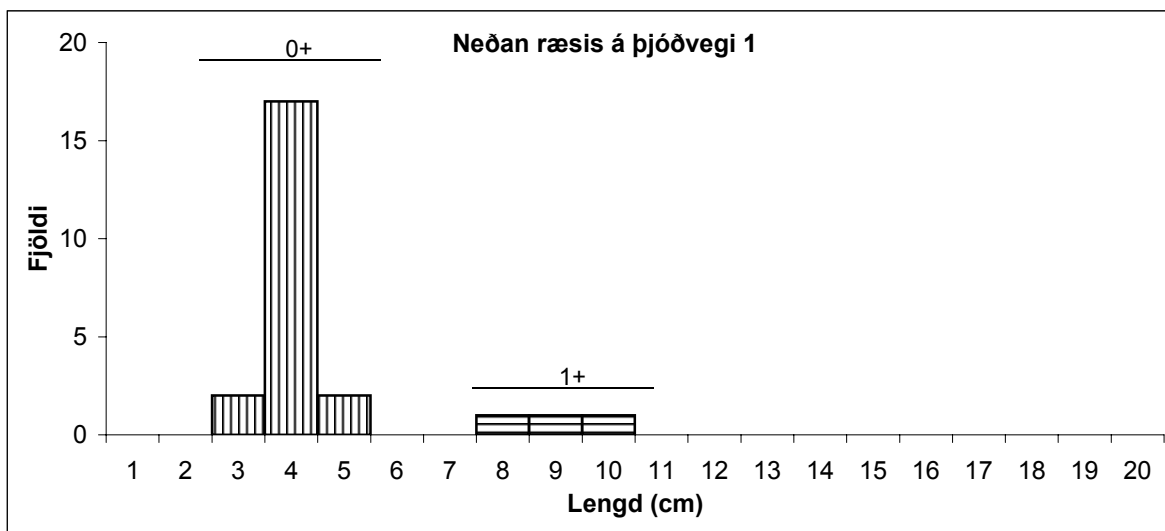
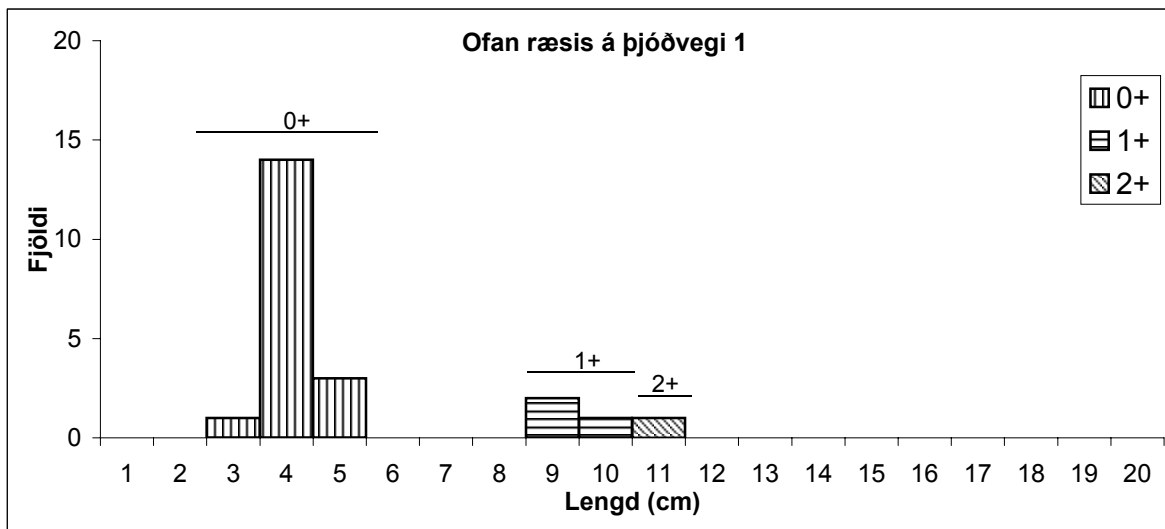
Mynd C15. Lengdar- og aldursdreifing urriða í Helluá í rafveiðum 15. og 22. júlí 2005.



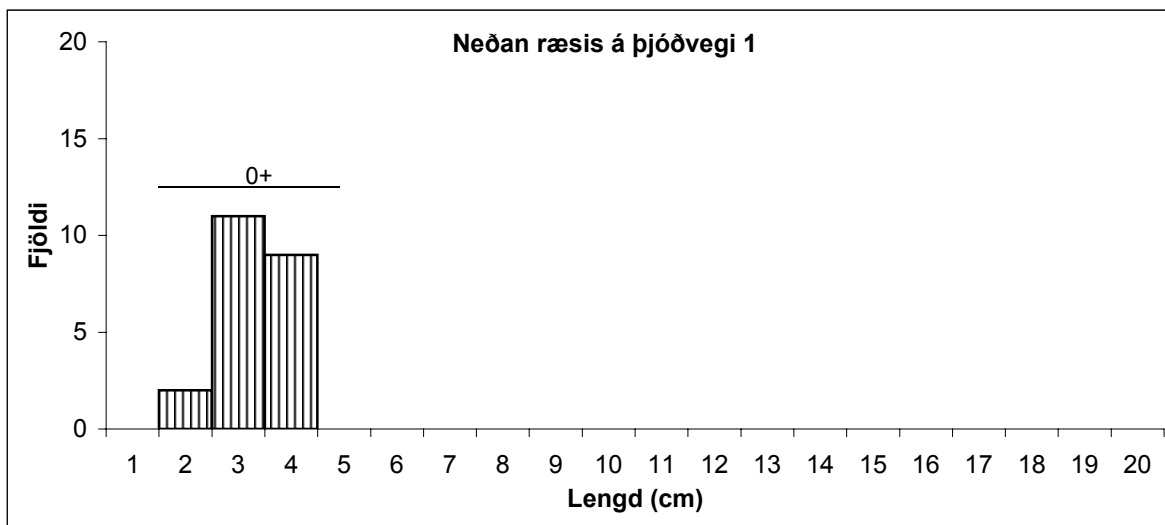
Mynd C16. Lengdar- og aldursdreifing bleikju í Helluá í rafveiðum 15. og 22. júlí 2005.



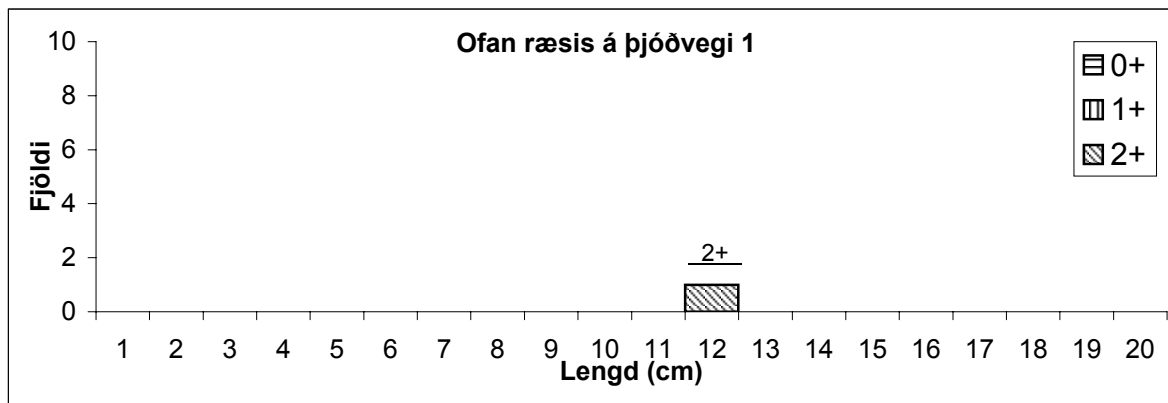
Mynd C17. Lengdar- og aldursdreifing urriða í Strangalæk í rafveiðum 16. ágúst 2005.



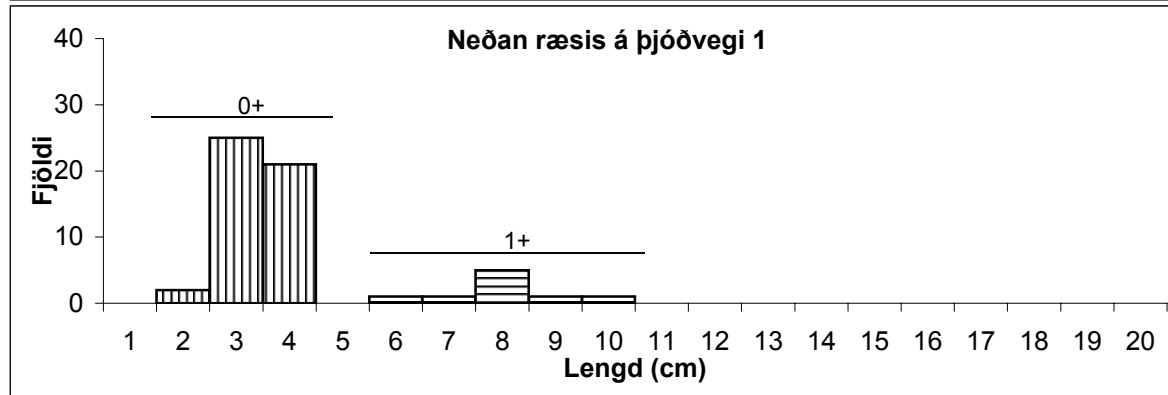
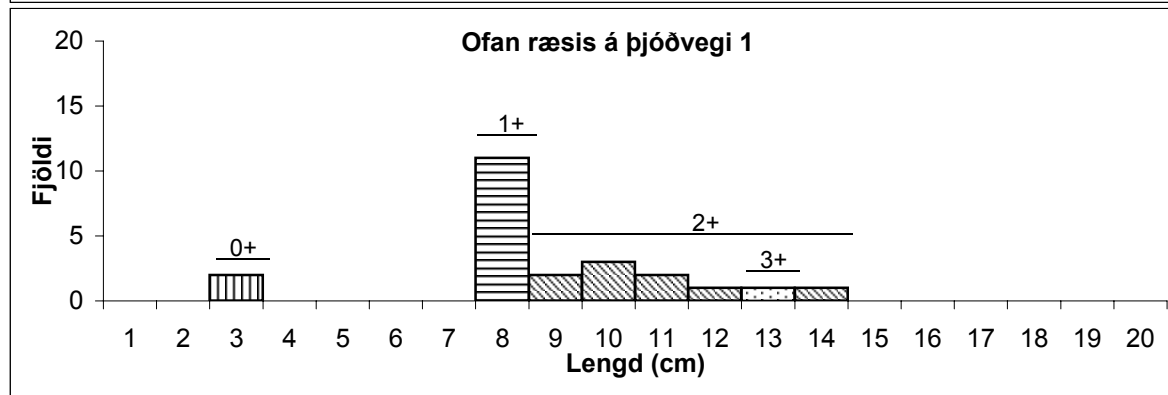
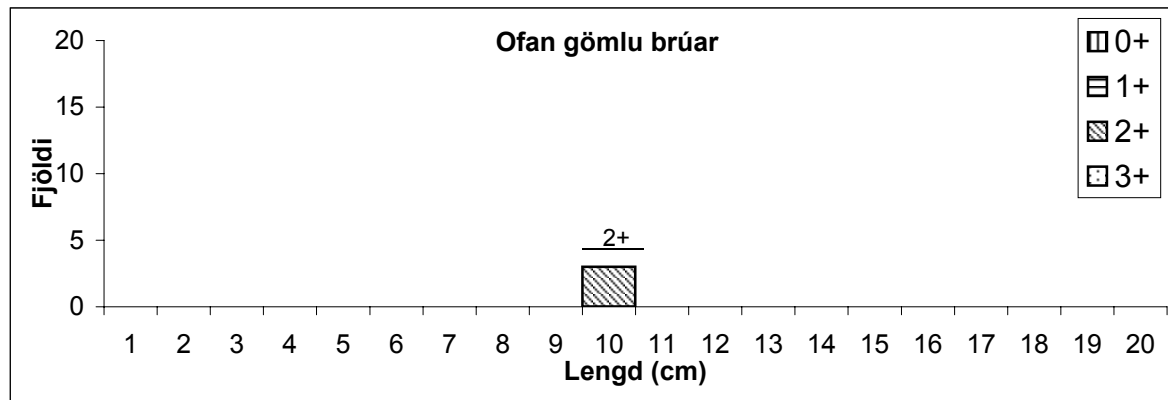
Mynd C18. Lengdar- og aldursdreifing bleikju í Strangalæk í rafveiðum 16. ágúst 2005.



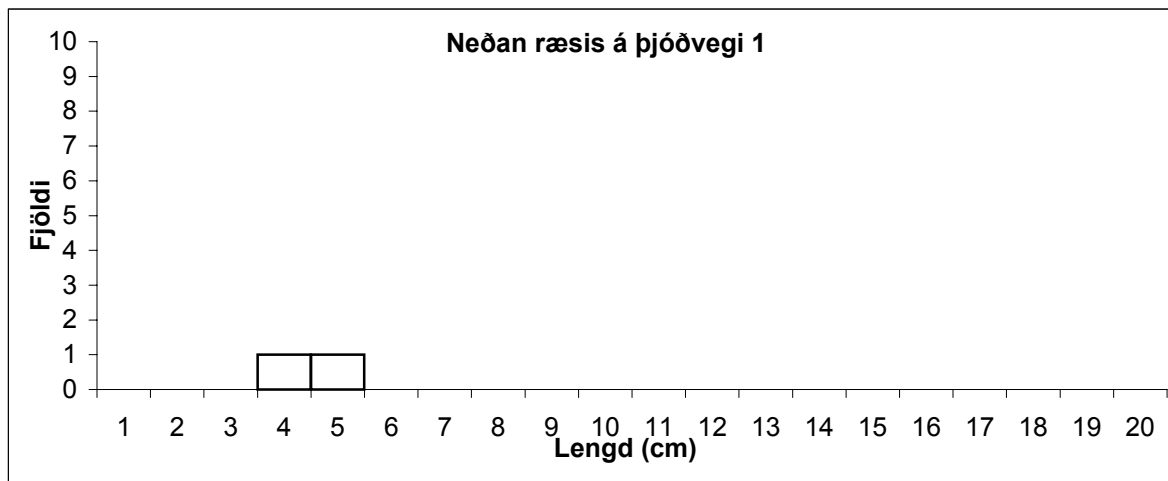
Mynd C19. Lengdar- og aldursdreifing lax í Strangalæk í rafveiðum 16. ágúst 2005.



