



**Breytileiki hrygningartíma þorsks (*Gadus morhua*  
*L.*) meðal mismunandi arfgerða Pan I genasetisins**

Helgi Guðjónsson



**Líf- og umhverfisvísindadeild  
Háskóli Íslands  
2010**

# Breytileiki hrygningartíma þorsks (*Gadus morhua* L.) meðal mismunandi arfgerða Pan I genasettsins

Helgi Guðjónsson

12 eininga ritgerð sem er hluti af  
*Baccalaureus Scientiarum* gráðu í líffræði

Leiðbeinandi

Próf. Guðrún Marteinsdóttir

Líf- og umhverfisvísindadeild

Verkfræði- og náttúruvísindasvið

Háskóli Íslands

Reykjavík, apríl 2011

Breytileiki hrygningartíma þorsks (*Gadus morhua L.*) meðal mismunandi arfgerða Pan I genasetisins  
12 eininga ritgerð sem er hluti af *Baccalaureus Scientiarum* gráðu í líffræði

Höfundarréttur © 2011 Helgi Guðjónsson  
Öll réttindi áskilin

Líf- og umhverfisvísindadeild  
Verkfræði- og náttúruvísindasvið  
Háskóli Íslands  
Sturlugata 7  
101 Reykjavík  
Sími: 525 4000

Skráningarupplýsingar:  
Helgi Guðjónsson, 2011, Breytileiki hrygningartíma þorsks (*Gadus morhua L.*) meðal mismunandi arfgerða Pan I genasetisins. BS ritgerð, Líf- og Umhverfisvísindadeild, Háskóli Íslands, 21 bls.

## Útdráttur

Þorsstofninn í kringum Ísland skiptist í stofna eftir mismunandi farhegðun, svipgerð og arfgerð. Tvær meginatferlisgerðir hafa greinst, það er djúpsjárhegðun og grunnsjárhegðun og er líklegt að þessir tveir hópar hafi verið aðskildir í nokkurn tíma. Þessar atferlisgerðir hafa verið tengdar við *Pan-I* genasetið þar sem *Pan-I<sup>AA</sup>* fiskur sýnir aðallega grunnsævishegðun, *Pan-I<sup>BB</sup>* sýnir aðallega djúpsjárhegðun og *Pan-I<sup>AB</sup>* sýnir báðar atferlisgerðir. Tilgangur þessarar rannsóknar var að kanna hvort að breytileiki væri á hrygningartíma íslenska þorsstofnsins meðal *Pan-I* arfgerða. Í þessari rannsókn var notast við fisk frá mismunandi dýpi suður af Íslandi. Til að áætla hrygningartíma var notast við tiltölulega nýlega aðferð þar sem hrogn eru ljósmynduð og þvermál þeirra mælt með því að nota myndgreiningarforrit og síðan reikna út tíma til hrygningar út frá þvermáli hrogna. Ekki tókst að finna marktækan mun milli arfgerða og tíma til hrygningar en það er greinilegt að margir þættir hafa áhrif á hrygningartíma og því nauðsynlegt að rannsaka það frekar. Vitað er að *Pan-I* genasetið hefur margvísleg áhrif á þorskinn og er líklegt að þrátt fyrir að ekki hafi fundist bein tengsl við tíma til hrygningar þá er líklegt að *Pan-I* genasetið hafi í stað óbein áhrif.

## **Þakkarorð**

Fyrst og fremst vil ég þakka leiðbeinanda mínum Guðrúnu Marteinsdóttur fyrir aðstoð hennar við gerð þessarar ritgerðar. Einnig vil ég þakka Lovísu Guðmundsdóttur fyrir ómetanlega hjálp við bæði sýnatöku og við myndvinnslu, Arnari Pálssyni, Heidi Pardoe og Maríu Guðjónsdóttur fyrir mikla hjálp við úrvinnslu gagna og Jónasi Páli Jónassyni og Svavari Erni Guðmundssyni fyrir aðstoð við sýnatöku. Einnig vil ég þakka Ríkey Kjartansdóttur og fjölskyldu minni fyrir að veita móralskan stuðning.

# Efnisyfirlit

1. Inngangur .....	1
2. Aðferðir .....	3
2.1 Sýnataka .....	3
2.2 Hrognamælingar .....	4
2.3 Gagnagreining .....	5
3. Niðurstöður .....	5
4. Umræður .....	11
5. Ályktanir .....	12
Heimildir .....	13

## 1. Inngangur

Ein meginundirstaða lífs er fjölgun og þá skiptir sköpum að gefa afkvæmunum eins mikla möguleika að komast af og hægt er. Æxlunaraðferðir fiska eru mjög fjölbreyttar og aðlaganir að mismunandi umhverfi eru margar (Helfman o.fl. 1997). Hrygningartími er mikilvægur tími fyrir allar tegundir fiska og mikilvægt er að hann sé á þeim tíma sem gefur afkvæmunum mestar lífslíkur (Helfman o.fl. 1997). Hrygningartími er þó mjög mismunandi milli tegunda og eru margir þættir sem geta haft áhrif á hann, svo sem hitastig sjávar, stærð, aldur og líkamsástand fisksins (Helfman o.fl. 1997, Kjesbu 1994, Hutchings & Myers 1994). Besti mögulegi hrygningartími er sá tími þegar mest magn er af fæðu í sjónum og er því mikilvægt fyrir hrygnurnar að tímasetja hrygninguna rétt þannig að fæða sé í hámarki þegar egginn klekjast (Hutchings & Myers 1993). Breytingar á tímasetningu hrygningar getur verið mikilvæg heimild fyrir breytileika í endurliðun fiskstofna. Til að mynda geta umhverfisaðstæður seinkað eða lengt hrygningartímabilið t.d. þar sem far fiska til hrygningastöðva er takmarkað vegna hitastigs eða vegna áhrifa á lífeðlisfræðilega ferla sem eru tengdir kynþroska (þroskun). Einstakir þættir, eins og aldur og líkamsstærð, geta einnig haft áhrif á tímasetningu hrygningar (Hutchings & Myers 1993). Ef það er hagstætt að hrygna eins snemma og hægt er á hrygningartímabilinu þá geta eldri hrygnur hafið hrygningu fyrr en yngri hrygnur vegna kynbundins vals hænga af aukinni líkamsstærð (e.d. *Oncorhynchus nerka* (Foote & Larkin 1988). Á áþekkan hátt geta minni laxfiskar seinkað æxlun þangað til stærri hrygnur hafa hrygnt til að minnka dánartíðni eggjana vegna samkeppni um hreiðurstæði (van den Berghe & Gross 1984). Rannsóknir á þorski í kringum Nýfundnaland og Labrador benda til þess að eldri einstaklingar af Atlantshafsþorski (*Gadus morhua*), af báðum kynjum, hófu og kláruðu hrygningu seinna og hrygndu í lengri tíma en yngri einstaklingar (Hutchings og Myers 1993). Einnig hefur kynþroski og hrognaframleiðsla, og þar af leiðandi æxlunarafköst einstaklinga, reynst vera háð mörgum þáttum, meðal annars aldri, stærð, líkamsástandi og hrygningarreynslu (Marteinsdóttir & Begg 2002).

