



Kafla 4. Umhverfismál og eldistækni

Valdimar Ingi Gunnarsson, Fiskeldishópur AVS og Karl Gunnarsson, Hafrannsóknastofnunin

Efnisyfirlit

4.1 Inngangur.....	41
4.2 Áhrif umhverfispáttá á þorskeldi.....	42
4.2.1 Áhrif umhverfis á sjókvíaeldi.....	42
4.2.2 Sjávarhiti.....	42
4.2.3 Vindálag, straumar og öldur.....	43
4.2.4 Lagnaðarís, hafís og ísing.....	45
4.2.5 Marglyttur.....	47
4.2.6 Skaðlegir svifþörungar.....	47
4.2.7 Ásætur.....	48
4.2.8 Afræningjar.....	49
4.2.9 Súrefnisskortur.....	50
4.3 Áhrif þorskeldis á umhverfið.....	50
4.3.1 Umhverfisáhrif sjókvíaeldis.....	50
4.3.2 Slysasleppingar.....	51
4.3.3 Erfðablöndun.....	52
4.3.4 Lífræn mengun.....	54
4.3.5 Fisksjúkdómar.....	55
4.3.6 Efnanotkun.....	56
4.4 Umhverfis- og skipulagsmál fiskeldis.....	57
4.4.1 Vistvænt fiskeldi.....	57
4.4.2 Leyfisveitingar.....	57
4.4.3 Samhæfð strandsvæðastjórnun.....	58
4.4.4 Innra eftirlit og vöktun hjá fyrirtækjum.....	59
4.4.5 Sjálfbært fiskeldi.....	60
4.5 Umhverfisaðstæður og eldistækni.....	62
4.5.1 Aðstaða til sjókvíaeldis á Íslandi.....	62
4.5.2 Umhverfisaðstæður og samanburður við samkeppnislönd.....	64
4.5.3 Almenn um þróun eldistækni.....	67
4.5.4 Eldistækni fyrir íslenskar aðstæður.....	68
4.6 SVÓT-greining.....	70
4.7 Heimildir.....	70

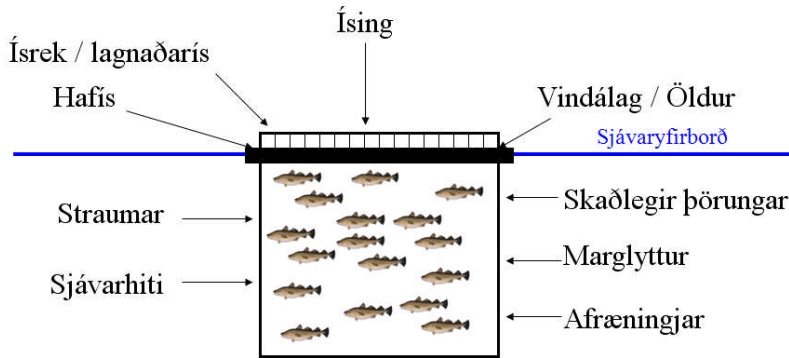
4.1 Inngangur

Umvhverfismálum tengdum fiskeldi má skipta í tvennt, annars vegar áhrif eldis á umhverfi sitt og hins vegar áhrif umhverfis á eldið, það er þær umhverfisaðstæður sem eldið þarf að búa við. Fyrirnefnda atriðið er það sem flestir tengja umhverfismálum og umhverfisáhrifum, en þar hefur áhrif laxeldis á náttúrulega laxastofna hlotið mikla athygli og umfjöllun í þjóðfélaginu á síðustu árum. Síðarnefnda atriðið, umhverfisaðstæður fiskeldis hér við land er ekki síður mikilvægt þar sem Ísland er á jaðarsvæði fyrir sjókvíaeldi og því mikilvægt fyrir okkur að þekkja betur til umhverfisaðstæðna en samkeppnislöndin, þar sem aðstæður eru oft mun hagstæðari.

Íslendingar hafa fylgst með þróun sjókvíaeldis hjá nágrannalöndum á undanförunum áratugum og undrast velgengi þeirra á sama tíma og lítið hefur gegnið að byggja upp sambærilegt eldi hér á landi. Menn hafa velt því fyrir sér af hverju sjókvíaeldi hefur ekki þróast eins á Íslandi og hjá samkeppnislöndum í Norður-Atlantshafi. Margar ástæður eru eflaust fyrir því, en hér verður eingöngu fjallað um málefni er tengjast umhverfismálum.

Markaðsverð á þorski er tiltölulega lágt og er því talið að matfiskeldi á þorski verði nær eingöngu stundað í sjókvíum. Í umfjöllun um umhverfismál verður því megináhersla lögð á þann hluta eldisferilsins sem snýr að sjókvíaeldi. Stærsti hluti af framleiðsluferlinu er í sjókvíum og umhverfisáhrifin þar eru mun meiri en í seiðaeldinu sem fer fram í körum á landi.

Á síðustu árum hafa nokkrar samantektir verið gefnar út sem gefa yfirlit yfir umhverfismál fiskeldis. Nýlega var gerð almenn samantekt um áhrif eldis á umhverfi og villta stofna og þar sérstaklega tekið fyrir lax- og þorskeldi (Guðrún Marteinsdóttir o.fl. 2007). Á vegum Samherja var gerð umfangsmikil samantekt vegna fyrirhugaðs laxeldis í Reyðafirði þar sem tekið var á flestum þáttum er varða umhverfisáhrif fiskeldis (Samherji 2002). Fjöldi minni samantekta vegna umhverfisáhrifa sjókvíaeldis hafa einnig verið gerðar og sendar til Skipulagsstofnar þegar lagt hefur verið mat á það hvort fyrirhugaðar framkvæmdir þurfi að fara í umhverfismat. Varðandi samantektir er lúta að umhverfisáhrifum á sjókvíaeldi er helst að nefna grein eftir Steingrímur Jónsson (2004) sem heitir „Sjávarhiti, straumar og súrefni í sjónum við Ísland“. Einnig hefur verið tekin saman reynsla af sjókvíaeldi á Íslandi þar sem gerð er grein fyrir áhrifum



Mynd 4.1. Hugsanleg áhrif umhverfis á sjókvíeldi.

óhagstæðra umhverfisþátta á eldið (Valdimar Ingi Gunnarsson 2007).

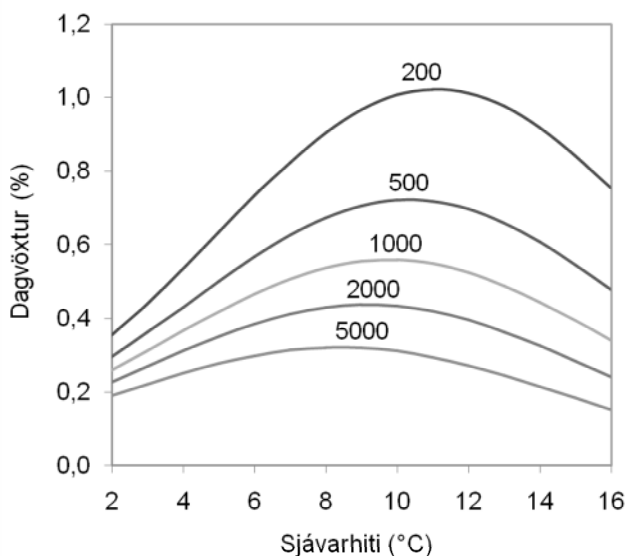
Markmiðið með þessari samantekt er að:

- Gefa yfirlit yfir umhverfisþætti sem hafa áhrif á afkomu og samkeppnishæfni þorskeldis í sjókvíum.
- Gera grein fyrir hugsanlegum áhrifum þorskeldis á umhverfið og hvernig hægt er að draga úr neikvæðum umhverfisáhrifum.
- Greina frá þeim rannsóknum sem gerðar hafa verið í íslenskum fjörðum og þeirri reynslu sem hefur aflast við rekstur sjókvíaeldisstöðva á síðustu áratugum.
- Bera saman aðstæður til sjókvíaeldis á Íslandi og í helstu samkeppnislöndum.
- Benda á heppilega eldistækni og leiðir til að draga úr eða koma í veg fyrir tjón á búnaði og fiski.

4.2 Áhrif umhverfisþátta á þorskeldi

4.2.1 Áhrif umhverfis á sjókvíaeldi

Veðurhæð á Íslandi er oft mjög mikil og álag meira á búnað en þekkist í mörgum öðrum löndum. Tjón í



Mynd 4.2. Dagvöxtur hjá þorski miðað við mismunandi stærð (g) og sjávarhita (Björn Björnsson o.fl. 2007).

sjókvíaeldi sem má rekja til óhagstæðra umhverfisþátta hafa verið tíð. Grunnrannsóknir til að auka þekkingu okkar á umhverfisaðstæðum og vistfræði fjarða eru því lykilatriði fyrir áframhaldandi þróun sjókvíaeldis á Íslandi. Umhverfisaðstæður eru einnig mjög mismunandi eftir landshlutum og hvert svæði hefur sín sérkenni. Það er því

mikilvægt að kortleggja umhverfisaðstæður á hverjum stað til að meta hvaða eldisbúnaðar og eldistegund hentar hverju sinni.

Sjókvíar eru opin og lítið varin eldiseining og ef ekki er staðið rétt að eldinu geta umhverfisþættir valdið margskonar tjóni á búnaði og fiski (mynd 4.1). Helstu hugsanlegu umhverfisáhrif á sjókvíaeldi eru eftirfarandi:

1. Undirkæling getur valdið afföllum á fiski og sama getur gerst ef sjór er of heitur.
2. Miklir straumar, öldur og vindálag geta valdið of miklu álagi með þeim afleiðingum að búnaður skemmist og fiskur sleppur út.
3. Of mikill straumur og öldur geta valdið því að fiskur slæst í netvegg og drepst. Of lítil straumur getur valdið súrefnisskortri og afföllum á fiski.
4. Lagnaðarís/rekís og hafis geta valdið tjóni á búnaði og jafnvel slyasleppingum.
5. Ísing getur valið tjóni á búnaði og í verstu tilvikum orðið til þess að fiskur sleppur út.
6. Afræningjar geta náð að éta fisk í kví eða gert gat á netpoka og valdið slyasleppingum.
7. Marglyttur geta valdið afföllum á fiski.
8. Skaðlegir þörungar geta valdið afföllum á fiski.
9. Súrefnisskortur getur valdið afföllum á fiski

4.2.2 Sjávarhiti

Áhrif sjávarhita á vöxt

Vaxtarhraði er lykilatriði við mat á hagkvæmni í matfiskeldi á þorski. Hann ræðst annars vegar af erfðabáttum og hins vegar af umhverfisþáttum. Kjörhiti til vaxtar hjá þorski lækkar með aukinni þyngd (mynd 4.2) (Björn Björnsson og Agnar Steinarsson 2002). Með tilliti til kjörhita er þorskur betur aðlagður að umhverfisaðstæðum við Ísland en lax. Kjörhitastig fyrir vöxt hjá laxi er tiltölulega hátt eða um 14°C fyrir 600-2000 g fisk (Austreng o.fl. 1987). Hjá 2000 g þorski er kjörhitastig fyrir vöxt töluvert lægri eða um 9,0°C og um 11°C fyrir 200 g fisk (Björn Björnsson og fl. 2007). Samkvæmt íslenskum rannsóknum er kjörhitastig fyrir hámarksfóðurnýtingu lægra en fyrir vöxt (Björn Björnsson o.fl. 2001).



