

Þorskeldiskynbætur á Íslandi

Theódór Kristjánsson (theodor@stofnfiskur.is)¹, Jónas Jónasson (jonas@stofnfiskur.is)¹, Snorri Gunnarsson (snorri@stofnfiskur.is)¹, Vigfús Jóhannsson (icecod@icecod.is)²

¹Stofnfiskur hf., Staðarberg 2-4, P.O.Box 24, 222 Hafnarfirði

²IceCod ehf., Staðarberg 2-4, 222 Hafnarfirði

ÁGRIP

Theódór Kristjánsson, Jónas Jónasson, Snorri Gunnarsson & Vigfús Jóhannsson 2004. Þorskeldiskynbætur á Íslandi. Í: Björn Björnsson & Valdimar Ingi Gunnarsson (ritstj.), Þorskeldi á Íslandi. Hafrannsóknastofnunin. Fjölrit 111: 175-182.

Um þessar mundir eru miklar vonir bundnar við að þorskeldi geti orðið mikilvæg atvinnugrein hér á landi. Kynbætur fyrir þorskeldi eru nú formlega hafnar á vegum Icecod ehf með söfnun á efnivið til myndunar grunnstofns. Almenn er talið að kynbætur geti skipt sköpum fyrir framtíð þorskeldis á Íslandi og að þær séu forsenda þess að þorskeldi á Íslandi verði samkeppnisfært við eldi í öðrum löndum. Tilraunir með eldi á villtum þorski benda til þess að a.m.k. fyrst um sinn verði kynbótamarkmiðin fyrir þorskeldi að mörgu leyti þau sömu og í lax- og bleikjueldi, þ.e. aukinn vöxtur, aukinn lífsþróttur (þ.e. betri lifun á öllum stigum lífsferilsins) og síðbúinn kynþroski.

Síðastliðið vor var hafist handa við myndun grunnstofns til kynbóta á þorski. Grunnstofninn er myndaður með því að safna hrognum og sviljum úr kynþroska, villtum þorski á mismunandi stöðum við landið. Mikilvægt er að sem best takist til við myndun á nýjum grunnstofni til kynbóta og því notast Icecod ehf eingöngu við bestu mögulegu aðferðir til að taka ákvörðun um samsetningu grunnstofns.

Veiðar á villtum klakfiski hófust vorið 2003. Þá var safnað hrognum undan 336 hrygnum frá þremur veiðisvæðum við Ísland. Alls lifðu hrogn frá 196 fjölskyldum og af þeim verða 157 notaðar til rannsókna á grunnstofninum. Á vegum Icecod ehf voru framleidd 245.000 þorskseiði árið 2003 sem verða notuð fyrir framtíðarkynbótastofn og til áframeldis hjá samstarfsaðilum Icecod ehf.

ABSTRACT

Theodor Kristjansson, Jonas Jonasson, Snorri Gunnarsson & Vigfus Johannsson 2004. An Icelandic family selection program for cod-farming. In: Björn Björnsson & Valdimar Ingi Gunnarsson (eds), Cod farming in Iceland. Marine Research Institute. Report 111: 175-182.

Fish farming of cod is now seen as a future industry in Iceland. Organized family selection-programme for cod-farming was started by the company Icecod ehf in Iceland in April 2003. This is generally recognized as an important step for the future development of cod farming in Iceland. Earlier rearing experiments indicate that breeding goals for cod are in many ways the same as for Atlantic salmon and Arctic char. Faster growth, higher survival rate and late maturity, are the most significant biological factors, which have to be dealt with in the future cod farming industry.

For any future breeding programme for cod-farming a base-population needs to be created. Eggs and sperm from wild cod from different areas around Iceland were collected and the juveniles produced will be used to form the base-population for cod-farming in Iceland over the next 5 years. It is essential that the development of the base-population is well designed and therefore the best available method will be used by the company Icecod ehf to maximize future gain of the breeding programme to lower production cost.

Catching of wild brood-fish took place in the spring 2003. Eggs were collected from 336 females and juveniles from 196 females survived and juveniles from 157 females will be used to estimate genetic parameters for the base population of the cod family - selection programme. A total of 245.000 cod juveniles were produced by Icecod ehf in the year 2003.

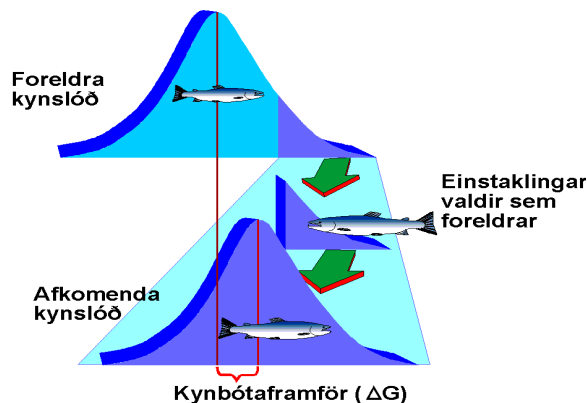
INNGANGUR

Skipulag kynbóta í fiskeldi

Kynbætur hafa verið stundaðar við hefðbundna búfjárrækt allengi og gildi þeirra til að auka arðsemi í búfjárrækt viðurkennt. Við kynbætur húsdýra er venjulega miðað við framför í vaxtarhraða milli 0,5-1,5% á ári, en í fiskeldi er árleg framför á bilinu 2,0-5,0%. Almennt má reikna með hraðari framförum í fiskakynbótum miðað við hefðbundin húsdýr vegna þess að afkvæmafjöldinn er meiri og getur oft skipt milljónum miðað við eitt til tvö afkvæmi t.d. hjá sauðfé.