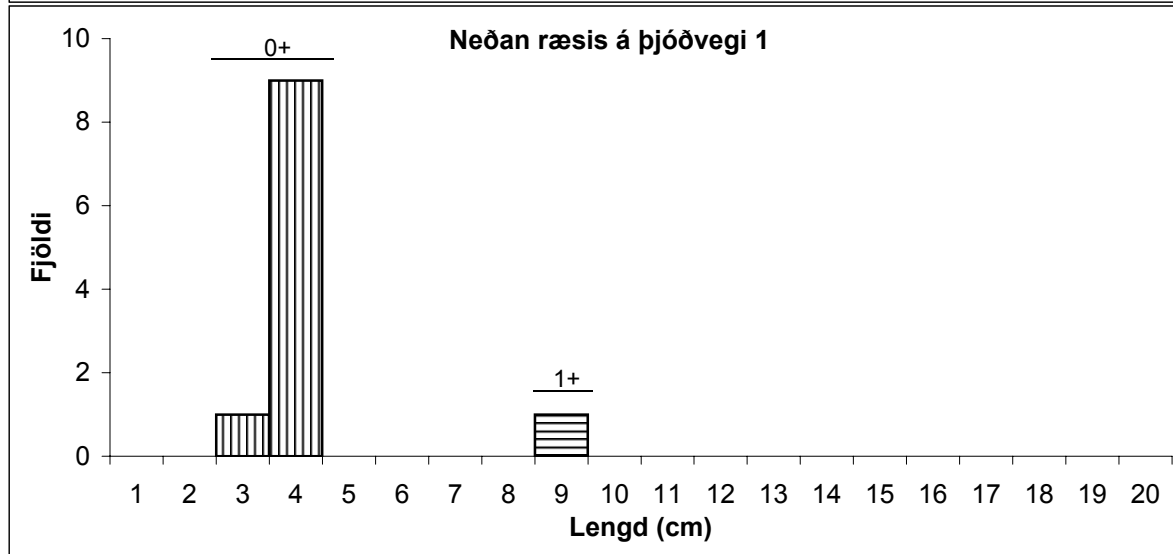
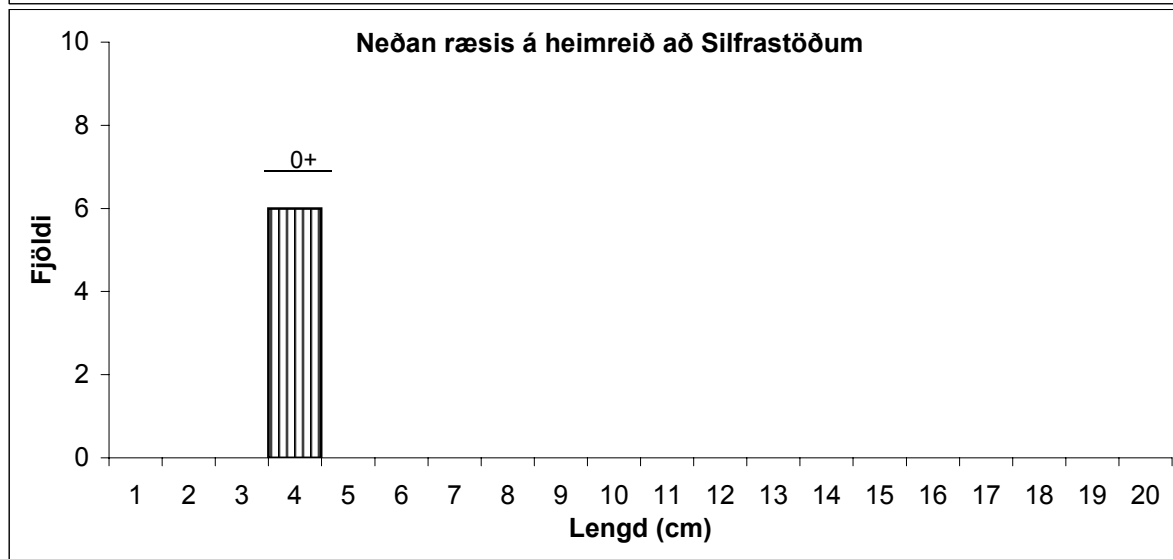
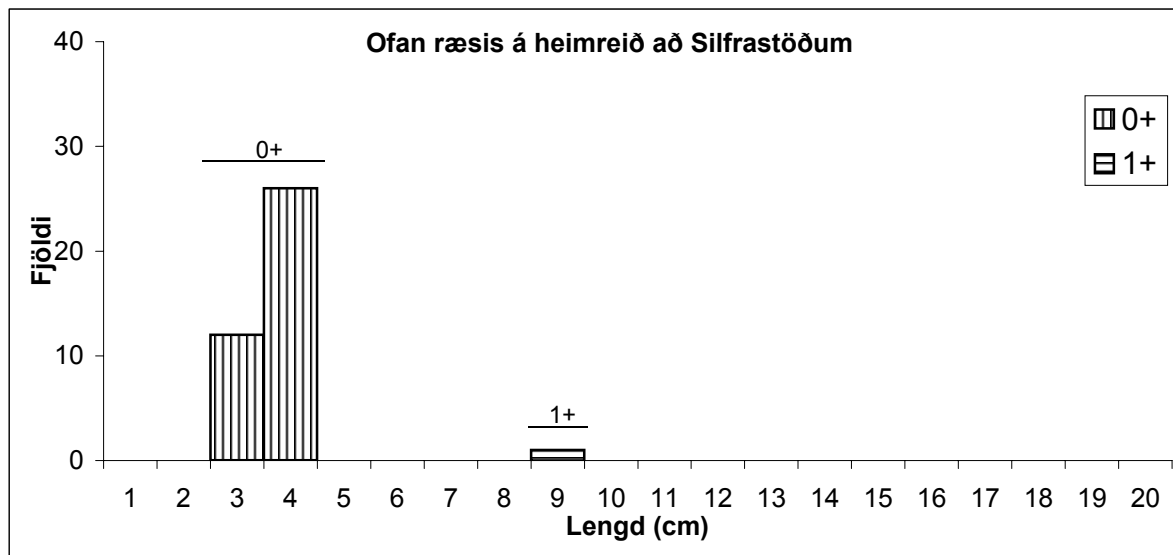
Mynd C20. Lengdar- og aldursdreifing urriða í Bóluá í rafveiðum 15. júlí 2005.



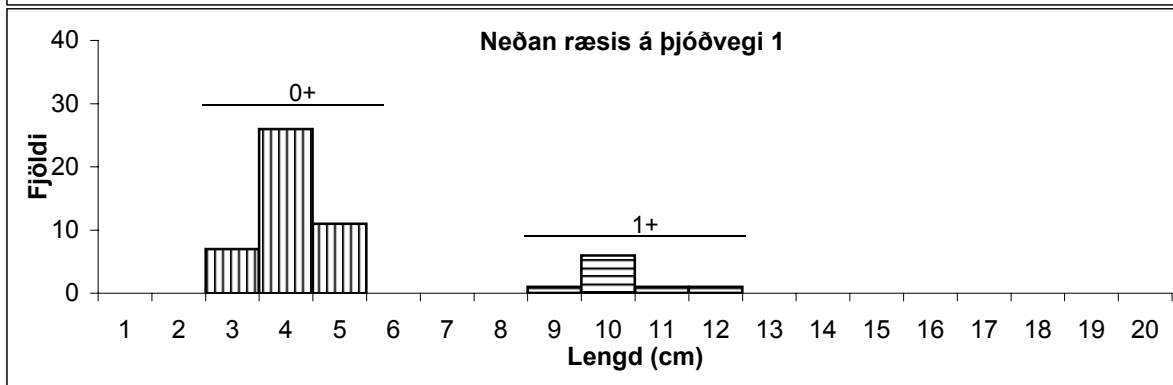
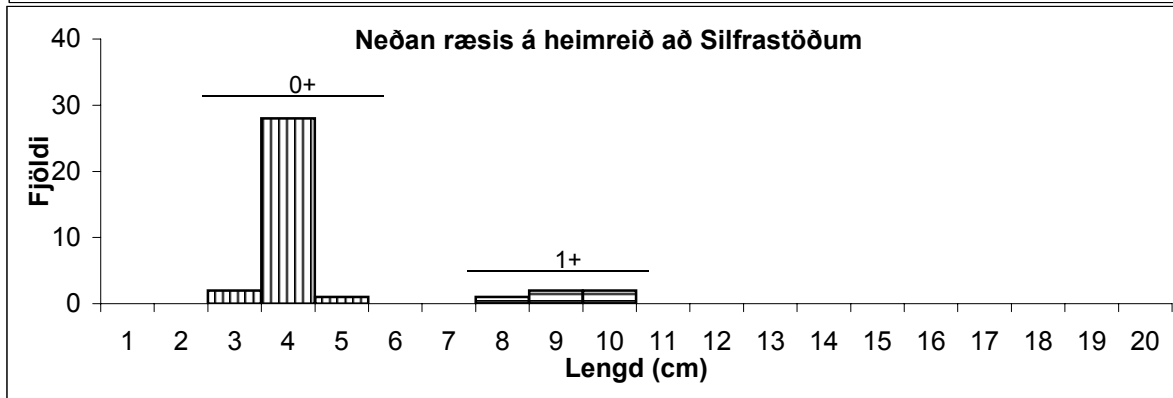
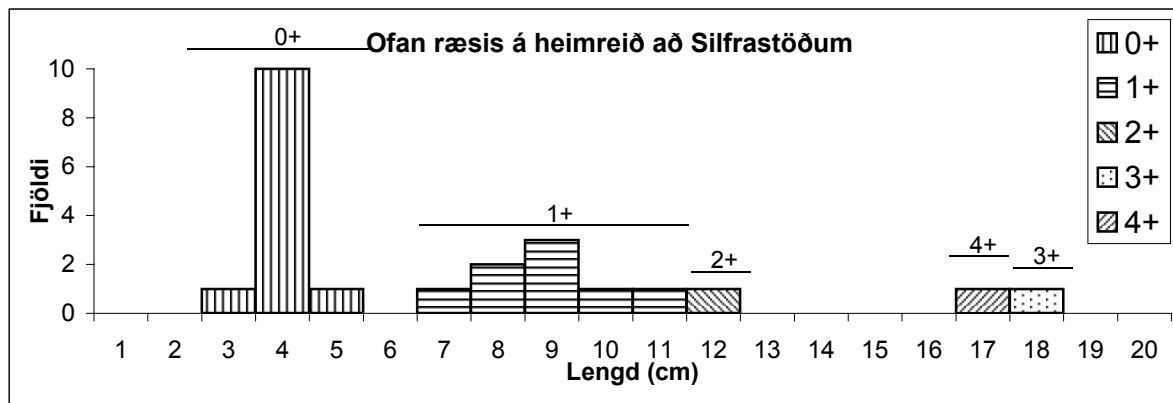
Mynd C21. Lengdar- og aldursdreifing bleikju í Bóluá í rafveiðum 29. júlí 2001 og 15. júlí 2005.



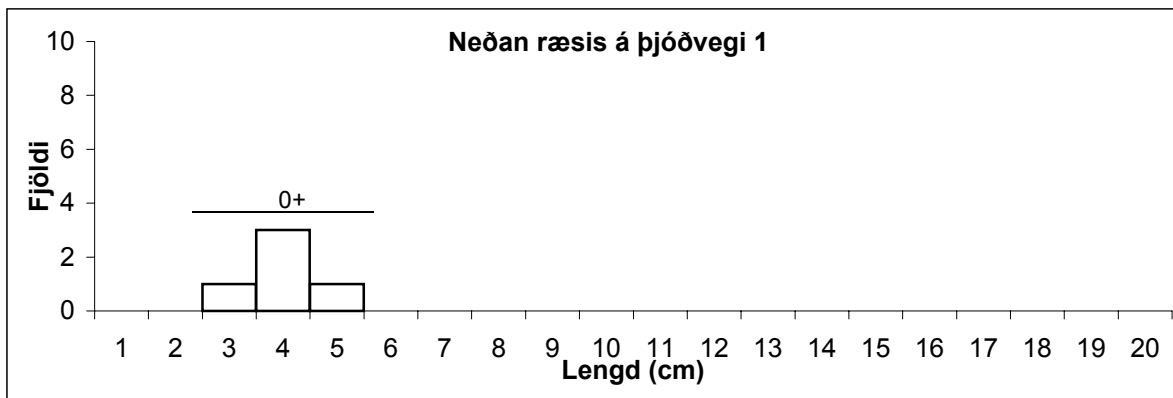
Mynd C22. Lengdardreifing hornsíla í Bóluá í rafveiðum 15. júlí 2005.



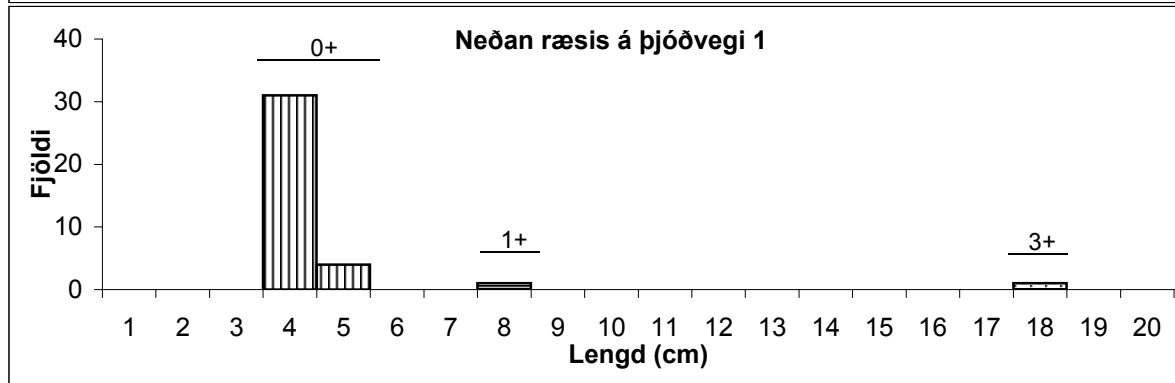
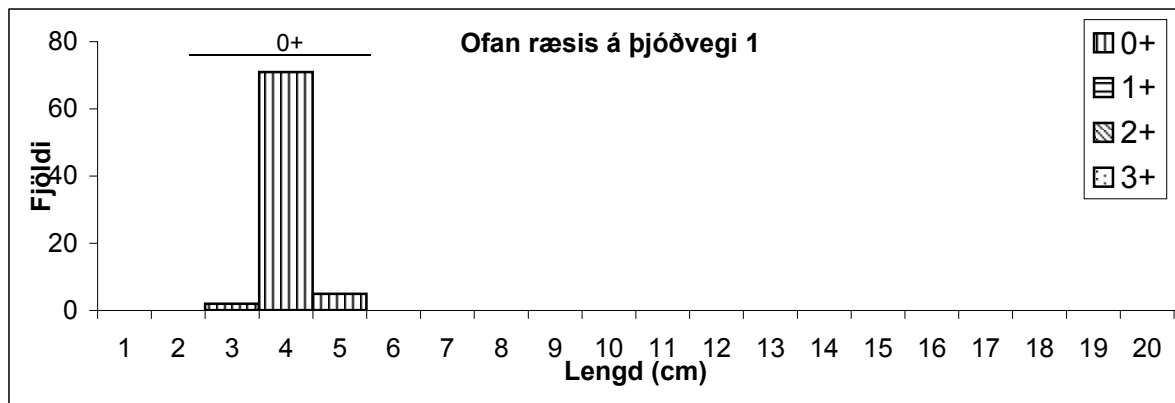
Mynd C23. Lengdar- og aldursdreifing urriða í Afrennislæk 2 í rafveiðum 5. ágúst 2005.



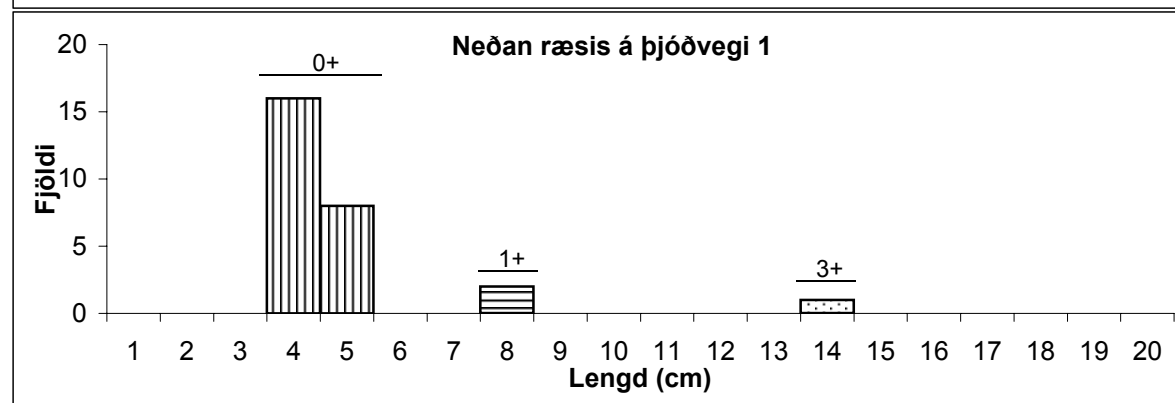
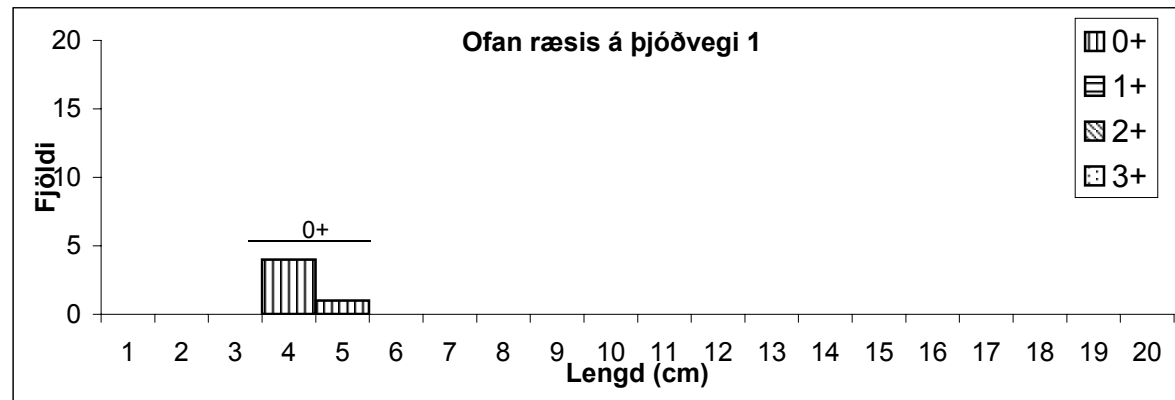
Mynd C24. Lengdar- og aldursdreifing bleikju í Afrennislæk 2 í rafveiðum 5. ágúst 2005.



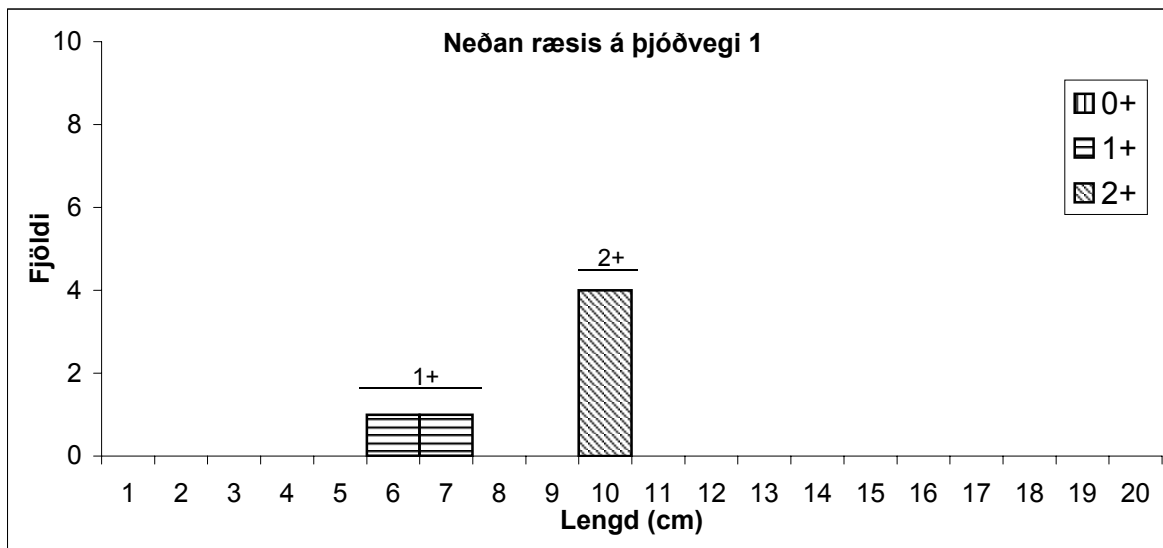
Mynd C25. Lengdar- og aldursdreifing hornsíla í Afrennislæk 2 í rafveiðum 5. ágúst 2005.



