

**Veiðialag, stærð hrygningarstofns
og nýliðun í litlum ám**

**Þórólfur Antonsson
Sigurður Már Einarsson
Guðni Guðbergsson**

mars 2002

Veiðialag, stærð hrygningarstofns
og nýliðun í litlum ám

Þórólfur Antonsson
Sigurður Már Einarsson
Guðni Guðbergsson

Efnisyfirlit

1. INNGANGUR	2
2. LÝSING ÁNNA OG LÍFSSAGA LAXINS Í ÞEIM	4
3. AÐFERÐIR	6
Laxveiði - hrognafjöldi	6
Hreistursýni - klakárgangar.....	7
Seiðamælingar – vísitala seiðapéttleika	7
Botnmat	7
Líkan fyrir S/R sambönd	8
4. NIÐURSTÖÐUR	9
Laxveiði	9
Veiðiálag	9
Hrognafjöldi	9
Klakárgangar í Vesturdalsá	10
Seiðapéttleiki – lífþyngd seiða	10
Botnmat og hrognafjöldi á flatareiningu	10
Hrygningarstofns –nýliðunar sambönd	11
5. UMRÆÐA OG ÁLYKTANIR	11
6. ÞAKKARORÐ	15
7. HEIMILDIR	15
8. TÖFLUR	19
9. MYNDIR	22

INNGANGUR

Miklar rannsóknir og umræða hafa farið fram um samband hrygningarstofns og nýliðunar á mörgum tegundum fiska. Upp úr miðri síðustu öld voru sett fram reiknilíkön til þess að skýra þessi sambönd. Tvö þessara líkana eru hvað þekktust. Annars vegar líkan Bevertons og Holts (1957) sem gerir ráð fyrir nálgun ákveðins hámarks nýliðunar við ákveða stærð hrygningarstofns en síðan haldist nýliðunin nánast óbreytt með enn aukinn stærð hrygningarstofns þ.e. fallið sé aðfella. Hins vegar líkan sem Ricker (1954, 1972) setti fram um bogalagað fall (parabólu), þannig að nýliðun nær hámarki við vissan fjölda í hrygningarstofni en minnkar síðan við enn aukinn hrygningarstofn vegna þéttleikaháðra áhrifa.

Bæði líkönin gera ráð fyrir að ferlið gangi í gegnum núllpunkt þ.e. engin hrygning þá engin nýliðun. Líklegt að þéttleikaóháðir þætti hafi einnig veruleg áhrif og því meiri eftir því sem umhverfið er óstöðugra. Þéttleikaóháðir þættir geta haft áhrif á öll stig í lífsferli laxins. Má þar nefna hitastig sem hefur áhrif á klaktíma og vaxtarhraða, flóða og ísruðning sem hefur áhrif á búsvæði, hafis og straumakerfi þegar laxinn er kominn til sjávar osfr. Þessir þættir auka breytileika í hrygningarstofns – nýliðunarsambandi.

Rannsóknir á áhrifum umhverfisþátta á laxastofna hafa að nokkrum hluta beinst að ferskvatnshluta lífsferilsins en meira er þó vitað um áhrif umhverfisskilyrða í sjó. Í nokkrum tilvikum hafa rannsóknir skýrt breytingar á milli lífsstiga með umhverfisþáttum. Sérstaklega koma þar við sögu vatnsrennsli (flóð eða lágrennsli) og hitastig. Elliott (1985,1994) gerði rannsóknir á urriða í lítilli á á Englandi og færði rök fyrir því að dánartíðni á vissum lífsstigum skýrðist að hluta með hitastigi. Þetta gildi um tímabilin frá hrognastigi til fyrsta hausts ($R^2=0,36^*$) og frá hrognastigi til annars hausts ($R^2=0,34^*$). Einnig skýrir úrkoma marktækt ($R^2=0,55^{**}$) dánartíðni frá hrognafjölda að fjölda á öðru hausti. Það rekur Elliott til þess að þar hafi vegið þungt sumarþurrkar þriggja ára og ef þessum þremur árum er sleppt hverfur marktæknin.

Af 53 mismunandi samsetningum sem Chadwick (1987) prófaði á milli umhverfisþátta (hitastig og rennsli) og líffræðilegra þátta hjá gönguseiðum sýndu aðeins 2 þeirra marktæka fylgni. Annað var neikvætt samband á milli árlegs meðalofthita og hlutfalls þriggja ára gönguseiða af heildargönguseiðamenginu. Hitt var jákvætt samband fjögurra ára gönguseiða við dagsmeðalhita yfir sumarið.

Scarnecchia ofl. (1989) tóku fyrir veiðigögn úr 59 íslenskum laxveiðiám og skiptu veiðinni í eins og tveggja ára lax úr sjó og báru saman við nokkra umhverfisþætti í ferskvatni og í sjó. Niðurstöðurnar urðu í stuttu máli þær að sjávarhiti allra fjögurra sumarmánuðanna (maí – ágúst) og lofthiti í maí og júní höfðu jákvæða marktæka fylgni við afla úr þessum 59 ám, bæði við veiði smálaxa og stórlaxa. Við margþátta greiningu skýrði sjávarhiti í apríl mest eða 47% breytileikans í afla smálax. Einnig fannst marktæk fylgni milli rennslis og veiði á 2 ára laxi en ekki við veiði á smálaxi.

Ýmsar aðrar rannsóknir benda til verulegra áhrifa umhverfisþátta í sjó á laxastofna, svo sem afrakstur þeirra (Scarnecchia 1984, Scarnecchia ofl. 1989; Beamish og Bouillon 1993), endurheimtur, vöxt (Friedland og Reddin 1992, Friedland ofl. 1993) og dvalartíma í sjó áður en kynþroska er náð (Martin og Mitchell 1985). Einnig hefur verið bent á samhengi í sveiflum laxastofna á mismunandi hafsvæðum með tímamismun sem tengdur var við hversu lengi sjávarmassar með ákveðna eiginleika eru að berast með sjávarstraumum milli þessara hafsvæða (Þórólfur Antonsson ofl. 1996). Það bendir til tengsla á milli umhverfisþátta í sjó og sveiflna í laxastofnum, þó þau tengsl hafi ekki verið rakin skref fyrir skref.

En hverjar hafa niðurstöður þeirra rannsókna orðið sem notast hafa við þessi áður nefndu tvö líkön um samband hrygningarstofns og nýliðunar? Hér verður sjónum aðallega beint að laxfiskum. Solomon (1985) hefur tekið saman yfirlit um þennan þátt mála með nokkrum viðbótum frá Kennedy og Crozier (1993). Í nokkrum rannsóknum hafa niðurstöður orðið á þá leið að um bogalagað fall sé að ræða á milli stærðar hrygningarstofns og ýmissa síðari lífsstiga (Gee ofl. 1978; Elliott 1984 og 1985; Gardiner og Shackley 1991; Mundy ofl. 1978). Í allmörgum rannsóknum hefur niðurstaðan orðið sú að sambandi hrygningarstofns og nýliðunar megi lýsa með falli sem endar í aðfelli (Buck og Hay 1984, Hay 1989, Ward og Slaney 1993).

Hvað athyglisverðastar og nákvæmastar eru rannsóknir Elliotts (1985) á mati hrygningarstofns (fjöldi hroga) og nýliðunar (fjöldi seiða) hjá sjóbirtingsstofni í lítilli á á vesturströnd Bretlands yfir 17 ára tímabil. Hann prófaði síðan hversu vel gögnin féllu að sex þekktum líkönum af sambandi hrygningarstofns og nýliðunar. Niðurstöðurnar urðu þær að á öllum lífsstigum sem gögnum var safnað um féllu þau marktækt að bogalöguðum ferli (Ricker-líkani) að undanskildum 1+ seiðum í maí/júní, en ekki að Beverton-Holt líkani. Því verður sjónum helst beint að Ricker-líkani í þessari rannsókn.

Rannsókn þessi var gerð í laxveiðiám sem báðar teljast til lítilla áa; Krossá á Skarðsströnd og Vesturdalsá í Vopnafirði (1. mynd). Laxveiðiár á Íslandi eru eingöngu veiddar með stöngum utan tvær jökulár þar sem enn eru notuð net. Fyrirfram gáfum við okkur þá forsendu að þar sem árnar eru litlar að þá væri hærra veiðiálag í þeim en stærri ám. Sett var fram sú tilgáta að áhrif lítills hrygningarstofns ætti að sjást vel í þessum ám og jafnvel að í nokkrum tilvikum hefði veiði orðið það mikil að hrygning hefði ekki nægt til að fylla búsvæði árinna. Hrygningarstofns – nýliðunarferill (S/R ferill) þessara áa ættu því að sýna fylgni við fall eins og Rickerlíkan. Jafnframt var búist við því að þar sem umhverfi er fremur óstöðugt á Íslandi og raunar enn óstöðugra á norðanverðu landinu en sunnanverðu (Þórólfur Antonsson og Sigurður Guðjónsson 2002) þá yrði verulegur breytileiki í nýliðun sem frávik frá reiknuðu falli.

Einnig var tilgangur þessarar rannsóknar að skoða S/R sambandið í þessum ám með tilliti til þess hvort hægt væri að sjá hvar verndarmörk laxastofnanna lægju. Það er að segja hvort veiði væri það mikil í einhverjum tilvikum að hrygning nægði ekki til að nýta seiðabúsvæðin til fulls og jafnvel hvort tíðni þess væri það há að stofninum stafaði hætta af. Verndarmörk væru þá skilgreind þar sem hrygning færi að verða takmarkandi fyrir nýliðun.

LÝSING ÁNNA OG LÍFSSAGA LAXINS Í ÞEIM

Íslensk straumvötn hafa verið flokkuð með tilliti til jarðfræði- og vistfræðilegra þátta (Arnþór Garðarsson 1979 og Sigurður Guðjónsson 1990). Vesturdalsá flokkast sem heiðavotlendisá þar sem hún á upptök sín á slíkum heiðum. Rafleiðni árvatnsins hefur mælst 126 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en hún gefur ákveðnar hugmyndir um magn uppleystra næringarefna í árvatninu og þar með frjósemi þess. Lax er oft ríkjandi í heiðavotlendisám, sem og í Vesturdalsá en þar er bleikja (sjógöngustofn) einnig í töluverðu magni. Vesturdalsá kemur af Hauksstaðaheiði og rennur ofarlega um stöðuvatn, Arnarvatn. Vatnasviðið er um 1,90 km^2 og meðalrennsli árinna um 5 m^3/sek . Efstu 5 km neðan Arnarvatns eru ófiskgengir en fiskgengi hlutinn er um 28 km og áin endar í ísöltu lóni, Nýpslóni, sem er um 3,6 km^2 (Sigurjón Rist 1956 og 1990). Frá 1974-2000 hefur laxveiðin í Vesturdalsá verið á bilinu 34-513 laxar og meðalveiði 228 laxar (Guðni Guðbergsson 2000) en upplýsingar eru til um laxveiði mun lengra aftur. Einnig hafa verið skráðar upp í 1400 stangveiddar bleikjur á ári, en bleikjuveiðin er yfirleitt ver skráð en laxveiðin.

Laxaseiðin dvelja jafnan fjögur til fimm ár í ánni áður en til hafs er haldið. Gönguseiðaaldur hefur verið breytilegur milli ára í Vesturdalsá, í sumum árum eru um 70% seiðanna þriggja ára og í öðrum árum engin þriggja ára seiði en þá er aldursdreifingin frá fjögurra til sex ára (Þórólfur Antonsson 1998). Meðalaldur gönguseiða í Vesturdalsá árabilið 1989-1999 voru 3,96 ár. Einnig er verulegur breytileiki í göngutíma seiðanna en hágöngutíminn getur verið frá síðari hluta júní til fyrri hluta ágúst eftir árum (Þórólfur Antonsson og Sigurður Guðjónsson 2002). Laxinn í Vesturdalsá dvelur ýmist eitt eða tvö ár í sjó áður en til hrygningar er haldið. Algengt er að um 40-50% laxins komi eftir tvö ár í sjó og yfir tímabilið 1956-2001 var hlutur stórlax 43,8% af heildargöngu að meðaltali. Þetta hlutfall hefur heldur verið að lækka síðustu tvo áratugi og var hlutur tveggja ára lax 34,9% síðustu tuttugu árin að meðaltali.

Krossá á upptök í 400 – 500 m h.y.s. og fellur um Villingadal til sjávar í Geirmundarvog á Skarðsströnd við Breiðafjörð. Krossá er lítil dragá, um 15 km að heildarlengd og er vatnasviðið 47 km² (Sigurjón Rist 1990). Krossá er fiskgeng 12 km. Vatnsrennsli hennar hefur verið áætlað um 1.5 m³/s yfir sumarmánuðina (Scarnecchia 1983). Áin tilheyrir flokki dragáa á blágrýtissvæðum (Sigurður Guðjónsson 1990), en er staðsett á jaðri Vestfjarðablágrýtisins en bergið er þó yngra en á Vestfjörðum. Rafleiðni árvatns í ánni mælist á bilinu 60 – 68 µS/cm).

