

Hafrannsóknir nr. 177

Kræklingarækt og umhverfisaðstæður í Patreksfirði og Steingrímsfirði

Guðrún G. Þórarinsdóttir, Hafrannsóknastofnun
Hafsteinn G. Guðfinnsson, Hafrannsóknastofnun
Jón Örn Pálsson, Skelfiskur ehf.

Hafrannsóknastofnun
Reykjavík 2014

EFNISYFIRLIT

ÁGRIP.....	3
ABSTRACT.....	3
1. INNGANGUR.....	4
2. EFNIVIÐUR OG AÐFERÐIR.....	4
3. NIÐURSTÖÐUR.....	6
3.1. Sjávarhiti.....	6
3.2. Blaðgræna.....	6
3.3. Skellengd og holdarfarsstuðull.....	7
3.4. Kynþroski og hrygning.....	8
3.5. Lirfur.....	8
4. UMRÆÐA.....	8
4.1. Skelvöxtur og holdfylling.....	8
4.2. Kynþroski og hrygning.....	9
5. LOKAORÐ.....	10
6. ÞAKKIR.....	11
7. HEIMILDIR.....	11
8. TÖFLUR.....	13
9. VIÐAUKI.....	15

ÁGRIP

Guðrún G. Þórarinsdóttir, Hafsteinn G. Guðfinnsson og Jón Örn Pálsson. 2014. Kræklingarækt og umhverfisaðstæður í Patreksfirði og Steingrímsfirði. Hafrannsóknir nr 177.

Vöxtur og hrygning kræklinga í rækt í Patreksfirði og Steingrímsfirði voru könnuð ásamt hitastigi sjávar og magni svifþörunga 2010-2011. Á báðum rannsóknarstöðum voru umhverfisaðstæður (fæða og hiti) mjög sambærilegar, þó aðeins væri meira um fæðu á formi svifþörunga (blaðgræna-*a*) fyrri part sumars í Steingrímsfirði. Skeljarnar voru svipaðar að meðallengd (u.þ.b. 36 mm) í apríl á báðum stöðum þegar mælingar hófust. Vöxturinn á næstu mánuðum var sambærilegur. Um miðjan ágúst, eftir 3ja mánaða vöxt, höfðu skeljarnar náð um það bil 50 mm lengd. Holdfyllingin var þó alltaf aðeins meiri í Steingrímsfirði sem tengja má meira fæðuframboði (blaðgræna-*a*) fyrri part sumars.

Í byrjun maí var stærstur hluti stofnsins á báðum rannsóknarstöðum orðinn kynþroska og tilbúinn til hrygningar. Hrygning hófst í byrjun júlí í Steingrímsfirði við 9°C og í lok mánaðarins í Patreksfirði við 11°C sjávarhita. Aðal-hrygningartíminn var frá ágúst til október við meðalsjávarhita frá 11°C og niður í 7°C en allri hrygningu lauk í nóvember og var þá hitinn kominn niður í 5°C. Þroskun kynfruma hófst strax að lokinni hrygningu í nóvember, en að öllum líkindum hefur verið lítið um fæðu á formi svifþörunga á þeim tíma, en skelin þá notað forðanæringu. Þroskun kynfruma jókst hægt þar til í marslok, en þá jókst hún verulega, samfara aukinni fæðu á formi svifþörunga að vori og auknum sjávarhita.

ABSTRACT

*Guðrún G. Þórarinsdóttir, Hafsteinn G. Guðfinnsson and Jón Örn Pálsson 2014. Culture of *Mytilus edulis* and environmental parameters in Patreksfjörður and Steingrímsfjörður. Marine Research Institute Iceland 177.*

Growth, gamete development and spawning in *M. edulis* at culturing sites in Patreksfjörður and Steingrímsfjörður was investigated along with environmental parameters (temperature and phytoplankton biomass measured as chlorophyll-*a*) 2010-2011. At both sites the environmental parameters were very much alike, however, there was higher phytoplankton biomass measured in Steingrímsfjörður in early summer. The shell length was similar at both sites when the sampling started in April (ca 36 mm), and in the middle of August the shells had reached about 50 mm length. The meat yield was always somewhat higher in Steingrímsfjörður which can be connected to more food availability especially in early summer.

In the beginning of May both populations were ripe and ready to spawn. The spawning started in the beginning of July in Steingrímsfjörður and late July in Patreksfjörður at sea temperature of 9°C and 11°C respectively. The main spawning period was from August and through October at mean sea temperature from 11°C to 7°C. A little fraction of the population continued spawning until November in spite of lowering sea temperature and decreasing food supply. The gonads started developing in November and continued during the winter. In late March the development increased and in May 2011 most of the individuals were ripe again.

1. INNGANGUR

Áhugi á ræktun kræklinga á Íslandi vaknaði um miðja síðustu öld (Ingimar Óskarsson 1957), en árið 1985 hófst fyrsta tilraunaræktin á línunum í Hvalfirði þar sem kræklingur náði markaðsstærð á 2 árum (Guðrún G. Þórarinsdóttir & Úlfar Antonsson 1993). Eftir síðustu aldamót jókst áhuginn og árið 2011, voru 17 aðilar sem stunduðu tilraunarækt víðsvegar um landið.

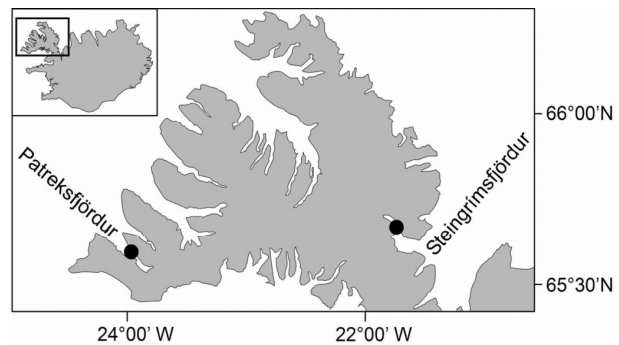
Ræktun kræklinga er háð umhverfisaðstæðum sem eru mjög breytilegar frá einum stað til annars og jafnvel á milli ára á sama stað. Kræklingurinn nærst eingöngu á þeirri fæðu sem til staðar er á ræktunarsvæðinu og er háður þeim skilyrðum sem þar eru. Fæðan samanstendur af örsmáum ögnum sem dýrin sía úr sjónum. Þessar agnir geta verið lifandi svifþörungur, dýrasvif, bakteríur eða mismikið niðurbrotið lífrænt efni (detritus). Fæðuframboðið er háð næringarefnum, seltu, hita og straumum. Svifþörungur eru taldir orkuríkasta og besta fæðan fyrir krækling (Lutz & Kennish 1992). Þeir innihalda blaðgrænu-*a* sem er auðmælanleg í sjósýnum og því oft notuð sem mælikvarði á magn þeirra og þar með fæðuframboðið.