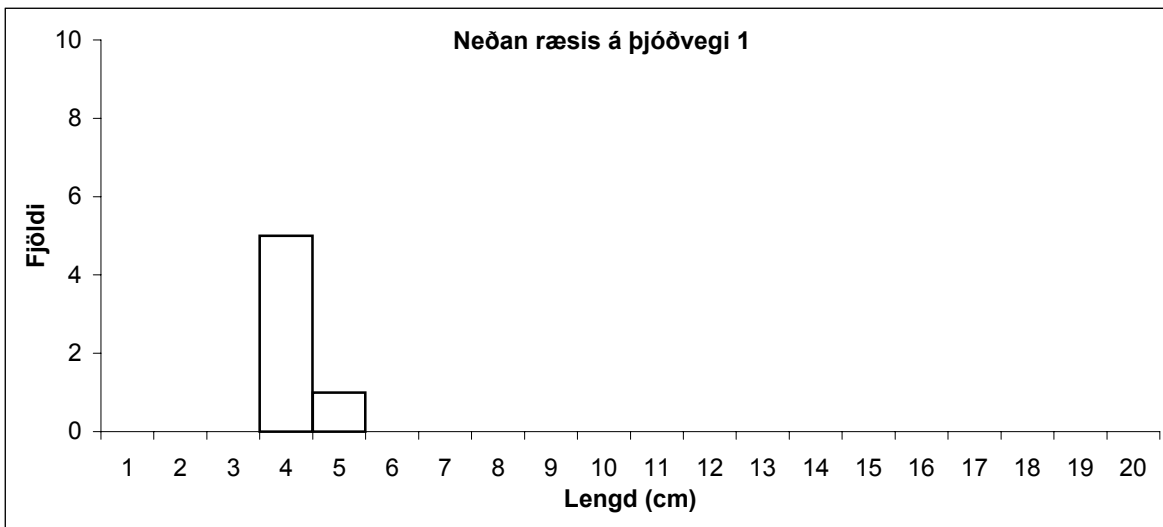
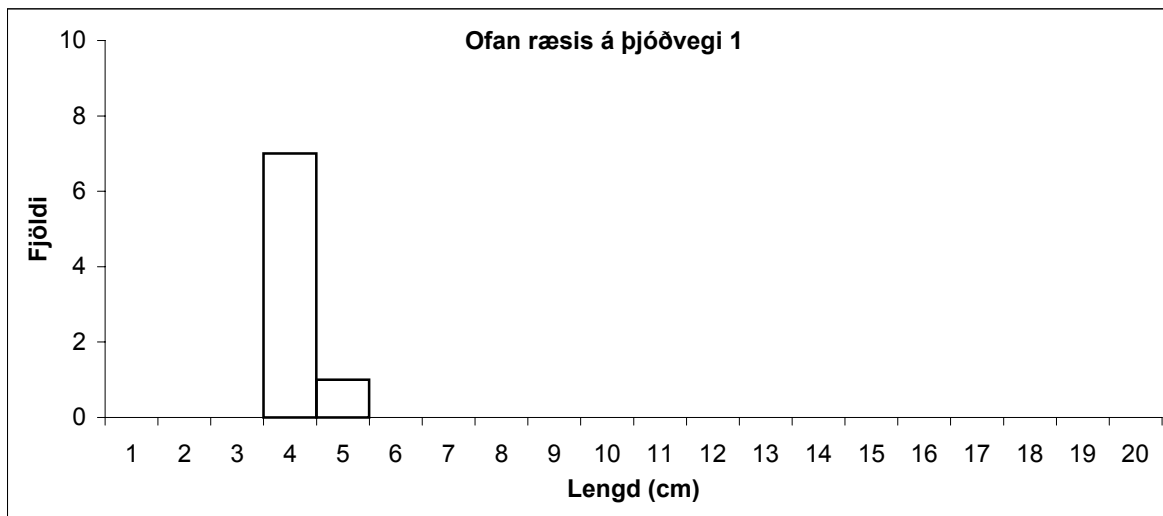
Mynd C26. Lengdar- og aldursdreifing urriða í Afrennislæk 1 í rafveiðum 5. ágúst 2005.



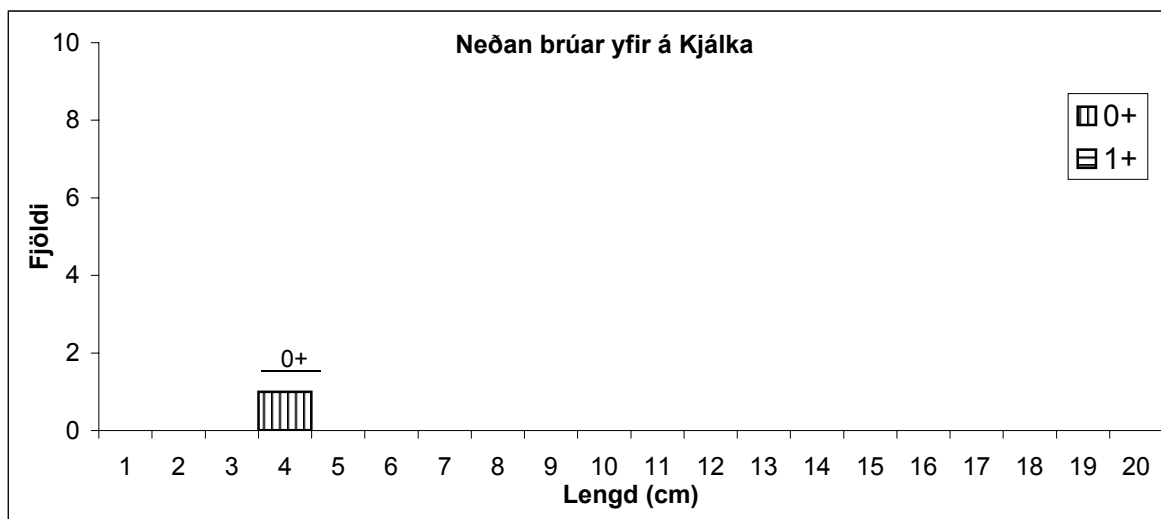
Mynd C27. Lengdar- og aldursdreifing bleikju í Afrennislæk 1 í rafveiðum 5. ágúst 2005.



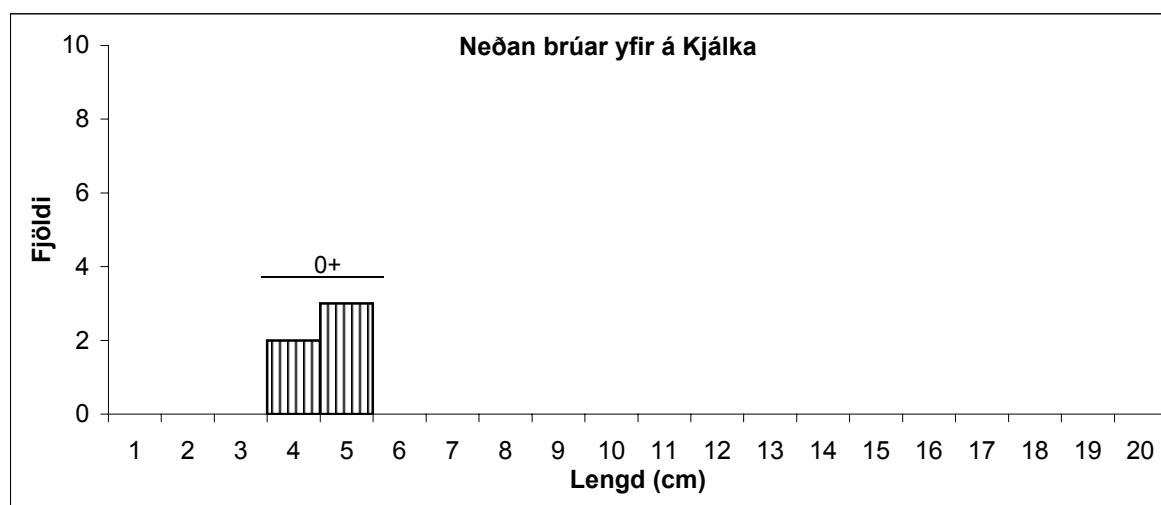
Mynd C28. Lengdar- og aldursdreifing lax í Afrennislæk 1 í rafveiðum 5. ágúst 2005.



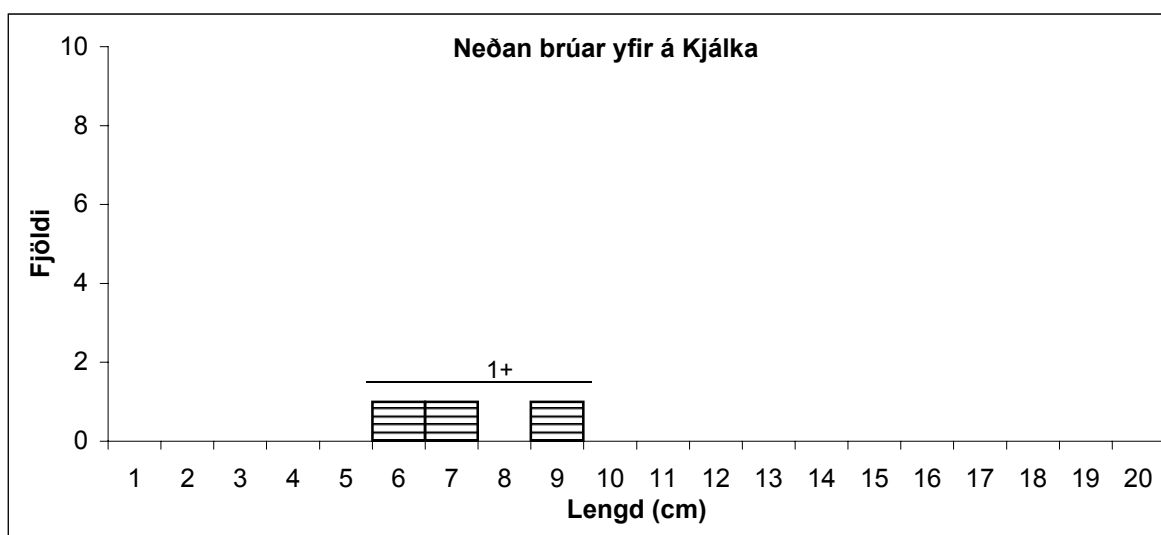
Mynd C29. Lengdardreifing hornsíla í Afrennislæk 1 í rafveiðum 5. ágúst 2005.



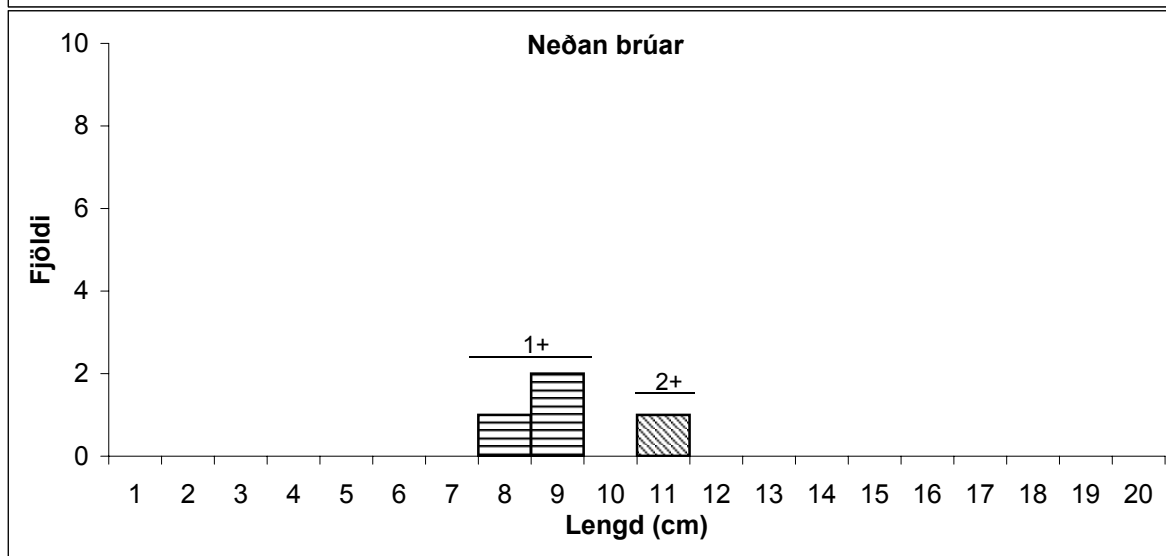
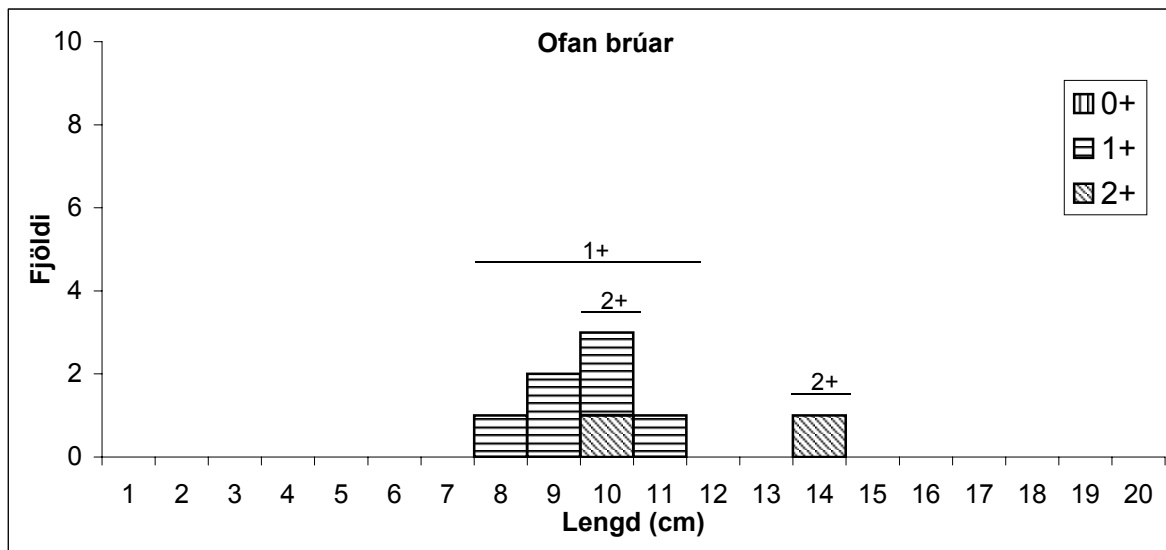
Mynd C30. Lengdar- og aldursdreifing urriða í Norðurá í rafveiðum 21. ágúst 2005.



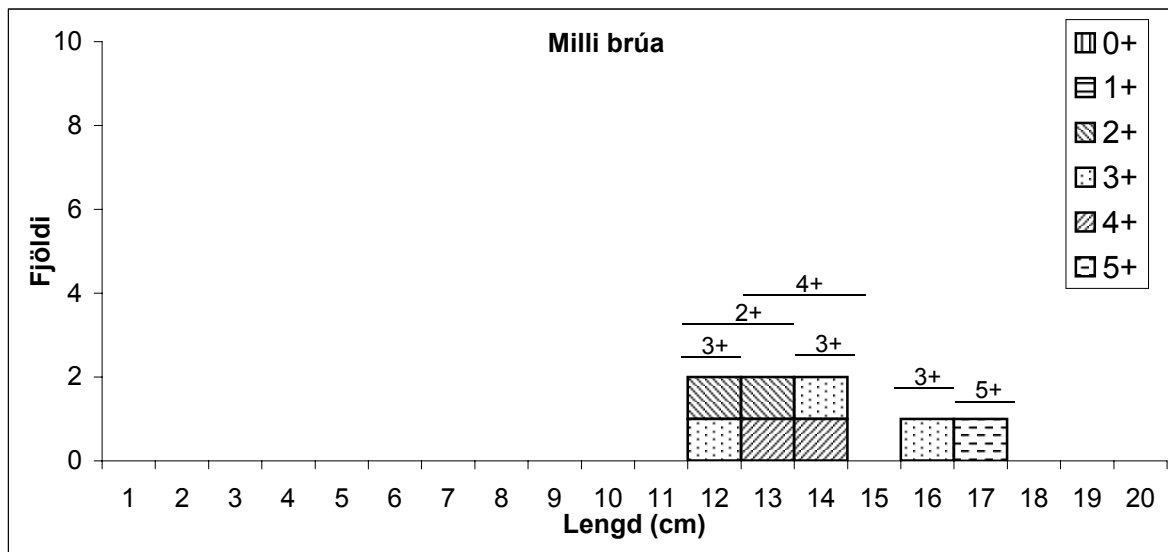
Mynd C31. Lengdar- og aldursdreifing bleikju í Norðurá í rafveiðum 21. ágúst 2005.