Frá árinu 1967 til 2001 hafa 87 laxar að meðaltali veiðist í Krossá og veiðin verið á bilinu 27 til 208 fiskar (Sigurður Már Einarsson 2001). Einnig veiðist urriði og bleikja í litlu magni. Algengast er að laxaseiði dvelji 3 - 5 ár í ánni fyrir sjögöngu og er meðalaldur laxaseiða 3.74 ár í ánni (Sigurður Már Einarsson 2001). Laxinn í Krossá er 1 til 2 ár í sjó. Eins árs laxinn (smálax) er hins vegar ríkjandi. Árin 1967 til 2001 var smálaxinn 78,9% af veiði og stórlax 21,1%. Hlutfall tveggja ára laxa hefur farið lækkandi síðastliðin ár og var 12,8% árin 1992 til 2001. Endurtekin hrygning er fátíð í Krossá og mælist 2,4% af veiðinni. Algengast er að slíkir fiskar veiðist samsumars eftir útgöngu til sjávar (Sigurður Már Einarsson 1999).

ADFERÐIR

Laxveiði - hrognafjöldi

Upplýsingar um laxveiði í Krossá og Vesturdalsá voru undirstöðugögn. Hérlandis er laxveiði skráð mjög ítarlega í öllum ám þar sem fram kemur veiðidagur, þyngd, og kyn um hvern einstakan veiddan fisk (Guðni Guðbergsson 2000, Scarnecchia 1989). Í Krossá náðu slík gögn aftur til ársins 1967 og í Vesturdalsá til 1956.

Út frá veiðiskráningunni var metinn fjöldi hrogna sem hrygnt var hvert ár með eftirfarandi hætti. Fjöldi þeirra hrogna sem hrygnt var hverju sinni var metinn á grundvelli sambands sem fundið hafði verið milli fjölda hrogna í hrygnu og lengdar hrygnanna, bæði fyrir smálax og stórlax í nokkrum ám á suðvesturlandi (Guðni Guðbergsson og Sigurður Guðjónsson munnl. uppl.). Jafnframt var þekkt sambandið á milli lengdar og þyngdar bæði hjá smálaxi og stórlaxi (Þórólfur Antonsson 1998). Þar með var hægt að finna jöfnu sambandsins milli hrognafjölda og þyngdar sem var heppilegra að því leyti að þyngd hefur verið mun betur skráð en lengd.

Jafnan fyrir smálax var:

$$\text{hrognafjöldi (HF)} = 2701,8 * \text{LN}(\text{þyngd}) + 1778$$

Og fyrir stórlax:

$$\text{hrognafjöldi (HF)} = 9966,6 * \text{LN}(\text{þyngd}) - 11674$$

Laxahrygnur úr veiðinni voru flokkaðar í þyngdarflokka upp á 0,25 kg (0,5 pd) nákvæmni. Gert var ráð fyrir sömu þyngdardreifingu í hrygningarlaxinum og í veiðinni. Reiknaður var út fjöldi hrogna fyrir hvern þyngdarflokk með því að margfalda fjölda hrygna í hverjum þyngdarflokki með hrognafjölda sem meðalhrygnan gaf í þeim flokki. Hrognafjöldi í öllum þyngdarflokkum var síðan lagður saman og þá fékkst heildarhrognafjöldi í þeim hluta stofnsins sem var veiddur.

Til þess að sjá hvað væri eftir af hrygnum í ánni til hrygningar vantaði veiðiálagið. Frá 1996 – 2001 var allur lax talinn upp í Vesturdalsá og frá 1998-2001 í Krossá með s.k. Árvaka. Árvaki er rafrænn teljari sem jafnframt að telja fiskinn, metur hann stærð hans (Sigurður Guðjónsson og Hólmgeir Guðmundsson 1994). Með því var hægt að fá veiðiálag bæði á smálax og stórlax. Meðaltals veiðiálag nefndra ára var notað til þess að meta fjölda í hrygningarstofni fyrir tímabilið 1956-1995 í Vesturdalsá og 1967-1997 í Krossá.

Hreistursýni - klakárgangar

Frá árinu 1985 hefur verið safnað hreistri í Vesturdalsá af veiddum laxi. Úr hreistrinu hefur verið lesinn ferskvatns- og sjávaraldur laxins. Þær upplýsingar voru notaðar til þess að greina sundur hvert hlutfall veiðinnar var úr hverjum klakárgangi. Með því var hægt að stilla saman fjölda hrognna á bak við tiltekinn klakárgang (S) og þá laxa sem frá honum voru komnir aftur til baka sem nýliðar (R). Einnig var hægt að fá meðalgönguseiðaaldur yfir það árabil. Í Krossá voru þessar upplýsingar fyrir hendi frá árinu 1990.

Seiðamælingar – vísitala seiðapéttleika

Í ánum tveimur hefur einnig verið metinn árgangaskipan smáseiða, þéttleiki þeirra, lengd, þyngd og þar með lífþyngd. Þetta hefur verið gert með rafveiðum í einni yfirferð, en sömu svæði eru veidd árlega, þannig að sambærileiki sé frá ári til árs. Mælingin er því í raun vísitala seiðapéttleika þar sem heildarfjöldi þeirra er ekki metinn, til þess þyrfti ítarlegri aðferðir. Í Vesturdalsá ná þessi gögn frá 1979 til 2001 en í Krossá frá 1987-1992 og 1996-2001.

Jafnan eru 4-5 árgangar í ánni hverju sinni frá vorgömlum (0^+) seiðum til 4 ára. Oft veiðast yngstu seiðin (0^+) illa þegar mælingar fara fram í Vesturdalsá um 20. ágúst og í Krossá fyrri hluta septembermánaðar. Í Vesturdalsá eru seiðin þá stundum nýkomin, eða jafnvel ókomin upp úr mölinni og því mjög smá og lítið farin að dreifa sér um. Hluti af þriggja ára seiðum og eldri er á hinn bóginn þegar farin að ganga út úr ánni. Besta matið er á eins og tveggja ára seiðum. Því verður matið á þeim aðallega notað við tölfræðilegar úttektir á S/R samböndum. Lífþyngd seiða var reiknuð á hverja 100m^2 botnflatar þannig: vísitala seiðapéttleika * meðalþyngd seiða í árgangi.

Þegar metinn er þéttleiki 1+ seiða fær sami árgangur aftur mat árið eftir sem 2+ seiði. Til þess að minnka óvissu í matinu voru 1+ árgangar (árið n) lagðir við matið á 2+ árgöngum árið eftir (árið n+1) og það notað við úttekt á S/R sambandi.

Botnmat

Við búsvæðamatið er farið með allri ánni og henni skipt niður í einsleit svæði. Svæðin geta verið mjög mislöng en á hverju svæði eru tekin þversnið og fer það eftir lengd svæðisins hve mörg snið eru tekin. Á hverju sniði er breidd árinna mæld,

meðaldýpi áætlað og grófleiki botnsins metinn. Grófleikanum er skipt í 5 stig og þekja hvers stigs metin í hundraðshlutum.

Við útreikninga á “gæðum” svæða sem uppeldissvæða var sá hundraðshluti sem hver kornastærð fékk margfölduð með s.k. botngildi. Leir/sandi var gefið botngildið 0,02; möl 0,2; smágrýti 0,55 og stórgrýti 0,2 og klöpp 0,03. Margfeldi botngilda og hundraðshluta kornastærða er síðan lagt saman fyrir hvert svæði og þá fæst s.k. framleiðslugildi (FG). Þá á eftir að taka tillit til stærðar botnflatarins og því er framleiðslugildi svæðis margfaldað með botnfleti sama svæðis (en deilt í með 1000) og lokaniðurstaðan er s.k. framleiðslueiningar (FE). Þetta er gert fyrir hvert svæði og heildarfjöldi framleiðslueininga fyrir ána er því summan fyrir öll svæðin (sjá nánar í Þórólfur Antonsson 2000 og Þórólfur Antonsson o.fl. 2002).

Líkan fyrir S/R sambönd

Tölfræði var unnin á tölfræðiforritið SPSS 10.0. og við mat á marktækni tölfræðigilda var stuðst við Sokal og Rohlf (1981) og Campbell (1975).

Við könnun á sambandi hrygningarstofns og nýliðunar var notaður hrognafjöldi sem mat á hrygningarstofni en sem nýliðun var notað þéttleikamat á seiðum, hrognafjöldi n árum síðar ((smálax $n+6$)+(stórlax $n+7$)) og einnig í Vesturdalsá fjöldi laxa af viðkomandi klakárgangi sem upp í ána gekk n árum síðar. Þegar hefur verið lýst hvernig fjöldi hrogna var metinn, þéttleiki seiða og fjöldi laxa úr ákveðnum klakárgangi út frá hreistursýnum.

Kannað var með ólínulegri aðhvarfsgreiningu hvort þessi gögn féllu að líkani Rickers (Ricker 1975). Það form af líkani Rickers sem notað var setti ekki þau skilyrði að hrygningarstofn og nýliðun væru í sömu einingum. Jafna fallsins er:

$$R = \alpha P e^{-\beta P} \quad \text{þar sem}$$

$$R = \text{nýliðun}$$

$$P = \text{hrygningarstofn}$$

$$\alpha = \text{fasti}$$

$$\beta = \text{fasti}$$

NIÐURSTÖÐUR

Veiði

Veiði hefur verið skráð í Vesturdalsá frá 1956 til 2000, en árið 1972 glötuðust skráningar. Fyrir það ár, 1972, var notað meðaltal veiði ársins á undan og ársins á eftir. Yfir þetta tímabil hefur veiðin verið frá 34 löxum upp í 513 sem gerir 12 faldan mun í veiði. Sveiflan er enn meiri þegar rakin er veiði eftir gönguseiðaárgöngum þ.e. lögð saman veiði á smálaxi árið n við stórlaxaveiði árið $n+1$, þá er munur á minnstu og mestu veiði 45 faldur eða frá 16 til 712 laxar. (2. mynd a).

Veiði í Krossá hefur verið skráð frá árinu 1967. Á þessum árum hefur veiðin verið að meðaltali 88 laxar, en veiðin hefur sveiflast frá 27 til 208 laxar sem er tæplega áttfaldur munur. Þegar veiðin er rakin eftir gönguseiðaárgöngum er munurinn nokkru meiri eða níufaldur (2. mynd b).

Veiðiálag

Árabilið 1996-2001 var veiðiálagið á smálaxi í Vesturdalsá að meðaltali 65,9% en spönnin á því frá 54,5 – 86,4%. Veiðiálag á stórlax var að meðaltali 73,1% og spönnin 64,7% - 81,0% (tafla 1)

Í Krossá var hlutfall stangaveiða af göngunni árin 1998 til 2001 að meðaltali 54,9% á smálaxi og var spönnin 48,5 – 59,5%. Á stórlaxi var hlutfallið 74,2% og spönnin 33,3-100% (tafla 1). Mjög fáir stórlaxar veiddust í Krossá þessi ár sem veldur miklum breytileika í veiðiálaginu.

Hrognafjöldi

Hrognafjöldi í ánum var annars vegar tekinn saman sem fjöldi hryndra hrogna (foreldrakynslóð), en einnig sá fjöldi hrogna sem aftur kom úr sjó í fullorðnum laxi (nýliðar eða afkomendakynslóð). Í Vesturdalsá var fjöldi hrogna hjá foreldrakynslóð frá 50 þús. upp í 1169 þús. hrogn en að meðaltali 396 þús. hrogn. Það var yfir tímabilið 1956 – 1994 þar sem eftir 1994 liggja upplýsingar ekki enn fyrir um afkomendakynslóð frá þeim foreldrakynslóðum. Gögn um afkomendakynslóð ná yfir tímabilið 1963-2001 og á því tímabili var heildarhrognafjöldi hjá henni frá 153 þús. upp í 5187 þús. hrogn (3. mynd a).

Í Krossá var fjöldi hrogna hjá foreldarakynslóð árin 1967 – 1994 frá 61 þús upp í 467 þús. hrogn en að meðaltali 209 þús. hrogn. Hjá afkomendakynslóðinni árin 1975

– 2001 var hrognafjöldinn frá 50 þús. upp í 467 þús. hrogna, en meðalhrognafjöldinn reyndist 208 þús. hrogn (3. mynd b).