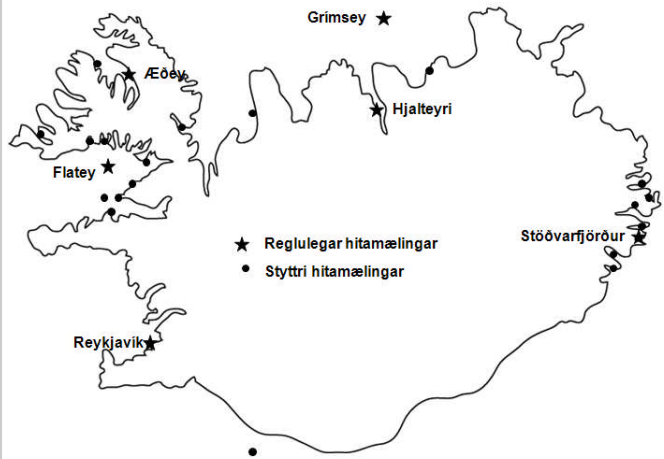
Sjávarhiti og afföll

Sjávarhiti getur haft verulega áhrif á afföll í eldinu og er það þekkt hér á landi að afföll aukast seinni hluta sumars í áframeldi, þegar hitastig er hæst seinni hluta sumars, þá oft í tengslum við aukna tíðni sjúkdóma (Valdimar Ingi Gunnarsson o.fl. 2007). Í Noregi hafa komið upp vandamál í þorskeldi í heitum sumrum, með aukinni sjúkdómatíðni og afföllum á fiski sérstaklega í Vestur-Noregi þar sem sjór er heitastur (Blaalid o.fl. 2006; Hellberg 2007).

Vitað er að afföll á eldisfiski vegna ofkælingar sjávar hafi átt sér stað á þremur svæðum við vestanvert landið. Árið 1988 drápuð laxar og regnbogasilungur í sjókvíum í Hvalfirði, Grundarfirði og Patreksfirði. Sjávarkuldi olli aftur afföllum á laxi í sjókvíum í Grundarfirði árið 1990 (Valdimar Ingi Gunnarsson 2007). Erlendar rannsóknir sýna að þorskur getur myndað frostlög og komið hefur í ljós að hann þolir allt að $-1,7^{\circ}\text{C}$ sem er mjög nálægt frostmarki fullsalts sjávar (Fletcher o.fl. 1987, 1997). Skilyrði fyrir því er að þorskurinn komist ekki í snertingu við ískristalla sem geta borist niður í sjóinn með umröti. Það kann að vera munur á milli stofna og að íslenski þorskstofninn hafi minni frostþol en það þarf að staðfesta með rannsóknum. Í dag eru sjókvíar orðnar stærri og dýpri en þær voru á níunda áratugnum. Það ætti því að vera hægt að halda fiskinum frá ískristöllum, dýpra og oft í heitari sjó en er að finna í yfirborði sjávar. Líkur á tjóni eru því hugsanlega minni nú vegna dýpri sjókvía og að þorskur virðist þola meiri sjávarkulda en lax. Í reynd hefur sjávarkuldi ekki verið vandamál í þorskeldi eða að minnsta kosti ekki valdið afföllum á eldisfiski á þessum áratugi. Aftur á móti hefur hátt sjávarhitastig seinni hluta sumars valdið minni vexti og afföllum á stærri fiski og þá sérstaklega í Grundarfirði þar sem hitastigið hefur mælst hæst (Valdimar Ingi Gunnarsson 2007).

Mælingar

Sjávarhitamælingum hefur fjölgað á síðustu árum og standa að þeim Hafrannsóknastofnunin (mynd 4.3) og fyrirtæki með sjókvíaeldi. Allt frá árinu 1987 hefur Hafrannsóknastofnunin framkvæmt sjávarhitamælingar við strendur Íslands. Með þessum mælingum hefur fengist gott yfirlit yfir sjávarhitastig í mörgum fjörðum á landinu. Niðurstöður mælingar er að finna á vef stofnunnarinnar um sjórannsóknir (www.hafro.is/Sjora). Steingrímur Jónsson (1999a, 2004) hefur unnið úr þessum gögnum og birt þær niðurstöður. Í þorskeldiskvótaverkefninu sem er á vegum Hafrannsóknastofnunnar í samstarfi við þorskeldisfyrirtæki hefur einnig verið safnað gögnum um sjávarhita frá 2002 (Valdimar Ingi Gunnarsson o.fl. 2006a). Á vegum Veðurstofu Íslands hafa verið framkvæmdar sjávarhitamælingar á nokkrum veðurathugunarstöðvum allt í kringum



Mynd 4.3. Sjávarhitamælingar Hafrannsóknastofnunnar við Ísland (www.hafro.is/~argos/siritar/siritar.html).

landið. Þessar mælingar hafa þó verið mjög takmarkaðar síðustu 4 til 6 áratugin (Trausti Jónsson 2003a; Einar Sveinbjörnsson o.fl. 2006). Einnig hafa verið gerðar fjöldi sjávarhitamælinga af fyrirtækjum með laxeldi í sjókvíum síðustu tvo til þrjá áratugi en mikið af þeim gögnum hefur tapast.

Gögn um árstíðabreytingar á sjávarhita á mismunandi dýpum eru til frá Eyjafirði (Steingrímur Jónsson 1996) og Ísafjarðardjúpi (Ólafur Ástþórsson & Ástþór Gíslason 1992; Ólafur Ástþórsson & Guðmundur S. Jónsson 1988). Þessi gögn sýna vel að það er lóðrétt blöndun á sjónum frá yfirborði sjávar niður á botn á veturna. Á sumrin myndast aftur á móti heitara yfirborðslag.

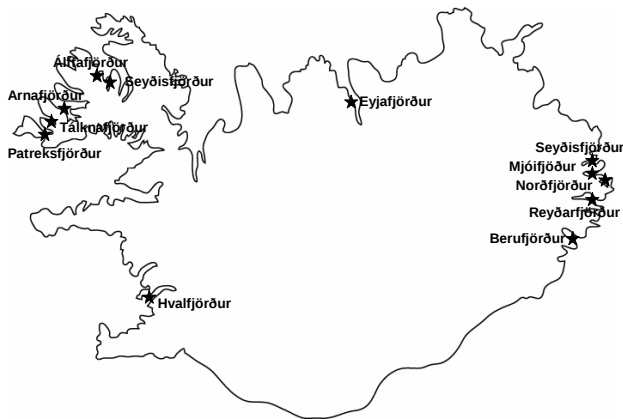
Hlýnun sjávar

Sjávarhiti við strendur landsins ræðst mikið af heitum og köldum sjó sem berast upp að landinu. Frá árinu 1996 hafa orðið breytingar á Atlantssjónum vestan við land og sjávarhiti hækkað á landgrunnskantinum út af Faxaflóa (Héðinn Valdimarsson o.fl. 2005). Lofthiti getur einnig haft veruleg áhrif á sjávarhita í íslenskum fjörðum. Í aðalatriðum eru breytingar á sjávarhita í fjörðum svipaðar og breytingar lofthita (Trausti Jónsson 2003a). Breytingar á sjávarhita á næstu árum munu því að stórum hluta ráðast af þróun lofthita. Talið er að hækkingin í lofthita hér á landi kunni að verða um $0,3^{\circ}\text{C}$ á áratug vegna aukningar gróðurhúsalofttegunda. Hlýnun verður meiri að vetrarlagi en að sumarlagi. Það skal þó haft í huga að mikil óvissa er í spám um þróun veðurfars og ekki er hægt að útiloka kólnun af náttúrulegum ástæðum svipað og gerðist á árunum frá 1960-1980 (Sigurður Guðmundsson o.fl. 2000).

4.2.3 Vindálag, straumar og öldur

Vindálag

Á Íslandi er vindasamara en í nágrennalöndum. Í nálægum löndum má vissulega finna veðurstöðvar með svipaðan vindhraða og hér er algengur, en þá

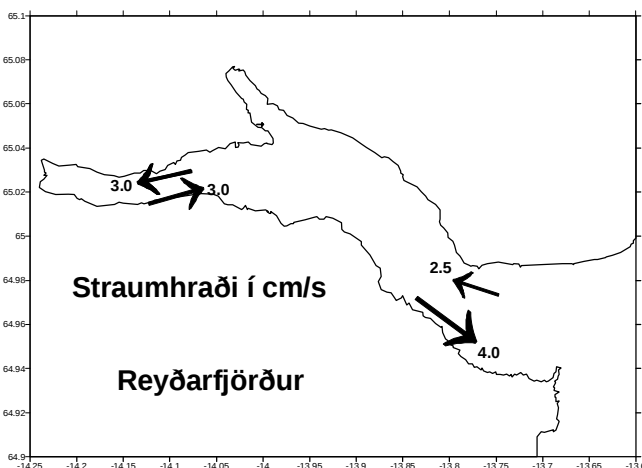


Mynd 4.4. Yfirlit yfir staðsetningar þar sem straummælingar hafa verið framkvæmdar í íslenskum fjörðum.

aðeins á ystu annesjum. Meðalvindur er bæði breytilegur eftir árstíma og eftir landshlutum og ekki fer á milli mála að mestur er hann að jafnaði við suðurströndina (Markús Á. Einarsson 1989). Veðurfar suður af Íslandi og Grænlandi er einnig það versta í Norður-Atlantshafi (Simmonds og Keay 2002). Tekin hefur verið saman fjöldi illvirðisdaga á Íslandi árin 1949-2002. Niðurstaðan var sú að flestir eru dagarnir 27 á einu ári og fæstir 7. Hér taldist dagur illviðrisdagur ef vindhraði í meira en 14% heildarfjölda athugana Veðurstofu Íslands þann daginn (sólahring) er meiri en 17 m/s (Trausti Jónsson 2003b).

Mælingar á straumum

Ekki hafa verið gerðar margar umfangsmiklar rannsóknir á vegum Hafrannsóknastofnunnar á straumum í fjörðum á Íslandi og hafa þær aðallega verið gerðar að sumarlagi (Steingrímur Jónsson 2004). Í Reyðarfirði voru gerðar straummælingar með síritandi mælum sem mældu á 10 mínútna fresti frá 28. júlí til 2. október 2000 (Hafsteinn Guðfinnsson o.fl. 2001). Samskonar mælingar voru gerðar í Eyjafirði sumarið 1992 (Steingrímur Jónsson og



Mynd 4.5. Meðalstraumur í cm/s á 10 metra dýpi í Reyðarfirði yfir tímabilið frá 28. júlí til 2. október 2000 (Hafsteinn Guðfinnsson o.fl. 2001).

Kristinn Guðmundsson, 1994; Steingrímur Jónsson, 1996). Einnig hafa verið framkvæmdar straummælingar á vegum Hafrannsóknastofnunnar í Arnarfirði (Jóhannes Briem 2002), Hvalfirði (Svend-Aage Malmberg og Jóhannes Briem 1985), Norðfirði (Jóhannes Briem 2001) og Berufirði (Jóhannes Briem 2000).

Á vegum Akvaplan-Niva hafa verið framkvæmdar straummælingar fyrir nokkrar sjókvíaldisstöðvar, í Tálknafirði og Patreksfirði fyrir Þórodd ehf., í Seyðisfirði og Álftafirði fyrir Hraðfrystihúsið Gunnvöru hf. (Gunneriussen og Palerud 2003) og í Eyjafirði fyrir Brim-fiskeldi ehf. (Óttar Már Ingvarsson 2004). Einnig hafa verið gerðar straummælingar í Mjóafirði af Samherja og Hafrannsóknastofnun en þær niðurstöður hafa ekki verið birtar (Steingrímur Jónsson, munnlegar upplýsingar).

Yfirlit yfir straummælingar sem hafa verið gerðar í íslenskum fjörðum er að finna á mynd 4.4. Fjöldi annarra staðbundinna straummælinga hafa verið gerðar í tengslum við framkvæmdir svo sem stóriðju, hafnargerð eða frárennsli frá sveitarfélögum.

Straumar og endurnýjun sjávar

Svo virðist sem svipuð megineinkenni séu á straumum í íslenskum fjörðum. Straumur liggur yfirleitt samsíða dýptarlínunum. Innstreymi virðist vera hægra megin fjarðarins þegar horft er inn fjörðinn en útstreymi hinum megin (mynd 4.5). Meðalstraumhraði hefur mælst í kringum 5 cm/s en breytileikinn er töluverður. Sjórinn er þó yfirleitt alltaf á einhverri hreyfingu t.d. vegna sjávarfalla-strauma (Steingrímur Jónsson 2004).