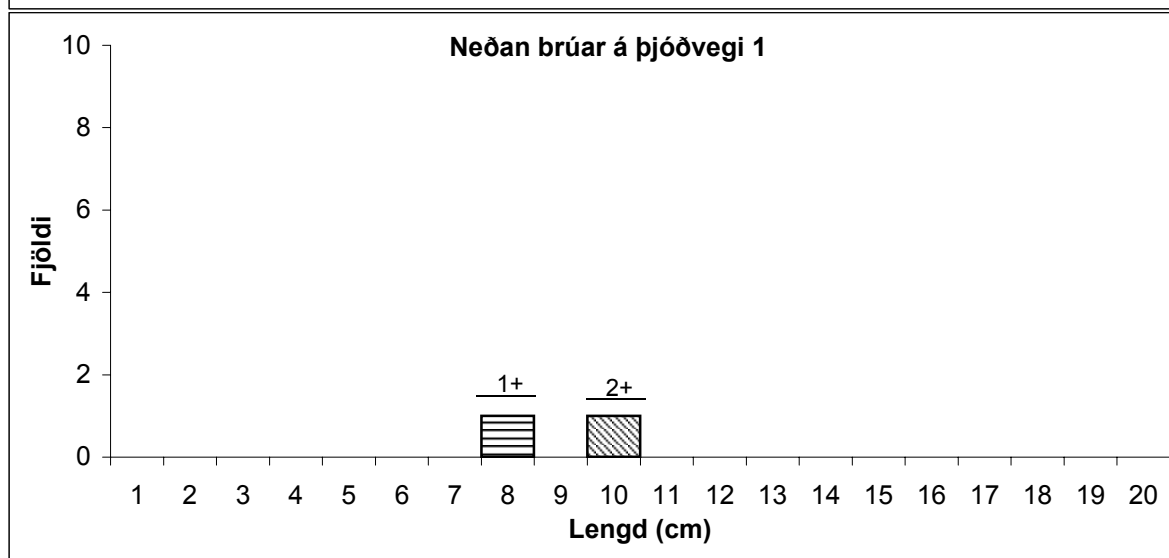
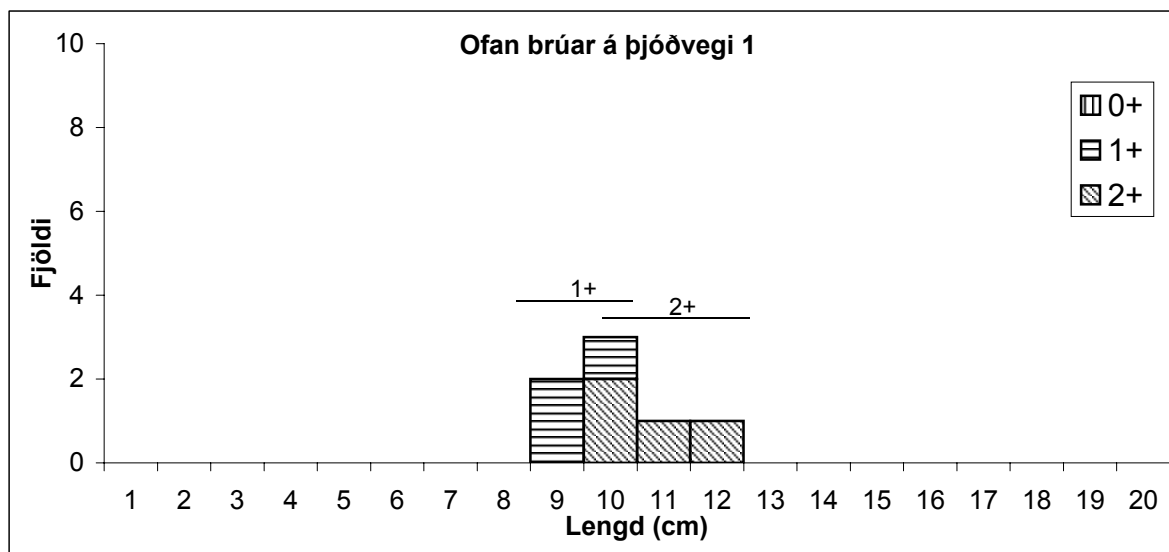
Mynd C32. Lengdar- og aldursdreifing lax í Norðurá í rafveiðum 21. ágúst 2005.



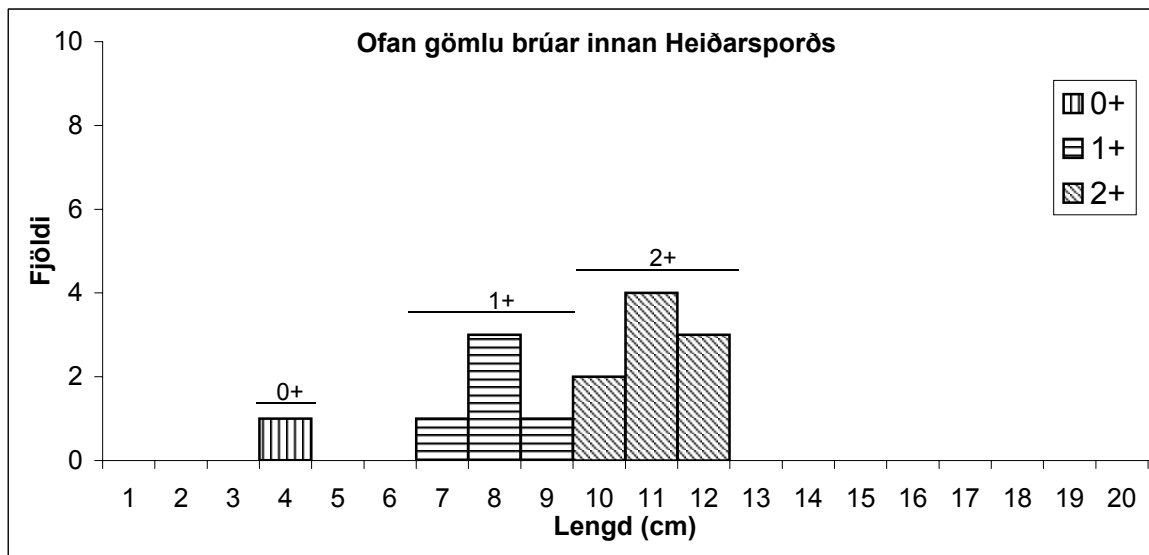
Mynd C33. Lengdar- og aldursdreifing bleikju í Egilsá í rafveiðum 19. ágúst 2005.



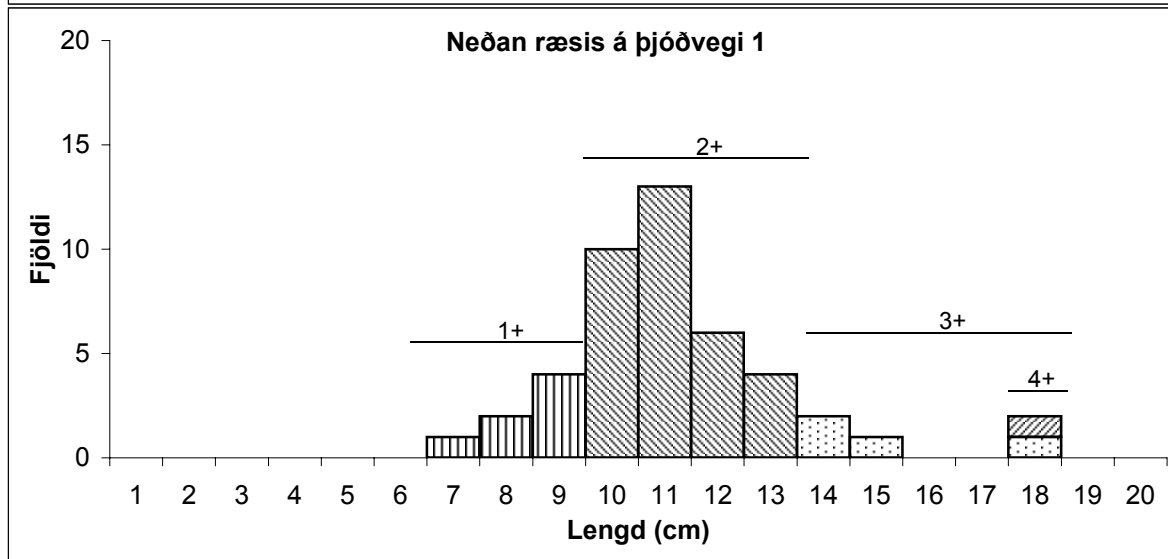
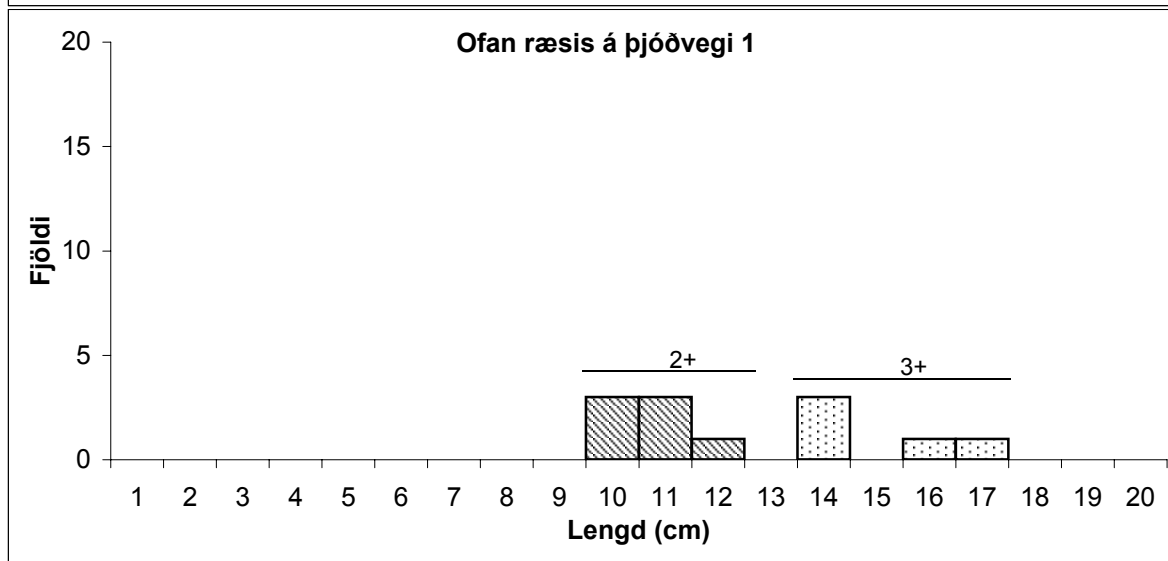
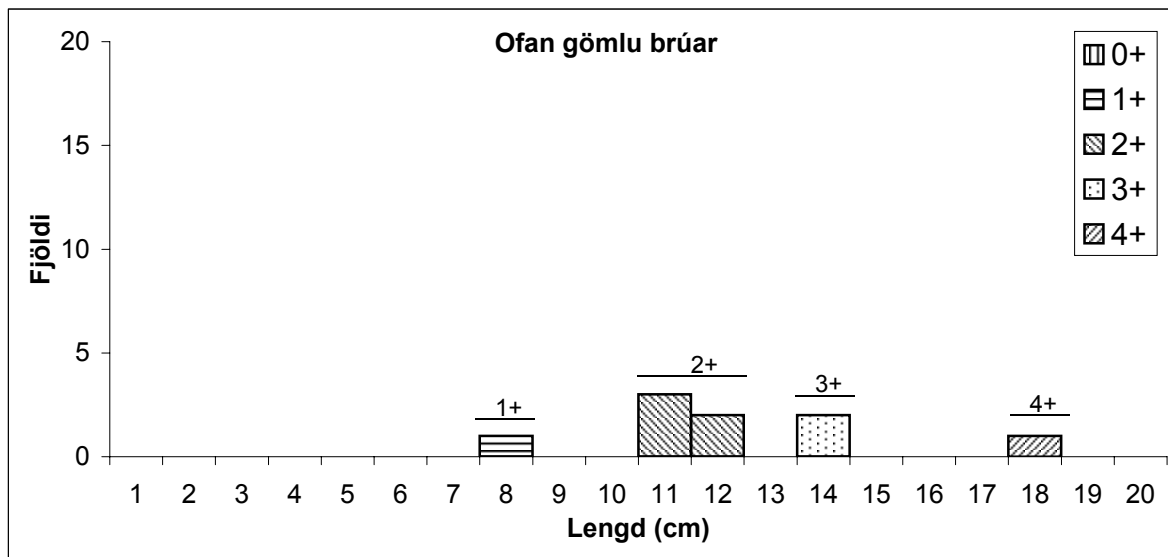
Mynd C34. Lengdar- og aldursdreifing bleikju í Kotá í rafveiðum 2. október 2000.



Mynd C35. Lengdar- og aldursdreifing bleikju í Valagilsá í rafveiðum 2. ágúst 2005.

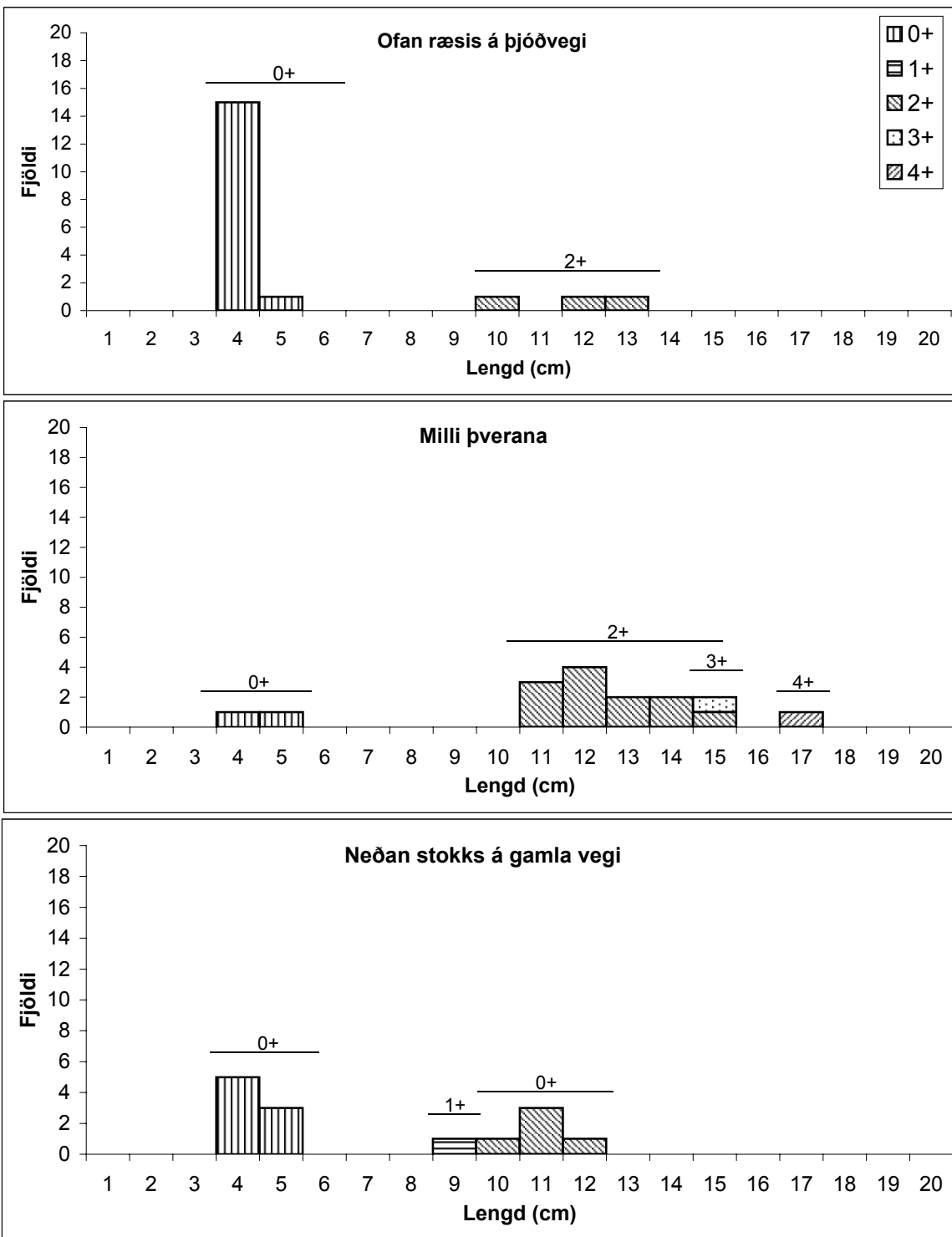


Mynd C36. Lengdar- og aldursdreifing bleikju í Norðurá í rafveiðum 2. ágúst 2005.