Klakárgangar í Vesturdalsá

Við sundurgreiningu veiðinnar í klakárganga í Vesturdalsá kom í ljós að þrátt fyrir mikinn breytileika í stofnstærð laxins, hefur breytileikinn verið mun minni í því hvað hver klakárgangur hefur gefið af sér í veiði síðarmeir. Fæsta laxa gaf klakárgangur 1994 eða 86 laxa en flesta gaf árgangur 1989 eða 327 laxa í veiði (tafla 2). Þetta er einungis 3,8 faldur munur á meðan hver gönguseiðaárgangur gaf 45 faldan mun í fjölda laxa í veiði, reyndar fyrir mislöng tímabil.

Seiðapéttleiki - lífþyngd seiða

Meðalpéttleiki 1⁺ og 2⁺ seiða var sá sami yfir rannsóknartímabilið í Vesturdalsá eða 3,32 seiði (1⁺) og 3,31 seiði (2⁺) á hverja 100 m² botnflatar. Hjá eins árs seiðum var péttleikinn metinn frá 0,0 til 10,7 seiði/100 m², en árin 1984 og 1985 fundust engin 1⁺ seiði í ánni. Péttleiki tveggja ára seiða var frá 0,1 – 13,6 seiðum/100m² (4. mynd a).

Lífþyngd 1⁺ seiða í Vesturdalsá var að meðaltali 7,1g (0-19,3) á 100m² og 2⁺ seiða 17,8g (0,8-62,6) á 100 m² árabilið 1979-2000 (4. mynd b). Veruleg lífþyngd er einnig í eldri seiðum þó hluti þeirra sé farinn að ganga út. Sambærilegar tölur fyrir 3+ seiði voru 22,2 g og fyrir 4+ og eldri seiði 6,9 g.

Meðalpéttleiki 1⁺ seiða var 4,0 seiði á 100 m² í Krossá árin 1987 til 2001 og var spönnin frá 0,17 –8,7 seiði á flatareiningu. Meðalpéttleiki 2⁺ seiða var 4,52 seiði á 100 m² með spönn frá 0 – 8,5 seiði á flatareiningu, en árið 1987 fundust engin seiði af þessum árgangi (5. mynd a).

Lífþyngd 1⁺ seiða í Krossá á sama tímabili var 10,9 g (0,3-32,9) á 100 m² og 2⁺ seiða 28,8 g (0 – 50,6) á 100 m² (5. mynd b).

Botnmat og hrognafjöldi á flatareiningu

Niðurstöður botnmats í Vesturdalsá urðu þær að áin var metin 10.673 framleiðslueiningar og heildarflatarmál fiskgenga hluta árinna var 471 þúsund m². Hrognafjöldi var frá 0,16 upp í 3,69 á hvern m² botnflatar (6. mynd a). Krossá reyndist vera 2.983 framleiðslueiningar og flatarmál fiskgengra svæða 114 þúsund m². Hrognafjöldi var frá 0,44 upp í 4,1 á hvern m² botnflatar (6. mynd b).

Hrygningarstofns – nýliðunar sambönd

Þegar kannað var í Vesturdalsá samband hrygningarstofns (fjöldi hrogn hrygnt) og nýliðunar sem þéttleikavísitala eins árs seiða að viðbættri vísitölu tveggja ára seiða árið eftir reyndist það fylgja Rickerfalli marktækt (tafla 3 og 7. mynd). Sama var hægt að segja um samband hrygningarstofns og fjölda fiska sem frá þeim hrygningarstofni gekk upp í ána n árum síðar (rakið eftir aldurssamsetningu í hreistri) (tafla 3 og 8. mynd). Og samband hrygningarstofns og þess hrognafjölda í þeim hrygnum sem í ána gengu n árum síðar var einnig marktækt en aðhvarfsstuðull lágur (tafla 3 og 9. mynd).

Í Krossá fengust ámóta niðurstöður en þar voru eingöngu könnuð fyrsta og síðasta S/R samböndin sem lýst er hér að framan fyrir Vesturdalsána. Í báðum tilvikum var um marktæk sambönd að ræða en aðhvarfsstuðull lágur í síðara sambandinu (tafla 4 og myndir 10-11).

Þegar reiknaður var sá hrygningarstofn sem gaf flesta nýliða ($1/\beta$) út úr þessum föllum kom í ljós að í Vesturdalsá var sá hrognafjöldi 220-400 þúsund hrogn þegar allur lífsferillinn var metinn (frá hrogni í göngufisk) en mun hærra þegar farið var frá hrogni að seiðum í ánni eða um 1100 þús. hrogn. Þessi gildi voru 204 þús. hrogn og 213 þús. hrogn í Krossá og því mun minni munur þar hvort heldur notaður var allur lífsferillinn eða frá hrogni að seiði (töflur 3 og 4).

UMRÆÐA OG ÁLYKTANIR

Á undanförunum áratugum hafa laxagöngur og laxveiði marktækt dregist saman á útbreiðslusvæði Atlantshafslaxins. Þannig hafa smálaxastofnar dregist saman um 46% og stórlaxastofnar um 64% frá 1970 (Hutchinson og Mills 2000). Þessi staðreynd hefur kallað á margvíslegar aðgerðir í stjórnun veiða bæði hvað varðar úthafsveiðar, strandveiðar og nýtingu laxins í fersku vatni. Þrátt fyrir að ekki hafi orðið vart við sambærilega hnignun íslenskra laxastofna, er þó ljóst að stórlaxagengd hefur stórlega dregist saman í íslensk vatnsföll undanfarin 20 ár (Sigurður Guðjónsson o.fl.1995, Guðni Guðbergsson 2001), en enn sem komið er hefur ekki orðið vart við verulegan samdrátt í smálaxagengd (12. mynd). Sérstaka athygli vekur hve snögg umskiptin urðu í stórlaxinum milli árana 1980-1981 en síðan hægfara hnignun eftir það (12. mynd).

Á Íslandi hefur engu að síður verið gripið til margvíslegra aðgerða til að auka laxgengd hin síðari ár. Má þar benda á leigu netaveiðiréttinda í Hvítá í Borgarfirði frá árinu 1990 og varanleg uppkaup sjávarneta við Faxaflóa á síðari hluta tíunda áratugarins. Auk mikilla seiðasleppinga í Rangárnar sem nú eru ríflega 5% af heildarveiði á landinu. Þessir þættir skýra þó ekki meginþróun í stærð laxastofnanna en á 12. mynd hafa þessir þættir verið auðkenndir sérstaklega. Margir veiðimenn kjósa að sleppa öllum fiski aftur til verndunar (veiða-sleppa) og er nú um 10% af öllum stangaveiddum laxi sleppt í þessu skyni (Guðni Guðbergsson 2001). Einnig hefur orðið vart við breytingar á veiðiaðferðum sem einkum miða að því að auka fluguveiði á kostnað veiða með öðru agni (maðki og spæni). Þannig er veiðisamfélagið farið að beita ýmsum aðferðum meðvitað og ómeðvitað sem miða að fiskvernd og stækkun á hrygningarstofnum ána. Sá siður að sleppa fiski aftur hefur borist hingað til lands frá þeim svæðu (sérstaklega í N-Ameríku) þar sem hrygning var ekki talin næg til að nýta búsvæði ána.

Ljóst er að grundvöllur fyrir aðgerðir t.d. til verndunar íslenskra laxastofna verður að eiga sér vísindalegan bakgrunn ef svara á spurningum eins og þeirri hvort verið sé að ofveiða íslenska laxastofna með því veiðistjórnunarkerfi sem notað er í íslenskum veiðiám. Einnig er ljóst að fjöldi laxa sem snýr aftur í árnar er háður fjölda, stærð og gæðum sjógönguseiðanna úr ánum, líffræðilegum einkennum laxastofnanna, fjölda og gerð veiðarfæra á leið laxanna um hafið, auk afræningja og þeim breytilegu umhverfisskilyrðum sem áhrif hafa á afföll laxins í sjónum (Reddin og Friedland 1993, Ritter 1993).

Nákvæm hrygningar – nýliðunarsambönd eru aðeins tiltæk fyrir örfáar ár af þeim 2000 ám sem Atlantshafslaxinn finnst í við Norður Atlantshafið. Mjög er hins vegar kallað eftir slíkri vinnu af Alþjóða laxverndarsamtökunum (NASCO) til að unnt sé að skilgreina verndargildismörk fyrir árnar (ICES 2001). Slík verndargildismörk hafa verið notuð fyrir laxveiðiár í austurhluta Kanada og er þar miðað við gildið 2,4 hrogn á hvern m^2 á uppeldissvæðum í straumvatni og 105 - 368 hrogn á hektara í stöðuvötnum (CAFSAC 1991, O'Connel og Dempson 1995). Þessi mörk eru byggð á rannsóknum í Pollett ánni (Elson 1957 og 1975) þar sem hámarks gönguseiðaframleiðsla virtist liggja á milli 5 – 6 gönguseiða á hverja $100 m^2$ framleiðandi botnflatar. Nýlegar kanadískar rannsóknir benda hins vegar til að þessi mörk ættu að vera 25 –50% lægri (Chaput o.fl.1998) eða 1,2-1,8 hrogn á $100 m^2$. Í Evrópa er skilgreining á verndargildismörkum mun skemmra á veg komin en í

Norður-Ameríku (Potter 2001), þar sem gögn úr evrópskum ám bentu til að þessi tala væri jafnvel tvöfalt til þrefalt hærri en í kanadíska ánum sem hugsanlega endurspegladi meiri breytileika í umhverfi og eftir breiddargráðu en í Kanada.

Í þessari rannsókn sem aðeins nær til tveggja lítilla áa kemur fram að hrognafjöldi á hvern fermetra í ánum er frá 0,11 - 2,48 hrogn í Vesturdalsá og 0,44 - 4,09 hrogn í Krossá. Ef mið er tekið af kanadíska viðmiðinu hafa árnar í þessari rannsókn farið oft undir þau mörk. Hins vegar verður að taka tillit til þess að í Kanada var botnflötur skilgreindur sem það svæði sem seiði geta nýtt sér. Þegar dregin eru frá klapparsvæði og leir/sandsvæði reyndist framleiðandi botnflötur Vesturdalsár vera 317 þús. m² (í stað 471 þús. m² heildarflatarmáls) og 90,6 þús. m² í Krossá (í stað 114 þús. m²). Hrognafjöldi í Vesturdalsá hefur því verið 0,16 - 3,69 á m² en í Krossá 0,55 - 5,15 á m². Farið var af stað með s.k. botnmat (Þórólfur Antonsson ofl. 2002) til þess að meta bæði stærð og gæði framleiðslusvæða fyrir seiði í ám. Það verður ekki fyrr en komnar verða niðurstöður fyrir allmargar ár um botngæði þeirra og einnig stærð hrygningarstofns sem hægt verður að tengja saman þessa þætti af nokkurri nákvæmni. Einnig verður að gera ráð fyrir því að eiginleikar áa séu misjafnir og ekki sé hægt að ætla að sama magn hrogn á m² þurfi í allar laxár eins og mismunur á milli dragáa með eða án stöðuvatna sýndi hvað framleiðslueiningar og laxgengd varðar (Þórólfur Antonsson ofl. 2002). Verulegur munur var einnig á Vesturdalsá og Elliðaám við samanburð á magni hrygningar á flatareiningu í þeim ám (Þórólfur Antonsson ofl. 1998).

Á hinn bóginn eiga athuganir á hrygningarstofns-nýliðunarsambandi fyrir hverja á að svara því hvar þau mörk hrygningar liggja sem gefa hámarks nýliðun (besta stærð hrygningarstofns = H_{best}) og einnig hvar þau mörk (verndarmörk = $V_{mörk}$) eru þar sem hrygning er orðin takmarkandi til að uppeldissvæði árinna séu nýtt af seiðum. Í Quebec fylki í Kanada hafa verndarmörk verið sett þannig að hrygning þurfi að vera 75% af þeirri hrygningu sem gefur hámarks nýliðun, eða $V_{mörk} = H_{best} * 0,75$ (Caron et al. 1999, í: Potter 2001). Ef þetta viðmið er notað og $1/\beta$ eða H_{best} í Vesturdalsá er á bilinu 220-400 þús. hrogn væri $V_{mörk}$ 165-300 þús. hrogn. Það gerir um 0,8–1,1 hrogn á m². Með sömu forsendum væru $V_{mörk}$ í Krossá 153-160 þús. hrogn eða 1,3-1,4 hrogn á hvern m². Væru þessi viðmið notuð og miðað við lægra gildið hefði Vesturdalsá farið 15 sinnum niður fyrir $V_{mörk}$ á 48 ára bili eða í 31% tilvika, en Krossá 16 sinnum á 35 ára tímabili eða í 46% tilvika.