Firðir á Íslandi eru frekar breiðir og opnir fyrir úthafinu. Margir firðir, t.d. í Færeyjum og Noregi, hafa þröskuld nálægt mynninu sem þýðir að endurnýjun sjávar í djúplögum fyrir innan þröskuldinn er hæg sem oft leiðir til súrefnisskorts þar. Getur úrgangur frá fiskeldi haft veruleg áhrif til hins verra á súrefnisinnihald í djúplögum slíkra fjarða. Einungis örfáir firðir við Ísland hafa slíkan þröskuld og þeir liggja frekar djúpt. Því er endurnýjun sjávar í íslenskum fjörðum oft hraðari en annars staðar þar sem fiskeldi er stundað. Straumar geta einnig valdið álagi á kvíar og jafnvel skemmdum ef ekki er rétt að málum staðið (Steingrímur Jónsson 2004).

Endurnýjunartími sjávar hefur verið metinn fyrir Reyðarfjörð og fyrir fjörðinn í heild var niðurstaðan 4-5 vikur, en ef einungis var tekinn innri hluti fjarðarins fengust 8-9 dagar (Hafsteinn Guðfinnsson o.fl. 2001). Fyrir Eyjafjörð hefur endurnýjunartíminn verið áætlaður 9-10 dagar. Vindur úti fyrir fjarðarmynninu virðist hafa áhrif á straumana og stjórna að verulegu leyti vatnsskiptunum. Þar sem hér hefur eingöngu verið rætt um mælingar að sumarlagi má



vænta þess að vatnsskiptin séu jafnvel örari að vetrarlagi þegar meiri vindur er. Einnig má búast við að straumhraði geti orðið meiri að vetrarlagi í hvassviðrum en ekki eru til nægilega miklar mælingar til að meta hversu mikill straumhraðinn getur orðið (Steingrímur Jónsson 2004).

Sjávarfallalíkan

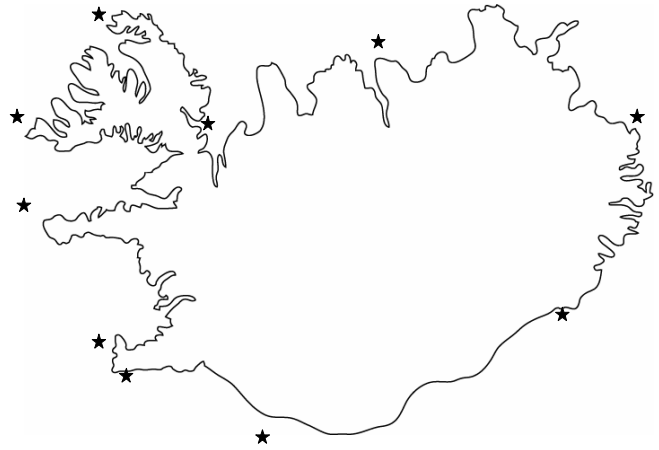
Siglingastofnun keyrir daglega sjávarfallalíkan og eru niðurstöður um sjávarföll, sjávarfallastrauma og áhlaðanda birtar á vefsíðu stofnunnar (<http://vs.sigling.is>). Með sjávarfallalíkani má spá fyrir um sjávarhæð og sjávarfallastrauma við landið þar sem bæði er tekið tillit til stjarnfræðilegra og veðurfarslegra áhrifa. Sjávarfallaspár má gera fyrir hvaða stað sem er innan líkanasvæðisins sem er allt í kringum landið og á hvaða tíma sem er. Upplausn líkansins yfir allt svæðið er 10 km x 10 km og innan þess hafa verið sett upp landsfjórðungslíkön af landgrunninu, en upplausn þeirra er 2 km x 2 km. Sjávarfallalíkanið býður upp á þann möguleika að setja upp líkön af einstökum svæðum við strönd landsins með enn betri upplausn. Þannig má fá nákvæma mynd af sjávarfallastraumum í einstökum fjörðum t.d. fyrir fiskeldi (Ólöf Rós Káradóttir og Gunnar Guðni Tómasson 2003; Gunnar Guðni Tómasson og Ólöf Rós Káradóttir 2005a,b). Straumlíkön hafa einnig verið notuð til að meta áhrif mengunar frá fiskeldi (Guneriusson og Pálerud 2003) og frá fráveitum og stóriðjum.

Öldur

Siglingastofnun Ísland hefur nú um tíu ára skeið rekið upplýsingakerfið Veður og sjólag (<http://vs.sigling.is>). Á vegum stofnunnar eru rekin öldudúfl allt í kringum landið (mynd 4.6). Upplýsingar frá öldudúflum og veðurstöðvum birtast á klukku-tíma fresti á vef stofnunninnar.

Á vefsíðu Siglingastofnunar eru einnig birtar síður með veðurspá og ölduhæðarspá einu sinni á dag allt að 4 daga fram í tímann. Ölduhæðaspárnar hafa verið bornar saman við mælingar á dúflum Siglingastofnunar og það hefur sýnt sig að spá næsta sólarhrings er að öllu jöfnu mjög áreiðanleg en áreiðanleikinn minnkar eftir því sem spáð er lengra fram í tímann (<http://vs.sigling.is>). Staðsetning öldudúfla Siglingastofnunar er utan annesja og í einhverju mæli inn í flóum. Öldudúfl eru ekki staðsett í fjörðum þar sem fiskeldi er stundað í dag og ölduhæðaspár Siglingastofnunar ná heldur ekki inn í firðina. Ölduhæðaspár hafa t.d. verið gerðar fyrir Brim-fiskeldi ehf. í Eyjafirði (Óttar Már Ingvason 2004) og í Reyðarfirði í tengslum við fyrirhugað fiskeldi í firðinum (Samherji 2002).

Færeyingar hafa unnið mikla vinnu við líkanagerð og hafa gert líkan fyrir strauma og öldur (Simonsen 2005). Þeir halda úti sérstakri vefsíðu þar sem hægt



Mynd 4.6. Staðsetning öldudúfla Siglingastofnunar í apríl 2007 (<http://vs.sigling.is/>).

er að sækja upplýsingar um ölduhæð og strauma þ.m.t. inn í sundum og mörgum fjörðum (www.streymkort.fo).

4.2.4 Lagnaðarís, hafís og ísing

Lagnaðarís

Nokkur tjón hafa átt sér stað í sjókvíaelði á Íslandi vegna lagnaðaríss og rekíss sérstaklega á níunda áratugnum. Þrátt fyrir að sjór hafi verið tiltölulega heitur á síðustu árum hefur töluvert verið um myndun lagnaðaríss í íslenskum fjörðum (Valdimar Ingi Gunnarsson 2007). Þessar aðstæður myndast einkum innst inn í þröngum fjörðum með tiltölulega mikið ferskvatnsflæði og gott skjól. Í froststillum ber iðulega við að firði og vikur leggjur innan til, einkum út af árósum. Ástæðan er sú að eðlisþyngd saltari sjávarins í neðra laginu er hærri en eðlisþyngd yfirborðssjávarins, þrátt fyrir kælingu hans. Þar sem kælingin nær aðeins til hins þunna yfirborðslags, kólnar það á skömmum tíma niður í frostmark, svo að lagnaðarís getur myndast, þótt nokkrum metrum undir yfirborði sé hlýrri sjór (Hlynur Sigtryggsson og Unnsteinn Stefánsson 1969).

Lofthitamælingar síðustu áratuga sýna að mestu frávík á milli ára í lofthita er yfir vetramánuðina (janúar-mars) og þá meira norðanlands en sunnan (Adda Bára Sigfúsdóttir 1969; Markús Á. Einarsson 1989). Þó að árferði sé almennt gott getur því alltaf verið hætta á löngum froststillum og myndun lagnaðaríss yfir köldustu vetramánuðina. Reynslan á allra síðustu árum sýnir einnig að full ástæða er til að óttast tjón af völdum lagnaðaríss þrátt fyrir tiltölulega hagstætt árferði (Valdimar Ingi Gunnarsson 2007).

Tekin hafa verið saman gögn um lagnaðarís við Ísland fram til ársins 1970. Frá árinu 1924 hafa upplýsingar um lagnaðarís verið birtar í Veðráttunni, mánaðarriti Veðurstofu Íslands (Hlynur Sigtryggsson 1970a,b). Hér er þó ekki um mjög ítarlega gagnaöflun að ræða. Til að afla frekari upplýsingar um lagnaðarís er m.a. fylgst með útbreiðslu og tíðni í



Mynd 4.7. Rekís hefur valdið tjóni á tómri sjókví í Eyjafirði (Ljósmynd: Óttar Már Ingvarsson).

Þorskeldiskvótaverkefninu í nokkrum fjörðum hér við land (Valdimar Ingi Gunnarsson o.fl. 2006a,b).

Hafís

Fram að þessu hafa engin tjón átt sér stað í íslensku sjókvíaeldi vegna hafíss (Valdimar Ingi Gunnarsson 2007). Það eru þó dæmi um hafís í fjörðum þar sem stundað er umfangsmikið sjókvíaeldi eins og í Eyjafirði og á Austfjörðum. Á síðustu u.þ.b. fjórum áratugum eru tvö tilfelli um umtalsverðan hafís í Eyjafirði. Á hafísárinu 1968 náði ísinn inn að Akureyri en árið 1979 inn undir Hrísey. Hafís náði þó fleiri ár inn í Eyjafjörð en þá var aðeins um að ræða staka jaka (Þór Jakobsson o.fl. 2002). Á Austfjörðum voru margir firðir lokaðir vegna hafíss í byrjun maí 1968 og um miðjan mánuðinn lokuðust allir firðir suður að Hornafirði. Þann 29. mars 1979 var hafís frá mynni Seyðisfjarðar að Héraðsflóa og Borgarfjörður eystri fullur af hafís. Talsverðan ís rak inn á Norðfjarðarflóa. Í byrjun apríl náðu ísjakar suður fyrir Berufjörð og víða var talsvert ísrek á



Mynd 4.8. Ísing á sjókvíum hjá Brim-fiskeldi ehf. í Eyjafirði þann 18. nóvember 2006 (Ljósmynd: Sævar Þór Ásgeirsson).

land, víkur og fjarðarmynni lokuð (Páll Bergþórsson 1988).

Á síðustu áratugum hefur hafísinn í Íshafinu norður af landinu þynnst og útbreiðsla hans minnkað (Vinje 2001; Lindsay og Zhang 2005). Gervihnattamyndir frá því eftir 1979 sýna að mest dregur úr útbreiðslu hafíss eftir 2000 (Reid o.fl. 2006). Hafís á Grænlandssundi rekur undan vindum og straumum inn á siglingarleiðir við Ísland og upp að ströndum landsins. Það eru einkum langvarandi suðvestan- og vestanáttir í Grænlandssundi sem valda því (Þór Jakobsson 2004). Það gerðist í lok janúar 2007 en þá barst hafís m.a. inn á Arnafjörð, fyllti Dýrafjörð og stakir jakar bárust inn Ísafjarðardjúp (Morgunblaðið, 28-29 janúar 2007). Vísindamenn eru almennt sammála um að allt bendi til að bráðnun íssins á norðurhveli jarðar haldi áfram, þótt þá greini á um hversu ör þróunin verði (Utanríkisráðuneytið 2005). Líkur á því að hafís geti valdið tjóni hjá sjókvíaeldisstöðvum ætti því að minnka eftir því sem líður á 21. öldina.

Athuganir á hafís nú á dögum eru gerðar frá skipum og flugvélum, einkum í eftirlitsflugi eða sérstöku ískönnunarflugi Landhelgisgæslu Íslands og frá strandstöðvum, þ.e.a.s. veðurathuganastöðvum við sjávarsíðuna, ef ísinn er nærri landi (Þór Jakobsson 2004). Veðurstofu Íslands sér síðan um að tilkynna um ísinn m.a. á vefsíðu stofnunar (www.vedur.is/hafis) og vara við hættu af ísreki í útvarpi. Einnig er fylgst með hafisnum af Háskóla Íslands á gervitunglamyndum (www.hi.is/~ij/hafis/hafis.htm).

Gerður hefur verið samanburður á hafísspá byggð á reklíkani Siglingastofnunar og ískorti Landhelgisgæslunnar. Samanburðurinn lofaði góðu en í líkanið vantar bráðnun hafíssins til að gera það nákvæmara (Gunnar Guðni Tómasson og Ólöf Rós Káradóttir 2005b; <http://vs.sigling.is/>).