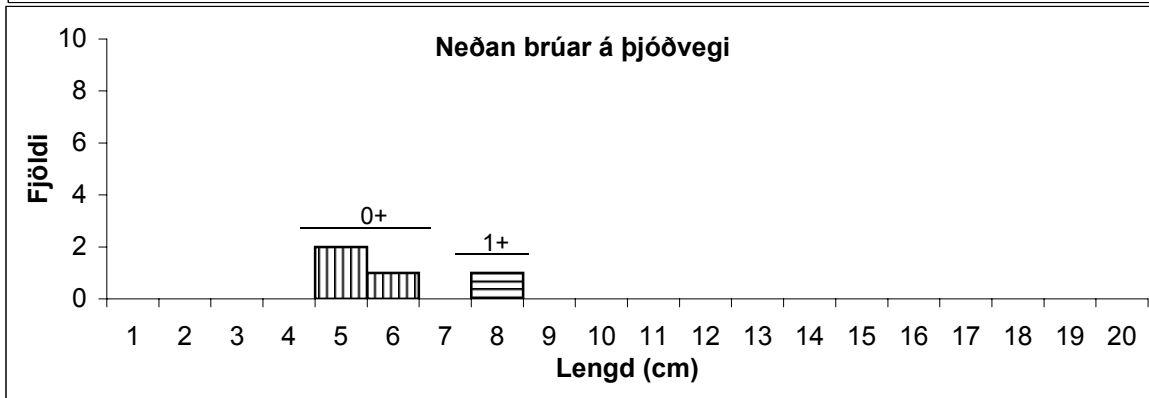
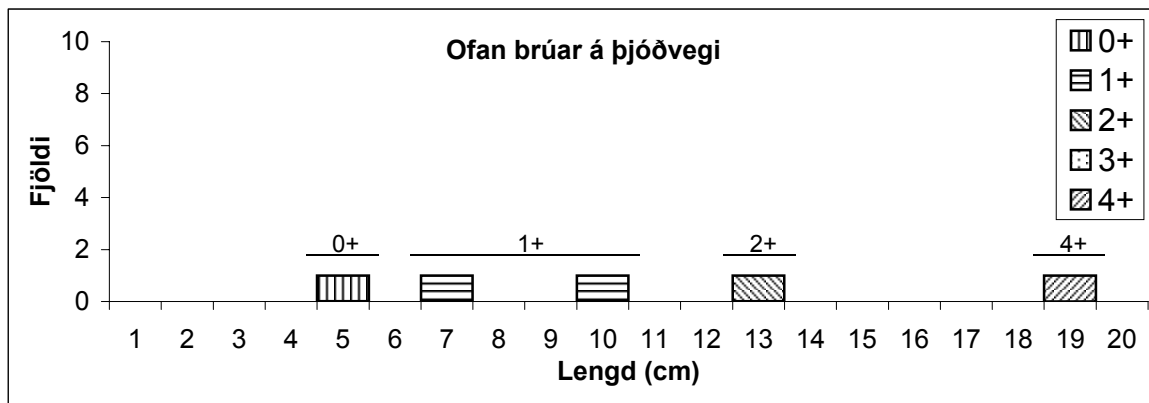


Mynd C37. Lengdar- og aldursdreifing bleikju í Grjótá í rafveiðum 2. ágúst 2005.

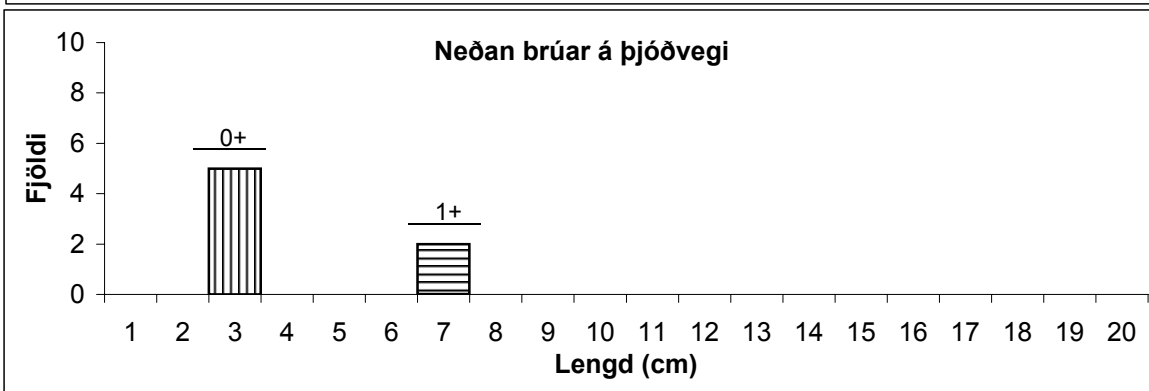
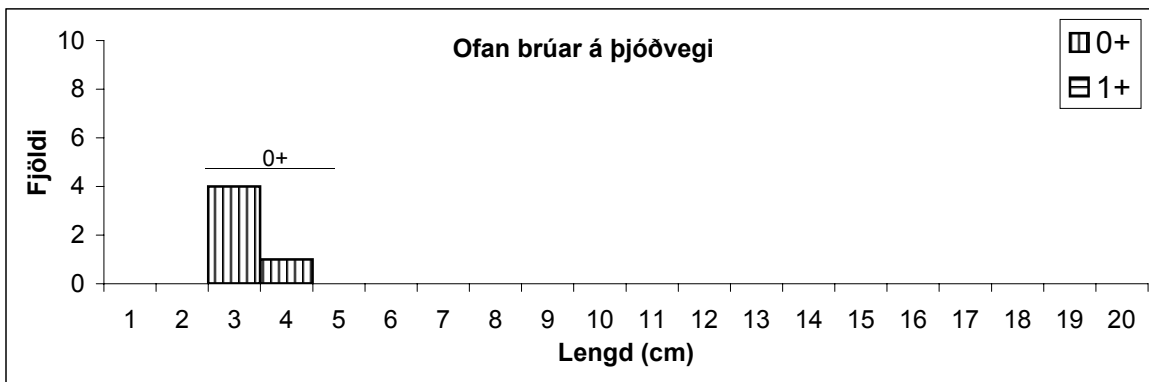
Viðauki D. Lengdar- og aldursdreifingar veiddra fiska í rafveiðum við þverunarmannvirki í ám og lækjum á vatnasviði Fljótaár og Miklavatns í Fljótum í ágúst 2005.



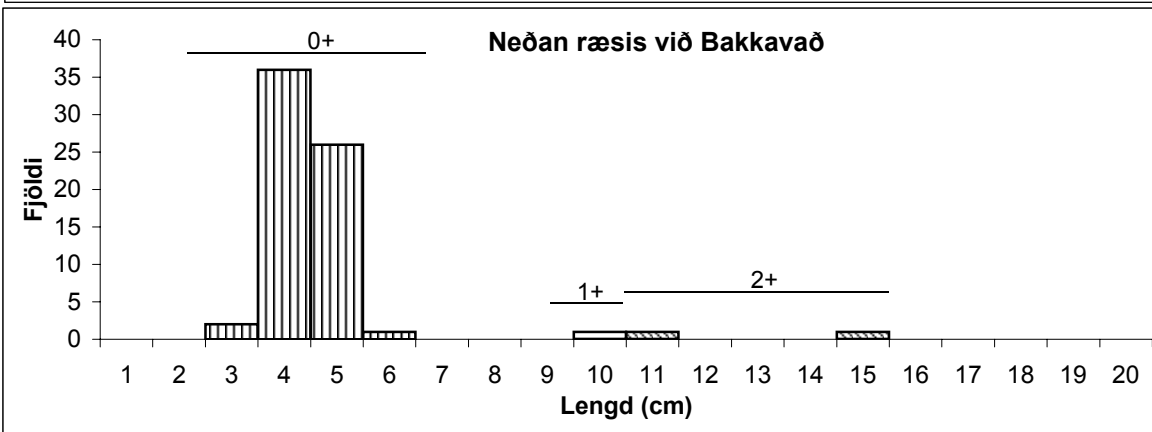
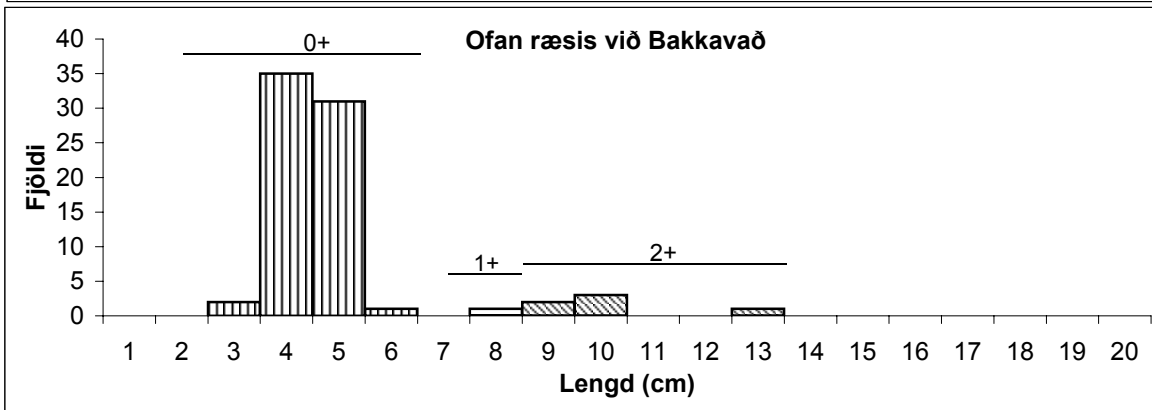
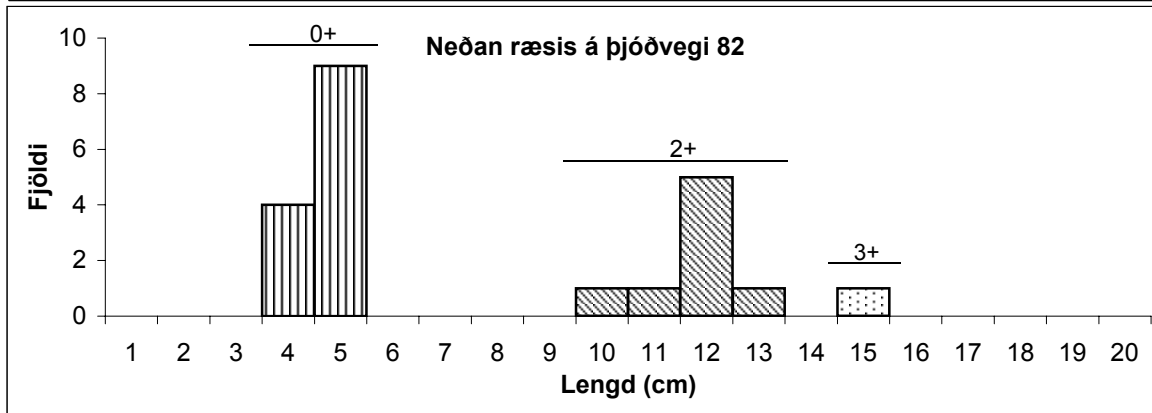
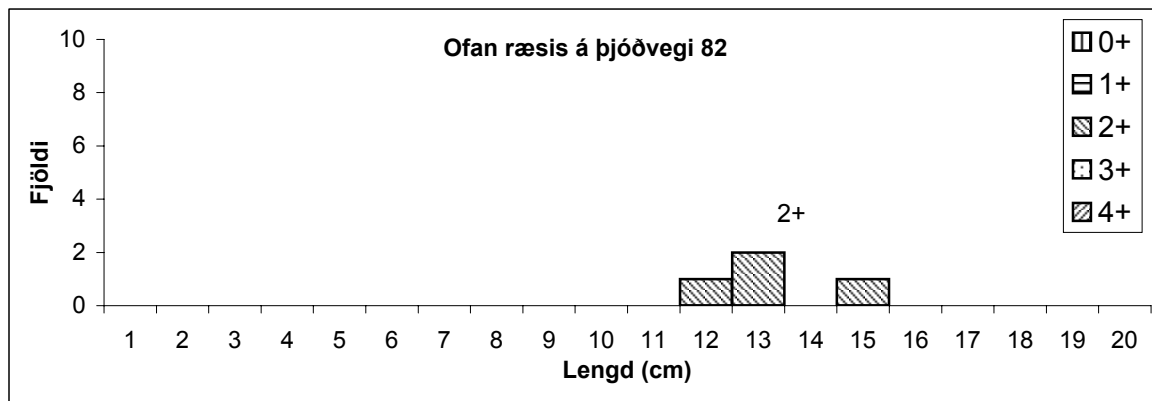
Mynd D1. Lengdar- og aldursdreifing bleikju í Brunná í rafveiðum 4. ágúst 2005.



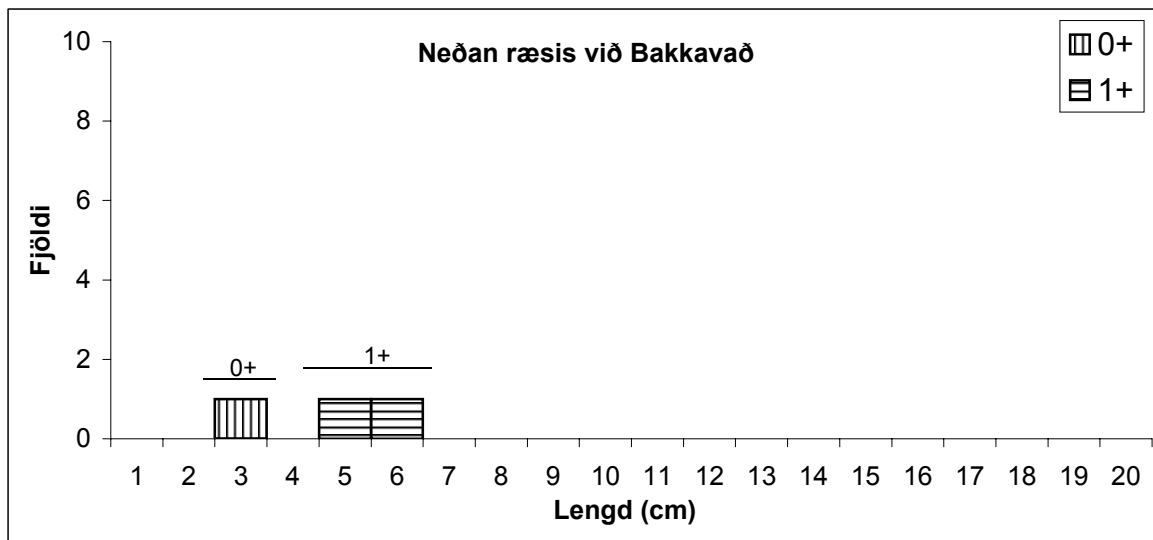
Mynd D2. Lengdar- og aldersdreifing bleikju í Straumlæk í rafveiðum 4. ágúst 2005.



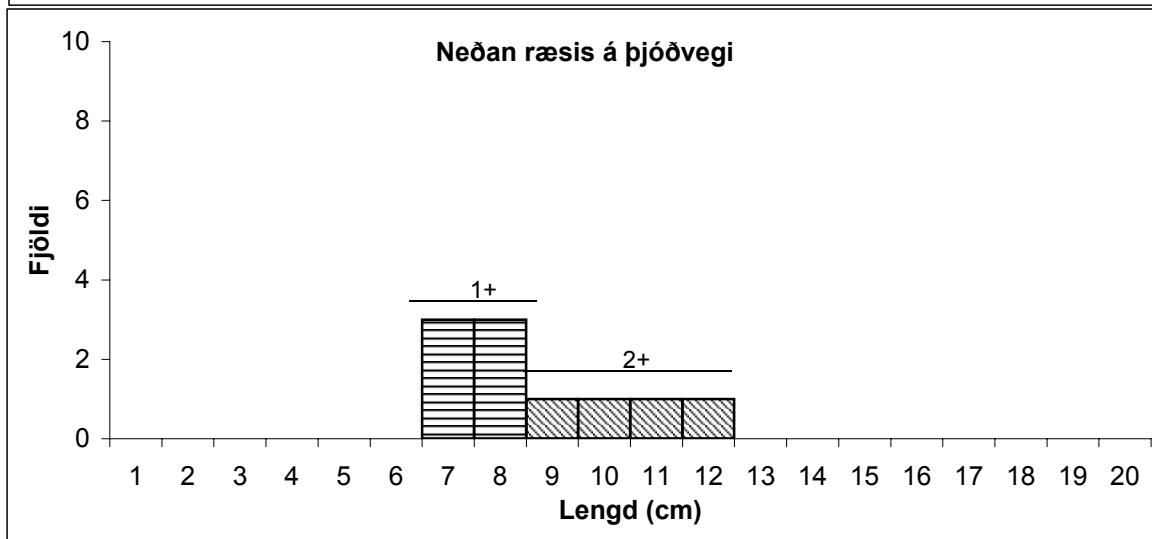
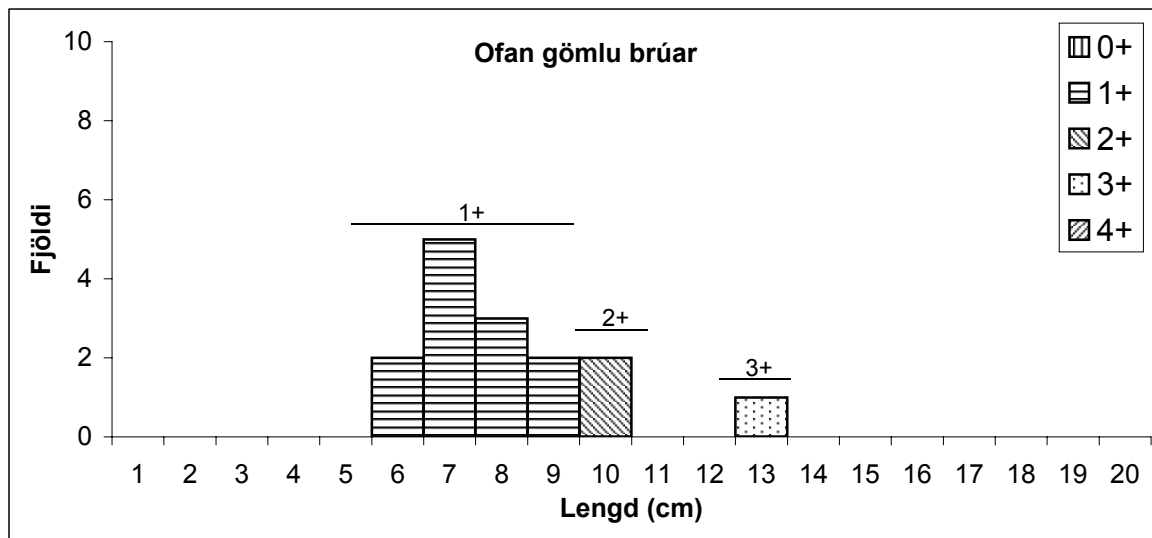
Mynd D3. Lengdar- og aldersdreifing lax í Straumlæk í rafveiðum 4. ágúst 2005.