Í stað þess að binda sig við þá aðferð sem að ofan er lýst til þess að setja $V_{\text{mörk}}$ fyrir árnar má nálgast það með öðrum hætti. Þegar horft er á ferla á myndum 7-11 sést að dreifing gilda í kringum útreiknaðan feril er að jafnaði lítil þegar hrygning er lítil en dreifing eykst við aukinn hrygningarstofn. Jafnframt er í flestum tilfellum lágur aðhvarfsstuðull þ.e. mörg gildi falla fjarri aðhvarfslínu. Því má segja sem svo að við litla hrygningu sé sjaldan að vænta meðal eða mikillar hrygningar (undantekning á 8. mynd). Þegar haldið er til hægri á ferlinum eykst breytileiki hrygningar í þessum tveimur ám sem líklega má túlka sem áhrif af völdum breytilegra umhverfisþátta. En þar sem frávik nýliðunar frá aðhvarfslínu er komið yfir ákveðið mark, (t.d. fyrir þessar ár gæti 50% frá reiknuðum ferli verið raunhæf mörk) og þar væru $V_{\text{mörk}}$ sett. Samkvæmt þessu væru $V_{\text{mörk}}$ í Vesturdalsá frá 60–300 þúsund hrogn. En í Krossá væru 100 – 190 þúsund hrogn verndarmörk. Lægra gildið í Vesturdalsá samsvarar 0,22 hrognum á m^2 en lægra gildið í Krossá samsvarar 0,88 hrognum á m^2 .

Loks er einnig hægt að leiða að því líkum að hrygningarstofns-nýliðunarsamband sé ekki það sama fyrir mismunandi tímabil í sömu ánni. Til dæmis hefur eitthvað það gerst í umhverfinu að hlutfall stórlax lækkar skyndilega milli áranna 1980-81. Því mætti hugsa sér að annað samband væri fyrir og eftir þá breytingu. Í rannsóknum á S/R sambandi hjá fisktegundum í Kyrrahafi hefur verið sýnt fram á að annað samband er til staðar á köldum tímabilum, heldur en hlýjum (Chen 2001). Þar koma þau tímabil jafnan í lotum, sambærilegar lotur má að nokkru sjá hér við land og þá sérstaklega fyrir Norðurlandi.

Eins og sjá má hér að framan er ákvörðun á verndarmörkum flókið mál og tekur verulegum breytingum eftir því hvernig málið er nálgast. Því verður að taka þessari tilraun með nokkrum fyrirvara. Næsta skref er að fjölga þeim ám sem sambærilegar rannsóknir færu fram í og þá myndi það styrkja til mun túlkun á þessum niðurstöðum. Auk þess myndu niðurstöður úr fleiri ám gera okkur kleift að tengja betur saman botnmat, hrygningarstofn og nýliðun.

Ekki er víða til upplýsingar um breytilegt veiðiálag eftir stærð göngunnar yfir lengri tíma. Teljararnir í Vesturdalsá og Krossá munu skila þeim upplýsingum þegar fram líða stundir. Í Elliðaám hefur lax verið talinn upp í árnar um áratugaskeið og fyrir tímabilið 1962-1995 kom í ljós að eftir því sem göngur voru stærri að þá minnkaði veiðiálagið við sömu sókn, þannig að við 2000 laxa göngu var veiðiálagið 44,8% en við 7000 laxa göngu var það 24,8% svo dæmi sé tekið (Þórólfur Antonsson 1998).

Við því má hins vegar búast að veiðialag sé mun breytilegra í vatnslitlum ám með minni laxastofni ef sókn er óbreytt, heldur en Elliðaárgögnin sýna.

Benda má á að allt aðrar tölur komu út fyrir H_{best} í Vesturdalsá eftir því hvort metinn var allur lífsferillinn eða frá hrognum að seiðum. Það gæti bent til þess að á meðan laxinn dvelur í sjónum verði það breytileg afföll að það auki til muna breytileika í S/R samböndum þegar allur lífsferillinn er undir. Til dæmis koma fjögur ár í röð frá 1981-1984 sem er mjög lítil hrygning í Vesturdalsá, en síðan bötnuðu sjávarskilyrði árin á eftir og út frá þessari litlu hrygningu komu góðar laxagöngur. Því verður fyrst og fremst að líta á tölurnar hér að framan sem líkindi, en ekki hinn stóra sannleika um samband hrygningarstofns og nýliðunar í litlum ám.

ÞAKKARORÐ

Fiskræktarsjóður hefur styrkt þessa rannsókn í þrjú ár og án þess hefði vart verið hægt að halda úti þessu verkefni. Það er kærlega þakkað. Einnig viljum við koma á framfæri þakklæti til veiðifélaganna í Krossá á Skarðsströnd og Vesturdalsá í Vopnafirði. Samstarfsmönnum á Veiðimálastofnun þökkum við ýmsar góðar ábendingar við samantektina og Sumarliða Óskarssyni fyrir að útbúa kort af ánum.

HEMILDIR

- Arnþór Garðarsson 1979. Vistfræðileg flokkun Íslenskra vatna. Týli 9:1-10.
- Beamish, R.J. and D.R. Bouillon 1993. Pacific salmon production trends in relation to climate. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 50:1002-1016.
- Beverton, R.J.H and S.J. Holt 1957. On the dynamics of exploited fish populations. Fishery Invest., London. 533 bls.
- Buck, R.J.G. and D.W. Hay 1984. The relation between stock size and progeny of Atlantic salmon, *Salmo salar* L., in a Scottish stream. *J.Fish Biol.* 23:1-11.
- CAFSAC 1991. Definition of conservation for Atlantic salmon Canadian Atlantic Fisheries Scientific Advisory Committee Adv. Doc 91/15
- Campbell, R.C. 1975. Statistics for biologists. Cambridge University Press, Cambridge. 385 bls.
- Caron F., Fontaine P.M., Picard S.É. 1999. Seuil de conservation et crible de gestion pour les rivières à saumon (*Salmo salar*) du Québec. Í: T. Potter 2001. Past and present use of reference points for Atlantic salmon. p. 195- 223 Í: É.Précost and G. Chaput (eds.). Stock, recruitment and reference points, assessment and management of Atlantic salmon. INRA, Paris 2001. 223 bls.
- Chaput. G., Allard. J, Caron F., Dempson J.B., Mullins C.C. og O'Connel M.F. 1998. River – specific target spawning requirements for Atlantic salmon (*Salmo salar*) based on a generalized smolt production model. *Can.J.Fish. Aquat. Sci.* 55:246-261.
- Chadwick, E.M.P. 1987. Causes of variable recruitment in a small Atlantic salmon stock. American Fisheries Society Symposium. 1:390-401.

- Chen, D.G. 2001. Detecting environmental regimes in fish stock-recruitment relationships by fuzzy logic. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 58:2139-2148.
- Elliott, J.M. 1984. Numerical changes and population regulation in young migratory trout *Salmo trutta* in a lake district stream, 1966-1983. *Journal of Animal Ecology*, 53:327-350.
- Elliott, J.M. 1985. Population regulation for different life-stages of migratory trout *Salmo trutta* in a lake district stream, 1966-1983. *Journal of Animal Ecology*, 54:617-638.
- Elliott, J.M. 1994. *Quantitative Ecology and the Brown Trout*. Oxford University Press, Oxford. 286 bls.
- Elson, P.F. 1957. Number of Salmon needed to maintain stocks. *Can. Fish. Cult.* 21: 19-23.
- Elson P.F. 1975. Atlantic salmon rivers smolt production and optimal spawning; an overview of natural production. *Int. Atl. Salmon. Found. Spec. Publ. Ser.* 6: 96-119.
- Friedland, K.D. and D.G. Reddin 1992. Marine survival of Atlantic salmon from indices of postsmolt growth and sea temperature. Forth International Atlantic Salmon Symposium St. Andrews, N.B., Canada. 14.-17. June.
- Friedland, K.D., D.G. Reddin and J.F. Kocik 1993. Marine survival of North Atlantic and European Atlantic salmon: effects of growth and environment. *ICES J. Mar. Sci.* 50:481-492.
- Gardiner, R. and P. Shackley 1991. Stock and recruitment and inversely density-dependent growth of salmon, *Salmo salar* L., in a Scottish stream. *J. Fish Biol.* 38:691-696.
- Gee, A.S., Millner, N.J. & Hemsworth, R.J. 1978. The effect of density on mortality in juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar*). *J. Anim. Ecol.* 47:497-505.
- Guðni Guðbergsson 2001. Laxveiðin 2000. Skýrsla Veiðimálastofnunar, VMST-R/0105. 24 bls.
- Hay, D.W. 1989. Effect of adult stock penetration on juvenile production of *Salmo salar* L. in a Scottish stream. Bls 93-100. Í: Proceedings of the Salmonid migration and distribution, E. Brannon og B. Jonsson (ritstj.). 2nd International Symposium. University of Washington WA. 175 bls.
- Hutchinson P. & Mills, D.H. (2000). Executive Summary. Í: *The Ocean Life of Atlantic Salmon. Environmental and Biological Factors Influencing Survival*. (Mills, D.H., ed.). pp 7 – 18. Oxford. Fishing News Books.
- ICES, 2001. Report of the working group on north Atlantic salmon. ICES CM 2001/ACFM:15, 289 p.
- Kennedy, G.J.A. and W.W. Crozier 1993. Juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar*)-production and prediction. Bls. 179-189. Í: Production of juvenile Atlantic salmon, *Salmo salar*, in natural waters, R.J. Gibson and R.E. Cutting (ritsj.). *Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci.* 118.
- Martin, J.H.A. and K.A. Mitchell 1985. Influence of sea temperature upon the numbers of grilse and multi-sea-winter Atlantic salmon (*Salmo salar*) caught in the vicinity of the River Dee (Aberdeenshire). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 42:1513-1521.
- Mundy, P.R., Marianna Alexandersdóttir og Guðný Eiríksdóttir 1978. Spawner-recruit relationship in Ellidaár. *J. Agr. Res. Icel.* 10, 2:47-56.
- O'Connell M.F og Dempson J.B. 1995. Traget spawning requirements for Atlantic salmon, *Salmo salar* L., in Newfoundland rivers. *Fish. Manage. Ecol.* 2: 161-170

- Potter T. 2001. Past and present use of reference points for Atlantic salmon. p. 195-223. Í: É. Précost and G. Chaput (eds.). Stock, recruitment and reference points assessment and management of Atlantic salmon. INRA editions, Paris 2001. 223 bls.
- Reddin D.G. og Friedland K.D. 1993. Marine environmental factors influencing the movement and survival of Atlantic salmon. Í: D.Mills (ritstj.) Salmon in the Sea and new enhancement strategies. Fishing News Books, Blackwell Scientific, Edinborg 79-103.
- Ricker, W.E. 1954. Stock and recruitment. J. Fish. Res. Board Can. 11:559-623.
- Ricker, W.E. 1972. Hereditary and environmental factors affecting certain salmonid populations. Bls. 19-160. Í: The stock concept in Pacific salmon, R.C. Simon and P.A. Larkin (ritstj.). H.R. MacMillan Lectures in Fisheries. Univ. B.C. Vancouver. 231 bls.
- Ritter J.A. (1993). Changes in Atlantic salmon (*Salmo salar*) harvests and stock status in the North Atlantic. In: *Salmon in the Sea and New Enhancement Strategies*. (Mills, D.H. ed.) pp 3-30. Oxford. Fishing News Books.
- Scarnecchia, D.L. 1983. Age at sexual maturity in Icelandic stocks of Atlantic salmon (*Salmo salar*). Can. Journ. of Fish. Aq. Sci. Vol. 40. No.9 1456-1468.
- Scarnecchia, D.L. 1984. Climatic and oceanic variations affecting yield of Icelandic stocks of Atlantic salmon (*Salmo salar*). Can. J. Fish. Aquat. Sci. 41:917-935.
- Scarnecchia, D.J. 1989. The history and development of Atlantic salmon management in Iceland. Fisheries. 14,2:14-21.
- Scarnecchia, D.L., Árni Ísaksson and S.E. White 1989. Oceanic and riverine influences on variations in yield among Icelandic stocks of Atlantic salmon. Transaction of the American Fisheries Society. 118:482-494.
- Sigurður Guðjónsson 1990. Classification of Icelandic watersheds and rivers to explain life history strategies of Atlantic salmon. Ph.D. Thesis, Oregon State University. 136 bls.
- Sigurður Guðjónsson og Hólmgeir Guðmundsson 1994. Development and testing of a new light gate fish counter in rivers. ICES Statutory meeting. Anacat committee. M:14. 10 p.
- Sigurður Guðjónsson, Sigurður Már Einarsson, Þórólfur Antonsson og Guðni Guðbergsson 1995. Relation of grilse to salmon ratio to environmental changes in several wild stocks of Atlantic salmon (*Salmo salar*) in Iceland.
- Sigurður Már Einarsson 1999. Samantekt rannsókna á fiskstofnum Krossár á Skarðsströnd. Veiðimálastofnun Borgarnesi. VMST-V/99010. 29 bls.
- Sigurður Már Einarsson 2001. Krossá á Skarðsströnd 2001. Göngur laxfiska og seiðabúskapur. Veiðimálastofnun Borgarnesi. VMST-V/01014.
- Sigurjón Rist 1956. Íslensk vötn. Raforkumálastjóri, Vatnamælingar, Reykjavík. 127 bls.
- Sigurjón Rist 1990. Vatns er þörf. Bókaútgáfa Menningarsjóðs, Reykjavík. 248 bls.
- Sokal, R.R. and F.J. Rohlf 1981. Biometry. W.H. Freeman and company, New York. 859 bls.
- Solomon, D.J. 1985. Salmon stock and recruitment, and stock enhancement. J. Fish. Biol. (Suppliment A), 27:45-57.
- Ward, B.R. and P.A. Slaney 1993. Egg-to-smolt survival and fry-to-smolt density dependence of Keogh River steelhead trout. Bls. 209-217. Í: Production of juvenile Atlantic salmon, *Salmo salar*, in natural waters, R.J. Gibson and R.E. Cutting (ritstj.). Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. 118.