Forsenda framfara með kynbótum er að breytileika verðmætra eiginleika s.s. vaxtarhraða sé stjórnað af erfðum. Í kynbótafræði er hlutfall erfðabreytileika af heildarbreytileika kallað arfgengi (táknað h^2). Arfgengi fyrir vexti hjá laxi er um það bil 0,4 sem þýðir að 40% af svipfarsbreytileika í vexti ræðst af erfðum. Á 1. mynd er sýnt dæmi um svipfarsbreytileika í stærð jafngamalla laxa. Dæmið er tekið úr gagnasafni Stofnfisks hf. og sýnir að jafngamlir laxar geta vegið á bilinu eitt til tíu kg þegar meðaltal árgangsins er 5 kg. Þetta er einkenni fyrir alla fiskistofna þar sem einstaklingar innan árgangs vaxa mishratt. Þetta er hægt að nýta til kynbóta. Í laxakynbótum hjá Stofnfiski eru stærstu einstaklingar í hverjum árgangi valdir til undaneldis. Þessir einstaklingar gefa af sér hraðvaxnari afkvæmi en kynslóðin á undan. Breytingin er kölluð **kynbótaframför** (1. mynd). Líklegt er að þessu sé eins farið með þorsk.

Gengið er út frá því að kynbótaframför haldist stöðug yfir margar kynslóðir. Í Noregi hafa verið gerðar samanburðarmælingar á eldislaxi og villtum laxi sem sýndu að fjórða



1. mynd. Myndræn framsetning á kynbótaframförum.

Figure 1. Schematic illustration of genetic improvement.

kynslóð kynbættis eldislax vex 77% hraðar en sá villti sem samsvarar u.þ.b. 5% kynbótaframför á ári. Samanburðurinn leiddi einnig í ljós að kynbætti eldisstofninn hefur 25% lægri fódurstuðul miðað við villtan stofn þó að þeir séu aldir á sama fódri (Gjøen & Gjerde 1997). Kynbótaframfarir til lengri tíma hafa verið sannreynðar á tilraunadýrum. Til dæmis hefur tilraunum með mýs, þar sem valið var fyrir aukinni líkamsþyngd, verið haldið áfram í 90 kynslóðir með stöðugri kynbótaframför (Hill 2000).

Með eldi á hraðvaxta fiski má auka framleiðslu á eldiseiningu og bæta fóðurnýtingu. Mikill afkvæmafjöldi fiska gerir fáum hrognastöðvum kleift að framleiða mikið magn af hrognum á tiltölulega skömmum tíma. Með því að rækta besta efniviðinn í kynbótastöðinni er hægt að tryggja að kynbótaframfarir skili sér hratt út til framleiðenda.

Til eru ýmsar útfærslur af kynbótakerfum en það sem mest hefur verið notað fyrir fiskeldi er blanda af einstaklingsvali (*mass selection*) og fjölskylduvali (*family selection*). Í kynbótakerfi sem byggist á einstaklingsvali er einstaklingur valinn eða honum hafnað á grundvelli þess hvernig hann stendur sig í eldi í samanburði við aðra einstaklinga í sömu eldiseiningu. Í fiskeldi er þessi aðferð oftast notuð (Gjedrem 1997). Kosturinn við einstaklingsval er að aðferðin er einföld í notkun og hægt er að ná mikilli kynbótaframför í eiginleikum með hátt arfgengi eins og t.d. vexti. Helstu gallar einstaklingsvals sem kynbótaaðferðar er að hún felur í sér hættu á skyldleikarækt og þar með tapast erfðabreytileiki. Fjölskylduval byggir á því að meðaltal einstaklinga úr hverri fjölskyldu er reiknað. Á grundvelli þessara útreikninga eru fjölskyldur valdar til undaneldis fyrir næstu kynslóð. Þetta er sú aðferð sem notuð er við kynbætur á laxi bæði hér á landi og í Noregi. Með fjölskylduvali er einnig hægt að kynbæta eiginleika sem aðeins verða metnir á dauðum einstaklingum; svo sem sláturþyngd, holdgæði og sjúkdómaþol.

Forsendur allra kynbóta eru:

1. Myndun á grunnstofni við upphaf kynbóta með vali á einstaklingum úr náttúrulegum stofnum til undaneldis og prófun afkvæma í eldi sem síðar mynda framtíðarklakstofn (úrvalshóp).
2. Hægt sé að stjórna þörun hænga/hrygna, frjóvgun hroгна, klaki og viðhalda klakstofni.