Ísing

Fjöldi dæma eru um skipskaða hér á landi vegna ísingar. Til að ísing geti átt sér stað þarf sjávarlöður að ganga yfir skipið og lofthiti og sjávarhiti verður að vera þannig að sjávarlöðrið frjósi á skipshlutanum. Ísingin myndast hraðar og magn hennar verður meira, því lægra sem hitastig sjávar og lofts er, að því tilskildu að ágjöf sé fyrir hendi (Hjálmar R. Bárðarson 1969). Á sjókvíum verður ísing einkum á hoppneti og baulum (mynd 4.8).

Það liggja ekki fyrir heimildir um að ísing hafi valdið það miklum skemmdum á sjókvíum á Íslandi að eldisfiskur hafi sloppið út úr þeim. Mörg dæmi eru þó um að ísing hafi skemmt búnað m.a. með því að brjóta baulur sem halda uppi hoppnetinu. Í Noregi voru tjón hjá fjórum sjókvíaeldisstöðvum í janúar 2006 og voru slysasleppingar m.a. raktar til mikillar



ísingar á búnaði. Í úttekt var komist að þeirri niðurstöðu að búnaður væri ekki hannaður til að þola ísingu í mjög miklum frostum og vindi. Nú er að fara af stað rannsóknaverkefni í Noregi þar sem skoða á betur styrk kvía m.t.t. ísingar (Jensen 2006a,b).

Hitafar á Íslandi er oft með þeim hætti að skilyrði eru fyrir ísingu. Jafnframt er vindhraði oft mikill og hætta á ísingu vegna vinds því meiri en víðast þekkist. Mörg dæmi eru um umtalsverð tjón á raforkulínunum hér á landi. Skipulagðar skráningar eru um ísingartilvik á raflínunum og reknir eru nokkrir tugir tilraunalína þar sem verið er að meta svæði með tilliti til ísingarhættu. Byggður hefur verið upp ísingargagnagrunnur sem nær nokkra áratugi aftur í tímann (Árni Jón Eliasson 2001).

Gera má ráð fyrir að ísing á sjókvíar sé mjög mismunandi á milli landshluta og jafnvel innan fjarða. Til dæmis er áberandi minni ísing á sjókvíum við Suðureyri en við Sveinseyri við Tálknafjörð. Það er ein megin ástæðan fyrir því að fyrirhugað er að leggja áherslu á að fjölga eldiskvíum innan við Suðureyri (Jón Örn Pálsson 2007).

4.2.5 Marglyttur

Tjón af völdum marglytta

Á Íslandi er aðeins vitað um tjón í sjókvíaeldi af völdum brennimarglyttu (*Cyanea capillata*) (Valdimar Ingi Gunnarsson 2007). Í norsku sjókvíeldi eru dæmi um tjón af völdum margra annarra tegunda marglyttna (Båmstedt o.fl. 1998; Tangen 1999). Önnur algeng tegund hér við land, bláglytta (*Aurelia aurita*) hefur valdið afföllum á eldisfiski. Þá er um að ræða lírfustig (*Ephyra*) bláglyttu sem t.d. hefur valdið miklum afföllum í Noregi (Båmstedt o.fl. 1998). Það er því ekki hægt að útiloka að upp komi vandamál í íslensku sjókvíaeldi vegna annarra tegunda marglytta.

Tjón af völdum brennimarglyttu virðist eingöngu vera bundið við Austfirði en þar er ágangur marglyttna mismunandi eftir fjörðum. Vitað er til að brennimarglytta hafi valdið tjóni í Mjóafirði, Seyðisfirði, Reyðarfirði og Fáskrúðsfirði. Þrátt fyrir að sjókvíaeldi hafi verið stundað lengi í Norðfirði, Stöðvarfirði og Eskifirði er ekki vitað til að þar hafi marglytta verið til mikilla vandræða. Ástæðan fyrir þessum muni á milli svæða er hugsanlega mismunandi straumar. Einnig virðist tjón af völdum marglytta vera mismunandi á milli fjarða á Austfjörðum, mest í Mjóafirði, en það kann þó hugsanlega að skýrast af meira umfangi eldisins þar. Ágangur af völdum brennimarglyttu er einnig árstíðabundinn og þar sem heimildir eru til staðar um tímasetningu eiga tjón sér stað í ágúst og september (Valdimar Ingi Gunnarsson 2007).

Á yfirborði brennimarglytta eru sérhæfðar frumur sem nefnast brennifrumur eða stingfrumur

(*cnidocytes*) og notast í sjálfsvörn eða til veiða (Árni Kristmundsson o.fl. 2004). Í miklum straumi, getur brennihveljan lent á sjókvíunum og tæst í sundur, þannig að vefur hennar sundrast og angarnir með brennifrumunum dreifast um vatnsbolinn. Vefbitar geta þá lent á eldisfiskinum og valdið sárum á bók og tálknum og umtalverð dauðsföll á fiski verða í sjókvíunum.

Forvarnir

Á vegum Sæsilsfurs hf. í Mjóafirði hefur verið unnið að þróun varnargirðingar. Tæknin felur í sér að dæla lofti í sjóinn fyrir framan kvíarnar. Við það safnast loft undir marglyttunum og þær lyftast upp á yfirborð sjávar (Árni Kristmundsson o.fl. 2004). Það hefur ekki nægt til að koma í veg fyrir ágang marglytta í öllum tilvikum og varð Sæsilfur t.d. fyrir miklu tjóni árið 2006 þegar um 1.000 tonn drápust eða voru tekin í neyðarslátrun (Gísli Jónsson 2007).

Á árinu 2007 hófst verkefið „Brennihvelja á Íslandsmiðum“ styrkt af AVS sjóðnum (www.av.s.is). Markmið verkefnisins er að afla almennra grunnupplýsinga um líffræði brennihvelju á Íslandsmiðum. Í því á m.a. að afla upplýsinga um hversu lengi eiturefni starfa hjá löskuðum svíflægum marglyttum í nágrenni við fiskeldiskvíar, magn þeirra á mismunandi árstíma og útbreiðslu dýranna. Þessar upplýsingar geta orðið gagnlegar við hönnun á búnaði og við beitingu búnaðar til að verjast brennihvelju. Ávinningur felst einnig í gerð líkans (áhættulíkans), þar sem unnt verður að meta áhættu á miklu magni af marglyttum og/eða tíma árs þegar von er á marglyttu.

4.2.6 Skaðlegir svíförungar

Nokkur tilfelli um tjón af földum svíförunga

Á Íslandi er vitað um a.m.k. níu tilfelli þar sem skaðlegir þörungar hafa verið til staðar þegar afföll á eldisfiski í sjókvíum átti sér stað. Um er að ræða Straumsvík og Hvalfjörð á Vesturlandi, Eskifjörð og Seyðisfjörð á Austfjörðum. Frá árinu 1991 hefur dýralæknir fisksjúkdóma í sínum árskýrslum tilgreint öll tilfelli affalla af völdum skaðlegra þörunga sem ekki var gert hér áður fyrr og kunna því tjón að hafa verið fleiri á níunda áratugnum þegar umfang sjókvíaeldis er einna mest með tilliti til fjölda sjókvíaeldisstöðva (Valdimar Ingi Gunnarsson 2007). Nokkrar tegundir svíförunga sem taldar eru skaðlegar hafa verið til staðar þegar afföll hafa átt sér stað á eldisfiski í sjókvíaeldi, en ekki er þó um nákvæma tegundagreiningu að ræða í öllum tilvikum (tafla 4.1). Reynslan sýnir því að það er raunveruleg hætta á tjóni af völdum skaðlegra þörunga í sjókvíaeldi við Ísland eins og í öðrum löndum.

Rannsóknaverkefni

Tiltölulega fáar rannsóknir hafa verið gerðar á



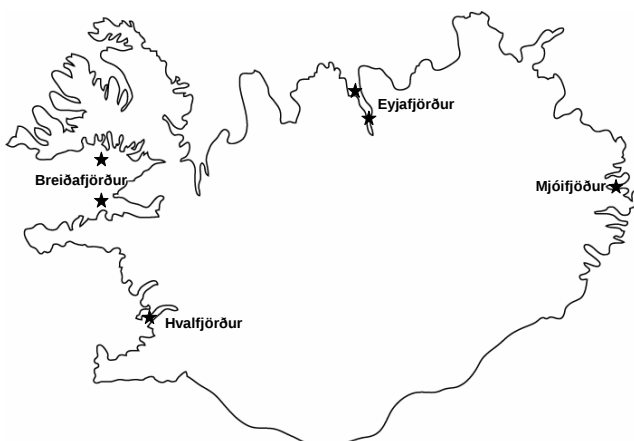
Tafla 4.1. Skaðlegir þörungar sem voru til staðar þegar afföll áttu sér stað á eldisfiski í sjókvíum við Ísland.

<i>Heterosigma akasiwo</i>	(Guðrún G. Þórarinsdóttir og Þórunn Þórðardóttir 1997)
<i>Alexandrium tamarense</i>	(Gísli Jónsson 1992)
<i>Skeletonema spp.</i>	(Gísli Jónsson 1996)
<i>Ceratium spp.</i>	(Gísli Jónsson 1996)
<i>Alexandrium spp.</i>	(Gísli Jónsson 1997)
<i>Gyrodinium aureolum</i>	
<i>Chaetoceros spp. o. fl. tegundir</i>	(Gísli Jónsson 1998)
<i>Chaetoceros spp./Thalassiosira spp.</i>	(Gísli Jónsson 2004)

útbreiðslu og tegundasamsetningu svifþörungum í fjörðum hér á landi þar sem skoðaðar hafa verið breytingar í svifþörungasamfélaginu til lengri tíma. Fyrsta rannsóknin var gerð í Hvalfirði á árunum 1986-1987 (Guðrún G. Þórarinsdóttir 1987) og aftur árið 1997 (Agnes Eydal 2003a, Agnes Eydal og Karl Gunnarsson 2004). Í Ísafjarðardjúpi var fylgst með svifþörungum frá febrúar 1987 til febrúar 1988 (Kristinn Guðmundsson og Agnes Eydal 1998). Í Eyjafirði var fylgst með svifþörungum frá apríl til október 1992 (Kristinn Guðmundsson og Agnes Eydal 1998). Í Mjóafirði var skoðuð tegundasamsetning og tíðni eitraðra þörungum frá febrúar til nóvember 2000 (Agnes Eydal 2003b). Frá marslokum og út október 1994 var tegundasamsetning svifþörungum könnuð á þremur stöðum á Vestfjörðum, í Öndarfirði, Aðalvík og Fljótavík (Þórunn Þórðardóttir og Agnes Eydal 1996). Allar þessar rannsóknir hafa það sammerkt að leitað var að eitruðum þörungum sem geta valdið skeldýraeitrun. Ekki var skoðað sérstaklega hvort í svifsamfélaginu væri að finna skaðlega þörungum sem gætu valdið tjóni í sjókvíaeldi.

Vöktun

Í mörgum af okkar nágrannalöndum er vöktun á skaðlegum þörungum. Það felur meðal annars í sér að aðvara forsvarsmenn fiskeldisstöðva til að hægt sé að grípa til viðeigandi fyrirbyggjandi ráðstafanna



Mynd 4.9. Vöktunarstöðvar á eitruðum þörungum (www.hafro.is/voktun).

með það að markmiði að lágmarka tjón af völdum skaðlegra þörungum (Anderson o.fl. 2001). Á Íslandi hefur verið vöktun á eitruðum þörungum í Hvalfirði, Breiðafirði, Eyjafirði og Mjóafirði frá árinu 2005 (mynd 4.9) (Agnes Eydal og Hafsteinn Guðfinnsson 2006; Agnes Eydal o.fl. 2007). Niðurstöður eru birtar vikulega á vef verkefnisins frá vori fram á haust (www.hafro.is/voktun).

Svifþörungur valda ekki eingöngu tjóni vegna eituráhrifa. Þörungur geta fest sig við tálknin og aukið slímyndun sem dregur úr súrefnisupptöku. Nálar sem eru á þörunginum geta sært tálknin og valdið blæðingum. Þessar og fleiri orsakir geta valdið því að eldisfiskur í sjókvíum drepst (Tangen 1999). Vöktun sem beinist eingöngu að eiturþörungum kemur því að takmörkuðu notum fyrir sjókvíaeldi.