Þorsstofninn í kringum Ísland virðist skiptast í tvo stofna sem halda sig á mismunandi búsvæði utan hrygningartíma og skiptast annars vegar í djúp- eða grunnsjávarfar (migration) (Pálsson & Thorsteinsson 2003, Jónsdóttir o.fl. 2006b, Pampoulie o.fl. 2006). Grunnsjávarstofninn virðist fylgja árstíðarbundnum breytingum á hitastigi sjávar við landgrunninn og virðist aðallega halda sig fyrir ofan 125 m dýpi. Djúpsjávarstofninn flytur sig á dýpri og kaldari slóðir utan hrygningartíma og eykur lóðréttu hreyfingu sína og heldur

sig aðallega á dýpi fyrir neðan 200 m (Pálsson & Thorsteinsson 2003). Einnig benda rannsóknir til þess að vaxtarhraði sé meiri hjá fiskum sem éta á grunnsævi en hjá fiskum sem halda sig á meira dýpi. Líklegasta skýringin fyrir þessu er munur í fæðumagni milli þessarar svæða (Pálsson & Thorsteinsson 2003). Þessir tveir stofnar virðast vera frábrugðnir hvor öðrum bæði atferlislega og erfðafræðilega. Nýlegar rannsóknir hafa tengt þessar mismunandi hegðunargerðir við *Pan-I* genasetið og í rannsókn Pampoulie o.fl. (2008) reyndust flestir fiskar með arfgerð *Pan-I<sup>AA</sup>* sýna grunnsjavarhegðun, hjá *Pan-I<sup>BB</sup>* sýndu fiskarnir djúpsjavarhegðun og *Pan-I<sup>AB</sup>* fiskar sýndu báðar atferlisgerðir.

Rannsóknir sýna að suður af Íslandi er þorskur sem hefur *Pan-I<sup>AB</sup>* og *Pan-I<sup>BB</sup>* arfgerðina algengari, en fyrir norðan Ísland er algengara að þorskurinn hafi *Pan-I<sup>AA</sup>* arfgerðina (Jónsdóttir o.fl 2008, Pampoulie o.fl 2006). Hins vegar reyndist einn sýnatökustaður fyrir sunnan Ísland aðallega innihalda einstaklinga með *Pan I<sup>AA</sup>* arfgerðina (Pampoulie o.fl 2006). Einnig hefur greinst munur í vaxtarhraða milli þorsks á mismunandi hrygningarstöðum í kringum landið. Þorskseiði sem voru gotin fyrir sunnan Ísland reyndust vaxa hraðar en seiði sem voru gotin fyrir norðan Ísland. Munur á vaxtarhraða var einnig greindur meðal seiða með mismunandi *Pan I* arfgerð innan hversar hrygningarstöðvar. Óalgengasta *Pan-I* arfgerðin á hverju svæði fyrir norðan og sunnan Ísland reyndist vera með mesta vaxtarhraðann (Jónsdóttir o.fl 2008) . Þá benda rannsóknir til stöðugs sambands milli ástands og mismunandi *Pan-I* arfgerðar á öllum svæðum sem skoðuð voru. Fyrri rannsóknir benda til þess að þorskur með *Pan-I<sup>AA</sup>* sýni hæsta ástandsstuðul (somatic-condition) og einnig lægsta lifrarhlutfallið (hepatosomatic index) (Jónsdóttir o.fl. 2008, Pardoe o.fl 2008).

Tilgangur þessarar rannsóknar var að kanna hvort að breytileiki væri á hrygningartíma íslenska þorskstofnsins meðal *Pan-I* arfgerða, þar sem tekið var tillit til breytileika í stærð og þyngd fiska og þvermáli eggja. Í þessari rannsókn var notast við fisk frá mismunandi dýpi suður af Íslandi.



## 2. Aðferðir

### 2.1 Sýnataka

Aðeins voru hrygnur mældar í þessari tilraun og tekin voru eggjastokkssýni úr þorski þann 18. febrúar 2010. Þorskurinn var veiddur af hefðbundnu fiskveiðiskipi sem notaðist við tálknanet. Fiskurinn var veiddur nálægt Þorlákshöfn á grunnsævi og sýni voru tekin til greiningar þegar hann kom í land samdægurs. Hver einstaklingur var mældur að næsta cm í heildarlengd (L) og heildarþyngd (P), slægð þyngd ( $P_{slægð}$ ), þyngd lifur ( $P_{lifur}$ ) og þyngd gotu ( $P_{gota}$ ) var mæld að næsta grammi. Einnig var reiknaður ástandsstuðull (Fulton's condition factor, K) og lifrarhlutfall (Hepatosomatic index, HSI) fyrir hvern fisk.

$$K = \frac{P_{slægð}}{L^3} \times 100 \quad (1)$$

$$HSI = \frac{P_{lifur}}{P} \quad (2)$$

þar sem P er heildarþyngd fisks í grömmum, L er heildarlengd í centimetrum og  $P_{lifur}$  er þyngd lifrar í grömmum og  $P_{slægð}$  er slægð þyngd í grömmum.