3. Að ætterni hvers einstaklings í kynbóta-kerfi sé þekkt.
4. Hægt sé að mæla eiginleika sem á að velja á hagkvæman hátt.
5. Að sá eiginleiki sem er valinn sé arfbundinn.
6. Að markaður sé fyrir kynbættan fisk.

Grunnstofn þorskakynbóta

Fyrsta skrefið í kynbótaáætlun er að safna erfðaeftni sem myndar grunnstofn (*base population*). Til dæmis þegar grunnstofn fyrir norskt laxeldi var byggður upp var villtum klakfiski safnað úr 40 mismunandi stofnum sem síðan myndaði úrvalshóp sem enn í dag er notaður í norsku laxeldi (Gjøen & Bentsen, 1997). Á Fillippseyjum var grunnstofn fyrir beitarfisk (tilapía) myndaður með því að blanda skipulega saman mörgum villtum stofnum. Þetta var gert til að tryggja mikinn erfðabreytileika sem er grundvöllur langtímakynbóta (Gjerde o. fl., 2002).

Þorskstofninn við Ísland er talinn sjálfstæður stofn en hins vegar má telja nær fullvíst að þorskur við Ísland sé samsettur úr mörgum undirstofnum. Rannsóknir hafa sýnt að marktækur erfðafraeðilegur munur er á milli hrygningarhópa þorsks við suðurströndina (Ólöf D.B. Jónsdóttir o.fl. 2001, 2002). Rannsóknir benda til þess að margir hrygningarstofnar eða undirstofnar séu við landið sem vaxi með misjöfnum hraða (Guðrún Marteinsdóttir & Gróa Pétursdóttir 1995; Guðrún Marteinsdóttir o.fl. 2000; Begg & Guðrún Marteinsdóttir 2002). Hér er því um eiginleika að ræða sem er afar brýnt að skoða með uppbyggingu grunnstofns fyrir þorskeldi í huga.

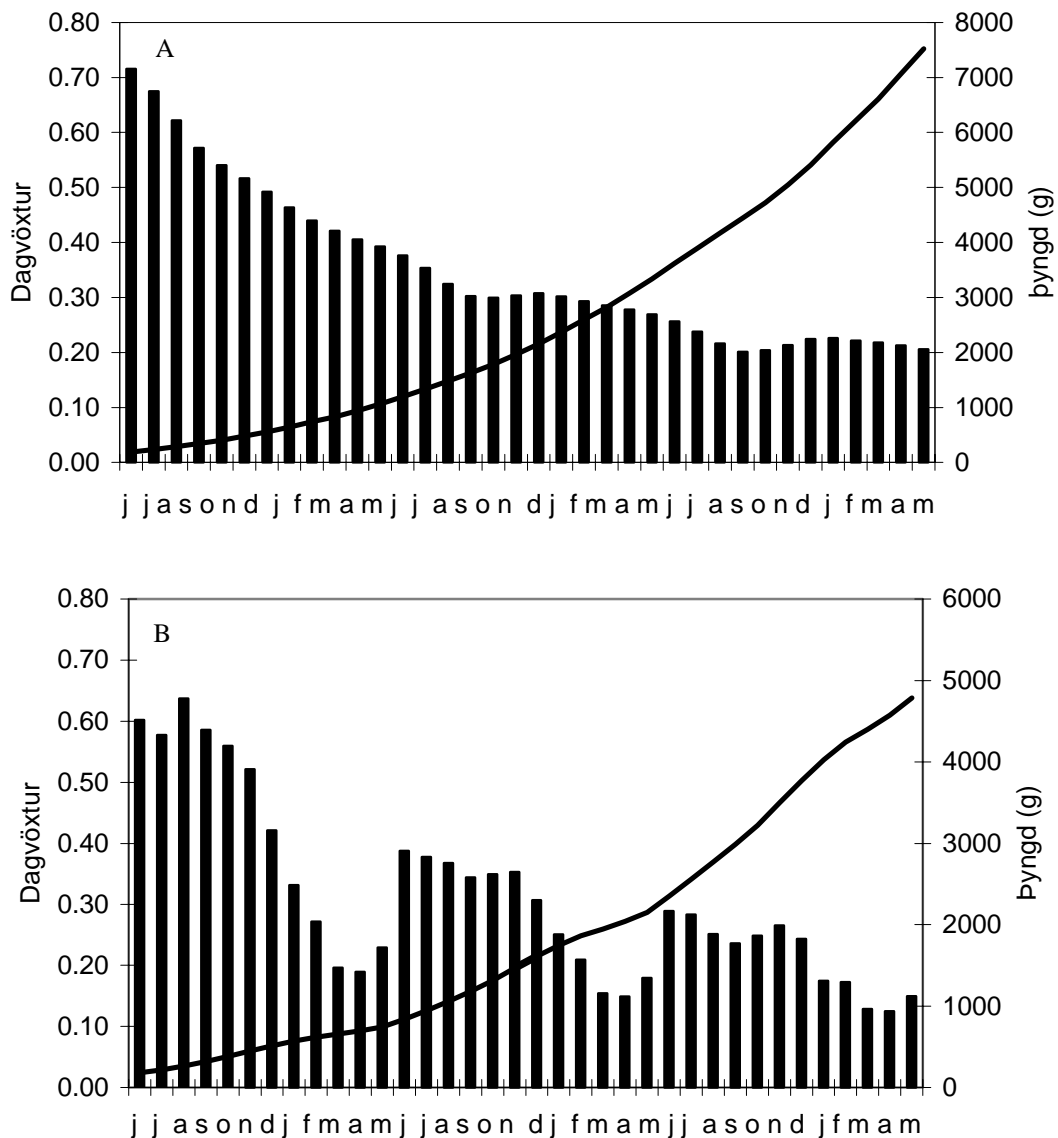
Við kynbætur í fiskeldi hafa engar athuganir eða útreikningar verið gerðir á því hvernig best sé að mynda grunnstofn úr þeim stofnum sem tiltækir eru. Hér er átt við það hversu marga einstaklinga á að taka úr hverjum tiltækum stofni, hvort og hvernig á að blanda þeim saman og hvernig á að velja einstaklinga úr fyrstu kynslóðum í grunnstofni (Gjerde o.fl. 2002). Allir þessir þættir skipta verulegu máli ef viðhalda á erfðabreytileika og lágmarka skyldleikaræktun sem er grundvallaratriði í öllu kynbótastarfi. Það geta verið efnahagsleg rök fyrir því að viðhalda nægilegum erfðabreytileika, þar sem kynbótamarkmið geta breyst og erfitt getur verið að sjá fyrir hvaða kröfur kaupendur gera eftir t.d. 10-20 ár. Kynbótastofn