4.2.7 Ásætur

Engar rannsóknir hafa verið gerðar á því hvaða ásætur setjast á sjókvíar hér á landi. Aðeins hefur verið fylgst lítilsháttar með þessu í þorskeldiskvóta-verkefninu. Þar hefur m.a. komið fram að kræklingur, hrúðurkarl og gróður sest á netpokann, sérstaklega á poka sem ekki hafa verið baðaðir í gróðurhindrandi efnum (Valdimar Ingi Gunnarsson o.fl. 2005b, 2006a,b).

Ásætur draga úr streymi sjávar inn í netpokann, mótstaðan eykst og hætta er á því að netpokinn aflagist, þrengi að fiski og afhreistri í miklum straumum. Einnig getur átt sér stað súrefnisskortur í verstu tilvikum. Jafnframt veldur ásæta miklu álagi á netpokann sem í verstu tilvikum getur valdið því að hann rifni (Beveridge 2004; Braithwaite og McEvoy 2005). Dæmi eru um það hér á landi að netpokinn hafi rifnað vegna álags og fiskur sloppið út (Valdimar Ingi Gunnarsson 2007).

Hrúðurkarl

Nokkrar rannsóknir hafa verið gerðar á svifstigi hrúðurkarla í fjörðum á Íslandi. Í rannsókn sem gerð var í Ísafjarðardjúpi kom fram að fjöruhrúðurkarl (*Balanus balanoides*) fannst í svifinu frá seinni hluta mars fram í lok maí, með hámark um miðjan maí. Vörtukarl (*Verruca stroemia*) fannst frá miðjum júní með hámark um miðjan júlí og var að mestu horfinn í lok september (Ólafur S. Ástþórsson og Ástþór Gíslason 1992). Við sunnanvert Reykjanes varð fyrst vart við liffur fjöruhrúðurkarls í byrjun apríl og mest var af honum í maí. Vörtukarl var í mestum þéttleika í maí-júní og fannst hann jafnframt í meira mæli en fjöruhrúðurkarlinn (Ástþór Gíslason og Ólafur S. Ástþórsson 1995). Í Hvammsfirði fundust hrúðurkarlalifur í svifinu á tímabilinu maí-júlí (Ólafur S. Ástþórsson og Unnsteinn Stefánsson 1984). Í árs rannsókn í Eyjafirði á svifdýrasamfélagi fundust



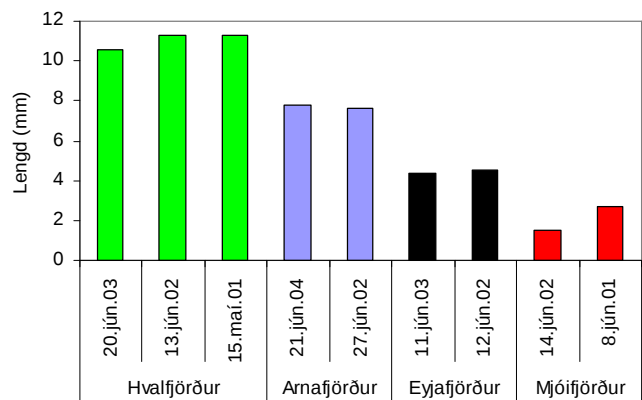
hrúðurkarlalirfur í sjónum frá mars til ágúst en í mismiklu magni eftir mánuðum (Kaasa og Kristinn Guðmundsson 1994).

Vandræði af hrúðurkarli virðist vera mismunandi eftir landshlutum. Hjá kræklinga-ræktendum hefur mest borið á hrúðurkarli við vestanvert landið og var vöxtur þar einnig mun meiri en við norðanvert landi. Einnig virðist vera mis-munandi þéttleiki á milli ára. Árið 2001 var t.d. sannkallað hrúðurkarlaár, en mun minna varð vart við hrúðurkarl næstu ár (Valdimar Ingi Gunnarsson o.fl. 2001, 2002, 2004b). Í sjókvíaeldi er algengt að sjá hrúðurkarl á sléttum flötum eins og plaströrum. Einnig eru dæmi um mikinn þéttleika hrúðurkarla á netpokum sem ekki hafa verið meðhöndlaðir með gróðurhindrandi efnum (Valdimar Ingi Gunnarsson o.fl. 2006b).

Kræklingur

Þrjár rannsóknir hafa verið gerðar á hrygningu kræklinga við Ísland. Í Mjóafirði og Breiðafirði hefst hrygning í lok júní eða júlí, nær hámarki í ágúst og líkur í nóvember (Guðrún G. Þórarinsdóttir og Karl Gunnarsson 2003). Í Hvalfirði var aðal hrygningartíminn árið 1986 frá miðjum júlí fram í miðjan ágúst, en árið 1987 frá miðjum júní til júliloka. Lirfurnar voru sviflægar í 4-5 vikur og hámarks lirfuásæta var um miðjan september á árinu 1986 (Guðrún G. Þórarinsdóttir 1996). Hámarks ásæta kræklingalirfa var einnig í september í Eyjafirði samkvæmt rannsókn sem gerð var þar árið 1999 (Elena Guijarro Garcia o.fl. 2003). Á síðustu árum virðist lirfuásæta vera fyrr á ferðinni í Hvalfirði og Eyjafirði og dæmi er um litla ásetu á söfnurum sem settir eru út seinni hluta ágúst. Almenn má segja að kræklingalirfur séu fyrr á ferðinni við sunnanvert landið samanborið við landið norðanvert. Töluverður munur getur þó verið á milli svæða innan sama landshluta (Valdimar Ingi Gunnarsson o.fl. 2004b, 2005a).

Vaxtartímabil kræklinga fyrsta árið er stutt og hann aðeins búinn að ná fyrir veturinn nokkurra millimetra lengd við bestu skilyrði. Í júní tæpu ári eftir ásetu hefur kræklingurinn náð rúmlega 10 mm lengd í Hvalfirði, tæpum 8 mm í Arnarfirði, um 4 mm í Eyjafirði og um 2 mm í Mjóafirði (mynd 4.10) (Valdimar Ingi Gunnarsson o.fl. 2004b, 2005a). Mikill vöxtur á kræklingi á netpokum sem ekki voru meðhöndlaðir með gróðurhindrandi efnum hefur t.d. komið fram í Grundarfirði. Þar var fyrst vart við mjög smáan krækling í lok júlí, um miðjan september var reynt að ná kræklingnum af með háþrýstidælu, en hann var orðinn það fastur að ekki var hægt að ná honum af með góðu móti. Þegar pokinn var tekinn á land í nóvember var þyngd hans orðin um 4,4 tonn en hann vó nýr og þurr tæp 0,3 tonn (Valdimar Ingi Gunnarsson o.fl. 2005b). Gera má ráð fyrir að ásæta kræklinga verði mun meira vandamál við vestanvert landið en norðan- og austanvert.



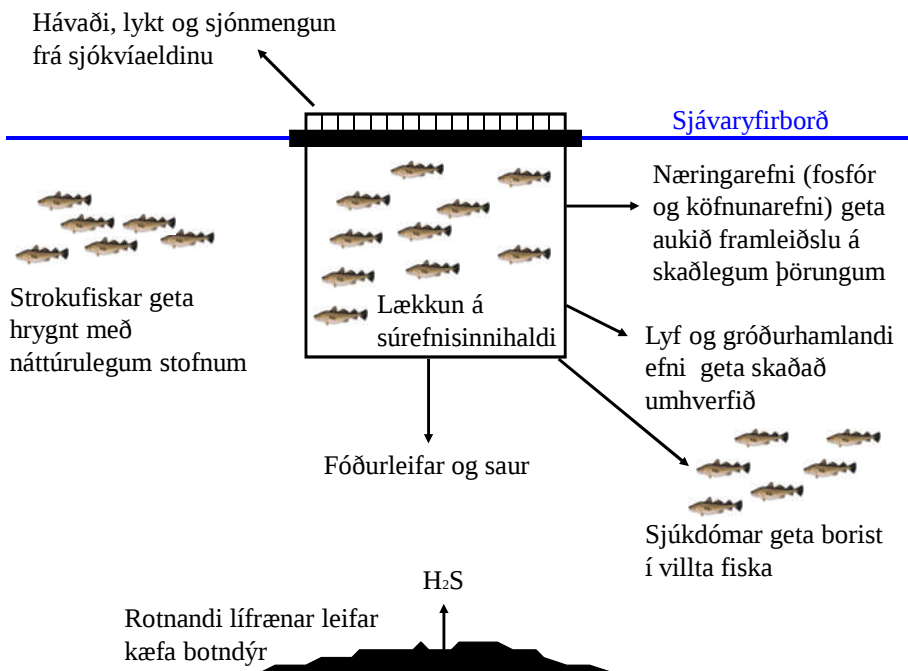
Mynd 4.10. Meðallengd kræklinga tæpu ári eftir lirfuásetu á mismunandi ræktunarsvæðum (Valdimar Ingi Gunnarsson o.fl. 2005c).

Gróður

Ýmsar tegundir af gróðri setjast á netpokann og í kræklingarækt hefur það fyrst og fremst verið þarinn sem hefur verið til vandræða (Valdimar Ingi Gunnarsson o.fl. 2004b, 2005a). Þarinn hefur flókna æxlun, gró og kynfrumur setjast á haustin (Karl Gunnarsson 1997). Allar þarategundir hafa svipaðan vaxtarferil. Vöxturinn er árstíðabundinn og hjá fjölæru þarategundum vex nýtt blað ofan á stilkinn á hverju ári. Árlegur vöxtur hefst um áramót, fer hægt af stað, eykst smá saman og nær hámarki í maí. Á sumrin er yfirleitt lítið af næringarefnum í sjónum sem eru nauðsynleg fyrir vöxt þarans (Sjötun og Karl Gunnarsson 1995; Karl Gunnarsson 1997). Það er einkum í efstu metrunum sem þörungagróður er verulegur. Magn þörungna minnkar svo eftir því sem neðar dregur samhliða minni birtu.

Afla þarf upplýsinga um hvert svæði

Þegar notaðir eru netpokar sem ekki eru baðaðir með gróðurhindrandi efnum er reynslan sú að á þá sest mikil ásæta. Þegar netpokar eru baðaðir með gróðurhindrandi efnum, dvínar styrkur þessara efna smám saman og má búast við að ásætur byrji að safnast á pokann eftir 15-20 mánuði (Valdimar Ingi Gunnarsson o.fl. 2005b, 2006b). Í kræklingarækt hefur komið fram að tíðni og magn ásæta eru breytileg eftir svæðum (Valdimar Ingi Gunnarsson o.fl. 2005a,c). Á vegum Evrópusambandsins er nú styrkt eitt verkefni þar sem verið er að kortleggja tímasetningu og tíðni ásæta í nokkrum Evrópulöndum og þróa vistvænar leiðir til að hamla vexti ásæta (www.crabproject.com). Öflun upplýsinga á þeirri tímasetningu sem ásætur setjast á netpokann og vöxt þeirra er ein megin forsendan fyrir því að hægt verði að þróa eldi þar sem ekki eru nýtt gróðurhindrandi efni á netpokum.



Mynd 4.11. Hugsanleg umhverfisáhrif þorskeldis í sjókvíum.

4.2.8 Afræningjar

Tjónvaldar og umfang tjóna

Nokkrar tegundir spendýra, fugla og fiska hafa valdið tjóni á eldisfiski og búnaði sjókvíaeldisstöðva. Af tegundum sem hafa náttúrulega útbreiðslu hér við land er helst að nefna seli, skarf, mink og háf (*Squalus acanthias*) (Iwama o.fl. 1997; Quick o.fl. 2004; Aqua management 2004).

Fram að þessu eru fáar heimildir um að afræningjar hafi verið til vandræða í íslensku sjókvíaeldi og tjón af völdum þeirra eru jafnframt tiltölulega lítil (Valdimar Ingi Gunnarsson 2007). Flestir afræningjar, sérstaklega spendýr og fuglar ráðast á fisk í sjókvíum þegar starfsmenn eru fjarverandi í birtingu á morgnana og þegar fer að dimma á kvöldin. Bjartar, kyrrar nætur eru einnig oft notaðar af afræningjum (Anon 1990). Það er því hugsanlegt að tjón vegna ágangs afræningja sé meira en menn hafa hingað til talið sérstaklega hjá litlum sjókvíaeldisstöðvum þar sem eftirlit er lítið.