Kræklingur verður kynþroska á fyrsta ári óháð stærð, sem getur verið mjög breytileg á milli staða og á milli ára (Seed & Suchanek 1992). Við góð lífsskilyrði, næga fæðu og áskjósanlegt hitastig, hrygnir kræklingur oft en einu sinni á ári, en við lakari skilyrði aðeins einu sinni (Thompson 1979). Í Evrópu hefst þroskun kynkirtla yfirleitt að hausti strax að lokinni hrygningu og heldur áfram fram eftir vetri og byggir á þessum tíma aðallega á uppsafnaðri forðanæringu. Snemma á vorin eftir að fæðuframboð hefur aukist verða dýrin kynþroska, hrygna svo að vorlagi eða snemmsumars og jafnvel oft en einu sinni (Reis-Heinriques & Coimbra 1990, Barkati 1990, Snooden & Roberts 1997, Guðrún G. Þórarinsdóttir et al. 2004). Við austurströnd Kanada og Bandaríkjanna virðist annað mynstur ríkjandi því þar þroska dýrin ekki kynfrumur fyrr en að vori um líkt leyti og fæða eykst. Ólíkt því sem gerist í Evrópu nýta þau ekki forðanæringu í þessum tilgangi en hrygna síðan að sumarlagi (Thompson 1984, Newell et al. 1982).

Eftir að eggjð frjóvgast myndast lirfa sem er sviflæg í sjónum í 3-5 vikur en sest eftir það á undirlag og hefur þá náð um 250 µm lengd. Lengd sviflæga tímabilsins fer eftir ásigkomulagi lirfanna og hvort þær finni hentugan stað að setjast á, ef ekki geta þær lengt lirfutímabilið (Lane et al. 1985, Pechenik et al. 1990).

Kynþroski og hrygning kræklinga í rækt við Ísland hefur verið skoðuð í Hvalfirði (Guðrún G. Þórarins-

dóttir & Úlfar Antonsson 1993), Breiðafirði og Mjóafirði (Guðrún G. Þórarinsdóttir & Karl Gunnarsson 2003). Tilraun til kræklingaræktunar hófst í Patreksfirði árið 2007 og í Steingrímsfirði sama ár og byggir þessi rannsókn á sýnatökum frá þessum ræktunarsvæðum á árunum 2010 - 2011. Markmið rannsókna var að kanna aðstæður til kræklingaræktunar í fjörðunum og rannsaka kynþroskaferli og hrygningartíma kræklinga og tengja þessa þætti árstíðabreytingum á hitastigi sjávar og magni svifþörunganna sem eru langmikilvægasta fæða kræklinga.



1. mynd. Staðsetning kræklingaræktunar í Patreksfirði og Steingrímsfirði.

Figure 1. Location of blue mussel cultures in Patreksfjörður and Steingrímsfjörður.

2. EFNIVIÐUR OG AÐFERÐIR

Lirfusafnarar voru settir út í Patreksfirði og Steingrímsfirði síðla sumars 2008 (1. mynd). Skel af söfnurum var stærðarflokkuð og sokkuð í nóvember 2009 og ræktuð áfram á 5 m dýpi við Þúfneyri í Patreksfirði (65°34'55N - 23°57'10W) (2. mynd) og Hellu í Steingrímsfirði (65°46'07N - 21°42'56W) (3. mynd).

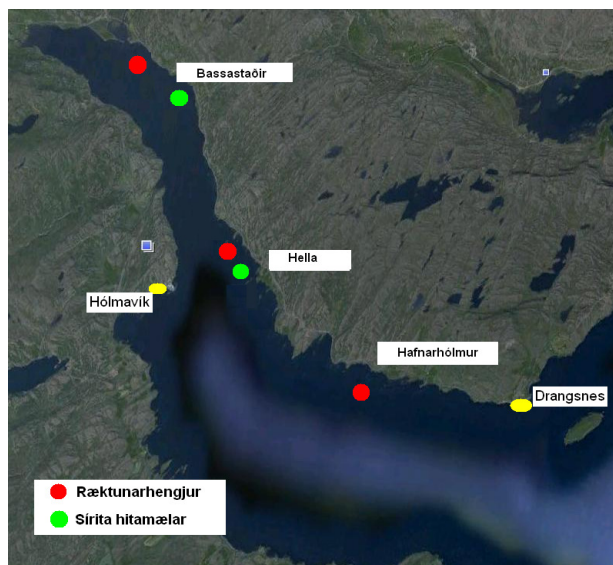


2. mynd. Staðsetning kræklingaræktunar og siritandi hitamæla í Patreksfirði.

Figure 2. Location of thermometers (green points) and growing sites (red points) in Patreksfjörður.

Síritandi hitamælum var komið fyrir á rannsóknarstöðunum á 5 m dýpi, til mælinga allt rannsóknartímabilið. Hitamælir sem komið var út í Patreksfirði tapaðist og voru því notaðar yfirborðsmælingar frá Þúfneyri (65°34'70 N-23°57'25V) í tengslum við túlkun niðurstaðna í Patreksfirði. Reiknuð voru dagsmeðaltöl og mánaðarmeðaltöl hita á stöðvunum og þau notuð til að lýsa hitabreytingum á rannsóknartímanum.

Kræklingssýni voru tekin (50 skeljar) á tímabilinu apríl 2010 – maí 2011 af ræktunarböndunum á 5 m dýpi á báðum ræktunarstöðum til mælinga á skellengd, þyngd og til útreikninga á holdarfarsstuðli.



3. mynd. Staðsetning kræklingaræktunar og síritandi hitamæla í Steingrímsfirði. Rannsóknin sem hér er fjallað um fór fram við Hella.

Figure 3. Location of thermometers (green points) and growing sites (red points) in Steingrímsfjörður. The present investigation was carried out at Hella.

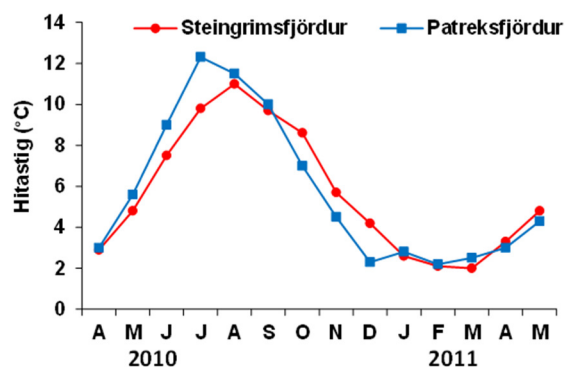
Safnað var á 2ja vikna fresti frá mars-júní, vikulega í júní - ágúst og mánaðarlega frá ágúst - mars. Holdfylling eða holdarfarsstuðull (meat yield) var reiknaður út, bæði eftir evrópskri (holdfylling=soðið kjöt *100/votvigt) og kanadískri (holdfylling=soðið kjöt/soðið kjöt + tómskel) aðferð. Heildarþyngd skelja og þyngd innmatar var mæld með 0,1 g nákvæmni og skellengdin með 0,1 mm nákvæmni. Skellengd var þó aðeins mæld frá apríl til september 2010 í Steingrímsfirði.

Til rannsókna á kynþroska og hrygningu var 30 skeljum safnað af ræktunarlínunum á 5 m dýpi á hvorum ræktunarstað. Sýnataka hóst í apríl 2010 og stóð til maí 2011 og voru sýni tekin samtímis og fyrir lengdar- og þyngdarmælingar. Sýni var tekið úr möttli

kræklingssins (u.þ.b. 0,5 cm biti) og komið fyrir í 10% formalíni og varðveitt þar til vefjasýnagerð fór fram. Vefjasýnin voru unnin á Vefjarannsóknastofnunni Suðurlandsbraut 4, Reykjavík. Vefjasýnin voru skoðuð í smásjá og flokkuð eftir útliti kynfruma í 10 mismunandi þroska- og hrygningarstig. Út frá þessum gögnum var reiknaður út meðalkynþroskastuðull fyrir hvern sýnatökudag (GI) sem hæstur getur orðið 5 (þegar allir einstaklingar eru kynþroska) og lægstur 0 (allir hafa hrygnt) (Seed 1969). Stærð eggja í kvendýrum var mæld undir smásjá.