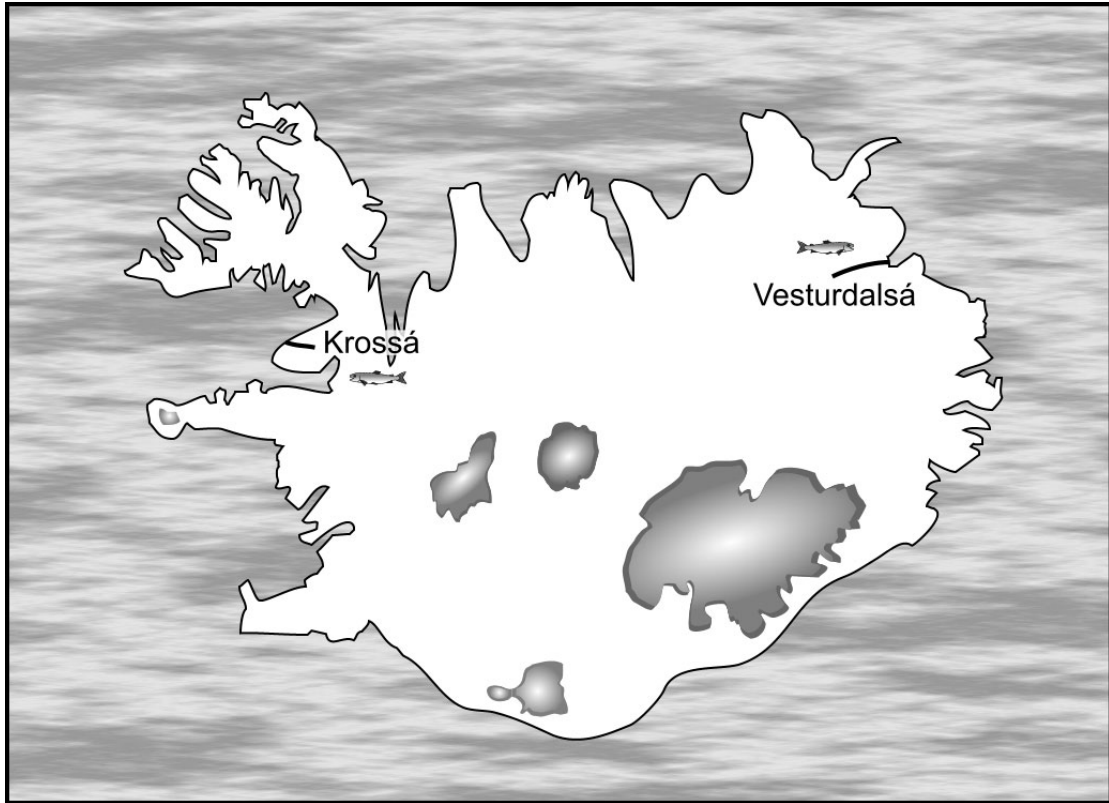
- Þórólfur Antonsson, Guðni Guðbergsson og Sigurður Guðjónsson 1996. Environmental continuity in fluctuation of fish stocks in the North Atlantic Ocean, with particular reference to Atlantic salmon. *North. Am. J. Fish. Mgmt.* 16:540-547.
- Þórólfur Antonsson 1998. Breytileiki í framleiðslu laxaseiða í tveimur íslenskum ám og endurheimtur þeirra úr hafi. M.S. ritgerð við H.Í., 147 bls.
- Þórólfur Antonsson, Guðni Guðbergsson og Sigurður Guðjónsson 1998. Stock-recruitment relationship in River Ellidaar and River Vesturdalsa, Iceland. ICES Salmon Working Group 98/08. 13 pp.
- Þórólfur Antonsson 2000. Verklýsing fyrir mat á búsvæðum seiða laxfiska í ám. Skýrsla Veiðimálastofnunar, VMST-R/0014. 10 bls.
- Þórólfur Antonsson og Sigurður Guðjónsson 2002. Variability in timing and characteristics of Atlantic salmon smolt in Icelandic rivers. *Transactions of the American Fisheries Society* (in publ.).
- Þórólfur Antonsson, Sigurður Már Einarsson og Sigurður Guðjónsson 2002. Evaluation of Salmonid habitat in Icelandic rivers. *Ecology of Freshwater Fish.* (in prep.)

Tafla 3. Niðurstöður greiningar á hrygningarstofns (S) - nýliðunar (R) samböndum í Vesturdalsá.

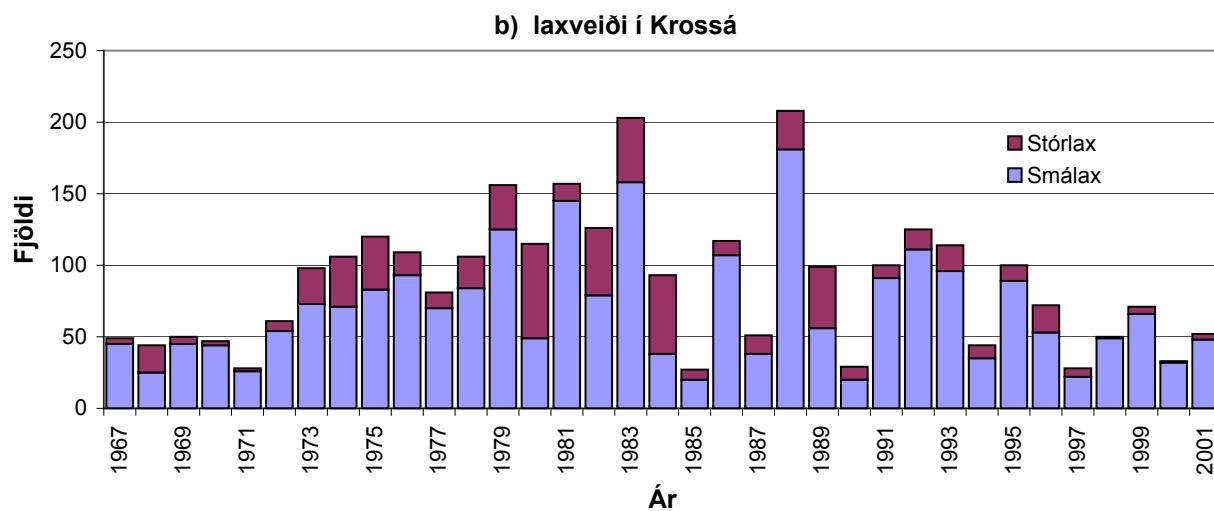
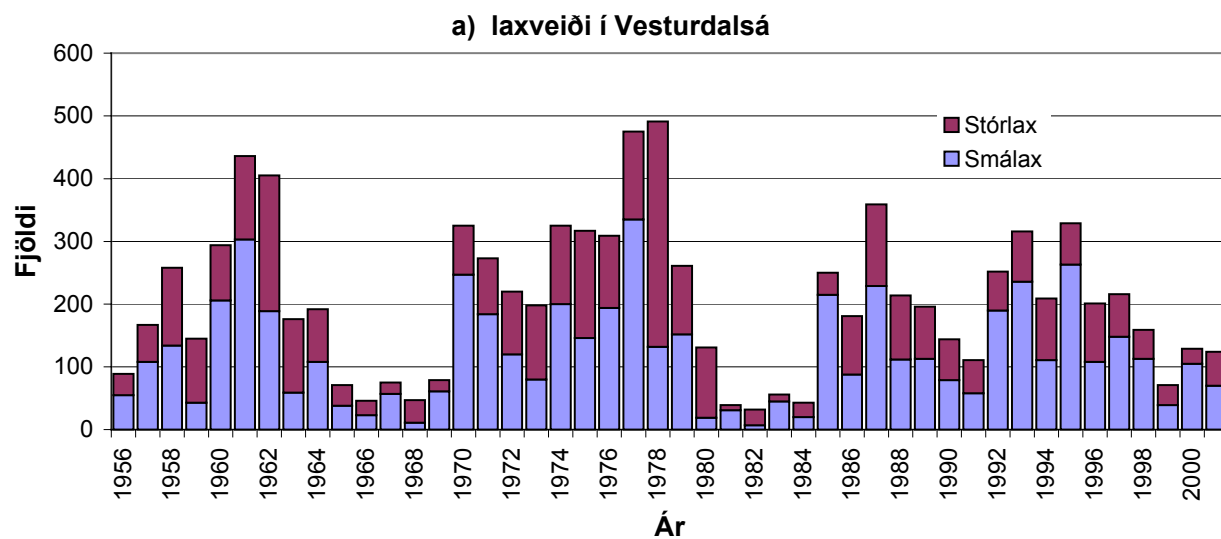
S	R	N	α	β	R^2	F	DF	1/ β
Hrognafjöldi (hrygnt)	Fj. fiska í klakárgangi rakið eftir hreistri	16	1,556	0,0025	0,47	28,6	(2,14)	400
Hrognafjöldi (hrygnt)	Þéttleiki seiða (1 ⁺ árið n+2)+(2 ⁺ árið n+3)	21	0,029	0,0009	0,33	23,3	(2,19)	1111
Hrognafjöldi (hrygnt)	Hrognafjöldi (í göngu)	39	20,599	0,0045	0,01	34,3	(2,37)	222

Tafla 4. Niðurstöður greiningar á hrygningarstofns (S) - nýliðunar (R) samböndum í Krossá á Skarðsströnd.