Selir

Vitað er um þrjú tilfelli þar sem talið er að selur hafi valdið skemmdum á netpoka og valdið slysa-sleppingu. Þó tjón af völdum sela séu eflaust fleiri en þrjú er fátt sem bendir til þess að þetta sé umtalsvert vandamál hér við land nema þá hugsanlega í nágrenni við selalátur (Valdimar Ingi Gunnarsson 2007).

Fuglar

Skarfar ollu tjóni á fiski í nokkrum sjókvíaeldisstöðvum á níunda áratugnum. Nú er einnig

algengt að skarfur sæki að eldiskvíum þorskeldisfyrirtækja á haustin og fram á seinni hluta vetrar og valdi skaða á smærri fiski (Valdimar Ingi Gunnarsson 2007). Ef netpokarnir eru með smáum möskvum nær hann ekki góðu taki á fiskinum og getur því drepð og sært marga fiska (Anon 1990).

Fiskar

Af einstökum fisktegundum er það einkum háfur sem hefur valdið tjóni í sjókvíaeldi í Noregi og Kanada (Iwama o.fl. 1997; Aqua management 2004). Engar upplýsingar eru um að háfur hafi valdið tjóni hér á landi. Aftur á móti hefur

villtur þorskur nagað smá göt á netpoka á stöðum þar sem dauður fiskur og fóðurleifar hafa legið. Ekki er vitað til þess að villur fiskur hafi verið þess valdandi að eldisfiskur hafi sloppið út úr kvíum á Íslandi (Valdimar Ingi Gunnarsson o.fl. 2006b; Valdimar Ingi Gunnarsson 2007).

4.2.9 Súrefnisskortur

Til að fiskur þrífist er nauðsynlegt að nægt súrefni sé til staðar. Við venjulegar aðstæður í sjónum við Ísland er næg endurnýjun á súrefni til að fiskur geti þrífist í eldi. Dæmi eru þó um að súrefnisskortur hafi valdið tjóni hér við land. Tjón varð þegar fiskur drapst hjá Rifósi í Innra-Lóninu í Kelduhverfi (Gísli Jónsson 2002). Ástæðan var að úrgangur hafði safnast upp undir kvíunum, rotnað og skapað súrefnisþurrð. Í Grundarfirði drapst eldisþorskur í sjókvíum í janúar 2007 vegna súrefnisskorts sem var talinn stafa af mikilli mergð síldar sem hafði dvalið í firðinum um nokkurn tíma og valdið verulegri lækkun í styrk súrefnis (www.hafro.is, frétt 19. janúar 2007).

4.3 Áhrif þorskeldis á umhverfið

4.3.1 Umhverfisáhrif sjókvíaeldis

Ef ekki er staðið rétt að eldi á þorski í sjókvíum getur starfsemin haft margskonar áhrif á nánast umhverfi (mynd 4.11). Helstu hugsanlegu umhverfisáhrif sjókvíaeldis á þorski eru eftirfarandi:

1. Lífræn mengun vegna rotnandi saurs og fóðurleifa sem getur valdið köfnun botndýra.
2. Aukin framleiðsla svifþörungna vegna næringarefna sem berast frá eldinu.
3. Lyf, gróðurhindrandi efni og önnur efni sem



berast frá eldinu geta skaðað lífríkið.

4. Hávaða-, lyktar- og sjónmengun frá sjókvíaeldinu.
5. Strokufiskar geta hrygnt með náttúrlegum stofnum og valdið erfðablöndun.
6. Sjúkdómar og sníkjudýr í eldisfiski geta borist í villtan fisk í nágrenninu.

Eins og flest önnur starfsemi er sjókvíaeldi vel sýnilegt og frá því getur einnig stafað hávaði og jafnvel lyktarmengun. Umhverfisáhrifin eru þó mikið háð umfangi rekstursins, tæknivæðingu og fjarlægð frá íbúðarbyggð og annarri atvinnu-starfsemi (Huntington o.fl. 2006). Við úthlutun heimilda til sjókvíaeldis eru ákvæði um þessa þætti og sett skilyrði um varnir gegn mengun og viðbragðsáætlanum (Anna Rósa Böðvarsdóttir 2004). Gott rými er fyrir sjókvíaeldi á Íslandi og ef rétt er staðið að útgáfu starfs- og rekstrarleyfa eiga þessir þættir ekki að valda óásættanlegum umhverfisáhrifum. Nánar er fjallað um hugsanleg umhverfisáhrif annarra þátta í næstu köflum.

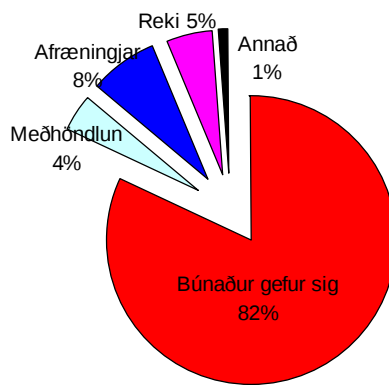
4.3.2 Slysasleppingar

Mögulegar slysasleppingar

Slysasleppingar á þorski geta átt sér stað annars vegar með því að seiði eða stærri þorskur sleppur út úr kvinni og hins vegar með hrygningu í kvinni og að frjóvguð hrogn berist út úr henni. Í rannsóknum hefur komið fram að eldisþorskur sem hrygnir í kvíum klekur lífvænlegum lírfum (Wroblewski og Hiscock 2002). Í norskri forrannsókn kom fram að þorsklirfur úr eldisþorski námu um 1-19% af heildarfjölda lírfa á svæðinu allt að 8 km frá kvinni nokkrum vikum eftir hrygningu (Jørstad og van der Meeren 2007).

Umfang slysasleppinga

Þorskur virðist sleppa úr kvíum í meira mæli en lax. Á tímabilinu 2003-2005 sluppu tæplega 320.000 fiskar úr sjókvíaeldi þar sem þorskeldi er stundað í Noregi (Moe o.fl. 2005, 2007). Fjöldi fiska sem sleppa úr sjókvíaeldisstöðvum í Noregi hefur aukist með auknu umfangi í þorskeldi og árið 2006 sluppu a.m.k. um 270.000 eldisþorskar. Samtals slapp eldisþorskur úr 11 sjókvíaeldisstöðvum, mest um 150.000 úr einni slysasleppingu (Fiskeridirektoratet 2007b). Árin 2000-2005 er áætlað að 0-6% eldisþorska hafi sloppið úr sjókvíum. Talið er að þetta hlutfall sé jafnvel hærra þar sem eldismenn verða ekki varir við allar slysasleppingar og einnig er eitthvað um að þær séu ekki tilkynntar (Moe o.fl. 2007). Orsök slysasleppinga er einkum að búnaður í sjókvíaeldisstöðvunum hefur gefið sig af ýmsum



Mynd 4.12. Orsakir slysasleppinga í eldi sjávarfiska í Noregi á árunum 2003-2006 (Opsahl 2007).

orsökum (mynd 4.12).

Engin gögn eru til um slysasleppingar á þorski í aleldi hér á landi. Aftur á móti liggja fyrir gögn um slysasleppingar á villtum þorski í áframeldi. Árin 2003-2005 sluppu árlega 2.000-10.000 þorskar sem er um 1-3% af heildarfjölda fiska sem fangaðir voru og settir út í sjókvíar. Slysasleppingar á Íslandi undanfarin ár má yfirleitt rekja til lélegs búnaðar. Þróunin hefur verið

sú að dregið hefur úr slysasleppingum samfara betri búnaði (Valdimar Ingi Gunnarsson o.fl. 2007).

Þorskur fljótur að finna gat á netpoka

Í atferlissrannsóknnum hefur komið í ljós að þorskur er fljótur að finna gat á netpoka og koma sér út (Aas og Midling 2005; Bjørn o.fl. 2007). Í nýlegum rannsóknum hefur einnig komið fram að þorskur nagar netpoka sem getur leitt til þess að gat myndast og fiskur sleppur út (Moe o.fl. 2007; Moe 2007). Nokkrar aðrar ástæður eru taldar valda því að hátt hlutfall af þorski sleppur s.s. möskvar eru of stórir fyrir smá seiði sem eru sett út og að búnaður sem upphaflega hefur verið þróaður fyrir laxeldi er ekki nægilega sterkur fyrir þorskeldi (Moe o.fl. 2005). Í Noregi eru nú nokkur rannsóknarverkefni sem hafa það að markmiði að draga úr slysasleppingum á þorski m.a. með þróun á betri búnaði fyrir þorskeldi (Moe o.fl. 2005; Moe 2007).

Þorskur yfirgefur fljótt eldissvæðið

Í einni atferlissrannsókn kom fram að nokkrum tímum eftir að þorskurinn sleppur hefur um helmingur af fiskinum forðað sér af kvíarsvæðinu og eftir um fjóra daga eru flest allir fiskar farnir í burtu. Um 30-50% af fiskinum kom síðan reglulega fram í mælingum í nágrenni við kvíarnar innan 3 km rásíðs. Hátt hlutfall af eldisþorskinum eða um 44% kom síðan fram í hefðbundinni veiði í firðinum (Bjørn o.fl. 2007). Í annarri rannsókn koma fram að áframeldisþorskur hélt sig lengur við kvíarnar en villtur þorskur eftir sleppingu. Þrátt fyrir það var um 50% af áframeldisþorskinum búinn að yfirgefa kvíarnar eftir 12 tíma og allir fiskarnir innan við tvo sólahringa (Wroblewski og Hiscock 2002).

Niðurstöður þessara rannsókna sýna að veiðin á þorski sem hefur sloppið út þarf að hefjast strax. Jafnframt benda rannsóknir til þess að auðveldara sé að endurheimta þorsk úr slysasleppingum en lax (Bjørn o.fl. 2007).

Úr sleppingum úr kvíum hefur komið fram að



eldisþorskur er nokkuð staðbundinn þó að hann yfirgefi kvíasvæðið fljótlega eftir sleppingu (Wroblewski og Hiscock 2002, Björn o.fl. 2007). Niðurstöður úr hafbeitasleppingum sýna einnig að eldisþorskur heldur sig yfirleitt í nágrenni við sleppistað. Það er þó töluverður munur á milli sleppinga sem talið er að hægt sé að rekja til eiginleika stofnsins og mismunandi vistkerfa. Tilhneiging er til að eldisþorskur sækir lengra frá sleppistað í Norður-Noregi en í Vestur-Noregi og að stærri eldisþorskur dreifist yfir stærra svæði. Í þessum tilraunum kom einnig fram að eldisþorskur dreifist yfir stærra svæði en villtur þorskur (Svåsand o.fl. 2000).

Aukin umræða og auknar kröfur

Í Noregi hefur verið mikil umræða um slysasleppingar og þá einkum á laxi. Á undanförunum árum hefur verið unnið markvisst að því að draga úr slysasleppingum og hafa m.a. kröfur um búnað og eftirlit verið hertar (Fiskeri- og kystdepartmentet 2005). Vegna takmarkaðs árangurs var komið á sérstöku ráði skipað af sjávarútvegsráðuneytinu sem á að vinna markvist að því að draga úr tíðni slysasleppinga m.a. að endurskoða laga- og reglugerðar- rammann, stjórnýsluna og viðurlög við broti (Fiskeridirektoratets 2007a). Jafnframt er opinberlega byrjað að gefa upp yfirlit yfir umfang slysasleppinga frá einstökum fyrirtækjum (Fiskeridirektoratet 2007b).

Í íslenskri reglugerð nr. 1011/2003 um búnað og innra eftirlit í fiskeldisstöðvum eru ströng ákvæði er lúta að slysasleppingum laxfiska. Í henni eru m.a. kröfur um styrkleika búnaðs, fyrirbyggjandi aðgerðir og innra eftirlit. Reglur fyrir eldi sjávarfiska eru ekki eins strangar en í lögum nr. 33/2002 um eldi nytjastofna sjávar (breytingar á lögum nr. 13/2004) kemur þó fram að „*takmörkun eða bann eldis á nytjastofnum er lög þessi ná til ef ljóst þykir að aðrar verndar- og friðunaraðgerðir sem kveðið er á um í lögum og stjórnvaldsfyrirmælum duga ekki til að koma í veg fyrir erfðablöndun við staðbundna stofna eða að líffræðilegri fjölbreytni sé ógnað og tegundum eða stofnum stefnt í hættu*”.