Lítið sýni var tekið úr eggjastokkum hveftrar hrygnu, c.a 10 g, og geymt í 3,6% bufferaðri formaldehyð lausn. Þorsk hrogn tútna út þegar þau eru sett í formaldehyð, en upprunalegt þvermál má reikna út með eftirfarandi jöfnu (Svåsand o.fl. 1996)

$$\text{Ferskt þvermál } (\mu\text{m}) = 19 + 0.947 \times \text{fixerað þvermál } (\mu\text{m}) \quad (3)$$

Lítið tálknasýni var tekið úr hverjum fiski og það geymt í 95% ethanoli og var notað til að ákvarða arfgerðina á Pan I genasætinu. Arfgerðarmælingar voru framkvæmdar af starfsfólki Matís (Reykjavík) með þeirri aðferð sem Pampoulie o.fl (2006) lýstu en notast var við vísa (primera) eins og lýst er af Nielsen o.fl (2007).

## 2.2 Hrognamælingar

Við mælingar á þvermáli hrognanna var notast við auto-diametric fecundity aðferðinni sem var lýst af Thorsen og Kjesbu (2001). Hrognin voru ljósmynduð með Evolution LC ljósmyndavél (Media Cybernetics, Bethesda, Maryland, Bandaríkin) sem var tengd við Leica MZ9.5 smásjá (Leica Microsystems, Wetzlar, Þýskalandi). Tífold(10x) stækkun var notuð og var stærðin á myndum 1280x1024 punktar, ljósop stillt á 18,9 ms og gamma á 1,38. Notast var við myndvinnsluforritið Optimas 6.5 (Media Cybernetics, Bethesda, Maryland, Bandaríkin) til að taka myndirnar. Hrognin voru hrist handvirkt í nokkrar sekúndur til að skilja þau að og síðan var sýni tekið með pípettu og það sett á petridisk með vatni. Reynt var eftir fremsta megni að aðgreina hrognin svo auðveldara væri fyrir myndvinnsluforritið að aðgreina og mæla hrognin á myndunum. Að auki var einum dropa af uppþvottalegi bætt út í diskinn til að losa um yfirborðsspennu, til að forðast að hrognin festust við vatnsyfirborðið. Notað var myndvinnsluforritið ImageJ (National Institute of Health, USA, fánlegt á <http://rsbweb.nih.gov/ij/>) til að vinna myndirnar sem teknar voru. Notað var við algrím (algorithm) til að vinna myndirnar og mældi það flatarmál hvers eggs og flutti síðan niðurstöðurnar í excel skjal. Að minnsta kosti 100 egg voru mæld fyrir hvern fisk. Macroíð var hannað þannig að það tekur aðeins með fyrirbæri sem eru nógu hringlaga og innan vissrar stærðar. Þetta var gert til að klasar af eggjum, eða tengdur vefur myndi ekki auka stærð eggjanna á óeðlilegan hátt. Þvermál eggjanna var reiknað út frá því flatarmáli sem fékkst við myndgreininguna með því að nota jöfnuna fyrir hring, leysta fyrir þvermál.

$$Þvermál = 2 \times \sqrt{\text{flatarmál} / \pi} \quad (4)$$

Tími til hrygningar var reiknaður með eftirfarandi jöfnu (Kjesbu o.fl. 1994).

$$y = 4,41 \cdot 10^6 \cdot x^{-1,817} \quad (5)$$

þar sem x er þvermál hrognna og y er fjöldi daga til hrygningar við 7°C sjávarhitastig.

Hinn eiginlegi hrygningardagur miðað við Julian-dagatalið var reiknaður út samkvæmt meðfylgjandi jöfnu.

$$\text{Julian date} = \text{sýnatökudagur} + y \quad (6)$$

Sýnataka fór fram 18. febrúar sem er 49. dagur í Julian dagatalinu. Síðan var tíma til hrygningar bætt við og þá fékkst út hrygningardagur.

## 2.3 Gagnagreining

Öll gagnagreining var unnin með tölfraeðiforritinu R (R Development Core Team 2009), með  $\alpha=0.05$ . Notast var við hefðbundið línulegt fall til að kanna sambandið milli hrygningartíma og heildarlengdar, slægðrar þyngdar, þyngdar gotu, hepatosomatic index og Fulton's condition factor. Munurinn á meðalhrygningartíma arfgerða var metinn með fervikagreiningu (ANOVA og ANCOVA). Einnig var framkvæmd fjölþáttagreining (Principal Component Analyzis, PCA) í forritinu Unscrambler 9.8 (CAMO ASA, Þrándheimur, Noregur) til að gefa myndrænt yfirlit yfir tengsl mældra breyta og var líkanið þverstaðfest (fully cross validated).

## 3. Niðurstöður

Í heildina voru 59 þorskar rannsakaðir. Níu þeirra reyndust vera með arfgerðina  $Pan-I^{AA}$ , 27 höfðu arfgerðina  $Pan-I^{AB}$ , 22 höfðu arfgerðina  $Pan-I^{BB}$  og ekki var hægt að ráða fram úr arfgerð eins fisks. Ein hrygnan var svo stutt á veg komin í þroskun eggja að ekki fengust nothæfar niðurstöður. Hrygnan sem ekki fannst arfgerð á var því ekki notuð í samanburði milli arfgerða og hrygnan sem var of stutt komin í þroska var ekki notuð í mælingum á eggjum, og því í áætlunum á hrygningartíma. Hrygnan sem ekki var kominn nógu langt í hrygningu var með arfgerð  $Pan-I^{AB}$ .