Mynd D4. Lengdar- og aldersdreifing bleikju í Hvammslæk í rafveiðum 4. ágúst 2005.

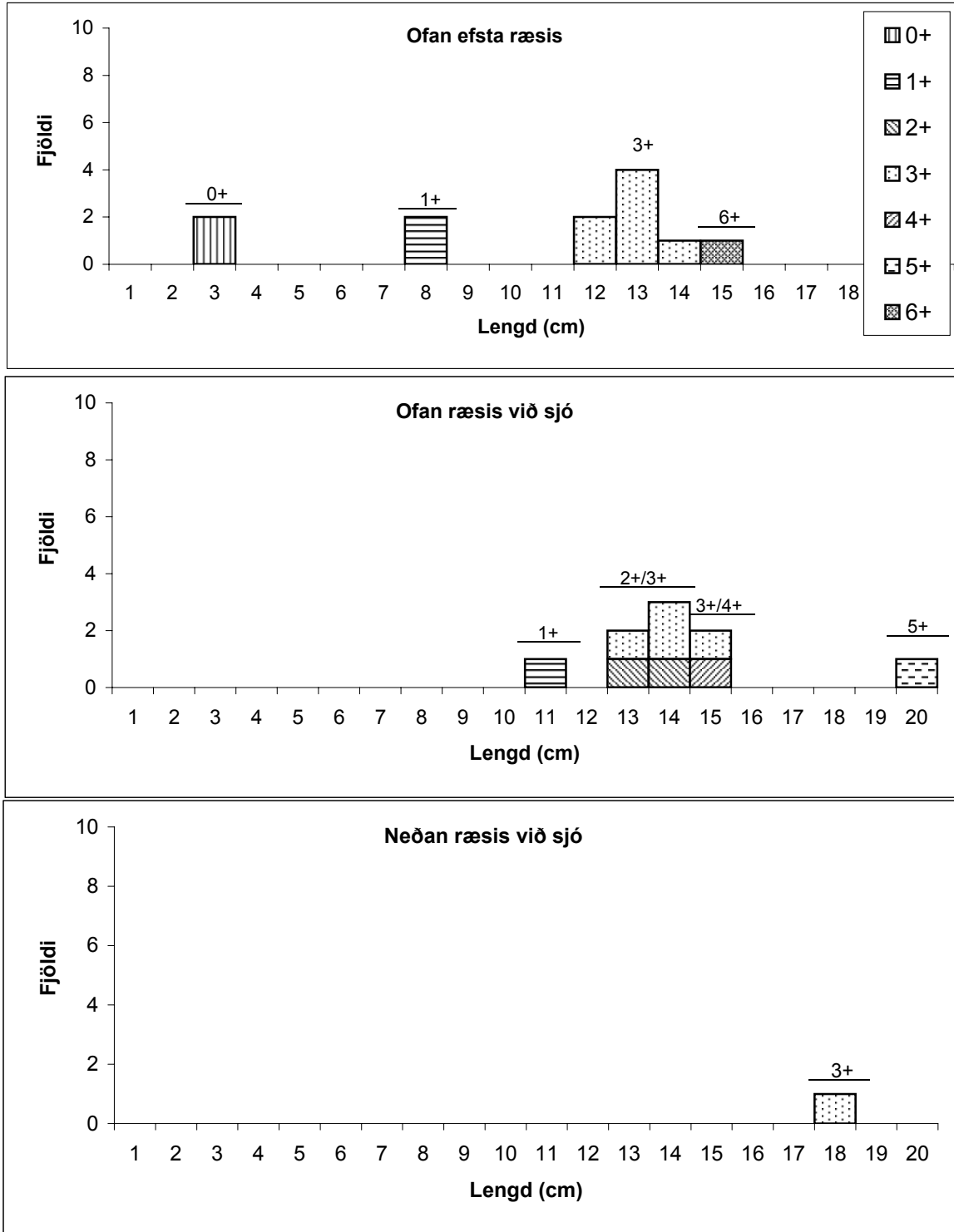


Mynd D5. Lengdar- og aldursdreifing lax í Hvammslæk í rafveiðum 4. ágúst 2005.

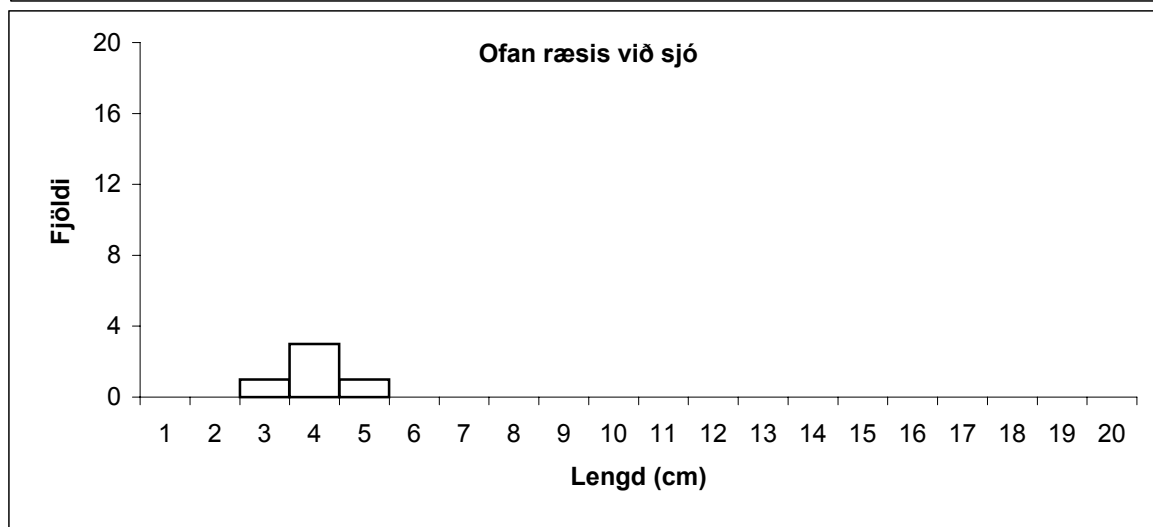
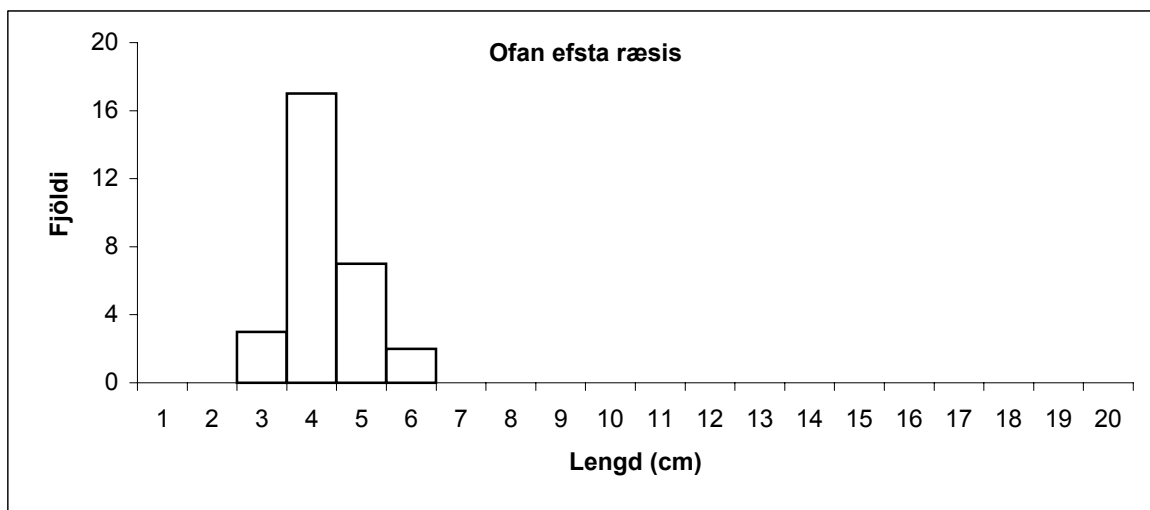


Mynd D6. Lengdar- og aldrsdreifing bleikju í Reykjaá í rafveiðum 3. ágúst 2005.

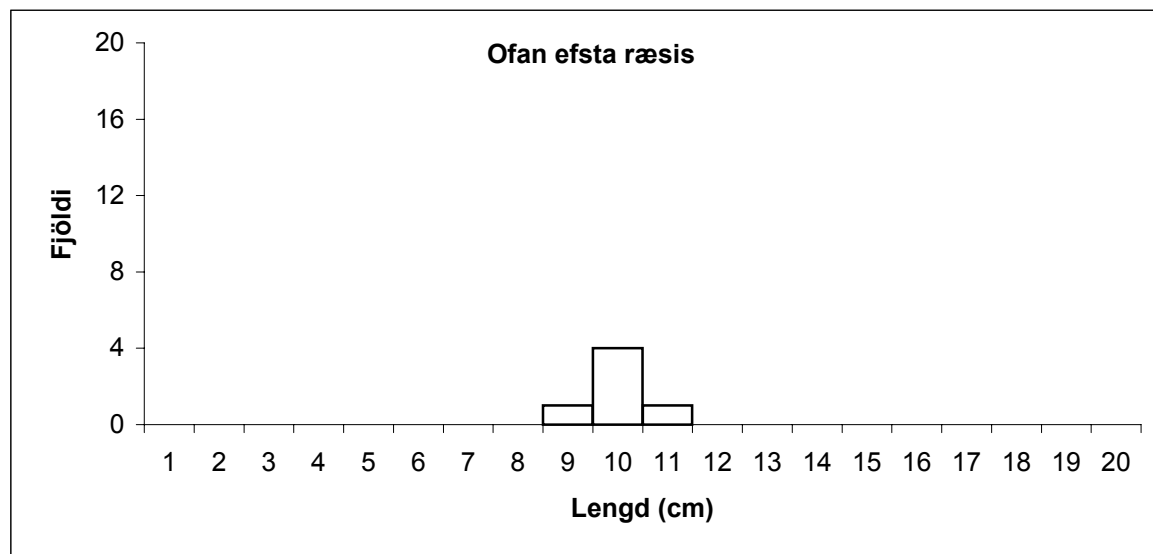
Viðauki E. Lengdar- og aldursdreifingar veiddra fiska í rafveiðum við þverunarmannvirki í ám og lækjum á Ströndum frá Asparvíkurdal norður í Norðurfjörð í júlí og ágúst 2005.



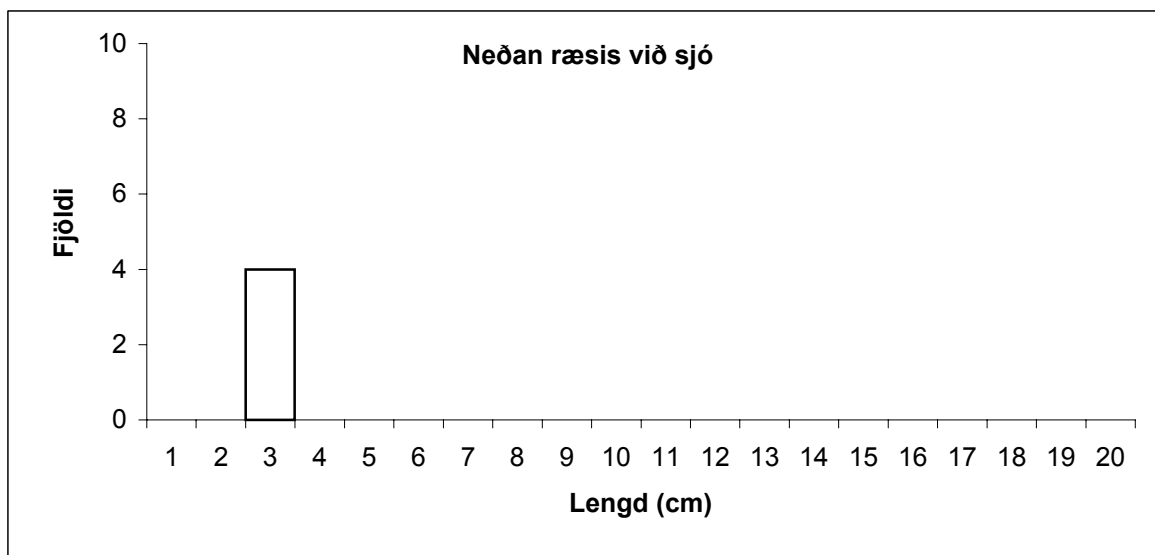
Mynd E1. Lengdar- og aldursdreifing bleikju í Síki, Norðurfirði í rafveiðum 26. júlí 2005 og 14. ágúst 2005.



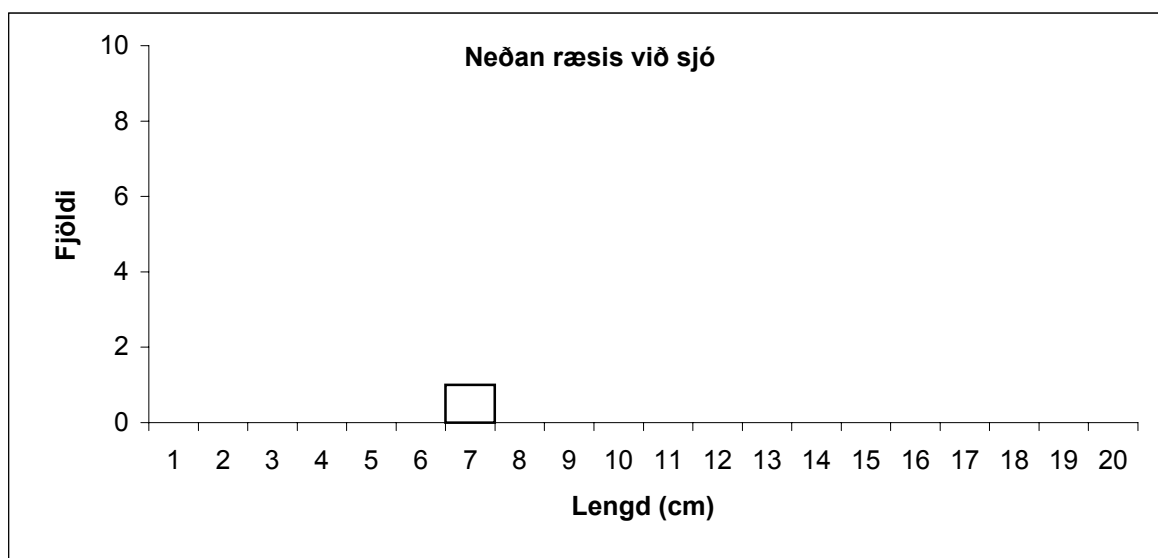
Mynd E2. Lengdardreifing hornsíla í Siki, Norðurfirði í rafveiðum 26. júlí 2005.



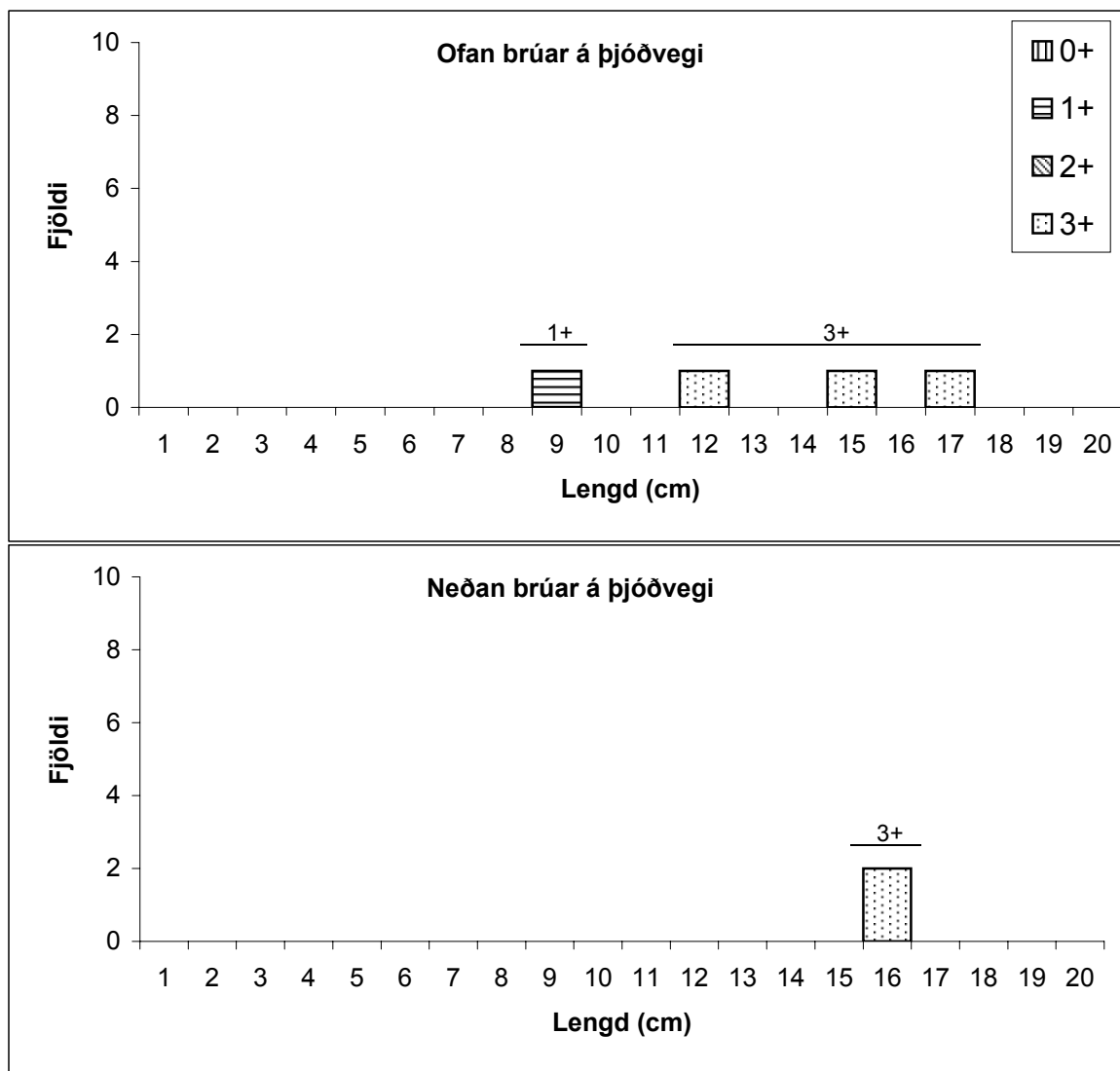
Mynd E3. Lengdardreifing álá í Siki, Norðurfirði í rafveiðum 26. júlí 2005.