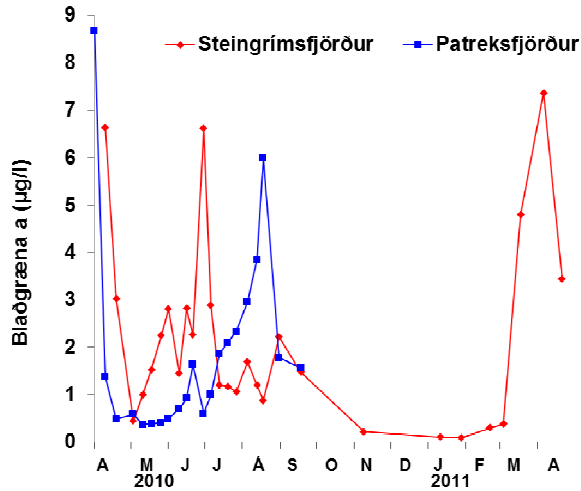
Sjósýni voru tekin samtímis kræklingssýnunum á 5 m dýpi, til mælinga á blaðgrænu, sem mælikvarða á magn og gæði fæðu kræklingssins. Sjósýni (1 L) var síað í gegnum Whatman GF/F síu sem var pakkað inn í álpappír og fryst. Á rannsóknastofnu Hafrannsóknastofnunar voru síurnar lagðar í 90% acetón í minnst 24 klst til að draga blaðgrænuna í acetónlausnina. Magn blaðgrænu var svo mælt með litrófsmæli (Strickland & Parsons 1972). Útreikningar gáfu styrk blaðgrænu-*a* í μg í einum lítra af sjó ($\mu\text{g l}^{-1}$). Þegar rætt er um blaðgrænu í texta er átt við blaðgrænu-*a*. Gögn um blaðgrænu liggja fyrir frá apríl 2010 til maí 2011 í Steingrímsfirði en frá apríl til október 2010 í Patreksfirði.

Kræklingslirfur voru greindar, lengdarmældar og taldar í háfsýnum frá 15. júní til 10. október 2010. Til að safna kræklingalirfum í sjó var notaður 1 m langur háfur með 100 μm möskvastærð. Opið á háfnum var 30 cm þvermál. Háfnum var sökk tvisvar niður á 20 m dýpi og hann síðan dreginn lóðrétt upp í yfirborð og hafði þá síað 2800 lítra af sjó.



4. mynd. Meðalsjávarhiti í Patreksfirði og Steingrímsfirði frá apríl 2010 til maí 2011.

Figure 4. Seasonal changes in mean monthly sea temperature in Patreksfjörður and Steingrímsfjörður April 2010 – May 2011.



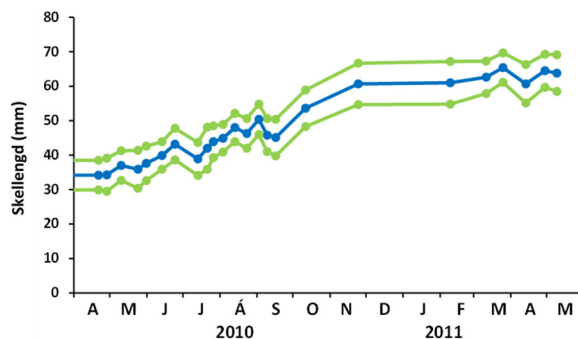
5. mynd. Blaðgræna-a ($\mu\text{g/l}$) á 5 m dýpi í Patreksfirði (apríl- október 2010) og Steingrímsfirði (apríl 2010-maí 2011).

Figure 5. Chlorophyll-a ($\mu\text{g/l}$) at 5 m depth in Patreksfjörður (April -October 2010) and Steingrímsfjörður (April 2010-May 2011).

3. NIÐURSTÖÐUR

3.1. Sjávarhiti

Meðalhitinn í Patreksfirði var hæstur í júlí ($12,3 \pm 1,1^\circ\text{C}$) en lægstur í febrúar ($2,2 \pm 0,1^\circ\text{C}$) (4. mynd). Hæsti meðahiti á sólarhring var í lok júlí (13°C) og sá lægsti um miðjan janúar ($2,0^\circ\text{C}$). Í Steingrímsfirði var meðalhitinn hæstur í ágúst ($11,0 \pm 1,2^\circ\text{C}$) lægstur í mars ($2,0 \pm 0,3^\circ\text{C}$) (4. mynd). Hæsti meðal-sólarhringshiti var í byrjun ágúst ($13,1^\circ\text{C}$) en sá lægsti í mars ($1,6^\circ\text{C}$).

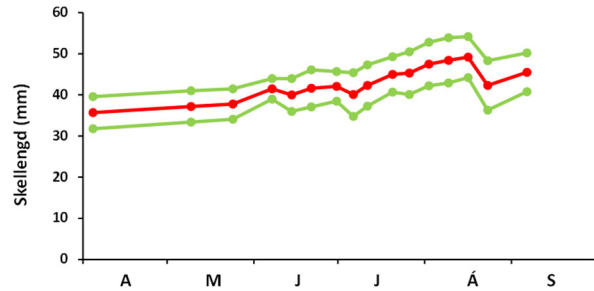


6. mynd. Meðallengd og staðalfrávik (SD) kræklinga frá apríl 2010 til maí 2011 í Patreksfirði.

Figure 6. Mean shell length and standard deviation (SD) of *M. edulis* in Patreksfjörður from April 2010 to May 2011.

3.2. Blaðgræna

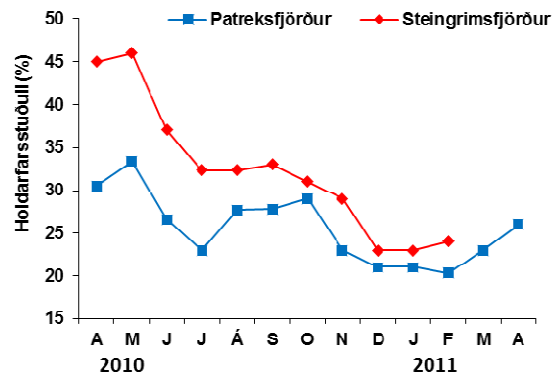
Þegar sjósýnataka hófst í lok apríl var vorblómi svifþörunganna í fullum gangi á báðum rannsóknarstöðum og blaðgrænumagnið í hámarki. Í Patreksfirði var blaðgrænan í hámarki í lok apríl ($8,7 \mu\text{g l}^{-1}$) féll hratt eftir það og mældist lítil yfir sumartímann ($< 1 \mu\text{g l}^{-1}$) þar til í lok júlí að hún jókst aftur og náði aftur háum gildum í september ($6,0 \mu\text{g l}^{-1}$) (5. mynd).