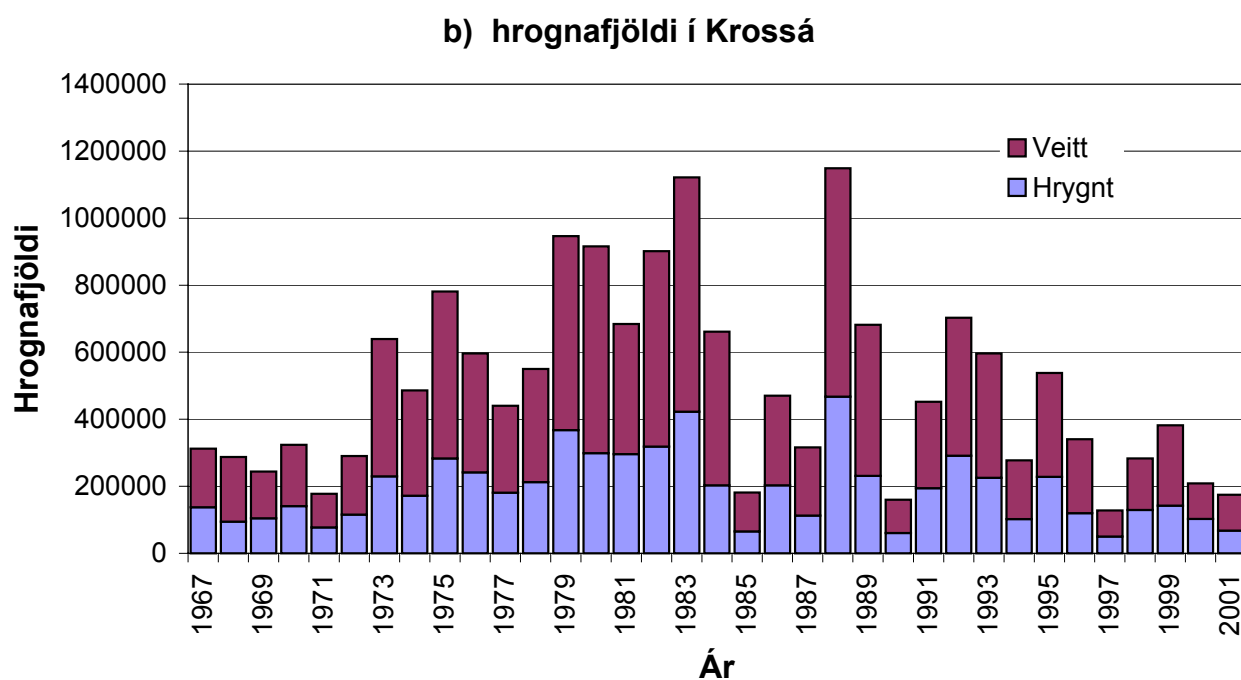
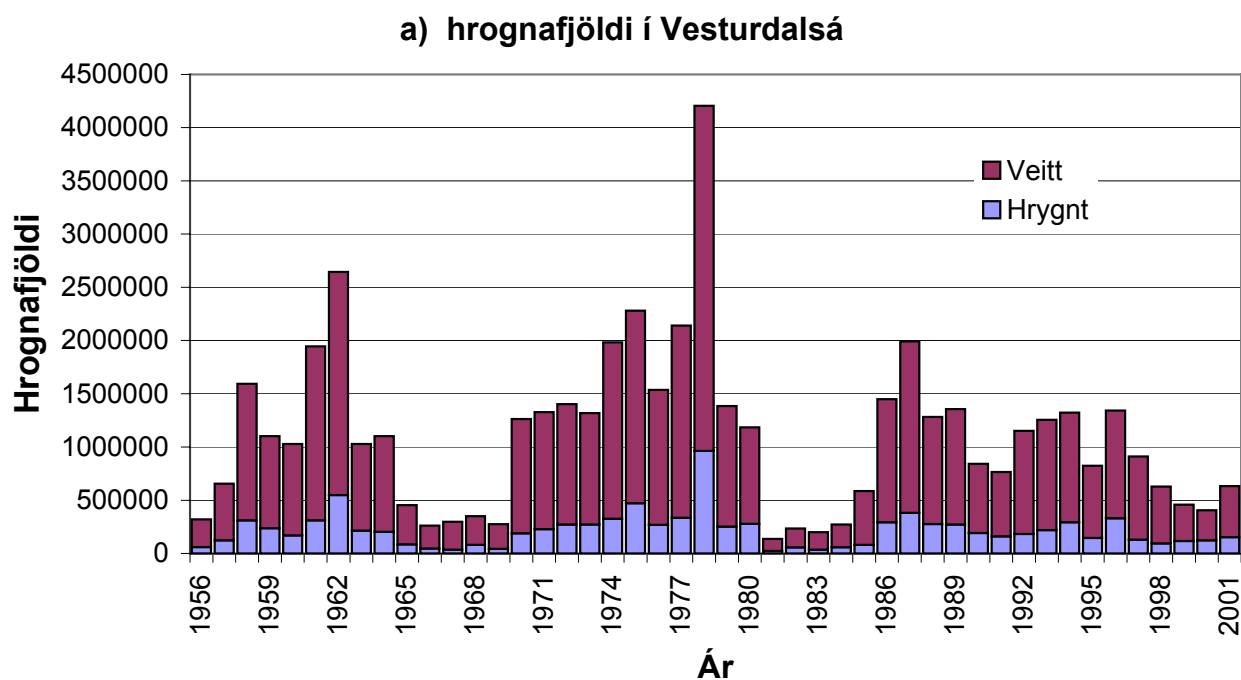
S	R	N	α	β	R^2	F	DF	1/ β
Hrognafjöldi (hrygnt)	Þéttleiki seiða (1 ⁺ árið n+2)+(2 ⁺ árið n+3)	10	0,127	0,0047	0,29	24,7	(2,8)	213
Hrognafjöldi (hrygnt)	Hrognafjöldi (í göngu)	28	8,32	0,0049	0,08	41,3	(2,26)	204



1. mynd. Staðsetning Krossár á Skarðsströnd og Vesturdalsár í Vopnafirði á landinu.

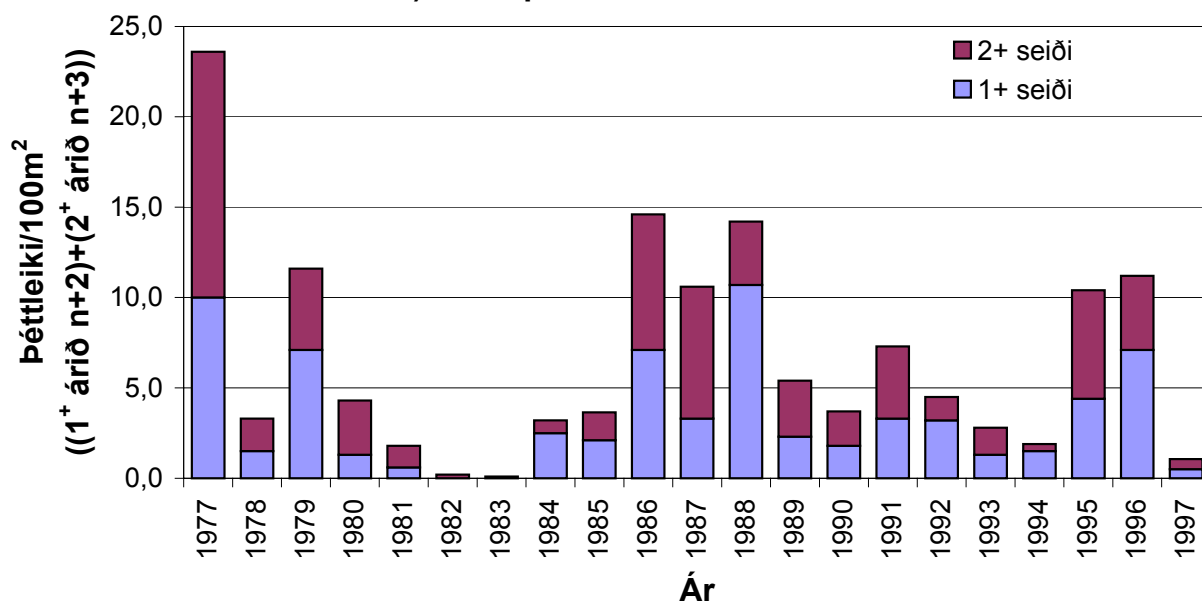


2. mynd. Laxveiði í a) Vesturdalsá árabilið 1956-2001 og í b) Krossá árabilið 1967-2001.

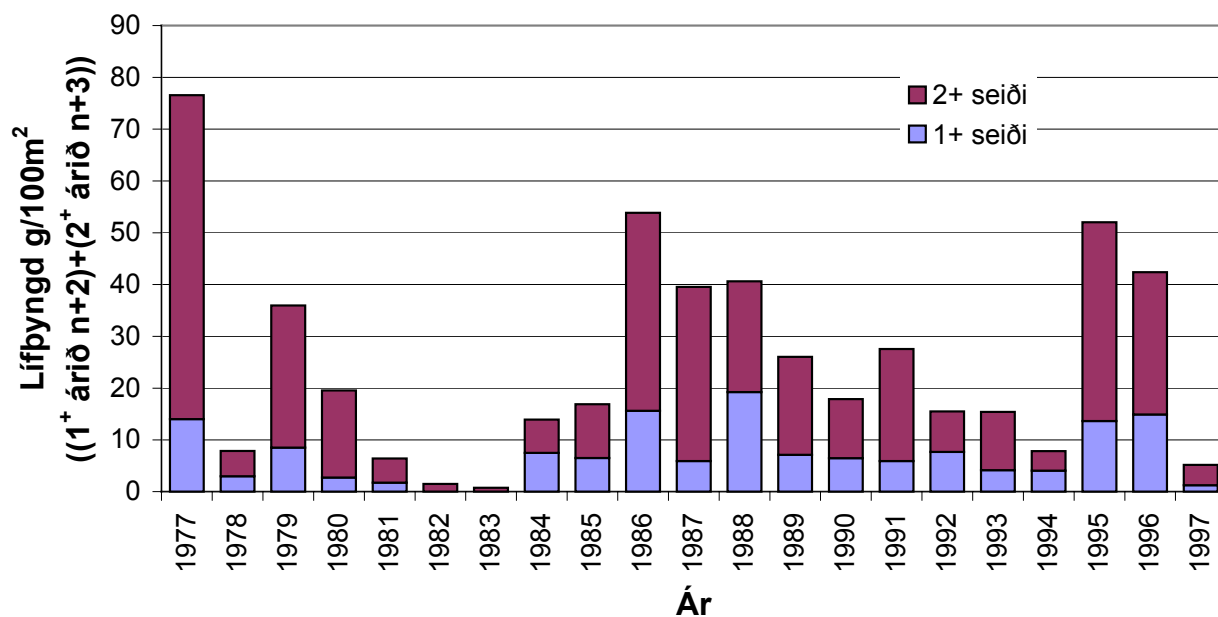


3. mynd. Hrognafjöldi í a) Vesturdalsá og b) Krossá, skipt í veiddan hrognamassa og það sem hrygnt var.

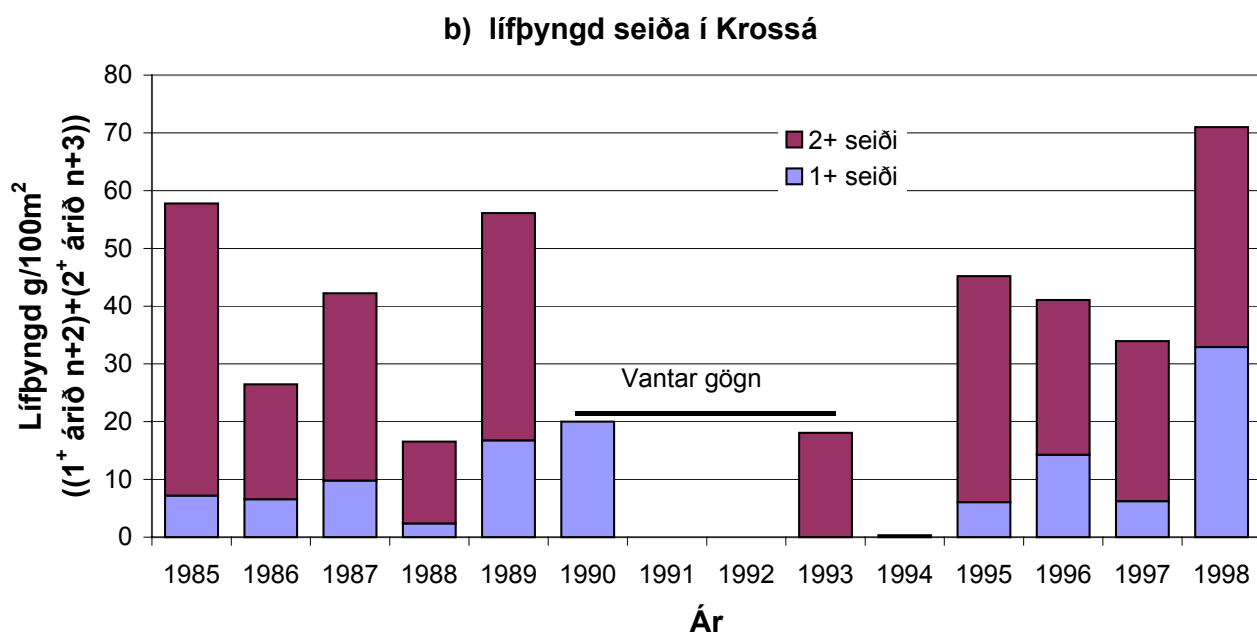
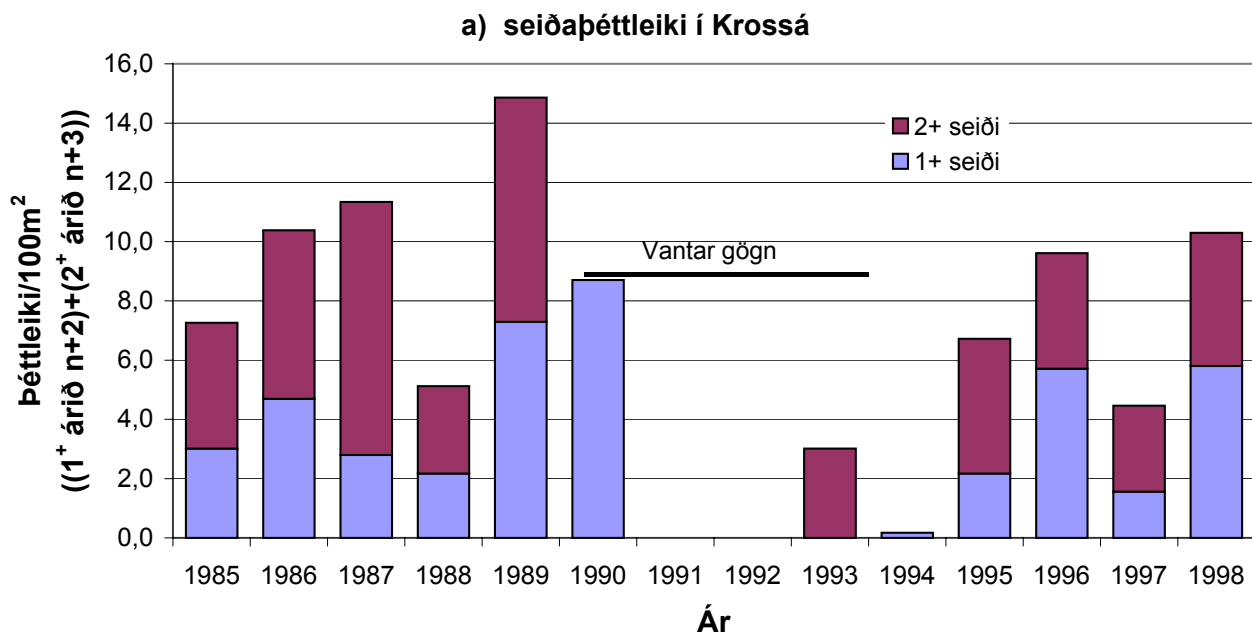
a) seiðapéttleiki í Vesturdalsá