**Tafla 1: Meðaltal hrygningartíma milli arfgerðanna þriggja. Bæði er reiknaður tími til hrygningar og einnig hrygningardagurinn sjálfur miðað við Julian dagatalið.**

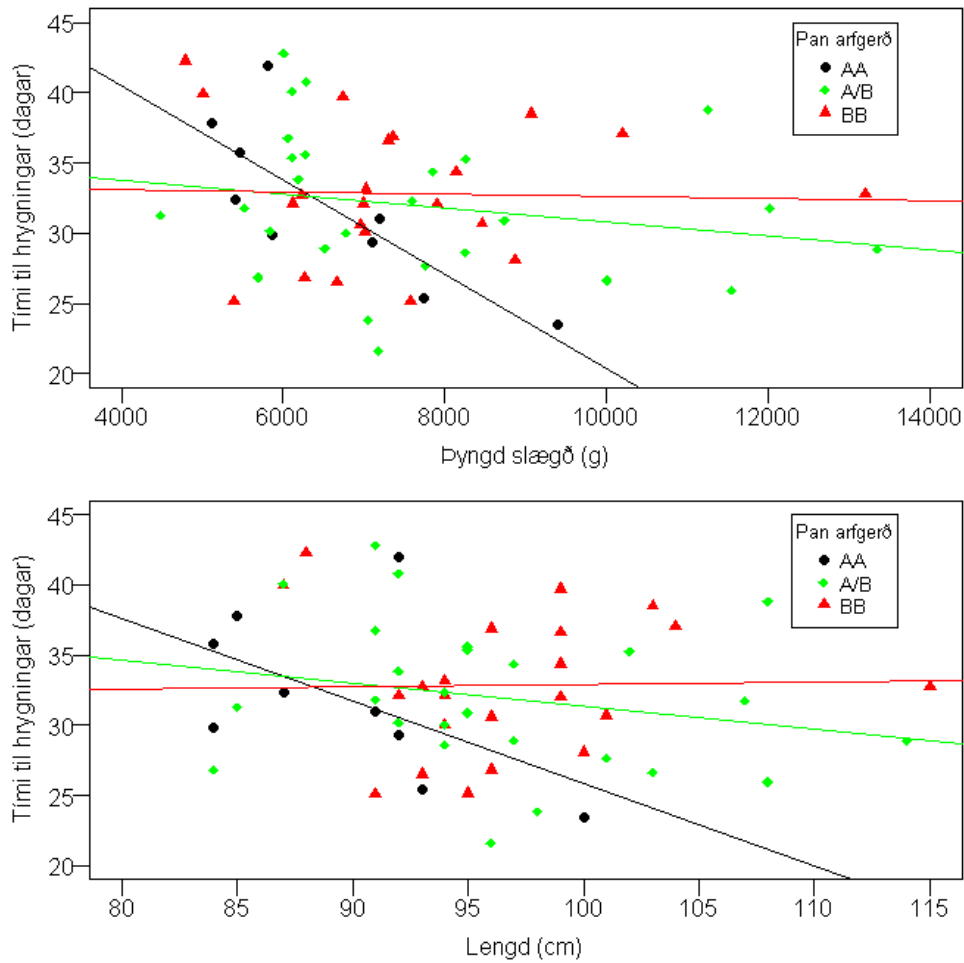
Arfgerð	Tími til hrygningar (dagar)	Hrygningardagur (Julian dagur)
A	31.88 ±5.88	80.88 ±5.88
A/B	31.94 ±5.28	80.94 ±5.28
B	32.85 ±4.91	81.85 ±4.91

Tími til hrygningar var að meðaltali  $32.4 \pm 5.2$  dagar (22. mars) og eins og Tafla 1 hér að ofan sýnir þá var lítill munur milli arfgerða.  $Pan-I^{AA}$  og  $Pan-I^{AB}$  arfgerðirnar voru með meðalhrygningartíma þann 22. mars (81. Julian dagur) en  $Pan-I^{BB}$  23. mars (82. Julian dagur). Ekki reyndist vera marktækt samband milli arfgerða og tíma til hrygningar.

**Tafla 2: Meðaltöl stærðarbreyta (lengd, þyngd) fyrir fiskana í hverri arfgerð ásamt staðalfrávikum. Einnig er reiknaður Fulton's condition factor (K) og Hepatosomatic index (HSI).**

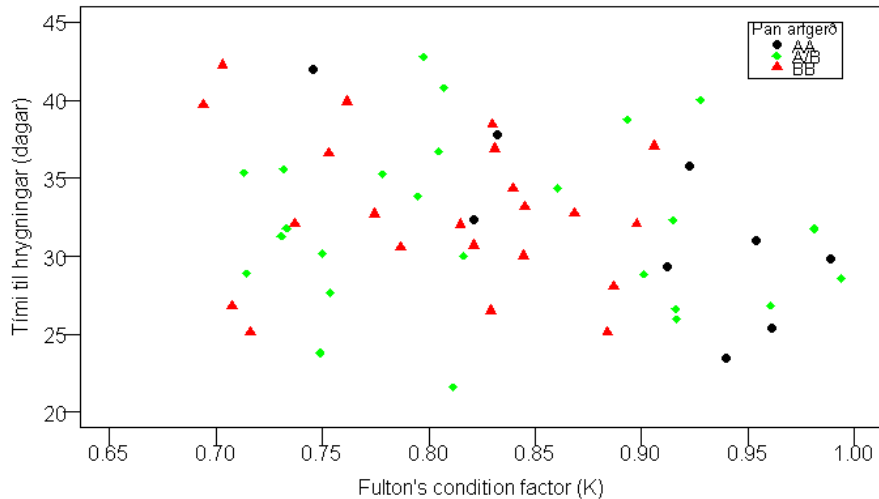
Arfgerð	# fiska	Lengd (cm)	Heildarþyngd (kg)	Þyngd slægd (kg)	Þyngd gotu (g)	Þyngd lifrar (g)	K	HSI (%)
A	9	89.8 ±5.3	8.21 ±1.91	6.56 ±1.40	523.2 ±238	630.6 ±208	0.897 ±0.08	7.72 ±2.1
A/B	27	96.0 ±7.3	9.74 ±3.08	7.58 ±2.24	661.9 ±335	825.8 ±387	0.839 ±0.09	8.21 ±1.9
B	22	96.7 ±6.0	9.57 ±2.26	7.42 ±1.84	627.5 ±194	869.6 ±305	0.806 ±0.07	8.95 ±2.0