7. mynd. Meðallengd og staðalfrávik (SD) kræklinga frá apríl til september 2010 í Steingrímsfirði.

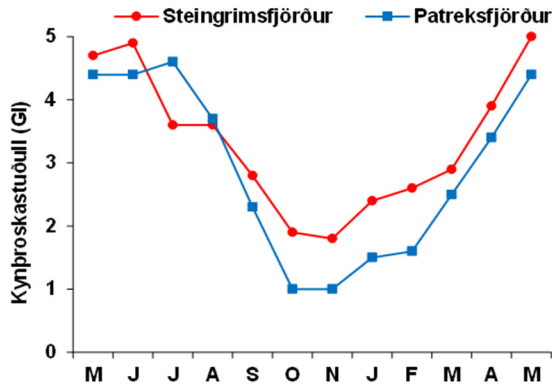
Figure 7. Mean shell length and standard deviation (SD) in *M. edulis* from April to September 2010 in Steingrímsfjörður.

Í Steingrímsfirði mældist blaðgrænan mikil ($6,6 \mu\text{g l}^{-1}$) í lok apríl en vorhámarkið gæti hafa verið fyrr í mánuðinum. Yfir sumarið mældust nokkrir gróður toppar og sá stærsti seinni part í júlí ($6,6 \mu\text{g l}^{-1}$). Vorhámarkið 2011 mældist í seinni hluta apríl ($7,4 \mu\text{g l}^{-1}$) (5. mynd). Blaðgræna í Steingrímsfirði í júlí var marktækt meiri en í Patreksfirði á sama tíma ($t=-2,57$, $DF=6$, $P=0,042$) en ekki mældist marktækur munur í september á milli staða sem gæti orsakast af fáum sýnum.



8. mynd. Holdfylling kræklinga (%) (evrópsk aðferð) í Patreksfirði (apríl 2010-maí 2011) og Steingrímsfirði (apríl 2010-mars 2011).

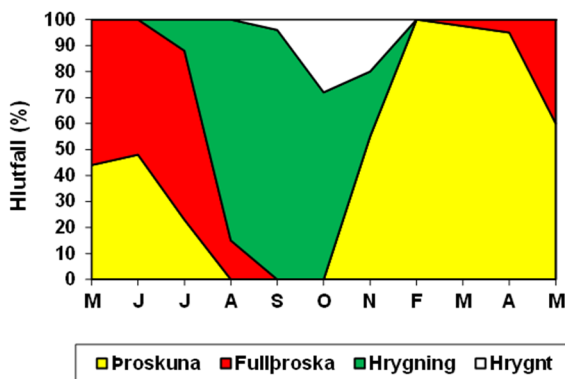
Figure 8. Mean meat yield in *M. edulis* from Patreksfjörður (April 2010-May 2011) and Steingrímsfjörður (April 2010 to March 2011).



9. mynd. Kynþroskastuðull kræklinga frá maí 2010 til maí 2011 í Patreksfirði og Steingrímsfirði.
Figure 9. Gonad index in *M. edulis* from May 2010 to May 2011 in Patreksfjörður and Steingrímsfjörður.

3.3. Skellengd og holdarfarsstuðull

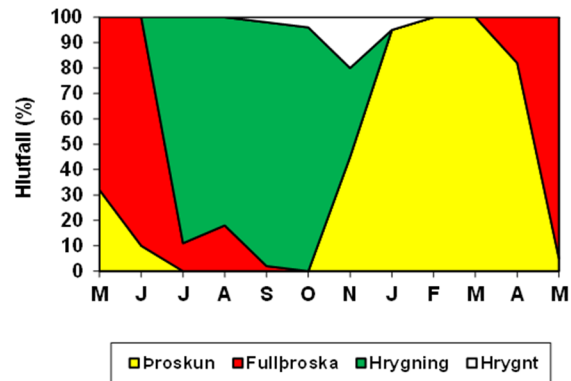
Við upphaf mælinga í Patreksfirði var meðallengd kræklinga 34,3 mm. Vöxturinn var hægur í upphafi rannsóknatímabilsins, en tók aðeins við sér í maí og um miðjan ágúst. Um fjórum mánuðum eftir að mælingar hófust, hafði skelin vaxið um 13,7 mm og



10. mynd. Hlutfall kræklinga á mismunandi kynþroska- og hrygningarstigum í Patreksfirði frá maí 2010 til maí 2011.
Figure 10. Percentage of *M. edulis* in each phase of the gametogenic cycle during 2010-2011 in Patreksfjörður.

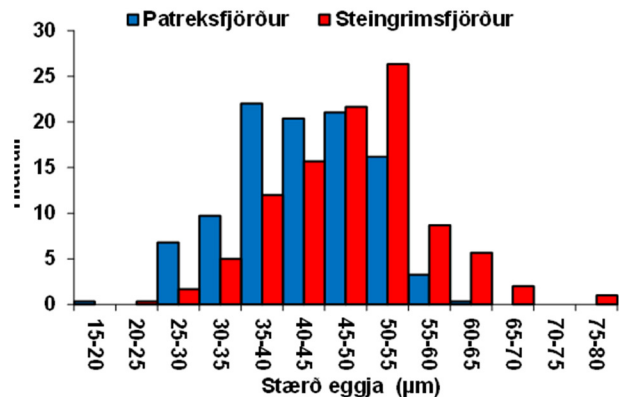
var þá 48 mm meðallengd (6. mynd). Frá miðjum ágúst fram undir miðjan september dró úr vextinum en hann tók aðeins við sér eftir það og fram í nóvember þegar hann stöðvaðist (6. mynd). Ársvöxturinn var 26 mm.

Við upphaf mælinga í Steingrímsfirði þ.e. í lok apríl 2010 var skelin að meðallengd 35,7 mm. Skelin óx nokkuð þar til í byrjun júní að vöxturinn stöðvaðist í um það bil mánaðartíma. Um miðjan ágúst, hafði skelin náð 49,3 mm meðallengd (7. mynd) eða vaxið um 13,7 mm. Síðustu tvær mælingarnar á rannsóknar-



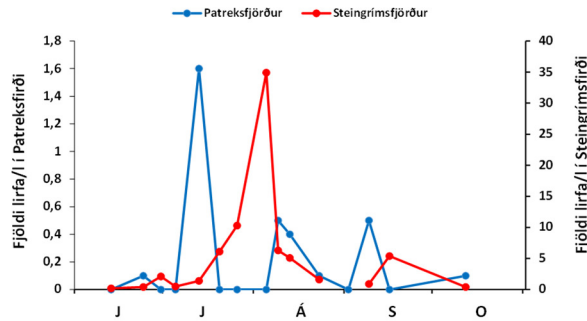
11. mynd. Hlutfall kræklinga á mismunandi kynþroska- og hrygningarstigum í Steingrímsfirði frá maí 2010 til maí 2011.
Figure 11. Percentage of *M. edulis* in each phase of the gametogenic cycle during 2010-2011 in Steingrímsfirði.

tímabilinu (26. ágúst og 6. september) voru ómarktækar, þar sem skelin mældist styttri en áður. Skýringin gæti verið að sýnin hafi ekki verið tekin af réttum ræktunarböndum eða að þau samanstandi af fleiri en einum árgangi skelja.