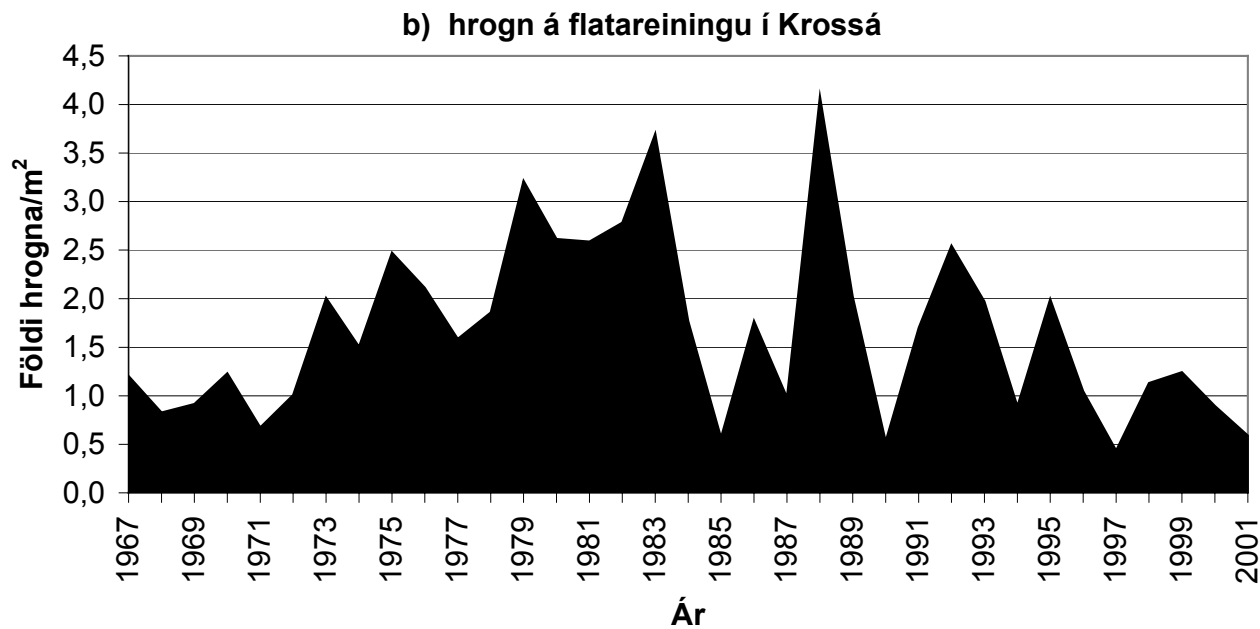
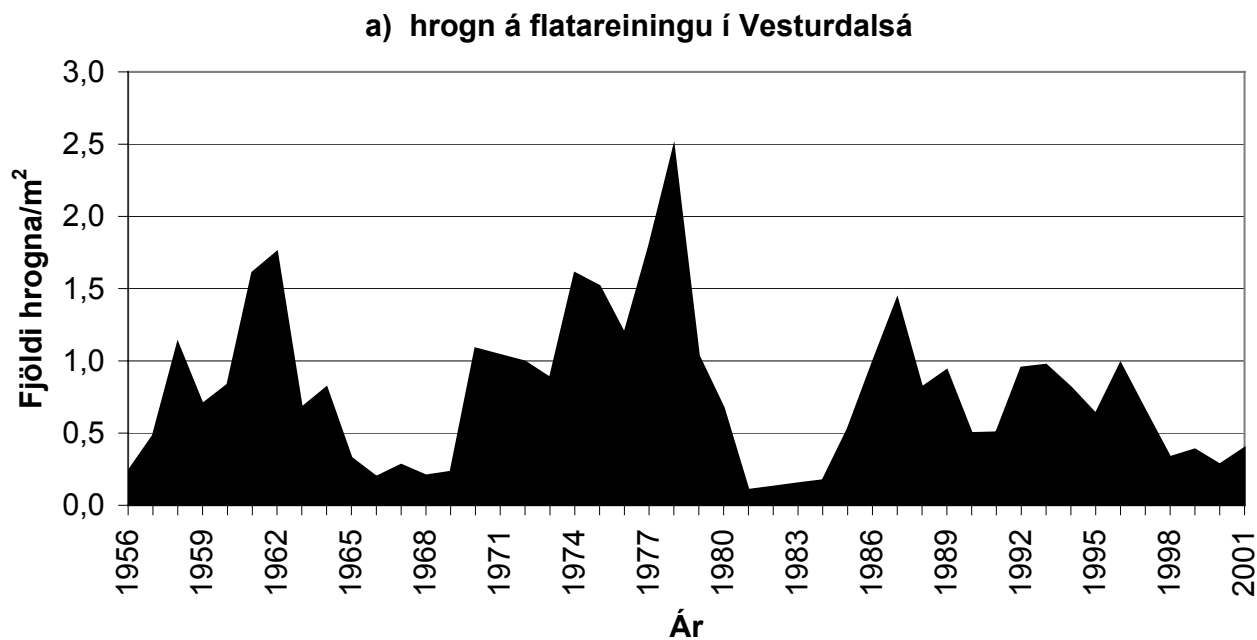
b) lífþyngd seiða í Vesturdalsá



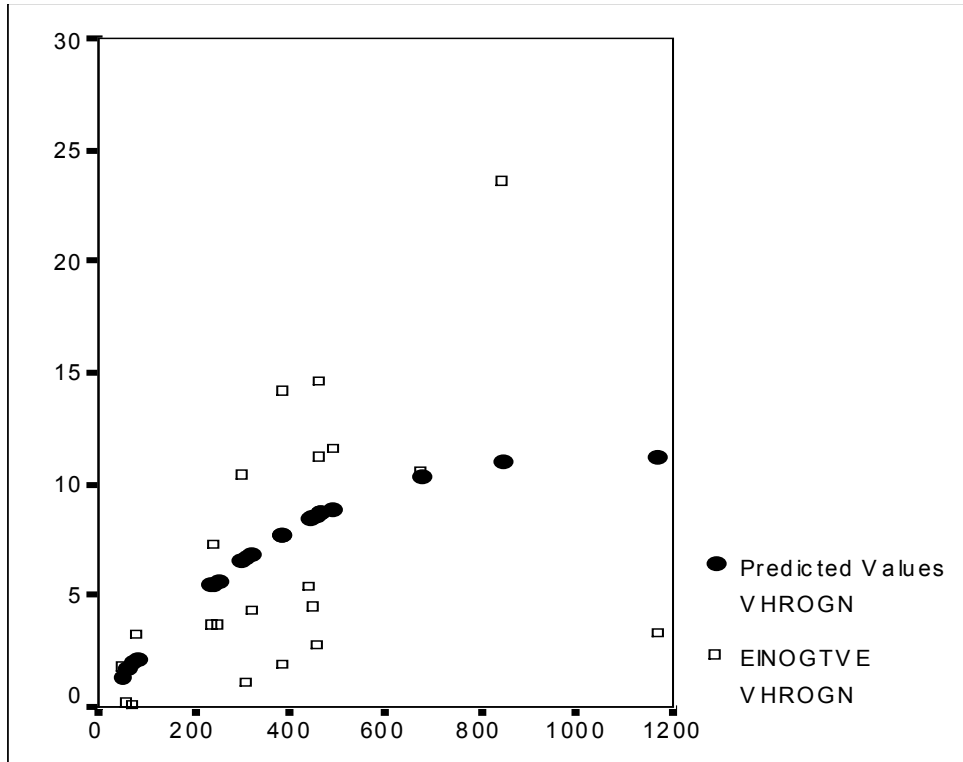
4. mynd. a) vísitala seiðapéttleika í Vesturdalsá og b) lífþyngd sömu seiðaárganga á hverja 100m² botnflatar, fært á hrygningarár.



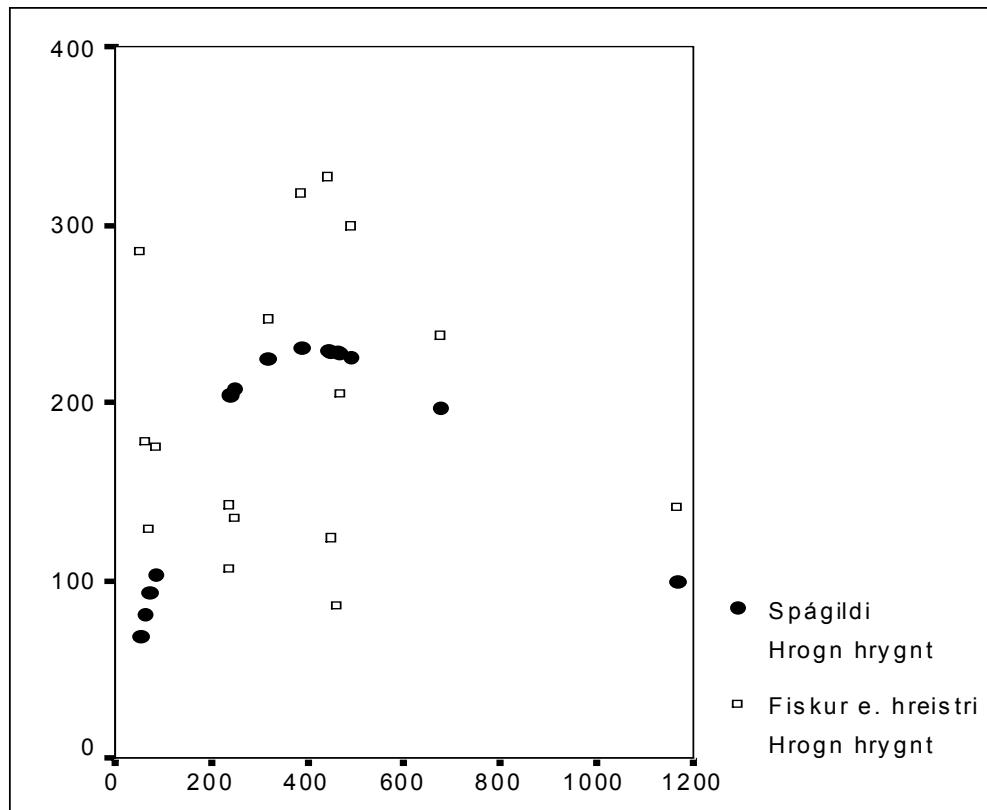
5. mynd. a) vísitala seiðapéttleika í Krossá og b) lífþyngd sömu seiðaárganga á hverja 100m² botnflatar, fært á hrygningarár.