Fiskur með arfgerðina  $Pan-I^{AA}$  reyndist vera nokkuð smærri en fiskar af öðrum arfgerðum eins og Tafla 2 hér að ofan sýnir. Lítil munur reyndist á stærð og þyngd milli  $Pan-I^{AB}$  og  $Pan-I^{BB}$ . Fiskur með  $Pan-I^{AA}$  var einnig með minni gotu, lifur og HSI stuðul en hinar arfgerðirnar tvær. Ástandsstuðull (Fulton's condition factor, K) fiska með arfgerð  $Pan-I^{AA}$  er nokkuð hærri en hjá hinum arfgerðunum en lítil munur er milli  $Pan-I^{AB}$  og  $Pan-I^{BB}$ . Í heildarþyngd, slægðri þyngd og þyngd gotu reyndist  $Pan-I^{AB}$  vera með hærri gildi en hinar tvær arfgerðirnar. Ekki reyndist vera marktækt samband milli HSI og tíma til hrygningar. Sterkt marktækt samband fannst fyrir þyngd gotu og tíma til hrygningar fyrir arfgerð  $Pan-I^{AA}$  ( $R^2=0.8606$ ,  $p=0.0003121$ ) en veikt samband reyndist vera hjá  $Pan-I^{AB}$  ( $R^2=0.2104$ ,  $p=0.01844$ ) og  $Pan-I^{BB}$  sýndi ekki marktækt samband ( $R^2=0.004634$ ,  $p=0.7634$ ).



**Mynd 1: Samband lengdar og tíma til hrygningar. Svörtu punktarnir tákna arfgerðina AA, grænu tíglnir tákna arfgerð A/B og rauðu þríhyrningarnir tákna arfgerðina BB.**

Skoðað var samband tíma til hrygningar og bæði lengdar og þyngdar eins og sést á Mynd 1. Ekki reyndist vera marktækt samband milli þyngdar og tíma til hrygningar ( $R^2=0.044$ ,  $p=0.1173$ ), nema fyrir arfgerðina *Pan-I<sup>AA</sup>*, þar sem marktækt neikvætt samband fannst milli breytanna ( $R^2=0.6433$ ,  $p=0.009302$ ). Ekki reyndist vera marktækt samband milli lengdar og tíma til hrygningar ( $R^2=0.02396$ ,  $p=0.2503$ ).



**Mynd 2: Samband Fulton's condition factor og tíma til hrygningar. Svörtu punktarnir tákna arfgerðina AA, grænu tíglnir tákna arfgerð A/B og rauðu þríhyrningarnir tákna arfgerðina BB.**

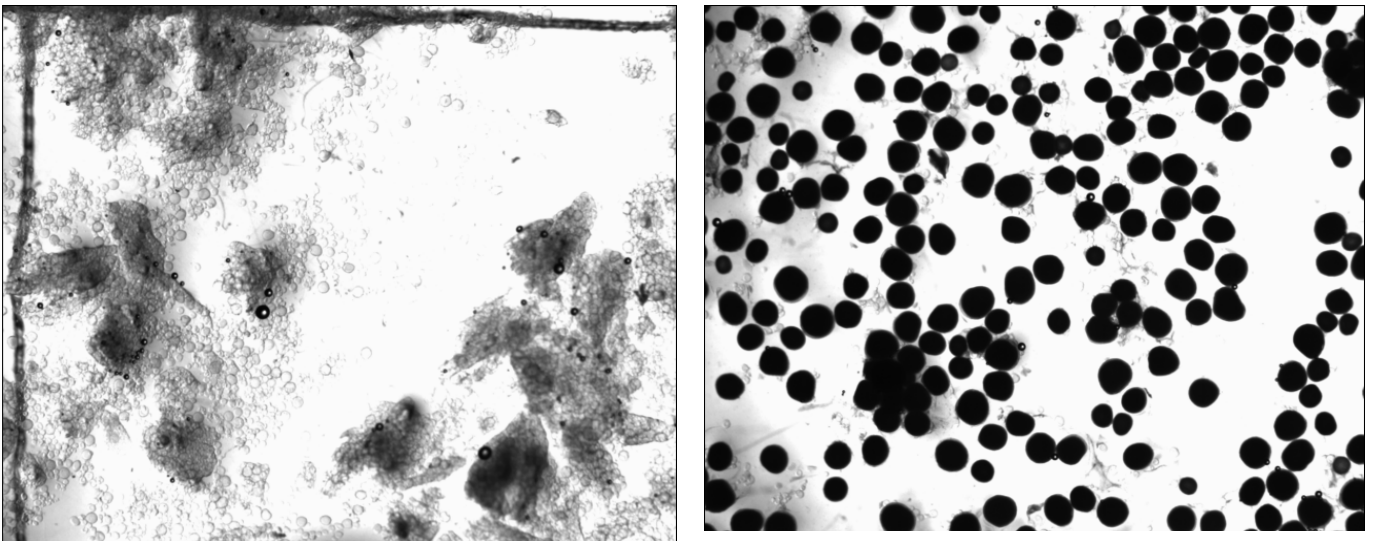
Mynd 2 sýnir samband ástandsstuðuls og tíma til hrygningar meðal meðal arfgerða.  $Pan-I^{AA}$  fiskur reyndist sýna marktækt neikvætt samband K við tíma til hrygningar ( $R^2=0.5904$ ,  $p=0.01557$ ). Er þetta í samræmi við það að marktæk tengsl fundust milli þyngdar og tíma til hrygningar fyrir  $Pan-I^{AA}$  arferðina. Ekki reyndist vera marktækt samband fyrir  $Pan-I^{AB}$  ( $R^2=0.009213$ ,  $p=0.6409$ ) eða  $Pan-I^{BB}$  ( $R^2=0.04813$ ,  $p=0.3266$ ).