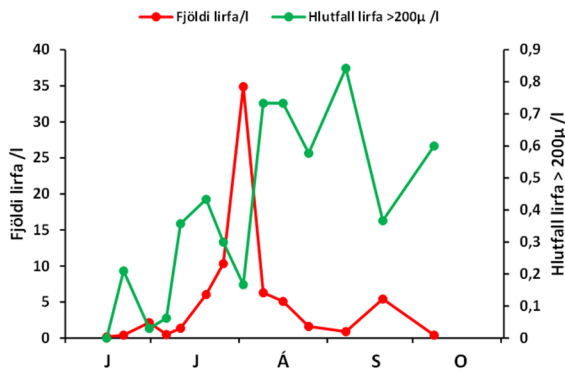
12. mynd. Hlutfall kræklingseggja í stærðarhópum í Patreksfirði og Steingrímsfirði.
Figure 12. Percentage of *M. edulis* eggs in size classes in Patreksfjörður and Steingrímsfjörður.

Holdfyllingin var alltaf meiri í Steingrímsfirði en Patreksfirði en sveiflurnar voru mjög svipaðar á báðum stöðum (8. mynd). Þegar mælingar hófust í apríl var holdfyllingin hlutfallslega há á báðum stöðum (45% og 30%) og náði hámarki seinni partinn í maí (46% og 33%). Eftir þetta minnkaði holdfyllingin þar til í ágúst að hún jókst aftur fram í september. Um haustið minnkaði holdfyllingin enn og var í lágmarki á báðum stöðum frá desember til febrúar (23% og 21%) (8. mynd).



13. mynd. Fjöldi lirfa í einum lítra af sjó í Patreksfirði og Steingrímsfirði frá júní til október 2010. Athugið mismunandi skala á y-ásum.

Figure 13. Number of larvae per one litre seawater from June to October 2010 in Patreksfirði and Steingrímsfirði. Notice different scales on y-axes.



14. mynd. Fjöldi lirfa/l af sjó og hlutfall lirfa >200 µm að lengd í Steingrímsfirði frá júní til október 2010.

Figure 14. Number of larvae/l seawater and percentage of larvae >200 µm in SL from Steingrímsfirði from June to October 2010.

3.4. Kynþroski og hrygning

Þegar sýnataka hófst í Patreksfirði í byrjun maí var kynþroskastuðullinn hár ($GI=4,4$) og höfðu 55% einstaklinga náð fullum kynþroska en hámarkinu ($GI=4,7$) var náð um miðjan júlí (9. og 10. mynd, 1. tafla).

Hrygningartíminn var frá júlilokum þegar hitastig sjávar var $11,6^{\circ}\text{C}$ og út nóvember en aðalhrygningartímabilið var frá byrjun ágúst og út október (9. mynd, 1. tafla). Í byrjun október hafði 30% stofnsins lokið hrygningu og rúm 50% voru á síðustu stigum hrygningar. Í lok nóvember hófst þroskun kynfruma að nýju áður en öll egg og svil voru horfin úr sekkjunum. Þegar sýntöku lauk í maí 2011 voru 40% einstaklinga orðnir fullþroska og 60% á loka þroskunarstigum (10. mynd, 1. tafla).

Kynþroskaferlið í Steingrímsfirði var mjög svipað og í Patreksfirði. Sýnataka hófst þó mánuði fyrir eða í

byrjun apríl og var þá kynþroskastuðullinn hár ($GI=4,5$) (9. mynd, 2. tafla) og hafði rúmlega helmingur stofnsins (60%) náð fullum kynþroska (11. mynd, 2. tafla). Í byrjun júní náði kynþroskastuðullinn hámarki ($GI=5,0$), en féll í byrjun júlí samfara því að hrygning hófst en þá var hitastig sjávar $8,8^{\circ}\text{C}$ (6. júlí) (9. mynd). Hrygningartíminn var frá byrjun júlí og fram í byrjun nóvember en aðalhrygningin var frá miðjum ágúst og fram í október. Myndun kynfruma hófst í lok nóvember, jafnvel áður en allri hrygningu var lokið. Kynþroskastuðullinn jókst hægt fram í apríl, en síðan verulega og náði hámarki í maí (5,0) og var þá 95% af stofninum fullþroska (9. og 11. mynd, 2. tafla).

Stærð eggja í júlí (fullþroska) var mæld á báðum rannsóknarstöðum. Egg $> 50 \mu\text{m}$ í þvermál voru algengari í Steingrímsfirði (meðalstærð = $46,5 \pm 8,8 \mu\text{m}$) en Patreksfirði (meðalstærð = $41,1 \pm 7,7 \mu\text{m}$) (12. mynd).

3.5. Lirfur

Mjög fáar lirfur fundust í sjónum allt sýnatökutímabilið (13. júní – 12. október) í Patreksfirði, flestar þó um miðjan júlí ($1,6 \text{ lurfur l}^{-1}$) (13. mynd). Í Steingrímsfirði fundust einnig fáar lirfur þegar sýnataka hófst en eftir 13. júlí fór þeim fjölgandi þar til hámarki var náð 5. ágúst (35 lurfur l^{-1}). Eftir það fækkaði þeim hratt aftur, en annað hámark og mun minna mældist 16. september ($5,5 \text{ lurfur l}^{-1}$) (13. mynd). Stærðardreifing lurfanna á rannsóknatímabilinu í Steingrímsfirði var skoðuð (sjá 9.VIÐAUKI) og sýndu niðurstöður að engar lirfur voru tilbúnar til ásetu ($>200 \mu\text{m}$) fyrr en eftir 11. júlí og voru þá hlutfallslega fáar. Þann 9. ágúst hafði þessum lurfum fjölgað verulega og var fjöldi þeirra í hámarki til 16. september (13. mynd).

Hlutfall lirfa $>200 \mu\text{m}$ að lengd og þar með tilbúnar til ásetu var skoðuð í Steingrímsfirði. Flestar lirfur tilbúnar til ásetu fundust á tímabilinu 9. ágúst til 6. september þegar 70-75% allra lirfa voru stærri en $200 \mu\text{m}$ en annan topp mun minni var einnig að sjá 20. júlí (18%) (14. mynd).

4. UMRÆÐA

4.1. Skelvöxtur og holdfylling

Sjávarhiti og fæða eru talin ráða mestu um lífsskilyrði kræklinga og þar með vöxt hans. Sjávarhiti á báðum ræktunarstöðum var mjög sambærilegur allt rannsóknartímabilið en fæðuframboð (á formi blaðgrænu) var nokkuð mismunandi.