verður því að hafa nægan erfðabreytileika svo mögulegt sé að bregðast við breyttum kröfum markaðarins.

Miklar tækniframfarir hafa átt sér stað á undanförunum árum við framkvæmd kynbóta fyrir fiskeldi. Þannig eru t.d. DNA-aðferðir álitlegur kostur í dag til ætternisgreininga í stað hefðbundinna merkinga og erfitt er að meta hversu mikil áhrif sameindaerfðafraeðinnar verða á hefðbundnar kynbætur í framtíðinni (Hill 2000). Búast má við frekari þróun DNA-aðferða við kynbætur í þorskeldi og að farið verði að tengja erfðamörk við svipfarsbreytileika. Þetta er vel þekkt aðferð sem nefnd hefur verið magnbundnir erfðavísar (*Quantitative Trait Locus* eða *QTL*). Við einangrun á magnbundnum erfðavísam er leitað að DNA-erfðamerki sem tengist svæði á erfðaeftninu sem hefur áhrif á svipfarsbreytileika t.d. í vexti. Sé erfðamerkið tengt erfðavísinum mun erfðamerkið og erfðavísirinn erfast saman samkvæmt lögmálum Mendels. Stundum má skýra u.þ.b. 15-20% af svipfarsbreytileika með einum magnbundnum erfðavísi en slíkt er þó oft ekki raunin því algengt er að einn erfðavísir skýri aðeins innan við 15% af svipfarsbreytileika (Lynch & Walsh 1997). Að finna magnbundinn erfðavísi er oft á tíðum ekki auðvelt og útheimtir mikla vinnu á rannsóknastofu. Má benda á fyrirtækið Íslenska erfðagreiningu í því sambandi, þar sem stór þáttur í rannsóknnum þessa fyrirtækis fer í að finna slíka erfðavísa í erfðamengi mannsins. Nytsemi magnbundinna erfðavísa í kynbótum er aðallega fólgin í því að flýta kynbótaframförum. Hins vegar munu hefðbundnar aðferðir við kynbætur hafa mest vægi enn um sinn. Finnist slíkur erfðavísir fyrir t.d. auknum vexti hjá þorski verður nægur svipfarsbreytileiki eftir til að vinna með í hefðbundnum kynbótum. Magnbundnir erfðavísar munu hins vegar nýtast vel til þess að búa til sérstaka framleiðslulínu fyrir þorskeldi. Með því að nota magnbundna erfðavísa í slíkri framleiðslu mætti búa til mjög einsleitan framleiðsluhóp með litlum svipfarsbreytileika, sem væri mjög hagkvæmt fyrir þorskeldi.

Kynbætur á þorski

Í dag eru miklar vonir bundnar við að þorskeldi geti orðið mikilvæg atvinnugrein hér á landi. Kynbætur fyrir þorskeldi eru nú formlega hafnar á vegum Icecod ehf með söfnun á efniviði til myndunar á grunnstofni. Almennt er



2. mynd. Vöxtur þorskeiða miðað við sjávarhita í Vestmannaeyjum (A) og í Æðey (B) (byggt á vaxtarlíkani Björns Björnssonar og Agnars Steinarssonar 2002).