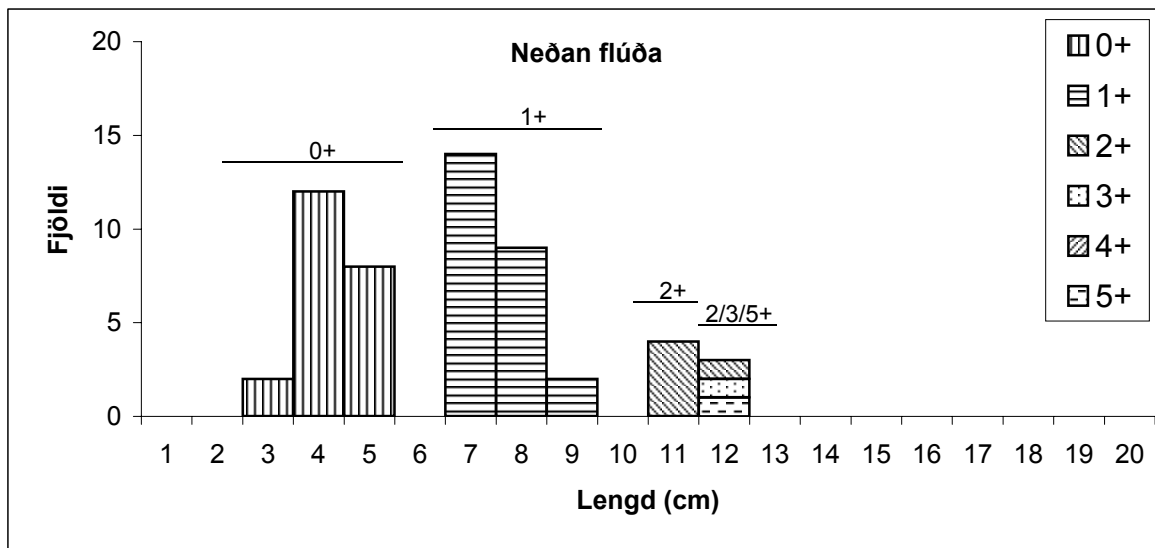
Mynd E4. Lengdardreifing ósakola í Síki, Norðurfirði í rafveiðum 26. júlí 2005.



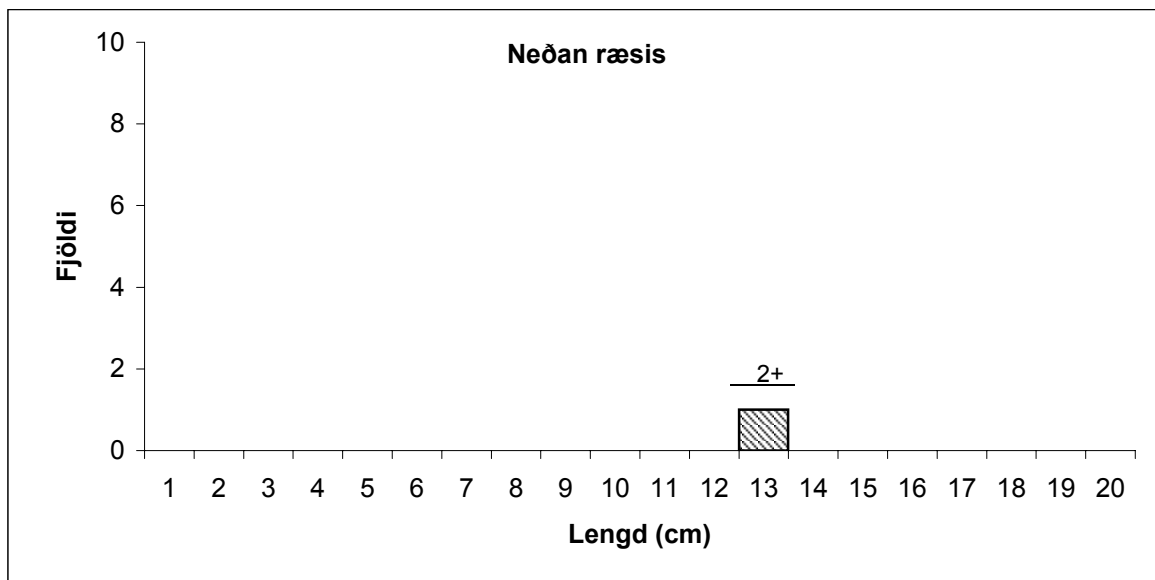
Mynd E5. Lengdardreifing ósakola í Síki, Norðurfirði í rafveiðum 14. ágúst 2005.



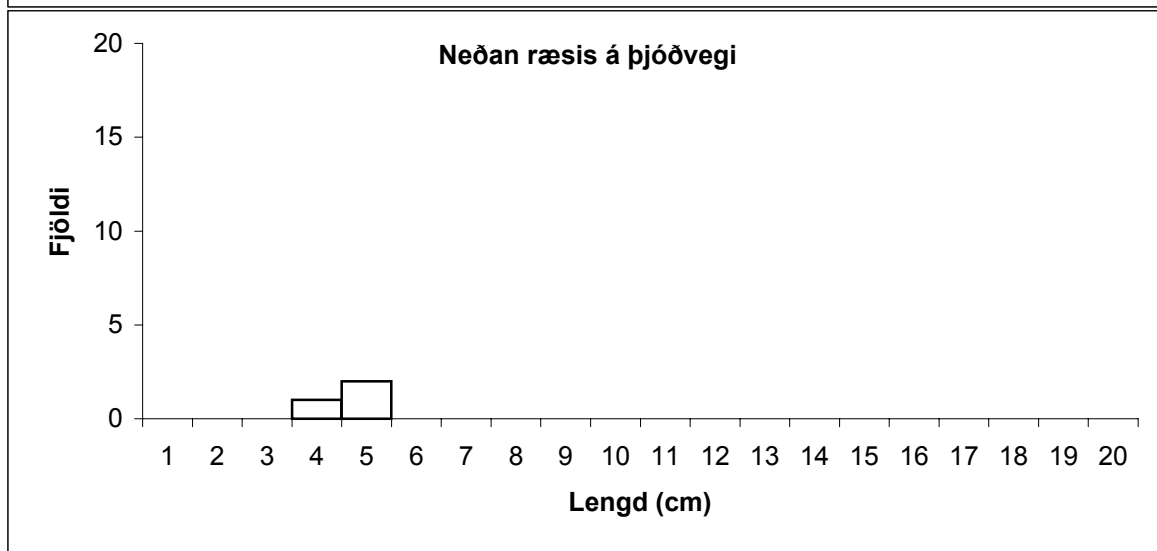
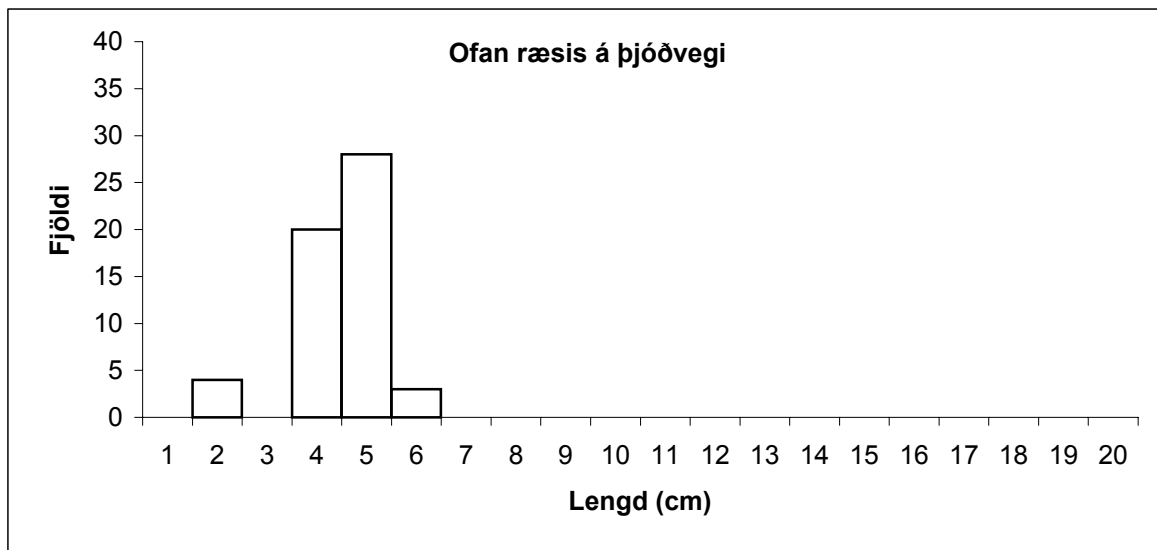
Mynd E6. Lengdar- og aldursdreifing bleikju í Melaá í rafveiðum 26. júlí 2005.



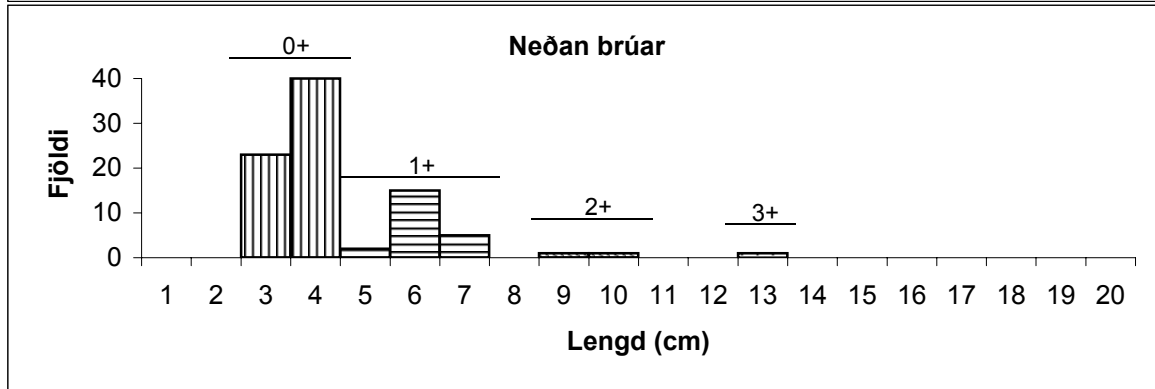
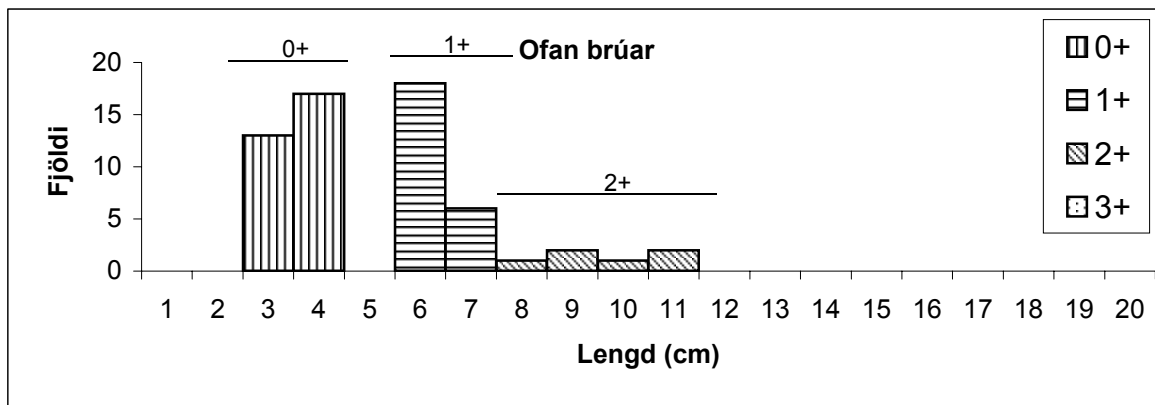
Mynd E7. Lengdar- og aldursdreifing bleikju í Árnesá í rafveiðum 26. júlí 2005.



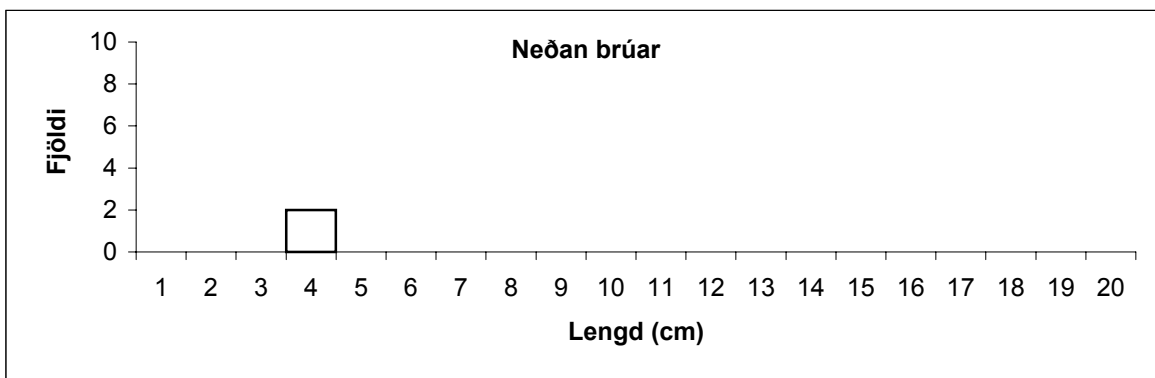
Mynd E8. Lengdar- og aldursdreifing bleikju í Ávíkurá í rafveiðum 26. júlí 2005.



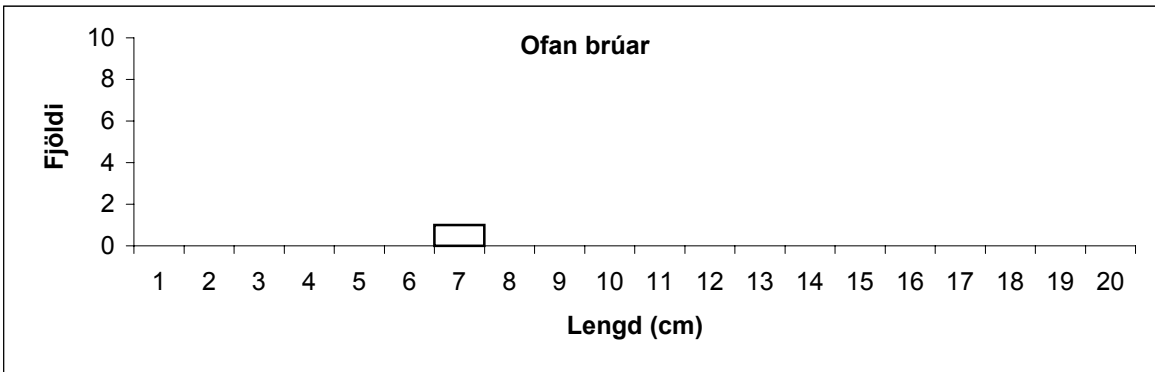
Mynd E9. Lengdardreifing hornsíla í læk milli Reykjarness og Reykjarneshyrnu í rafveiðum 26. júlí 2005.