**Tafla 3: Meðalfjöldi mældra eggja í hverjum fiski og mæld gildi þeirra. Ferska þvermálið er reiknað með jöfnu 3.**

Arfgerð	# mældra eggja (n)	Flatarmál (mm <sup>2</sup> )	Þvermál (µm)	Ferskt þvermál (µm)
A	244.2 ±53	0.217 ±0.05	515.9 ±56.2	507.6 ±53.2
A/B	200.4 ±51	0.239 ±0.05	542.1 ±54.8	532.3 ±51.9
B	216.9 ±55	0.222 ±0.04	522.4 ±49.7	513.7 ±47.1

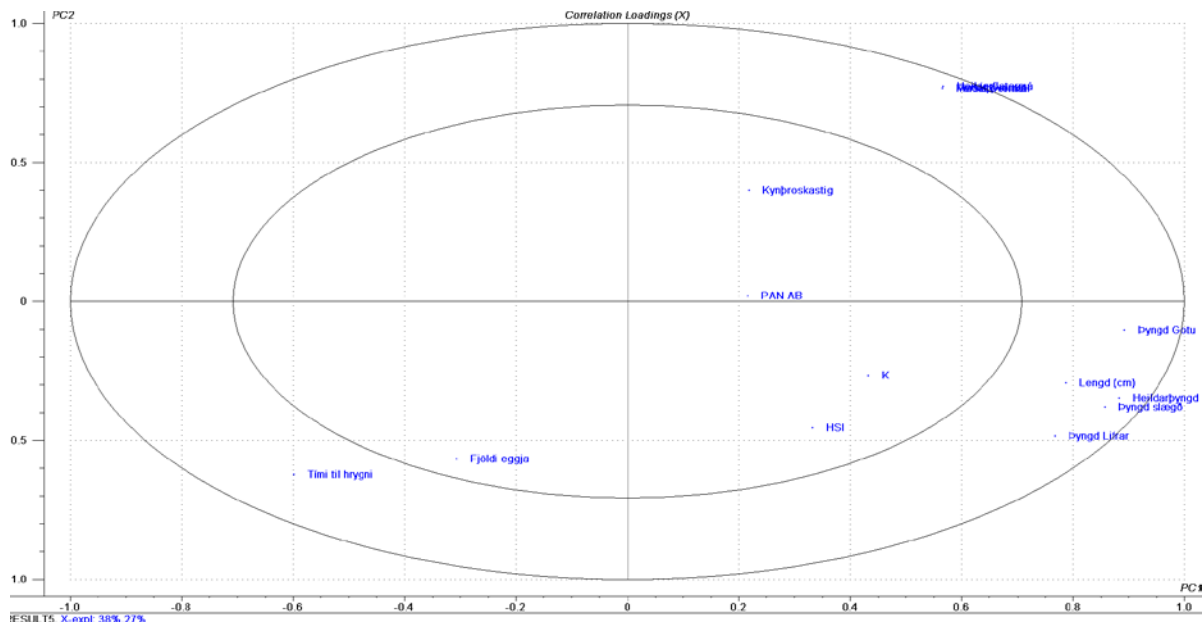
Fjöldi mældra eggjavísa var frá 112-355 meðal hrygna og var meðaltalið þeirra  $215 \pm 55$  í heildina. Nokkur munur var á stærð eggjanna meðal hrygna og var minnsta mæld flatarmálið  $0.162 \text{ mm}^2$  á meðan það stærsta var  $0.362 \text{ mm}^2$ , þ.e með mun upp á 55.3%. Ekki reyndist vera mikill munur milli arfgerða á flatarmáli eggjavísa eins og sést á töflunni hér fyrir ofan. Myndgreiningarforritið reiknaði út flatarmál eggja sem síðan var umreiknað yfir í þvermál með jöfnu 4. Við legu í formaldehyði títta egginn út og því er ferskt þvermál reiknað með jöfnu 3 (Svåsand o.fl 1996). Eins og Tafla 3 sýnir er lítil munur milli arfgerða, en eins

og áður sagði er  $Pan-I^{AA}$  arfgerðin með lægri gildi heldur en hinar tvær arfgerðirnar. Þó sést að  $Pan-I^{AB}$  arfgerðin er með stærra þvermál en  $Pan-I^{BB}$ . Marktækt samband fannst meðal tíma til hrygningar og fersks þvermáls eggja ( $R^2=0.6057$ ,  $p=1.047e-12$ ).  $Pan-I^{AA}$  arfgerðin reyndist hafa lægra marktækt samband milli fersks þvermáls og tíma til hrygningar ( $R^2=0.4935$ ,  $p=0.03483$ ) en  $Pan-I^{AB}$  ( $R^2=0.7601$ ,  $p=6.626e-9$ ) og  $Pan-I^{BB}$  ( $R^2=0.5136$ ,  $p=0.0001753$ ).



**Mynd 3:** Myndin sýnir tvær ljósmyndir sem teknar voru við sýnatökuna. Myndin til vinstri sýnir hrogn sem eru tiltölulega lítil þroskuð og var fiskurinn greindur á fyrsta kynþroskastigi. Myndin til hægri sýnir dæmigerða mynd af hrognum fisks sem er á næsta kynþroskastigi.

Fyrir hvert sýni voru teknar fjórar myndir nema í einu tilviki þar sem hrygnan var ekki komin langt í kynþroska og hafði ekki náð 2. kynþroskastigi. Þar voru því teknar sex myndir til að auka líkurnar á því að myndgreiningaforritið gæti greint hrognin. Mynd 3 hér fyrir ofan sýnir samanburðinn á hrognum frá hrygnu á kynþroskastigi 1 og 2. Fiskurinn, sem var aðeins kominn á kynþroskastig 1, reyndist vera með það lítil egg (vinstri mynd) að myndgreiningarforritið gat ekki greint það frá tengivefnum í kring og ekki var hægt að losa eggin nógu vel í sundur. Einnig voru þau ekki nógu dökk til að mynda skýran mun, jafnvel þó að stillingar á tækjum væru þær sömu við allar myndatökur. Það mynduðust því ekki nógu skörp skil milli bakgrunnins og eggjanna eins og sést á Mynd 3.