Figure 2. The growth of cod given the sea-water temperature in Vestmannaeyjar (A) and Æðey (B) (based on a growth model by Björn Björnsson and Agnar Steinarsson 2002).

talið að kynbætur geti skipt sköpum fyrir framtíð þorskeldis á Íslandi og að þær séu forsenda þess að þorskeldi á Íslandi verði samkeppnisfært við eldi í öðrum löndum. Tilraunir með eldi á villtum þorski benda til þess að a.m.k. fyrst um sinn verði kynbótamarkmiðin fyrir þorskeldi að mörgu leyti þau sömu og í lax- og bleikjueldi þ.e. aukinn vöxtur, aukinn lífsþróttur (þ.e. betri lifun á öllum stigum lífsferilsins) og lágur aldur við kynþroska.

Vöxtur eldislaxa sem kynbættir hafa verið yfir margar kynslóðir er umtalsvert betri en hjá ókynbættum eldisþorskum. Það tæki eldislax um það bil 14-15 mánuði að vaxa úr 150 grömmum í 4 kg miðað við sjávarhita við Vestmannaeyjar en sama þyngdaraukning hjá eldisþorski tæki um 26 mánuði (2. mynd). Sé miðað við sjávarhita í Æðey, myndi eldislax vaxa úr 150 grömmum í 4 kg á 24 mánuðum en það tæki eldisþorsk um það bil 32 mánuði að ná sömu þyngd (2. mynd) (byggt á vaxtarlíkani

Björns Björnssonar og Agnars Steinarssonar 2002).

Eldisprófanir þar sem notaður var villtur þorskur benda eindregið til þess að ótímabær kynþroski verði verulegt vandamál í þorskeldi. Vel fóðruð þorskseiði verða að jafnaði kynþroska tveggja ára (1-2 kg) og algengt er að villtur þorskur í áframeldi verði kynþroska strax á fyrsta ári í eldi. Þorskur sem verður kynþroska hættir áti og tapar auk þess verulegu holdi vegna myndunar kynkirtla. Hrygnur tapa allt að 30% og hængar allt að 14% af upphaflegri líkamsþyngd (Fordham og Trippel 1999).

Við kynbætur á þorski þarf einnig að huga að fleiri eiginleikum, s.s. lifrarstærð, holdgæðum og lifun. Hægt er að kynbæta fyrir nokkrum eiginleikum samtímis. Kynbótaverkefni Stofnfisks hf. fyrir laxeldi kynbætir m.a. samtímis fyrir vaxtarhraða, kynþroska, holdlit, holdgæðum og lifun.

Kynbætur í þorskeldi eru þegar hafnar hér á landi. Vorið 2003 stofnuðu nokkrir aðilar (Stofnfiskur hf., Hafrannsóknastofnunin, Fiskeldi Eyjafjarðar hf., Fiskey ehf. og Þorskur á Þurru landi ehf) fyrirtækið IceCod ehf. Meginmarkmið félagsins er að byggja upp kynbótaverkefni fyrir þorskeldi og bæta gæði þorskseiða til eldis. Áhersla verður a.m.k. næstu fimm árin lögð á myndun grunnstofns fyrir kynbótaverkefni þar sem villtur klakfiskur verður veiddur í kringum landið og afkvæmi hans prófuð í eldi. Þetta er grunnurinn að því að byggja kynbótastofn. Sú nýlunda var tekin upp í þessu verkefni að notast eingöngu við DNA-greiningar til að ættfæra einstaklinga og mun líftækniyrirtækið Prokaria ehf vinna alla erfðafræðivinnu sem tengist ættgreiningum fyrir Icecod ehf.

EFNIVÍÐUR OG AÐFERÐIR

Vorið 2003 var veiddur villtur hrygningarfiskur frá þremur veiðisvæðum í kringum Ísland. Að fengnu álitu sérfræðinga Hafrannsóknastofnunarinnar var veiddur fiskur á svæðum við suðurströndina og út af Norðurlandi. Söfnunin byggði á því að einn hængur var notaður til að frjóvga hrogn frá tveimur hrygnum og þannig myndaðir al- og hálf systkina hópar. Klakfiskurinn var lengdar- og þyngdarmældur, kvörnum safnað og lífsýni tekin til DNA-raðgreiningar. Hrognum frá hverri hrygnu var haldið aðskildum í litlum ílátum og þau flutt í Tilraunaeldisstöð Hafrannsóknastofnunarinnar

á Stað við Grindavík. Gert er ráð fyrir að söfnun klakfisks verði endurtekin árin 2004-2006. Reynslan mun skera úr um framkvæmd þeirra veiða. Fyrstu 3-4 árin verður lögð áhersla á eftirfarandi atriði við framkvæmd kynbótaverkefnis Icecod ehf. fyrir þorskeldi:

1. *Myndun á grunnstofni og mat á arfgengi mikilvægra eiginleika:* Veiddur verður villtur klakfiskur frá mismunandi hrygningarstöðvum í kringum Ísland og afkvæmi hans prófuð í eldi. Stefnt er að því að hrognasöfnunin verði árviss næstu þrjú árin og að því loknu mun stjórn Icecod ehf taka ákvörðun um framhaldið að höfðu samráði við hagsmunaaðila í þorskeldi. Verkefnið er styrkt af AVS-rannsóknarsjóði sjávarútvegsráðuneytisins.
2. *Þróun á DNA aðferðum til ættgreiningar á þorski vegna kynbótastarfsins:* Framkvæmd þessa verkefnis byggir á samstarfi IceCod, Stofnfisks og Prokaria en á síðasta ári skrifuðu Stofnfiskur og Prokaria undir samkomulag sem miðar að því að aðferðir Prokaria til ættgreininga á fiski verði notaðar í öllum kynbótaverkefnum Stofnfisks. Til að meta arfgengi þarf að ala mikinn fjölda einstaklinga og mæla eiginleika þeirra. Til að koma að notum við framkvæmd kynbótaverkefnisins verður skyldleiki fiskanna að vera þekktur. Hingað til hefur nær eingöngu verið notast við frostmerki, plastmerki eða rafeindamerki til að einstaklingsmerkja fiska í kynbótaverkefnum en nýlega hafa verið þróaðar aðferðir til að nota DNA-erfðamörk til að ættgreina fiska. Þá er tekið vefjasýni úr foreldrum og afkvæmum og erfðamörk þeirra einangruð. Með raðgreiningu er síðan hægt að segja til um ætterni hvers einstaks fisks. Þannig er hægt að búa til ættarskrá fyrir öll afkvæmi innan kynbótaverkefnisins.
3. *Bestun á samsetningu grunnstofns með hjálp hermílkans:* Með tölfræðilíkönum er reynt að meta bestu samsetningu grunnstofns. Þetta er gert með því að nota arfgengi mikilvægra eiginleika í fiskeldi almennt og kanna heppilega stærð grunnstofns með það að markmiði að hámarka framför í tveimur eða fleiri eiginleikum samtímis auk þess að halda skyldleikarækt

í lágmarki. Verkefnið er samvinnuverkefni Stofnfisks hf og Reiknifræðistofu Háskóla Íslands. Verkefnið er styrkt af RANNÍS.

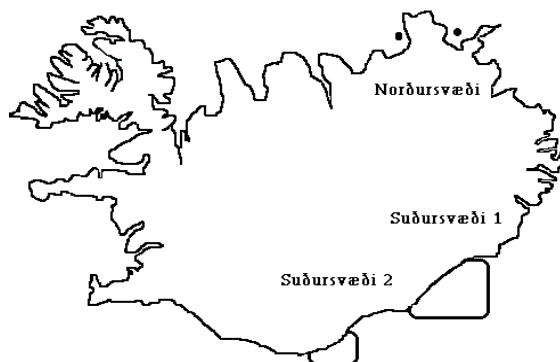
NIÐURSTÖÐUR

Hrognum var safnað á tímabilinu frá 10. apríl til 15 maí 2003 undan fiskum sem veiddir voru á svæðum undan Suðurlandi og úti fyrir N-Austurlandi. Hrognin voru flutt frjóvguð í Tilraunaeldisstöð Hafrannsóknastofnunarinnar á Stað við Grindavík. Skipta má söfnunarsvæðunum upp í þrjú megin svæði: 1) Suðursvæði 1, 2) Suðursvæði 2 og 3) Norðursvæði (3. mynd).

Suðursvæði 1: Safnað var hrognum úr villtum þorski við suðurströndina á svæðunum Hálsar, Hrollaugseyjar, Ingólfshöfði og Tvísker dagana 12.-15. apríl 2003. Alls var safnað hrognum úr 113 hrygnum og af þeim lifðu hrogn frá 72. Þessi söfnun tókst mjög vel og var meðalþyngd hrygningarþorsksins um 10,5 kg en hann var áberandi stærstur af öllum þeim hrygningarþorski sem safnað var.

Suðursvæði 2: Aftur var safnað hrognum úr villtum þorski úti fyrir suðurströndinni en aðeins vestar en Suðursvæði 1, aðallega undan Alviðruhömrum, Reynisdýpi og í Kantinum dagana 22.-25. apríl. Alls var safnað hrognum úr 132 hrygnum en í þessum hópi urðu mikil afföll og lifðu aðeins hrogn frá 53 hrygnum. Meðalþyngd hrygningarþorsks var 8,5 kg.

Norðursvæði: Safnað var hrognum frá tveimur stöðum við norðaustur ströndina, annars vegar við Kópasker og hins vegar á Þistilfirði. Alls var safnað hrognum frá 17 hrygnum á Þistilfirði 24. apríl 2003. Slæmt veður hamlaði veiði við Norðurland síðari hluta apríl 2003. Hrygningarþorskurinn í Þistilfirði var frekar smár (meðalþungi um 3,5 kg). Söfnun við



3. mynd. Söfnun klakfisks vorið 2003.

Figure 3. Collection of wild brood-fish in 2003.

Kópasker gekk vel. Þann 9.-16. maí 2003 var safnað hrognum frá 74 hrygnum og lifðu hrogn undan 40. Hrygningarþorskurinn við Kópasker var heldur smærri en við Suðurland (meðalþyngd um 5,6 kg).

Tafla 1. Samantekt hrognasöfnunar 10. apríl til 16. maí 2003.

Table 1. Summary of collection wild brood-fish during 10th of April to 16th of May 2003.