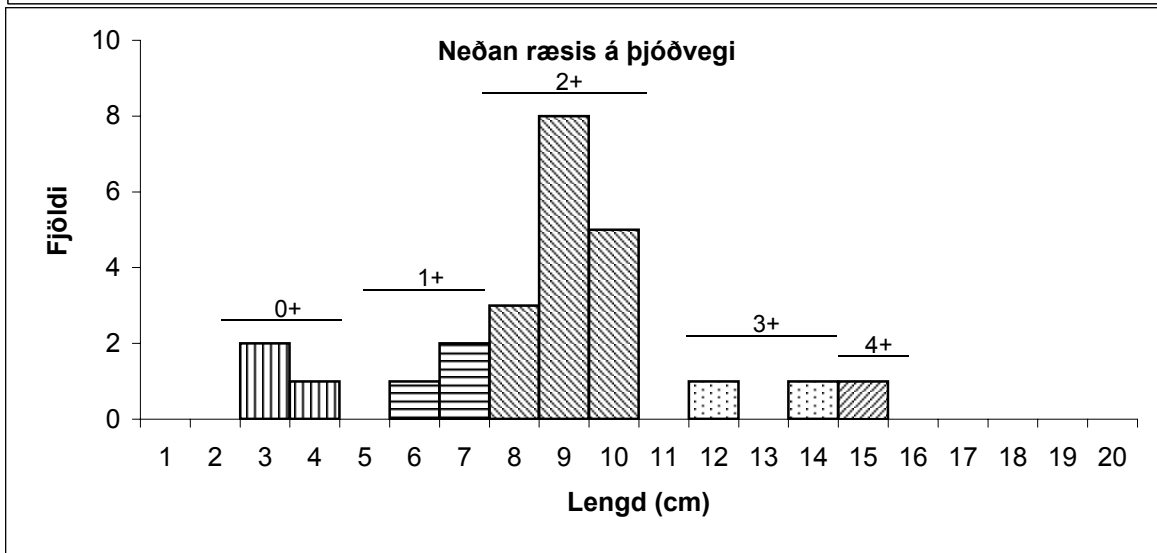
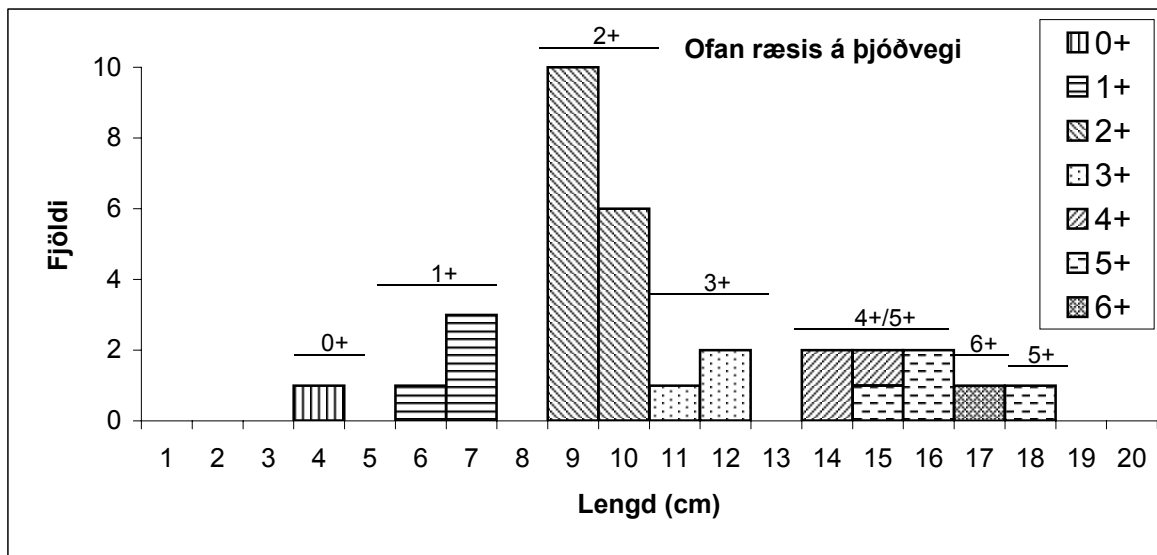
Mynd E10. Lengdar- og aldursdreifing bleikju í Reykjarfjarðará í rafveiðum 27. júlí 2005.



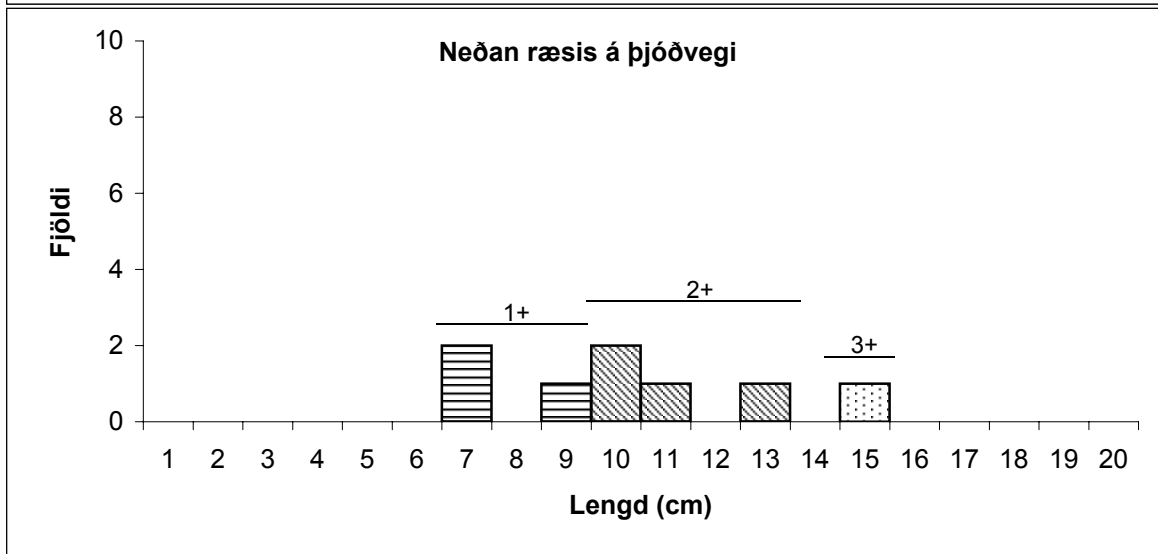
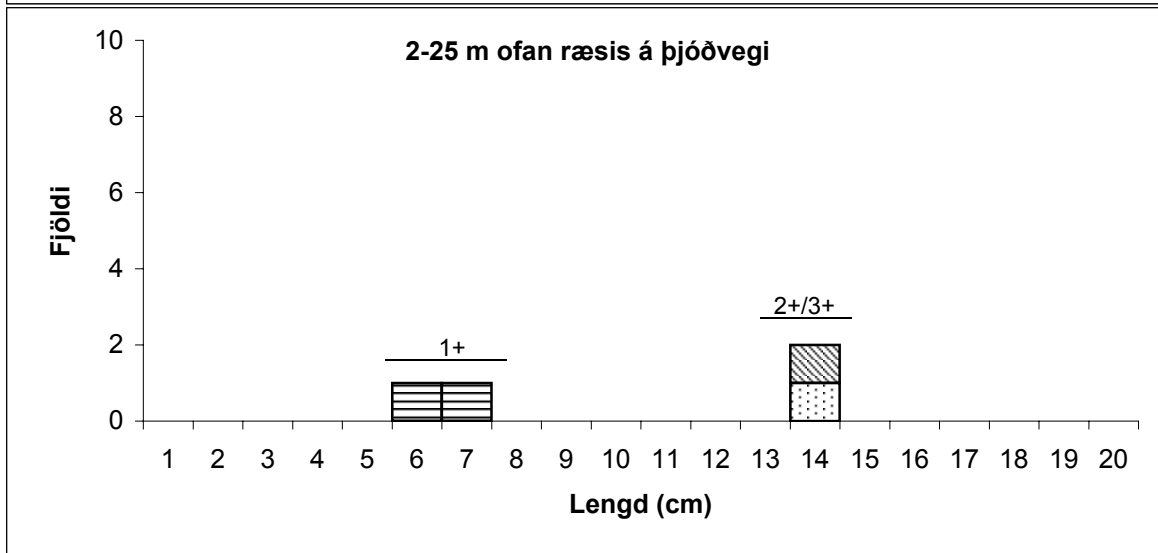
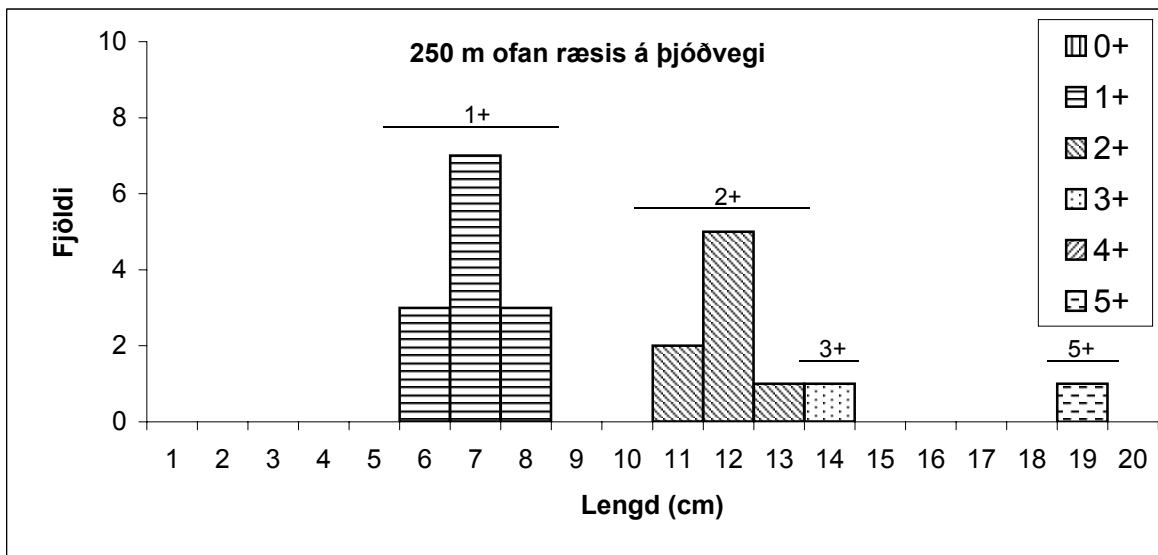
Mynd E11. Lengdardreifing hornsíla í Reykjarfjarðará í rafveiðum 27. júlí 2005.



Mynd E12. Lengdardreifing ála í Reykjarfjarðará í rafveiðum 27. júlí 2005.

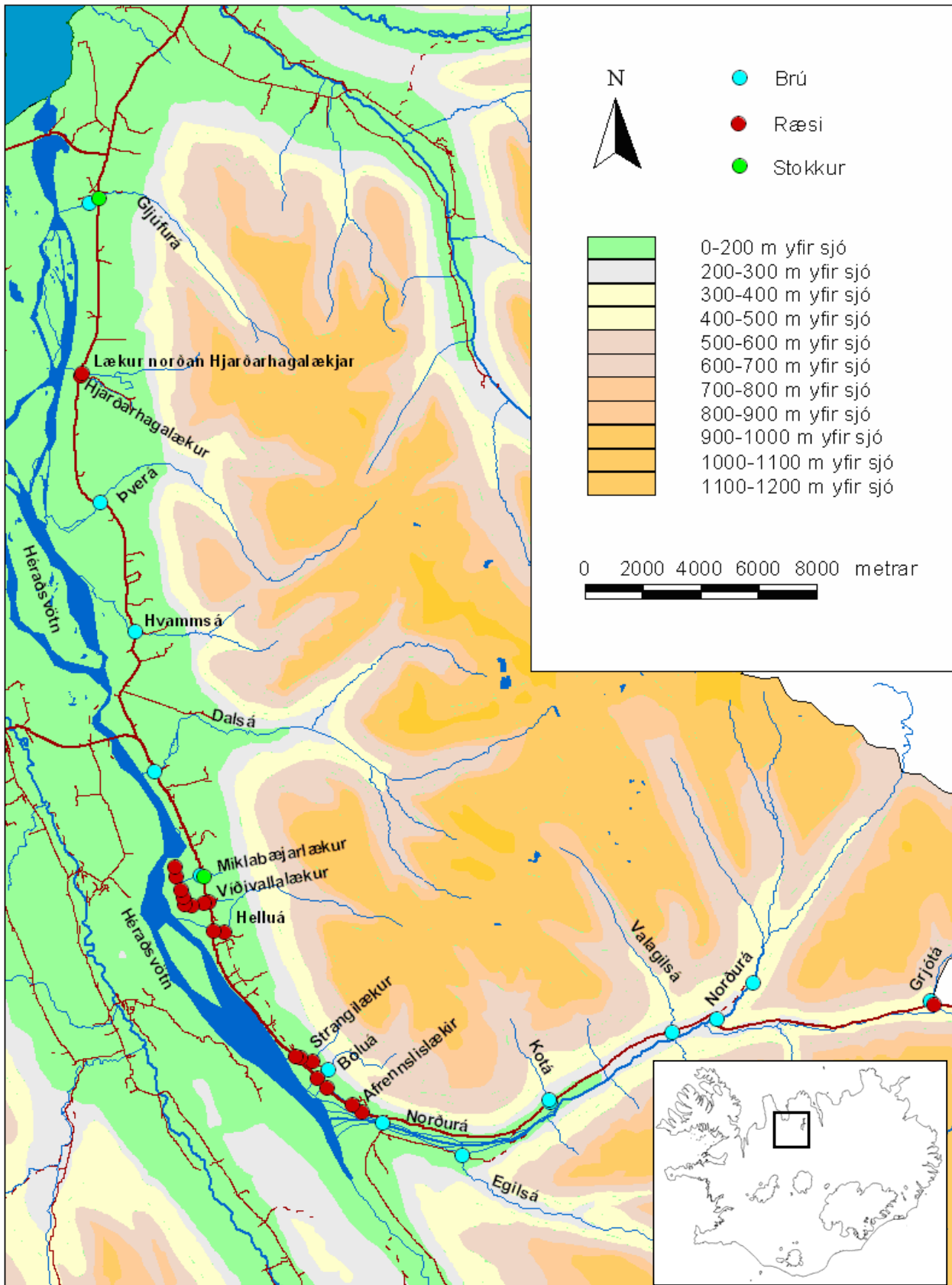


Mynd E13. Lengdar- og aldursdreifing bleikju í Kraká í rafveiðum 27. júlí 2005.

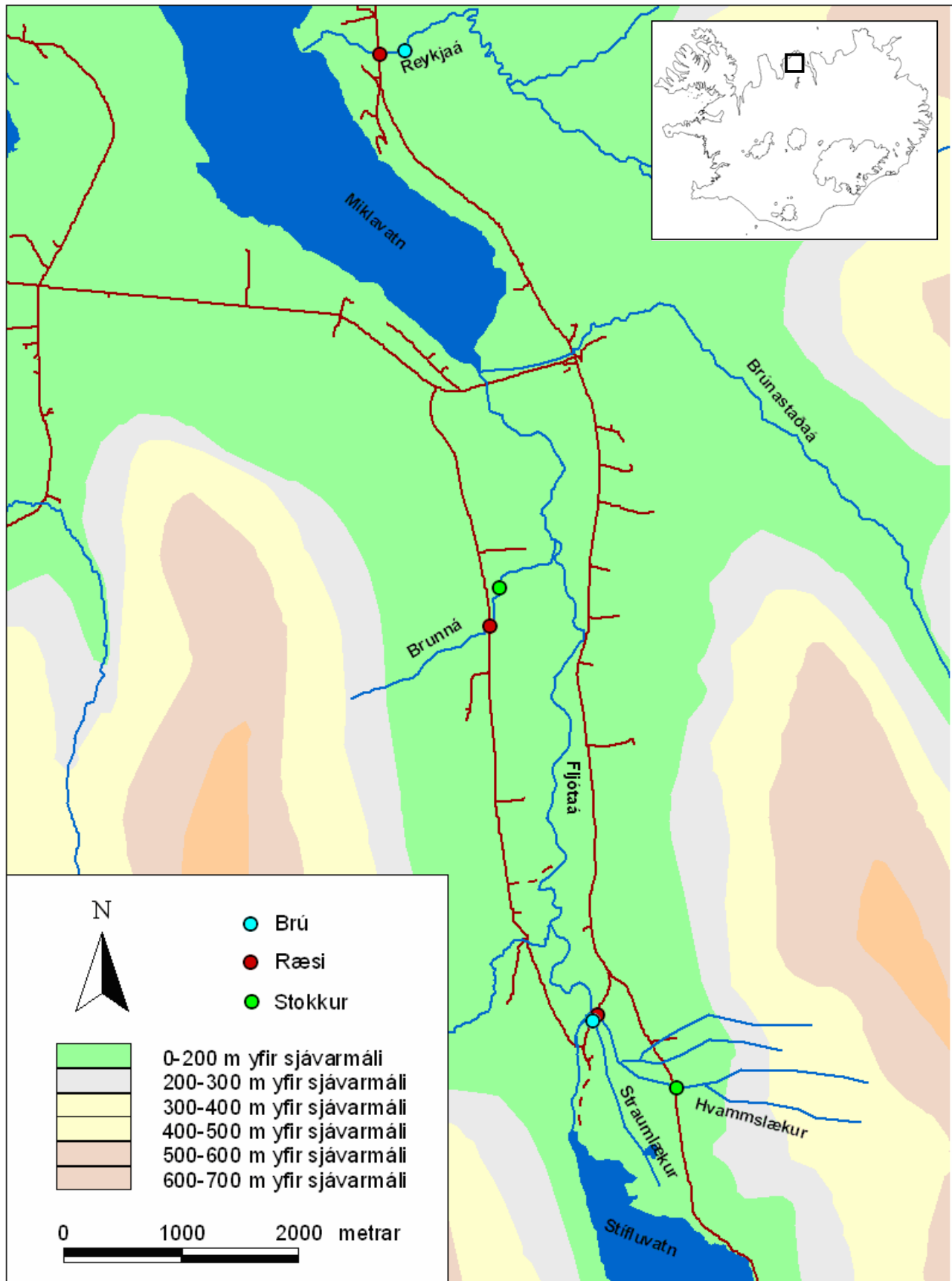


Mynd E14. Lengdar- og aldursdreifing bleikju í Seljá í rafveiðum 27. júlí 2005.

Viðauki F1. Yfirlit yfir þverunarmannvirki á austanverðu vatnasviði Héraðsvatna í Skagafirði sem skoðuð voru í júlí og ágúst 2005.



Viðauki F2. Yfirlit yfir þverunarmannvirki á vatnasviði Fljótaár og Miklavatns í Fljótum í ágúst 2005.



Viðauki F3. Yfirlit yfir þverunarmannvirki í ám og lækjum á Ströndum frá Asparvíkurdal norður í Norðurfjörð í júlí og ágúst 2005.