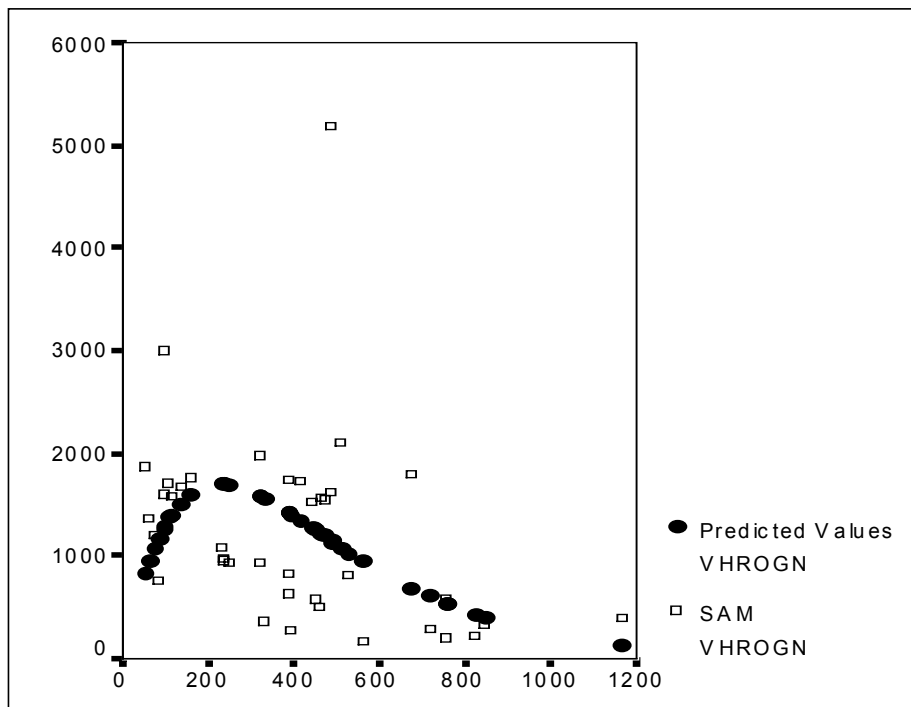
6. mynd. a) hrognafjöldi sem hryngt var í Vesturdalsá árabilið 1956-2001 og b) í Krossá árabilið 1967-2001.



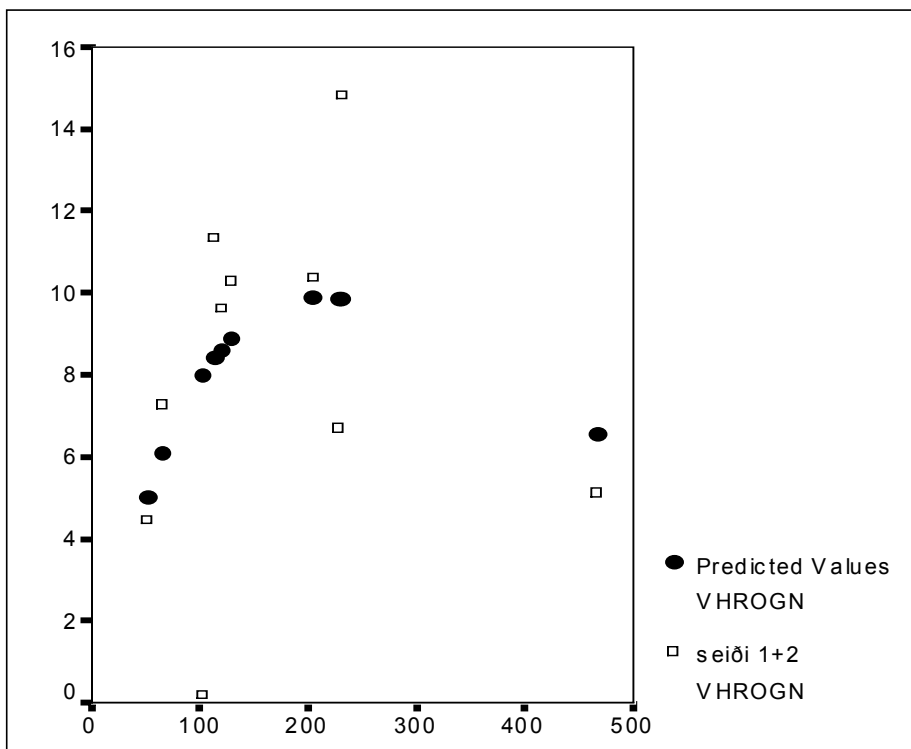
7. mynd. Samband hrognafjölda og seiðapéttleika í Vesturdalsá árabilið 1979-2001. Einnig besta nálgun Ricker-líkans við þau gögn.



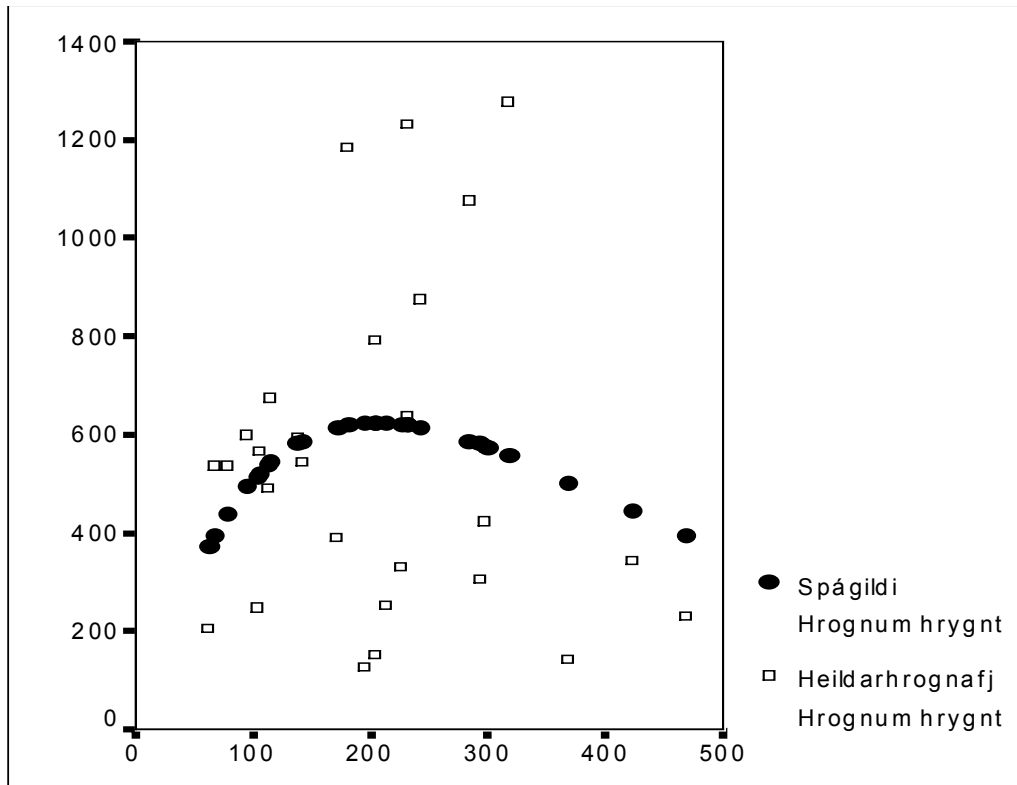
8. mynd. Samband hrognafjölda og laxveiði sem frá þeim hrognum voru komin n árum síðar í Vesturdalsá árabilið 1986-2000. Einnig besta nálgun Ricker-líkans við þau gögn.



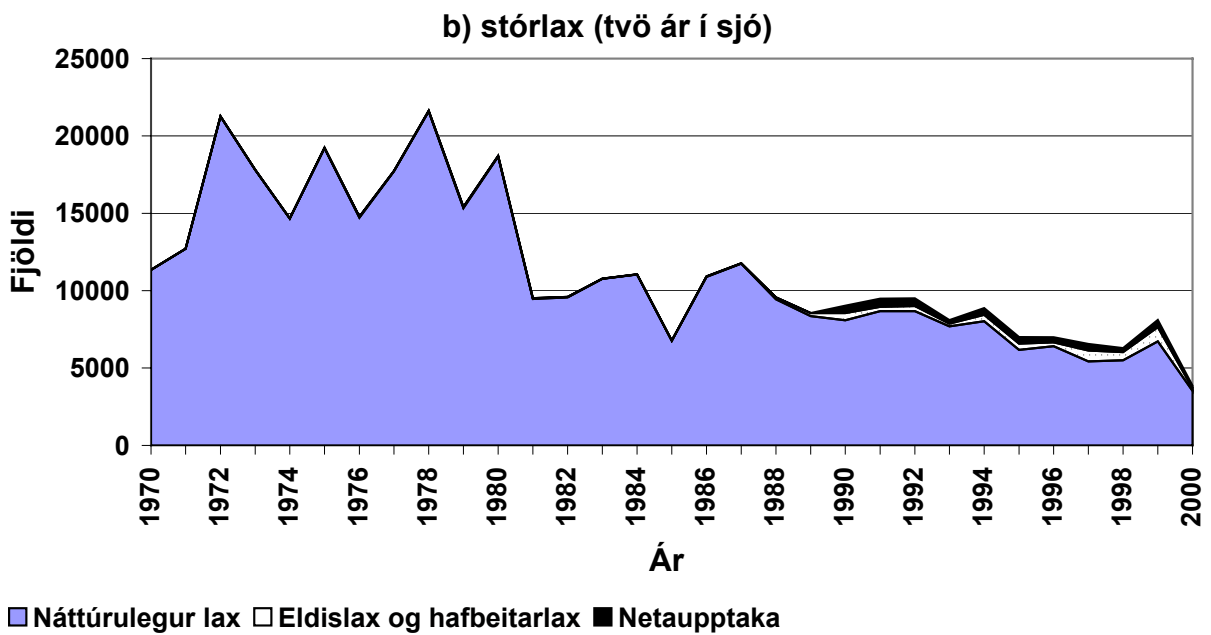
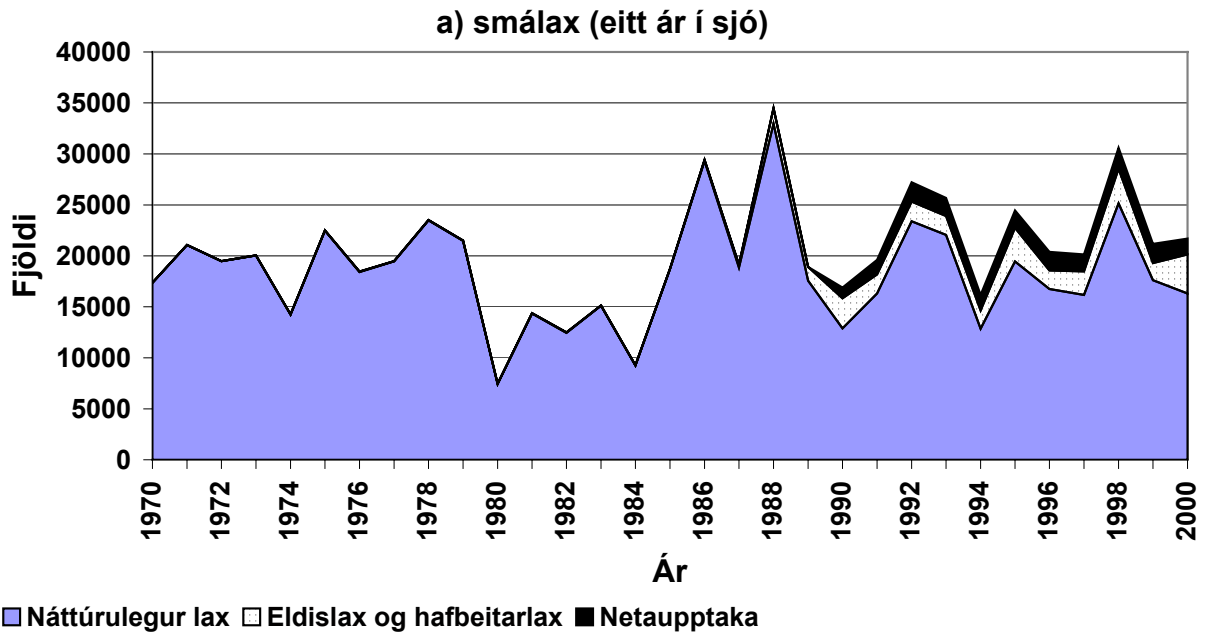
9. mynd. Samband hrognafjölda og hrognafjölda sem frá þeim hrognum voru komin n árum síðar í Vesturdalsá árabilið 1956-2001. Einnig besta nálgun Ricker-líkans við þau gögn.



10. mynd. Samband hrognafjölda og seiðapéttleika í Krossá árabilið 1987-2001. Einnig besta nálgun Ricker-líkans við þau gögn.



11. mynd. Samband hrognafjölda og hrognafjölda sem frá þeim hrognum voru komin n árum síðar í Krossá árabilið 1967-2001. Einnig besta nálgun Ricker-líkans við þau gögn.



12. mynd. Þróun laxveiðinnar frá 1970-2000 annars vegar hjá a) smálaxi og hins vegar b) stórlaxi í allflestum laxveiðiám Íslands. Veiði sem rakin er til eldis- og hafbeitarlaxa, svo og til upptöku neta úr jökulám er auðkennd sérstaklega.