Söfnunar-Staðir	Kreistar-hrygnur	Hrogna-hópar	Kynbóta-hópar
Suðursvæði 1	113	72	70
Suðursvæði 2	132	53	30
Norðursvæði	91	71	57
Alls	336	196	157

Í töflu 1. er yfirlit yfir fjölda fjölskylduhópa úr hrognasöfnun vorið 2003. Þar sem sumar hrygnur gáfu lítið af hrognum verður að telja ólíklegt að einstaklingar úr þeim fjölskyldum nýtist til að meta erfðastuðla. Raunhæft er að áætla að einstaklingar úr 157 fjölskyldum frá öllum svæðunum geti nýst í kynbótastarfinu. Heildarfjöldi þorskseiða var 245.000 þúsund í byrjun nóvember 2003.

UMRÆÐUR

Með kynbótaverkefni Icecod ehf er búið að hleypa af stokkunum fyrsta kynbótakerfi fyrir þorskeldi á Íslandi. Að minnsta kosti 157 fjölskyldur eru nýtanlegar fyrir kynbótaverkefnið úr þessum fyrsta árgangi verkefnisins (þorskseiði framleidd 2003). Næstu skref verða að ala þau í strandstöðvum fram á vorið 2004 þaðan sem stærstur hluti þeirra verður fluttur í sjókvíar til áframeldis fram að sláturstærð (3-5 kg). Þó verður hluti seiðanna (2 x 5000 seiði) alinn áfram í tveimur eldisstöðvum þ.e. annars vegar í eldisstöð Stofnfisks í Höfnum á Reykjanesi og hins vegar í Tilraunaeldisstöð Hafrannsóknastofnunarinnar á Stað við Grindavík. Þessi seiði munu ala allan sinn aldur í strandstöð og eru vísir að fyrstu klakfiskunum á vegum kynbótaverkefnisins. Hið endalega val á einstaklingum til undaneldis fyrir næstu kynslóð ræðst af því hvernig systkini viðkomandi einstaklings hafa staðið sig í eldi á prófunarstöðvum við mismunandi umhverfisskilyrði. Prófunarstöðvar eru eldisstaðir fyrirtækja sem hafa gengið til samstarfs við IceCod ehf um uppbyggingu á eldisstofni fyrir þorskeldi. Það er mjög mikilvægt fyrir uppbyggingu kynbótaverkefnis-ins hversu myndarlega eldisfyrirtækin hafa þegar komið að

Þessu verkefni IceCod ehf m.a. með kaupum á seiðum en ekki síst með því að bjóða fram eldisaðstæður sem spanna mikla breidd í umhverfisaðstæðum sem er lykillinn að góðum árangri í verkefninu.

Fylgst verður með vexti og þrifum seiðanna í strandeldi og í kvíum árið 2004. Ekki er raunhæft að bera saman stofna fyrir en að þorskinum hefur verið slátrað og búið er að fá mat að mikilvæga eiginleika eins og vaxtargetu, kynþroskaaldur, lifun, holdgæði o.fl.. Lítið sem ekkert er enn vitað um arfgengi þessara eiginleika og því er ekki hægt að spá fyrir um framfarir kynbótanna fyrir en það liggur fyrir.

Á síðustu árum hafa verið þróuð hermílkön sem spá fyrir og hámarka kynbótaframfarir miðað við gefnar forsendur um arfgengi og stærð klakstofns (Villanueva 1996, Meuvissen 1997, 1998, Grundy 2000). Slík hermílkön hjálpa til við að ákveða m.a. hversu stór klakstofn á að vera til að ná sem mestri kynbótaframför með sem minnstum tilkostnaði. Við val á einstaklingum í grunnstofn þorskynbóta er stefnt að því að hanna hermílkön til að ákvarða samsetningu grunnstofns til framhaldskynbóta í þorskeldi. Í þessari rannsókn verða hermílkön notuð til að veða og meta stærð grunnstofns (fjöldi hrygna og hænga ár hvert) með það að markmiði að hámarka kynbótaframför með sem lægstum tilkostnaði (*cost/benefit*). Til að byrja með verða notaðir þekktir erfðastuðlar úr m.a. laxakynbótum Stofnfisks fyrir einn eða fleiri eiginleika (t.d. vaxtarhraða, kynþroskaaldur o.fl.). Auk þess verður tekið tillit til þróunar skyldleikaræktar.

LOKAORÐ

Raunhæft er að ætla að kynbætur eigi eftir að bæta arðsemi þorskeldis. Miðað við reynslu úr öðrum tegundum svo sem laxeldi hafa kynbætur skilað verulegum árangri til aukinnar framleiðslu og lækkunar framleiðslukostnaðar. Hér er búið að stíga fyrsta skrefið í kynbótum á þorski. Byrjað er að safna í grunnstofn og tilraunaeldi á þorskseiðum er hafíð. Niðurstöður þessa verkefnis munu ekki aðeins skila mikilvægum upplýsingum um hagkvæmni kynbóta fyrir þorskeldi heldur er hér um að ræða fyrstu upplýsingarnar sem gera okkur kleift að leggja eitthvert mat á samkeppnisstöðu þorskeldis hér við land.