Breytingar á styrk blaðgrænu yfir rannsóknartímabilið á báðum rannsóknarstöðum á 5 m dýpi voru allmiklar, en vorhámark svifþörunganna var í báðum tilfellum í apríl ($6,6 \mu\text{g l}^{-1}$ og $8,7 \mu\text{g l}^{-1}$). Í Steingrímsfirði var magn blaðgrænu yfir sumarið nokkuð stöðugt ($1-3 \mu\text{g l}^{-1}$) að lágmarkinu ($0,2 \mu\text{g l}^{-1}$) og hámarkinu ($6,6 \mu\text{g l}^{-1}$) í maí og júlí undanskildum. Í Patreksfirði, aftur á móti, mældist blaðgrænan lág yfir sumarið ($<1 \mu\text{g l}^{-1}$) þar til eftir miðjan júlí að hún fór vaxandi og hausthámark svifþörunganna var í september ($6 \mu\text{g l}^{-1}$). Þessar niðurstöður eru sambærilegar niðurstöðum frá kræklingaræktunarstöðum annarsstaðar við landið. Í Hvalfirði (1986-1987) voraði í sjónum í apríl þó hámarki gróðurs hefði ekki verið náð fyrr en í lok maí ($6 \mu\text{g l}^{-1}$) en það var sambærilegt við vorhámark á báðum rannsóknarstöðum í núverandi rannsókn. Sumarhámark mældist í júlilok ($5,6 \mu\text{g l}^{-1}$) (Guðrún G. Þórarinsdóttir & Úlfar Antonsson 1993). Í Mjóafirði (1995-1997) og í Breiðafirði (2000) voraði ekki fyrr en í maí og voru hámarksgildin nokkuð lægri en í núverandi rannsókn. Mest var mælt af blaðgrænu í Mjóafirði í júlilok ($3,7 \mu\text{g l}^{-1}$) og í september í Breiðafirði ($4,5 \mu\text{g l}^{-1}$) (Guðrún G. Þórarinsdóttir & Karl Gunnarsson 2003).

Skelvöxturinn frá apríl til september var svipaður á báðum ræktunarstöðum. Vöxturinn var lítill sem enginn fram í maí, stöðvaðist í júní og jókst síðan aftur í júlí og ágúst. Frá apríl til ágúst óx skelin um það bil 14 mm á báðum ræktunarstöðum en þá var hlýjast í sjónum og töluvert fæðuframboð á báðum stöðum. Skelvöxtur var ekki mældur í Steingrímsfirði eftir 6. september, en mælingar frá Patreksfirði sýna töluverðan vöxt að hausti og þá einkum eftir 20. september, þá var enn töluvert af svifþörungafæðu í sjónum.

Erfitt er að bera núverandi niðurstöður saman við niðurstöður frá öðrum ræktunarstöðum við landið þar sem skeljarnar, sérstaklega í Patreksfirði, mældust styttri þegar leið á vaxartímabilið. Það gæti orsakast af rangri sýnatöku eða ásetu fleiri en eins árgangs á ræktunarböndunum. Í rækt í Mjóafirði mældist skelvöxturinn frá júní til ágúst 10 mm (2 mánuðir) og tengdist hámarki fæðu og hæstum sjávarhita á þeim árstíma (Guðrún G. Þórarinsdóttir 2003).

Holdfylling var alltaf meiri í Steingrímsfirði en Patreksfirði og á það sérstaklega við um vor og snemms umars, þó ferlið væri svipað á báðum rannsóknarstöðum. Holdfylling náði hámarki á báðum ræktunarstöðum í maí en minnkaði eftir það þar til í júlí að hún hélst nokkuð stöðug til október þá varð frekara fall og lágmarki náð í desember. Aðeins var mælt eftir þann tíma í Patreksfirði og jókst holdfyllingin þar í mars og apríl er sýnatöku lauk.

Sveiflur í holdfyllingu að vori fylgja fæðuframboði á formi svifþörungna. Í apríl var vorhámark svifþörunganna á báðum ræktunarstöðum en síðan verulega minnkandi magn í maí. Þegar svifþörungamagnið jókst aftur í júlí, á báðum stöðum, var hrygning að hefjast og dýrin léttust af þeim sökum þrátt fyrir aukna fæðu og aukinn sjávarhita. Holdfyllingin jókst aðeins í ágúst og september í Patreksfirði en hélst stöðug í Steingrímsfirði, þrátt fyrir aðal hrygningartímam og tengist það fæðuframboði, sérstaklega í Patreksfirði þar sem meira var um fæðu á þeim árstíma en í Steingrímsfirði. Eftir miðjan september minnkaði holdfyllingin aftur á báðum stöðum sem skýra má með minnkandi fæðuframboði og aukinni orkunotkun vegna kynfrumumyndunar. Í mars jókst holdfyllingin aftur í Patreksfirði sem að öllum líkindum tengist vorvexti svifþörunganna sem hófst á þessum tíma og náði hámarki í apríl.

4.2. Kynþroski og hrygning

Það er mismunandi er frá einum stað til annars hvenær, hversu lengi og hve oft á ári kræklingur hrygnir. Einnig getur þetta verið mismunandi á sama stað frá ári til árs. Umhverfisþættir eins og selta, hiti og fæðuframboð eru taldir hafa hvað mest áhrif á kynþroskaferlið, hrygninguna og lengd hrygningartímans (Newell et al. 1982) en þættir eins og hormónabúskapur dýranna (Reis-Heinriques & Coimbra 1990), forðanæring og erfðaeiginleikar (Hilbish & Zimmerman 1988) eru einnig mikilvægir.

Á báðum ræktunarstöðum var kræklingurinn að þroska kynfrumur allt árið að undanskildum þeim vikum þegar allir einstaklingarnir voru fullþroska (2 vikur í Steingrímsfirði) eða að hrygna. Flestir einstaklingar höfðu náð fullum kynþroska 7. júní í Steingrímsfirði við $8,1^{\circ}\text{C}$, en ekki fyrr en um miðjan júlí í Patreksfirði við $10,3^{\circ}\text{C}$. Hrygning hófst 6. júlí í Steingrímsfirði við $8,8^{\circ}\text{C}$ og 3 vikum seinna í Patreksfirði við $11,6^{\circ}\text{C}$. Hrygningin stóð út október á báðum stöðum, en fjórðungur stofnsins var þó enn að hrygna í nóvember, við lækkandi hita og minnkandi fæðu. Aðal hrygningartímabilið var ágúst - september á báðum stöðum við meðalsjávarhita frá $9,7$ til $11,5^{\circ}\text{C}$ eftir mánuðum og stöðum. Mest var um fæðu á formi svifþörungna í ágúst og september í Patreksfirði og var hausthámarkið mælt 9. september ($6 \mu\text{g l}^{-1}$). Svifþörungagróðurinn var fyrr á ferðinni í Steingrímsfirði en Patreksfirði sem gæti hafa orsakað að skeljarnar voru fyrr kynþroska og hófu hrygningu fyrr í Steingrímsfirði en hitinn á þessum stöðum var mjög sambærilegur. Í lok nóvember hófst kynfrumumyndun á báðum stöðum að nýju og jókst hægt þar til í apríl að flestir einstaklingar voru á síðustu þroskunarstigum og jafnvel fullkynþroska og tilbúnir til hrygningar.

Bláðgrænan var mæld í Steingrímsfirði allt árið og var mjög lítil frá nóvember til apríl er hún jókst mjög. Þetta er í samræmi við rannsóknir á grunnsævi við Ísland, sem sýna að bláðgræna er í lágmarki frá nóvember og fram í apríl (Þórunn Þórðardóttir 1994). Á þessum tíma hafa skeljarnar að öllum líkindum notað forðanæringu til að þroska kynfrumur. Í apríl jókst hitinn og fæðan til muna og þá þroskuðust kynkirtlarnir hratt. Í byrjun maí 2011 var kræklingurinn í Steingrímsfirði orðinn fullþroska og þroskunin langt komin í Patreksfirði.