**Mynd 4: Niðurstöður fjölþáttagreiningar á mældum breytum. Fyrsti höfuðþátturinn (PC1) lýsir 38% breytni milli mældra stærða en annar höfuðþáttur (PC2) lýsir 27% breytni.**

Mynd 4 sýnir niðurstöður fjölþáttagreiningar sem framkvæmd var á mælibreytunum. Lýsir hún hvernig breytur tengjast innbyrðis og þannig má sjá að lengdar- og þyngdarbreytur hafa sterk tengsl hvor við aðra. Einnig má sjá að þessar breytur hafa mest áhrif á fjölbreytileika sýnanna þar sem þessar breytur raða sig í jákvæðum jaðar fyrsta höfuðþáttar (PC1, x-ás). Annar höfuðþátturinn (PC2, y-ás) lýsir þá sambandi þvermáls hrognna og tíma til hrygninga. Myndin sýnir einnig að með aukinni stærð fiska mætti áætla að tíminn til hrygningar myndi stytta, en eins og áður hefur komið fram reyndust þessi tengsl ekki vera marktæk þegar litið var á heildargögnin. Þar sem arfgerðirnar eru staðsettar í miðju grafsins bendir það til þess að arfgerðin hafi ekki teljandi áhrif á fjölbreytileika sýna út frá þeim stærðum sem voru mældar.



## 4. Umræður

Eins og Tafla 1 bendir til reyndist ekki vera marktækur munur milli arfgerða *Pan-I* á tíma til hrygningar. Það bendir til þess að ekki sé beint samband milli arfgerðanna og hrygningartíma en hins vegar hefur verið sýnt fram á það að margir þættir geta haft áhrif á hrygningartímann (Huttings & Myers 1993, Jónsdóttir o.fl 2008). Tölfræðigögnin benda til þess að það sé enginn marktækur munur á sambandi milli lengdar fisks og tíma til hrygningar á milli *Pan-I* arfgerðanna þriggja. Það reyndist meira að segja ekki vera neitt marktækt samband milli tíma til hrygningar og lengdar og er þetta er í samræmi við fyrri rannsóknir (Kjesbu 1994). Það reyndist hins vegar vera marktækt neikvætt samband milli slægðar þyngdar og tíma til hrygningar fyrir fiska með *Pan-I<sup>AA</sup>* arfgerðina, en það átti hins vegar ekki við um hinar arfgerðirnar. Ekki reyndist vera marktækur munur á hallatölu aðhvarfslínanna fyrir hinar tvær arfgerðirnar eins og Mynd 1 sýnir. Marktæk tengsl fundust milli fersks þvermáls eggja og tíma til hrygningar. *Pan-I<sup>AA</sup>* reyndist hafa veikara samband heldur en hinar arfgerðirnar tvær en var þó marktækt miðað við  $\alpha=0.05$ .

Tafla 2 sýnir að nokkur munur virðist vera á líkamsástandi milli arfgerða og virðast fiskar með *Pan-I<sup>AB</sup>* og *Pan-I<sup>BB</sup>* vera stærri og lengri en *Pan-I<sup>AA</sup>* fiskar. Hins vegar voru *Pan-I<sup>AA</sup>* fiskar með hærra K gildi heldur en hinar tvær arfgerðirnar og því í betra ástandi og er þetta í samræmi við fyrri rannsóknir (Jónsdóttir o.fl. 2008, Pardoe o.fl 2008). Lágur sýnafjöldi gæti þó verið að ýkja þennan mun milli arfgerðanna, því eins og rannsóknir Jónsdóttur o.fl. (2008) og Pampoulie o.fl (2006) sýna þá eru *Pan-I* arfgerðirnar AB og BB algengari fyrir sunnan land og AA fyrir norðan Ísland. Þetta gerir alla sýnatöku mjög erfiða og því væri kjöraðstæður þær að sýnum væri safnað um allt land á svipuðum tíma til að fá stórt úrtak af öllum arfgerðum. Tafla 2 sýnir þó að fiskur með *Pan-I<sup>AB</sup>* arfgerðina er að meðaltali styttri en fiskur af *Pan-I<sup>BB</sup>* arfgerð. Hins vegar er heildarþyngd, slægð þyngd og þyngd gotu meiri hjá *Pan-I<sup>AB</sup>* en hjá *Pan-I<sup>BB</sup>*. Tafla 3 sýnir að þvermál hrognar er stærra hjá *Pan-I<sup>AB</sup>* arfgerðinni en hjá hinum arfgerðunum. Þó er staðalfrávikkið nokkuð stórt og því ekki víst að hægt sé að draga miklar ályktanir út frá því. Þegar Tafla 1 er skoðuð sést að *Pan-I<sup>AB</sup>* og *Pan-I<sup>AA</sup>* fiskar hrygna fyrir heldur en *Pan-I<sup>BB</sup>* fiskar en þetta er þó munur upp á aðeins einn dag og ekki marktækur. *Pan-I<sup>AA</sup>* fiskur er þó að hrygna á sama tíma og hinar arfgerðirnar þrátt fyrir að vera minni. Þar sem *Pan-I<sup>AA</sup>* fiskurinn var með hæsta K gildið er mögulegt að það dugi til að vega upp á móti því að vera minni og geri þeim kleift að hrygna á réttum tíma. Eins og tölfræðigögnin sýndu þá reyndist vera marktækt neikvætt samband milli K og tíma til hrygningar í *Pan-I<sup>AA</sup>* fiskum eins og sést á Mynd 2. Þetta bendir til þess að við hækkandi K

gildi styttest tími til hrygningar. Sterk marktæk tengsl fundust á milli þyngdar gotu og tíma til hrygningar fyrir arfgerð  $Pan-I^{AA}$  en aðeins veikt marktækt samband fyrir arfgerð  $Pan-I^{AB}$  og engin marktæk tengsl við  $Pan-I^{BB}$ .

Fyrri rannsóknir sýna fram á að líkamsástand hefur áhrif á frjósemi Atlantshafs þorsks (Marteinsdóttir & Begg 2002) og einnig að líkamsástand er breytilegt meðal  $Pan-I$  arfgerða (Jónsdóttir o.fl. 2008). Einnig er vitað að líkamsástand og aldur hefur áhrif á hrygningartíma Atlantshafs þorsks (Marteinsdóttir & Björnsson 1999). Þessi rannsókn bendir því til þess að ekki sé munur á milli arfgerða en hinsvegar bendir hinsvegar á að það geti verið samband milli þyngdar og tíma til hrygningar. Þar sem  $Pan-I$  genasetið hefur reynst hafa áhrif á vöxt og líkamsástand er því líklegt að arfgerðirnar hafi óbein áhrif á hrygningartíma þorsks í stað beinna áhrifa.  $Pan-I$  arfgerðin er ekki eini þátturinn sem hefur áhrif á vöxt og stærð heldur koma þar margir þættir til sögunnar meðal annars magn og gæði ætis.