4.3.3 Erfðablöndun

Koma í veg fyrir hrygningu í kví

Til að draga úr líkum á hugsanlegri erfðablöndun er mikilvægt að koma í veg fyrir hrygningu í kvíum. Stór hluti þorska verða kynþroska á meðan á eldinu stendur (kafli 5) og hrygnar í kvíarnar. Það er þekkt t.d. í laxeldi að lýsing í kvíum kemur í veg fyrir eða seinkar kynþroska. Fram að þessu hefur lýsing í sjókvíum ekki gefið nægilega góða raun í þorskeldi (kafli 5). Arfgengi kynþroska er tiltölulega lágt (kafli 3) og munu því kynbætur ekki skila miklum ávinningi á næstu árum og áratugum. Aftur á móti er arfgengi fyrir vöxt meiri (kafli 3) og mun aukinn

vöxtur fljótt skila sér til greinarinnar. Í dag binda eldismenn einnig vonir við að með auknum vaxtarhraða verði hægt að ná fiskinum upp í markaðsstærð áður en hann verður kynþroska annan vetur í sjókvíum. Þetta markmið mun eflaust nást innan fárra ára með betri gæðum seiða og framgangi í kynbóta- starfinu. Það mun þó ekki leysa vandamálið að fullu þar sem ákveðið hlutfall af fiskinum verður kynþroska fyrsta veturinn í sjókvíum (kafli 5).

Hugmyndir hafa komið upp um að framleiða þrílitna þorska sem er ófrjór. Tilgangurinn með að framleiða þrílitna fisk er að koma í veg fyrir kynþroska. Einnig getur framleiðsla á þrílitna fiski hugsanlega komið í veg fyrir erfðablöndun við náttúrulega stofna. Stór hluti af regnbogasilungi sem framleiddur er í Evrópu er geldur. Aftur á móti hefur þessi aðferð ekki hentað eins vel fyrir Atlantshafslax og þarf frekari þróun áður en hægt verður að nota hana í iðnaðinum. Ennþá á eftir að rannsaka hvernig þrílitna eldisþorskur þrífst í eldi áður en hægt er að mæla með þessari aðferð (Hansen og Taranger 2007; Hansen o.fl. 2007).

Hætta á blöndun eldisþorsks og villts þorsks

Eftir að eldisþorskur sleppur úr kví sýna atferlisrannsóknir að kynþroska fiskur leitar upp hrygningarslóðir hjá villtum þorski (Wroblewski o.fl. 1996; Björn o.fl. 2007). Mismunandi hrygningartími og atferli gæti þó dregið úr líkum á blöndun (Bekkevold o.fl. 2006; Otterå o.fl. 2006). Nýlega lauk forverkefni þar sem aðstæður til rannsókna á hrygningaratferli þorsks í Þistilfirði voru metnar og safnað var gögnum um hrygningaratferli þorsks í eldiskerjum. Ætlunin var að mynda þekkingargrunn til áframhaldandi rannsókna þar sem reynt verður að meta hæfni eldisfiska til að makast við villta fiska í náttúrunni (Guðrún Marteinsdóttir og Vilhjálmur Þorsteinsson 2007).

Hér á landi hefur verið gerð úttekt á hugsanlegum áhrifum eldislaxa á náttúrulega laxastofna (Valdimar Ingi Gunnarsson 2002). Þar koma fram að við hrygningu er framlag kynbættra eldislaxa minna en náttúrulegra laxa, m.a. vegna afbrigðilegs atferlis og lakari hrognagæða. Lífslíkur afkomenda eldislaxa frá hrygningu til kynþroska eru mun minni en afkomenda náttúrulegra laxa. Í rannsóknunum kom einnig fram að erfðaeftir kvíalaxa getur blandast við erfðaeftir náttúrulegra laxa. Í nýlegri samantekt (Jonsson o.fl. 2006) koma fram að það eru aðeins fáeinir rannsóknir sem hafa náð yfir 1-2 kynslóðir þar sem verið er að skoða flutning á erfðaeftir á milli kynslóða. Bent var á að það þyrfti rannsóknir yfir lengra tímabil til að geta sýnt fram á með öruggum hætti langtímaáhrif blöndunar á eldislaxi og villtum laxi. Í íslenskri rannsókn kom aftur á móti fram að þrátt fyrir að mikið af eldislaxi og hafbeitarlaxi hafi gengið upp í Elliðaárna í lok níunda og fram eftir



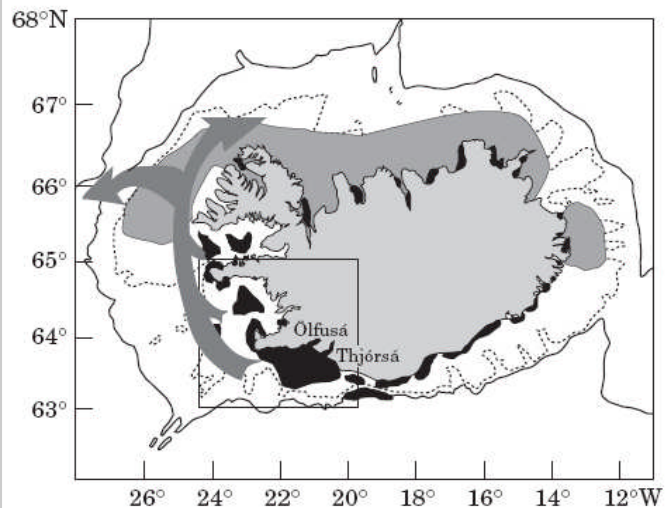
tíunda áratugnum hefur ekki greinst innblöndun við náttúrulega laxastofna í ánni (Leó Alexander Guðmundsson 2007). Í nýrri íslenskri samantekt (Guðrún Marteinsdóttir o.fl. 2007) kemur m.a. fram að þekking á áhrifum erfðablöndunar hjá sjávarfiskum er af skörum skammti. Því er nauðsynlegt að efla rannsóknir á staðbundinni aðlögun stofna og afla meiri vitneskju um erfðafræðilega byggingu þeirra og möguleg langtíma áhrif erfðablöndunar á villta stofna.

Ekki er ljóst í hve miklum mæli hægt er að heimfæra rannsóknaniðurstöður af laxi yfir á þorsk. Í dag er ekki vitað hvort og í hve miklu mæli eldisþorskur hrygnir með villtum þorski. Forrannsóknir benda til þess að afbrigðilegt atferli og útlitslegur munur geti hugsanlega dregið úr hæfni eldisþorsks að hrygna með náttúrulegum fiski (Skjæraasen o.fl. 2007). E.t.v. er mesta hættan fólgin í hrygningu þorsks í sjókvíum. Þá lifa þorskseiði úr kynbættum stofnum í sínum uppvexti við sömu náttúrulegar aðstæður og villti fiskurinn. Í atferlisrannsóknum hefur komið fram að seiði sem eru alin við aðstæður sem líkjast því sem gerist í náttúrunni eru með svipað atferlis-munstur og villtur þorskur. Aftur á móti sýna þorskseiði sem alin hafa verið við þauleldi, eins og tíðkast við framleiðslu þeirra í dag, afbrigðilega hegðun (Salvanes og Braithwaite 2006). Hugsanlegt er að þorskur upprunninn úr hrygningu í kvíum sé hæfari að hrygna með villtum fiski en þorskur sem hefur sloppið út sem seiði eða fullvaxta fiskur. Vegna takmarkaðrar þekkingar hefur m.a. verið mælt með því að fyrst í stað verði þorskeldi ekki staðsett í nágrenni við mikilvægar hrygningarstöðvar þorsks (Svånstad o.fl. 2005).

Erfðafræðilegur munur á hrygningarhópum

Þorskur hrygnir allt í kringum landið (mynd 4.13) en megin hrygningin fer fram við Suðvesturlandið (Guðrún Marteinsdóttir o.fl. 2000). Alls hafa verið skráð 94 hrygningarsvæði og eru þau mjög misjöfn að stærð (Guðrún Marteinsdóttir o.fl. 2007).

Rannsóknir á erfðasamsetningu þorsks sýna fram á erfðafræðilegan mun á milli hrygnandi þorsks við Suðvesturland (Loftstaðarhraun, Reykjanesgrunn og Eyrabakkagrunn) í samanburði við hrygnandi þorsk við Suðurland (Kantur, landgrunnskantinum v/Dyrhólaey) og Austfjarðadjúp. Jafnframt fannst erfðafræðimunur á milli hrygningarhópa á Loftstaðarhrauni og Kant sem eru í 80 km fjarlægð (Ólöf D.B. Jónsdóttir o.fl. 1999, 2001, 2002; Albert K. Imsland o.fl. 2004). Í nýrri rannsókn kom fram að þorskur við Ísland skiptist í tvo megin undirstofna, þ.e.a.s. við Suðvesturland og á Norðausturlandi (Pampoulie o.fl. 2006b). Í eldri rannsókn var ályktað vegna lítillar stofnaðgreiningar og hins háa genaflæðis teljist þorskur umhverfis Íslands til eins stofns, þó svo að hann leiti á ákveðin svæði til hrygningar á



Mynd 4.13. Hrygningarsvæði þorsks við landið (svart) og væntanlegt rek lirfa frá meginhrygningarsvæðum við Suðvesturlandið. Gráa svæðið táknar dæmigerða dreifingu lirfa, en töluverður munur getur þó verið á milli ára (Guðrún Marteinsdóttir o.fl. 2000).

nokkrum stöðum við landið (Einar Árnason o.fl. 1992a,b, 2000). Skiptar skoðanir eru á meðal vísindamanna um nákvæmni þeirra aðferða sem notaðar hafa verið til þess að aðgreina þorskstofna (sjá t.d. Guðrúnu Marteinsdóttir o.fl. 2007). Hér er ekki lagt mat á það hvort og þá í hve miklu mæli finnast undirstofnar þorsks hér við land en bent á að erfðafræðilegur munur á milli þorskstofna er minni en hjá laxastofnum (Bekkevold o.fl. 2006). Áframhaldandi rannsóknir á erfðafræðilegum mun á stofneiningum eða hrygningarhópum hér á landi eru nú stundaðar á vegum verkefnisins METACOD (www.hafro.is/metacod/).

Auk erfðafræðirannsókna hefur einnig verið notast við aðferðir sem byggja á flokkun þorsks út frá lögun og efnasamsetningu kvarna. Niðurstöður kvarna- og erfðagreininga bar vel saman og í ljós kom að þorskar sem hrygnu á Norðurlandi voru marktækt frábrugðnir þeim sem hrygnu við Suðurland (Ingibjörg Jónsdóttir o.fl., 2006a,b). Einnig var marktækur munur á milli þorska sem hrygnu á mismunandi dýpi við Suðurland (Gróa Pétursdóttir o.fl., 2006; Ingibjörg Jónsdóttir o.fl., 2006a,b).

Hugsanlegur flutningur erfðaefnis í villtan þorsk

Til að breytingar á erfðaefni villts þorsks geti átt sér stað þarf að vera erfðafræðilegur munur á eldisþorski og villtum fiski. Best leiðin væri því að nota stofna af því svæði sem eldið á að fara fram. Í kynbótum á þorski hefur verið farin sú leið að vera með eina kynbótalínu sem er þess valdandi að eldisþorskur getur verið erfðafræðilega frábrugðinn villtum þorski af svæðinu (Bekkevold o.fl. 2006). Í eldinu getur efðabreytileiki innan stofnsins minnkað (Pampoulie o.fl. 2006a). Í kynbótum er þó stefnt að því að halda



erfðabreytileikanum með því að hafa nægan fjölda af undaneldisfiski (Bekkevold o.fl. 2006).