Í kræklingarækt í Mjóafirði árið 2000 var svipað mynstur ríkjandi varðandi þroskun kynfruma og hrygningu, þar sem allur stofninn var fullþroska um miðjan júlí, þegar sjávarhitinn var um 8°C en í lok mánaðarins voru tæp 90% hans farin að hrygna og hélst það hrygningarhlutfall út ágúst þegar sjávarhiti var hæstur (9-10°C) og mest af fæðu (2-3,8 µg l⁻¹). Strax að lokinni hrygningu hófst kynfrumuþroskun að nýju þó aðallega í október en hluti stofnsins (10-50%) var að hrygna fram undir miðjan nóvember (Guðrún G. Þórarinsdóttir & Karl Gunnarsson 2003). Í Breiðafirði hófst hrygning í júlí en aðalhrygningartíminn var í ágúst og fram í nóvember. Þroskun kynfruma hófst að nýju í október (Guðrún G. Þórarinsdóttir & Karl Gunnarsson 2003). Annað mynstur var ríkjandi í kynfrumuþroskun hjá kræklingi í Hvalfirði 1986-1987, þar sem kræklingurinn var tilbúinn til hrygningar um miðjan júní við 8°C og hófst þá hrygning en aðalhrygningin var í júlí og ágúst við hámarks fæðuframboð og 10-12°C. Örfáir hrygnandi einstaklingar fundust í október og nóvember en engin merki um þroskun kynfruma fyrir en í janúar/febrúar (Guðrún G. Þórarinsdóttir & Úlfar Antonsson 1993).

Byrjun kynþroskaferils (Grey et al. 1997) og upphaf hrygningar (Sprung 1983) hafa verið tengd hitabreytingum sjávar. Niðurstöður frá nálægum hafsvæðum benda til að sjórinn þurfi að ná ákveðnu hitastigi áður en hrygning hefst (Kautsky 1982) þó aðrar rannsóknir hafi ekki sýnt nein merki um þetta (Seed & Suchanek 1992). Fæðuframboð hefur einnig verið tengt kynþroskaferlinu og virðist aðalhrygningin fara fram þegar mest er um fæðu á forni svifþörungum bæði fyrir lirlfur og fullorðin dýr (Newell et al. 1982, Starr et al. 1991).

Úr frjóvguðum eggjum kræklinga þroskast lirlfur sem eru sviflægar fyrstu vikurnar og nærast á smáum svifþörungum sem þær sía úr sjónum. Lirlfurnar myndbreytast og þunn gegnsæ skel myndast fljótlega. Lengd lirlfustigs getur verið breytilegt á milli svæða og ára og fer eftir fæðuframboði og umhverfisskilyrðum. Í núverandi rannsókn fundust alltaf miklu fleiri lirlfur í Steingrímsfirði en Patreksfirði. Flestar voru lirlfurnar í

Steingrímsfirði um miðjan ágúst en þær voru af ýmsum stærðum og því misgamlar. Aðalhrygningin í Steingrímsfirði var í ágúst og september en fjöldi lirlfa sem fundust endurspeglar ekki hrygningartímann. Lirlfurnar hafa allavega verið 2-3 vikna á þessum tíma sem bendir til hrygningar í byrjun eða um miðjan júlí, en þá var hrygning aðeins farin að hefjast. Örlítill toppur í fjölda lirlfa var aftur um miðjan september sem gæti tengst hrygningu í ágúst en endurspeglar ekki aðalhrygningartímabilið. Í Patreksfirði fundust nær engar lirlfur í sjónum fyrir en um miðjan júlí og var fjöldinn mestur þá á öllu rannsóknartímabilinu. Þessi toppur kemur í ljós áður en hrygning hófst á svæðinu og því merki um að lirlfurnar berist annarsstaðar frá, eða hafi komið frá mjög lítilli hrygningu sem ekki varð vart í sýnunum.

Hlutfall lirlfa sem voru >200 µm lengd í Steingrímsfirði og þar með tilbúnar til ásetu, var mjög lágt alla sýnatökudagana. Þann 9. september var hlutfallið hæst, en heildarfjöldi lirlfa í sjónum var þá mjög lítil.

Í rannsókn í Hvalfirði haustið 1987 voru kræklinglirlfur sviflægar í 4-5 vikur áður en ásetan hófst (Guðrún G. Þórarinsdóttir & Úlfar Antonsson 1993). Kræklinglirlfur hafa litla sundgetu og færast þær með straumum frá hrygningarstaðnum. Í þeim tilfellum sem hringstreymi er á sjónum þar sem hrygningin á sér stað, gætu lirlfur haldist innan fjarðar. Yfirleitt má þó gera ráð fyrir að þær berist lengri leiðir til næstu fjarða eða á haf út sem væri líklegri miðað við almennt straumakerfi í íslenskum fjörðum (t.d. Steingrímur Jónsson, 2004). Erfitt getur því verið að tengja lirlfúásetu á svæðinu við hrygninguna á sama svæði og reyndist það svo í núverandi rannsókn. Ef ekkert heppilegt setundirlag er fyrir kræklinglirlfur geta þær framlengt sviflæga tímabilið um 2 mánuði við 16°C (Pechenik et al. 1990) og jafnvel meira en 6 mánuði þegar vöxtur er hægur (Lane et al. 1985). Mikil afföll eru á sviflæga tímabilinu og ef það lengist mikið eru fáar kræklinglirlfur sem ná að setjast á undirlag (Widdows 1991).

5. LOKAORD

Ræktunarstaðirnir í Steingrímsfirði og Patreksfirði reyndust mjög sambærilegir hvað varðar umhverfisþætti eins og hita og fæðuframboð á forni svifþörungum og skelvöxtur var mjög svipaður á báðum stöðum. Að vorhámarkinu undanskildu, var þó meira fæðuframboð fyrri part sumars í Steingrímsfirði en í Patreksfirði og öfugt seinni part sumars, sem gæti skýrt meiri holdfyllingu kræklinga í Steingrímsfirði

sérstaklega snemmsumars. Kræklingur í Steingrímsfirði varð fyrir kynþroska en í Patreksfirði og einnig hófst hrygningin þar fyrir, þó að aðal hrygningartíminn væri sá sami á báðum stöðum. Þessi munur gæti skýrst af mismunandi fæðuframboði fyrri hluta sumars. Hrygningu lauk á báðum stöðum á svipuðum tíma og myndun kynfruma hófst strax að lokinni hrygningu á báðum ræktunarstöðum.

6. ÞAKKIR

Við þökkum Magnúsi Ö. Ásbjörnssyni og Evu K. Reynisdóttur fyrir sýnatökuna og frágang sýna. Sveitastjórnnum í Strandabyggð og Kaldrananeshreppi eru færðar þakkir fyrir veittan fjárstuðning við verkefnið sem og Verkefnasjóði Sjáravátvegsins og AVS sjóðnum. Fyrirtækið ST2 ehf fær einnig þakkir fyrir fjárstuðning og að leggja fram bát til sýnatöku í verkefninu. Rannsókn- og nýsköpunarsjóður V-Barðastrandasýslu styrkti gerð vefjasýna og eru honum hér færðar bestu þakkir.

7. HEIMILDIR

Barkati, S. 1990. Reproduction of the mussel *Mytilus edulis* L. from Lindaspollene, Western Norway. *Oebalia*: 16: 1-14.