## 5. Ályktanir

Ekki tókst að finna marktækan mun milli arfgerða og tíma til hrygningar en það er greinilegt að margir þættir hafa áhrif á hrygningartíma og því nauðsynlegt að rannsaka það frekar. Þar sem vitað er að  $Pan-I$  genasetið hefur margvísleg áhrif er mjög líklegt að þrátt fyrir að ekki hafi fundist bein tengsl við tíma til hrygningar megi finna óbein áhrif þeirra. Svo virðist vera sem aðrir þættir hafi áhrif á  $Pan-I^{AA}$  arfgerðina en hinar tvær. Til að skera út um þetta þarf fleiri sýni og helst að fá sýni bæði frá hafsvæðum fyrir norðan-og sunnan land á svipuðum tíma. Hrygningartími er mjög mikilvægur fyrir fiska og því er mikilvægt að vita hvaða þættir stjórna og hafa áhrif á hann þannig að hægt sé að nýta hann á sem öruggastan hátt. Það er aðeins hægt að fá svar við því með því að rannsaka samband arfgerða og hrygningartíma frekar og byggja á eldri þekkingu.

## Heimildir

- Foot, C.J. & Larkin, P.A. (1988) The Role of Male Choice in the Assortative Mating of Anadromous and Non-Anadromous Sockeye Salmon (*Oncorhynchus-Nerka*). *Behaviour* 106, bls. 43-62.
- Helfman, G.S., Collette, B. S. & Facey, D.E. (1997) *The Diversity of Fishes*. Blackwell Publishing. Oxford. UK.
- Hutchings, J.A. & Myers, R.A. (1993) Effect of Age on the Seasonality of Maturation and Spawning of Atlantic Cod, *Gadus morhua*, in the Northwest Atlantic. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 50, bls. 2468-2474.
- Hutchings, J.A. & Myers, R.A. (1994) Timing of cod reproduction: interannual variability and the influence of temperature. *Marine Ecology Progress Series* 108 , bls. 21-31.
- Jónsdóttir, I.G. , Campana, S.E. & Marteinsdóttir, G. (2006a) Otolith shape and temporal stability of spawning groups of Icelandic Cod (*Gadus morhua* L.). *ICES Journal of Marine Science* 63, bls. 1501-1512.
- Jónsdóttir, I.G. , Campana, S.E. & Marteinsdóttir, G. (2006b) Stock structure of Icelandic cod *Gadus morhua* L. Based on otolith chemistry. *Journal of Fish Biology* 69, bls. 136-150.
- Jónsdóttir, I.G., Marteinsdóttir, G. & Pampoulie, C. (2008) Relation of growth and condition with the *PanI* locus in Atlantic cod (*Gadus morhua* L.) around Iceland. *Marine Biology* 154, bls. 867-874.
- Jónsdóttir, I.G. , Marteinsdóttir, G. & Campana, S.E. (2007) Contribution of different spawning components to the mixed stock fishery for cod in Icelandic waters. *ICES Journal of Marine Science* 64, bls. 1749-1759.
- Kjesbu, O.S. (1994) Time of start of spawning in Atlantic cod (*Gadus morhua*) females in relation to vitellogenic oocyte diameter, temperature fish length and condition. *Journal of Fish Biology* 45, bls. 719-735.
- Marteinsdóttir, G. & Björnsson, H. (1999) Time and Duration of Spawning of Cod in Icelandic Waters. *ICES CM* 34, bls. 1-22.

- Marteinsdottir, G. & Begg, G.A. (2002) Essential relationships incorporating the influence of age, size and condition on variables required for estimation of reproductive potential in Atlantic cod *Gadus morhua*. *Marine Ecology Progress Series* 235, bls. 235–256.
- Nielsen, E.E., MacKenzie, B.R., Magnussen, E. & Meldrup, D. (2007) Historical analysis of *Pan-I* in Atlantic cod (*Gadus morhua*): temporal stability of allele frequencies in the southeastern part of the species distribution. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 64, bls. 1448-1455.
- Pampoulie, C., Jakobsdóttir, K.B., Marteinsdóttir, G. & Thorsteinsson, V. (2008) Are Vertical Behaviour Patterns Related to the Pantophysin Locus in the Atlantic Codd (*Gadus morhua* L.)? *Behaviour Genetics* 38, bls. 76-81.
- Pampoulie, C., Ruzzante, D.E., Chosson, V., Jörundsdóttir, T.D., Taylor, L., Thorsteinsson, V., Daníelsdóttir, A.K. & Marteinsdóttir, G. (2006) The genetic structure of Atlantic cod (*Gadus morhua*) around Iceland: insight from microsatellites, the Pan I locus, and tagging experiments. *Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 63, bls. 2660–2674.
- Pardoe, H., Þórðarsson, G. & Marteinsdóttir, G. (2008) Spatial and temporal trends in condition of Atlantic cod *Gadus morhua* on the Icelandic shelf. *Marine Ecology Progress Series* 362, bls. 261-277.
- Pálsson, Ó.K. & Thorsteinsson, V. (2003) Migration patterns, ambient temperature, and growth of Icelandic cod (*Gadus morhua*): evidence from storage tag data. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 60, bls. 1409-1423.
- Svåsand, T., Jørstad, K., Otterå, H. & Kjesbu, O.S. (1996) Differences in growth performance between Arcto-Norwegian and Norwegian coastal cod reared under identical conditions. *Journal of Fish Biology* 49, bls. 108-109.
- Thorsen, A. & Kjesbu, O.S. (2001) A rapid method for estimation of oocyte size and potential fecundity in Atlantic cod using a computer-aided particle analysis system. *Journal of Sea Research* 46, bls. 295-308.
- Van den Berghe, E.P. & Gross, M.R. (1984) Female size and Nest Depth in Coho Salmon (*Oncorhynchus-Kisutch*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 41, bls. 204-206.