ÞAKKARORÐ

Sérstakar þakkir til áhafnanna á Óla á Stað GK-4, Geir ÞH-150, Þorleifi EA-88 og þeirra fjölmörgu aðila á Kópaskeri sem aðstoðuðu við hrognasöfnunina vorið 2003. Starfsfólki í Tilraunaeldisstöð Hafrannsóknastofnunarinnar á Stað við Grindavík þökkum við ánægjulegt samstarf.

HEIMILDIR

- Begg, G.A. & Guðrún Marteinsdóttir 2002. Spatial partitioning of relative fishing mortality and spawning stock biomass of Icelandic cod. *Fisheries Research* 59: 343-362.
- Bentsen, H.B., Eknath, A.E., Palada-de Vera, M.S., Danting, J.C., Bolivar, H.L., Reyes, R.A., Dionisio, E. E., Longalong, F.M., Circa, A.V., Tayamen, M.M. & Gjerde, B. 1997. Genetic improvement of farmed tilapias: growth performance in a complete diallel cross experiment with eight strains of (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture* 160: 145-173.
- Björn Björnsson & Agnar Steinarrson 2002. The food-unlimited growth rate of Atlantic cod (*Gadus morhua*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 59: 494-502.
- Fordham, S.E. & Trippel, E.A. 1999. Feeding behaviour of cod (*Gadus morhua*) in relation to spawning. *Journal of Applied Ichthyology* 15: 1-9.
- Gjedrem, T. 1997. Selective breeding to improve aquaculture production. *World Aquaculture* 28: 33-45.
- Gjerde, B., Villanueva, B. & Bentsen, H.B. 2002. Opportunities and challenges in designing sustainable fish breeding programs. 7th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, August 10-23, 2002, Montpellier, France.
- Gjøen, H.M. 1996. *Studies on estimation of genetic parameters and design of optimal breeding schemes for survival traits in Atlantic salmon*. Doktorsritgerð frá Háskólanum í Ási, Noregi.
- Gjøen, H.M. & Bentsen, H.B. 1997. Past, present, and future of genetic improvement in salmon aquaculture. *ICES Journal of Marine Science* 54: 1009-1014.
- Gjøen, H.M. & Gjerde, B. 1997. Selection differentials for Atlantic salmon. Year classes 1980-1992 (Seleksjonsdifferanser for laks. Årsklasse 1980-1992). Report No. 31/97 AKVAFORSK 53 bls.
- Grundy, B., Villanueva, B. & Woolliams, J.A. 2000. Dynamic selection for maximizing response with constrained inbreeding in schemes with over-lapping generations. *Animal Science* 70: 373-382.
- Guðrún Marteinsdóttir & Gróa Pétursdóttir 1995. Spatial and temporal variation in reproduction of Icelandic cod at Selvogsbanki and nearby coastal areas. *ICES. CM 1995/G:15*.

- Guðrún Marteinsdóttir, Ásta Guðmundsdóttir, Vilhjálmur Þorsteinsson & Gunnar Stefánsson 2000. Spatial variation in abundance, size composition and viable egg production of spawning cod (*Gadus morhua* L.) in Icelandic waters. *ICES Journal of Marine Science* 57: 824-83
- Hill, W.G. 2000. Maintenance of quantitative genetic variation in animal breeding programmes. *Livestock Production Science* 63: 99-109.
- Lynch, M. & Walsh, B. 1997. *Genetics and analysis of quantitative traits*. Sinauer Associates Inc., 980 bls.
- Meuwissen, T.H.E. 1997. Maximizing the response of selection with a predefined rate of inbreeding. *Journal of Animal Science* 75: 934-940.
- Meuwissen, T.H.E. & Sonesson, A.K. 1998. Maximizing the response of selection with a predefined rate of inbreeding: overlapping generations. *Journal of Animal Science* 76: 2575-2583.
- Ólöf D.B. Jónsdóttir, Anna K. Daníelsdóttir & Nævdal, Gunnar 2001. Genetic differentiation among Atlantic cod (*Gadus morhua*) in Icelandic waters: temporal stability. *ICES Journal of Marine Science* 58: 114-122.
- Ólöf D.B. Jónsdóttir, Albert K. Imsland, Anna K. Daníelsdóttir, Guðrún Marteinsdóttir & Nævdal, Gunnar 2002. Genetic heterogeneity and growth properties of different genotypes of Atlantic cod (*Gadus morhua* L.). *Fisheries Research* 55: 37-47.
- Valdimar Ingi Gunnarsson, Björn Björnsson, Einar Hreinsson, Gísli Jónsson, Hjalti Karlsson, Jón Árnason, Jón Þórðarson & Óttar Már Ingvason 2002. *Veiðar og áframeldi á þorski*. Reykjavík. ISBN 9979-60-787-4, sjá einnig www.thorskeldi.is
- Villanueva, B., Woolliams, J.A. & Gjerde, B. (1996). Optimum design for breeding programmes under mass selection with an application in fish breeding. *Animal Science* 63: 563-576.
-