Grey, A.P., Seed, R. & Richardson, C.A. 1997. Reproduction and growth of *Mytilus edulis chilensis* from the Falkland Islands. *Scientia Marina* 61: 39-48.

Guðrún G. Þórarinsdóttir 2003. Vöxtur, holdarfar, kynþroski og hrygning kræklinga í rækt í Mjóafirði. Í, Karl Gunnarsson (ritstj.), *Umhverfisaðstæður, sviðþörungar og kræklingur í Mjóafirði*. Hafrannsóknastofnunin, Fjölrit nr 92. 77-87.

Guðrún G. Þórarinsdóttir & Úlfar Antonsson 1993. Tilraunaræktun á kræklingi í Hvalfirði. *Náttúrufræðingurinn* 63: 243-251.

Guðrún G. Þórarinsdóttir, Karl Gunnarsson & María Dam 2004. The gametogenic cycle and spawning in *Mytilus edulis* in Faroe Islands. *Froðskaparrit* 51: 270-279.

Guðrún G. Þórarinsdóttir & Karl Gunnarsson 2003. Reproductive cycles of *Mytilus edulis* L. on the west and east coast of Iceland. *Polar Research* 22: 217-223.

Hilbish, T.J. & Zimmerman, K.M. 1988. Genetic and nutritional control of the gametogenic cycle in *Mytilus edulis*. *Marine Biology* 98: 223-228.

Ingimar Óskarsson 1957. Hagnýting skeldýra. *Náttúrufræðingurinn* 27: 73-85.

Kautsky, N. 1982. Quantitative studies on gonad cycle, fecundity, reproduction output and recruitment in Baltic *Mytilus edulis* population. *Marine Biology* 68: 143-160.

Lane, D.J.W., Beaumont, A.R. & Hunter, J.R. 1985. Byssus drifting and the drifting threads of the young post-larval mussel *Mytilus edulis*. *Marine Biology* 84: 301-308.

Lutz, R.A. & Kennish, M.J. 1992. Ecology and morphology of larval and early postlarval mussels. In, E. Gosling (ed.), *The mussel Mytilus: Ecology, physiology, genetics and culture*. Elsevier Amsterdam - London - New York - Tokyo s. 53-80.

Newell, R.I.E., Hilbish, T.J., Koehn, R.K. & Newell, C.J. 1982. Temporal variation in the reproductive cycle of *Mytilus edulis* L. (Bivalvia, Mytilidae) from localities on the east coast of The United States. *Biological Bulletin* 162: 299-310.

Pechenik, J.A., Eyster, K.S., Widdows, J. & Bayne, B.L. 1990. The influence of food concentration and temperature on growth and morphological differentiation of blue mussel *Mytilus edulis* L. larvae. *Journal of Marine Biology and Ecology* 136: 47-64.

Reis-Heinriques, M.A. & Coimbra, J. 1990. Variations in the levels of progesterone in *Mytilus edulis* during the annual reproductive cycle. *Comparative Biochemical Physiology* 95, 3: 343-348.

Seed, R. 1969. The ecology of *Mytilus edulis* L. (Lamellibranchiata) on exposed rocky shores. I. Breeding and settlement. *Oecologia* 3: 277-316.

Seed, R. & Suchanek, T.H. 1992. Population and community ecology of *Mytilus*. In, E. Gosling (ed.), *The mussel Mytilus: Ecology, physiology, genetics and culture*. Elsevier Amsterdam - London - New York - Tokyo s. 87-169.

Snooden, L.M. & Roberts, D. 1997. Reproductive patterns and tidal effects on spat settlement of *Mytilus edulis* populations in Dundrum Bay, Northern Ireland. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 77: 229-243.

- Sprung, M. 1983. Reproduction and fecundity of the mussel *Mytilus edulis* at Helgoland (North Sea). *Helgolander Meeresuntersuchungen* 36: 243-255.
- Starr, M., Himmelman, J.H. & Therriault, J.C. 1991. Coupling of nauplii release in barnacles with phytoplankton blooms: a parallel strategy to that of spawning in urchins and mussels. *Journal of Plankton Research* 13: 561-571.
- Strickland, J.D.H. & Parsons, T.R. 1972. A practical handbook of seawater analysis. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada* 167: 1-310.
- Thompson, R.J. 1979. Fecundity and reproductive effort in the blue mussel (*Mytilus edulis*, L), the sea urchin (*Stroglyocentrotus droebachiensis*) and the snow crab (*Chionoecetes opilio*) from populations in Nova Scotia and Newfoundland. *Journal of Fisheries Research Board Canada* 36: 955-964.
- Thompson, R.J. 1984. The reproductive cycle and physiological ecology of the mussel *Mytilus edulis* in a subarctic, non-eustarine environment. *Marine Biology* 79: 277-288.
- Þórunn Þórðardóttir 1994. Plöntusvif og framleiðni í sjónum við Ísland. Íslendingar, hafið og auðlindir þess. Í: Unnsteinn Stefánsson (ritstj.), *Vísindafélag Íslendinga, Ráðstefnurit 4*: 65-88.
- Widdows, J. 1991. Physiological ecology of mussel larvae. *Aquaculture* 94: 147-163.
-

8. TÖFLUR

Tafla 1. Fjöldi kræklinga á mismunandi kynþroska- og hrygningarstigum, kynþroskastuðull og meðalsjávahiti í Patreksfirði á sýnatökudögum frá maí 2010 til maí 2011.

Table 1. Number of *Mytilus edulis* at each gonad developmental stage, gonad index and mean sea temperature at the sampling dates in Patreksfjörður 2010.

Dags. 2010-2011	Fjöldi Alls	Þroskastig				Full- þroska V	Hrygningarstig				Hryngt 0	Kynþr. stuðull GI	Hiti °C
		I	II	III	IV		IV	III	II	I			
10. maí	25			4	6	15						4,4	4,5
24.maí	25		1	3	5	16						4,4	6,2
31. maí	25			2	12	11						4,4	6,8
13. júní	25			2	16	7						4,2	7,9
24. júní	25			10	6	9						4,0	8,7
5. júlí	25			3	8	14						4,4	9,6
23. júlí	25			1	5	19						4,7	10,3
21. júlí	25			1	5	19						4,7	11,8
26. júlí	25					13	12					4,5	11,6
3. ágúst	25					4	16	5				4,0	11,6
13. ágúst	25					2	10	8	5			3,4	11,8
23. ágúst	25					5	11	7	2			3,8	11,3
2. sept.	25						2	14	5	4		2,6	11,5
9. sept.	25							12	9	3	1	2,3	11,4
16. sept	25						4	6	8	5	2	2,2	10,6
11. okt.	25						1	1	3	13	7	1,0	9,8
24. nóv.	20	8	3							5	4	1,0	5,1
9. feb.	20	12	4	4								1,6	2,8
11. mars	20	7	7	6								2,0	2,0
25. mars	20	3	4	4	8	1						3,0	1,8
13. apríl	20	1	3	11	4	1						3,1	3,0
29. apríl	20		1	9	9	1						3,5	3,2
9. maí	20			1	11	8						4,4	3,5

9. VIÐAUKI

Stærðardreifing kræklingslirfa í Steingrímsfirði 15. júní - 8. október 2010.