Þegar heimfæra á niðurstöður erfðablöndunar hjá laxi yfir á þorsk skal haft í huga að það eru tveir veigamiklir þættir sem eru frábrugðnir. Í fyrsta lagi eru þorskstofnar mun stærri en laxastofnar og áhrif slyasleppinga því minni. Í öðru lagi er erfðafræðilegur munur á milli þorskstofna minni en hjá laxastofnum. Rannsóknir yfir lengri tíma munu skera úr um það hvort slyasleppingar af eldisþorski muni hafa neikvæð áhrif á villta þorskstofna (Bekkevold o.fl. 2002/2006). Í hafbeitartilraun á tíunda áratugunum í Noregi var fylgst með blöndun erfðamerktra fiska við villtan þorsk. Þar kom fram að erfðamerkti fiskurinn hvarf í Masfjorden en lítilsháttar fannst af honum í Øygarden í byrjun þessa áratugar. Í Noregi á að gera tilraunir með erfðamerkta fiska til að fylgjast með hugsanlegri blöndun við náttúrulega þorskstofna (Jørstad o.fl. 2005).

Íslendingar eru þátttakendur í Evrópuverkefni þar sem verið er að fara yfir hugsanlega áhrif eldisfisks á náttúrulega stofna. Teknar eru fyrir nokkrar tegundir og þar á meðal þorskur (Svåsand o.fl. 2007).

Erfðabreyttir fiskar og umhverfismál

Aukinn áhugi er á að nota erfðabreytta fiska í fiskeldis. Erfðabreyttar lífverur eru allar lífverur þar sem erfðaefninu hefur verið breytt á annan hátt en gerist í náttúrunni við þörun og/eða náttúrulega endurröðun (Lög 18/1996 um erfðabreyttar lífverur). Yfir 20 fisktegundum hafa verið erfðabreyttar í rannsóknarskyni (Beardmore og Porte 2003). Ekki liggja fyrir upplýsingar um að þorskur hafi verið erfðabreyttur.

Með notkun erfðatækni er hægt að auka vöxt, efnaskiptahraða, og frost- og sjúkdómaþol fisksins (Zbikowska 2003) svo nokkuð sé nefnt. Erfðabreytingin felur í sér að nýjum genum hefur verið komið fyrir í genamengi lífveru. Erfðabreyttir fiskar, geta hugsanlega haft neikvæð áhrif á villta stofna, bæði með kynblöndun og samkeppni um búsvæði og fæðu (Devlin o.fl., 2006). Komið hafa upp hugmyndir að þróa ófrjóa fiska með aðferðum erfðarækninnar t.d. með framleiðslu fiska sem ekki mynda hormón sem stjórna kynþroska. Í eldisumhverfi yrðu þeir síðan sprautaðir með hormónum til að koma kynþroska af stað (Maclean og Laight 2000). Það hefur fram að þessu ekki tekist að þróa þessa tækni fyrir fiskeldi (Devlin o.fl., 2006).

Það hefur ekki ennþá verið gefin heimild til notkunar erfðabreyttra fiska í fiskeldi í neinu landi. Aftur á móti er notkun á erfðabreyttum plöntum orðin algeng í landbúnaði (Logar og Pollock 2005). Á Íslandi eru Lög 18/1996 um erfðabreyttar lífverur, en markmið laganna „er að vernda náttúru landsins, vistkerfi, plöntur og heilsu manna og dýra gegn skaðlegum og

óæskilegum áhrifum erfðabreyttra lífvera. Tryggja skal að framleiðsla og notkun erfðabreyttra lífvera fari fram á siðferðilega og samfélagslega ábyrgan hátt í samræmi við grundvallarregluna um sjálfbæra þróun”.

4.3.4 Lífræn mengun

Tjón vegna lífrænna mengunar fátíð

Fram að þessu hefur umfang sjókvíaeldis verið lítið á Íslandi og áhrif eldisins á umhverfið því ekki verið mikil. Það hafa þó átt sér stað tjón vegna lífrænna mengunar hjá Rifósi í Innra-Lóninu í Kelduhverfi (Gísli Jónsson 2002). Ástæðan var rakin til kröftugrar eitrunar af völdum brennisteinsvetnis (H_2S). Brennisteinsvetni myndast við súrefnissnauðar aðstæður niður við botn á menguðum svæðum þar sem úrgangur m.a. frá eldinu hefur safnast upp og rotnað. Á fyrstu árum norsks laxeldis var eldinu oft valinn staður á skjólgóðum, straumlitlum grunnum svæðum oft í þröskuldsfjörðum. Úrgangur safnaðist því undir kvíunum með þeim afleiðingum að brennisteinsvetni myndaðist og í verstu tilvikum olli það afföllum á fiski. Eldinu er nú valinn staður á dýpri, opnari og straummeiri svæðum m.a. til að koma í veg fyrir afföll á eldisfiski vegna mengunar (Velvin 1999). Aðstæður í Innra-Lóninu er að sumu leyti svipað því sem var á fyrstu árum í norsku sjókvíaeldi. Lónið er lagskipt, saltara niður við botn og ferskt í yfirborði. Það magn af sjó sem streymir inn í Lón hverju sinni er mjög breytilegt og oft mjög takmarkað (Ingimar Jóhannsson og Björn Jóhannesson 1983). Aðstæður í Innra-Lóninu eru mjög sérstækar og ekki hægt að heimfæra yfir á önnur svæði þar sem sjókvíaeldi er stundað hér á landi. Straumur í íslenskum fjörðum er yfirleitt mikill og þar sem eldinu er valinn staður á djúpu vatni er áhrif eldisins lítil.

Umfang eldisins í takt við burðagetu svæðisins

Saur og fóðurleifar frá eldinu berast yfirleitt ekki meira en 20-50 metra frá kvíunum. Á undanförunum árum hefur verið unnið að því að bæta fóðurnýtingu og gæði fóðursins m.a. til að draga úr umhverfisáhrifum (Menta o.fl. 2006). Til að halda áhrifum eldisins á umhverfið í lágmarki er mikilvægt að velja svæði með hæfilegt dýpi og straum. Framleiðslugeta sjókvíaeldisstöðvar eða burðageta svæðisins eykst með auknum straumhraða og dýpi. Til dæmis er burðargeta eldissvæðis sem er 80 m djúpt um fjórfalt meira en svæðis sem er 30 m (Aure og Ervik 2002). Með því að hafa einfestukví dreifist úrgangur frá stöðinni yfir stærra svæði og þannig dregur úr áhrifum eldisins á umhverfið (Goudey o.fl. 2001). Önnur aðferð er að hvíla reglulega eldissvæðið til að láta það jafna sig.

Til að meta burðargetu fyrirhugaðs sjókvíaeldis hafa verið framkvæmdar umhverfiskannanir. Í því sambandi má nefna umhverfiskannanir sem Akvaplan–



niva hefur framkvæmt fyrir nokkur fyrirtæki hér á landi (Guneriusson og Pallerud 2003). Á vegum Samherja var gert alhliða umhverfismat í sambandi við fyrirhugað allt að 6.000 tonna laxeldi í Reyðafirði (Samherji 2002).

Ef vel er staðið að sjókvíaeldi getur það aukið botndýralíf í nágrenni við kvíarnar. Í meðalstórri sjókvíaeldisstöð í Noregi er losað 1.500-3.000 tonnum af saur og fódurleifum á ári. Í þeim tilvikum sem dýpi og straumar eru hæfilegir dreifist úrgangurinn yfir nægilega stórt svæði til að valda ekki staðbundinni mengun. Hér skiptir einnig miklu máli að kvíarnar séu hreyfanlegar og fari yfir stórt svæði. Í einni sjókvíaeldisstöð í Noregi sem var á 230 metra dýpi og kvíarnar fluttust yfir svæði sem nam 30 sinnum flatarmál kvíanna varð ekki vart við mengun þrátt fyrir samfellt 10 ára eldi. Fjöldi botndýra var 10 sinnum meiri, lífþungi 30 sinnum meiri og heildarframleiðsla botndýra við kvíarnar var 60 sinnum meiri en á svæðum sem ekki gætti áhrifa frá eldinu (Kutti og Olsen 2007; Kutti o.fl. 2007b).

Áhrif næringarefna frá eldinu

Næringarefni (fosfór og köfnunarefni) eru nauðsynleg fyrir vöxt svifþörungum. Gerðar hafa verið rannsóknir þar sem kannað hefur verið áhrif næringarefna sem berast frá eldinu á umhverfið í nágrenninu við kvíarnar. Í Hardangerfjord í Vestur-Noregi var niðurstaðan sú að 38.000 tonna eldi eins og það var árið 2003 hefði lítil áhrif á svifþörungasamfélagið. Könnuð voru með líkanútreikningum áhrif fiskeldis í Hardangerfjord sem nam 380.000 tonnum og var komist að þeirri niðurstöðu að það myndi aðeins auka framleiðslu svifþörungum að meðaltali um 5,2%. Aukning var þó mismunandi eftir staðsetningu í firðinum og voru áhrifin minnst yst í firðinum þar sem straumur er mestur (Eksnes 2007). Í umhverfismati Samherja (2002) vegna 6.000 tonna sjókvíaeldis í Reyðafirði kom fram að styrkur næringarefna verður aldrei hár og þó svo að straumurinn verði þrefalt minni frá því sem nú er og losun þrefalt meiri.

Í líkanútreikningum var skoðuð framleiðslugeta norskra fjarða með því að auka heildarmagn næringarefna um 4% með auknu fiskeldi (Ervik og Aure 2006). Niðurstöður voru þær að þá væri hægt að framleiða tæpar tvær milljónir tonna af eldisfiski og með því að auka heildarmagn næringarefna um 25% var hægt að framleiða 11,5 milljónir tonna. Þrátt fyrir 25% aukningu á styrk næringarefna voru umhverfisbreytingar tiltölulega litlar og minnkaði skyggni sjávar vegna aukins svifþörungablóma að meðaltali aðeins um 0,5 metra. Möguleikar á aukinni losun næringarefna voru mismunandi eftir landshlutum og voru niðurstöður þær að ekki væri hægt að auka losun á ákveðnum svæðum syðst í Noregi vegna mengunar en mest var hægt að auka á lítið

röskuðum svæðum í Norður-Noregi. Hér á landi er næringarauðgun sjávar hverfandi. Aðeins í nágrenni við fráveitur á Suðvesturlandi hefur mælst lítilsháttar aukning næringarefna (Davíð Egilsson o.fl. 1999). Losun næringarefna í íslenskum fjörðum verður því sennilega seint takmarkandi þáttur við uppbyggingu sjókvíaeldis við Ísland.

Fylgst hefur verið með breytingu á svifþörungasamfélaginu með aukinni losun næringarefna. Þar kom fram að hlutfall þeirra svifþörungahópa sem geta hugsanlega valdið tjóni á fiski jókst meira en annarra tegunda svifþörungum (Eksnes 2007). Í skoskri athugun var niðurstaðan sú að fiskeldi ylli aðeins smávægilegri aukningu á svifþörungum og að engar vísbendingar væru um aukna tíðni eittraðra eða skaðlegra svifþörungum (Scottish Executive 2002; Smayda 2004).

Vöktun mikilvæg

Í starfsleyfi er kveðið á um vöktun sem þarf að framkvæma vegna starfsemi sjókvíaeldisstöðva (Anna Rósa Böðvarsdóttir 2004). Í Mjóafirði þar sem mesta umfang hefur verið í sjókvíaeldi var fylgst með umhverfisáhrifum eldisins (Björgvin Harri Bjarnason 2004). Kannað var botndýralíf við kvíapýrpingar vorið 2003 og fengust mismunandi niðurstöður sem raktar voru til breytileika í umhverfisþáttum eftir svæðum. Færri tegundir fundust í sýnatökum en tveimur árum áður þegar eldi var að hefjast á svæðinu og þá aðallega burstaormum (Þorleifur Eiríksson o.fl. 2003). Í lok ársins 2003 var kannað áhrif laxeldis í Mjóafirði á efnasamsamsetningu botnsets og var niðurstaðan sú að áhrif eldisins á botnsetið væru lítil. Sýni voru þó ekki tekin alveg undir kvíunum (Shakouri 2004). Í þessari rannsókn voru áhrif eldisins á botninn ekki eins mikil og í fyrri rannsókn sem tekin var um vorið. Talið var að sterkir sjávarstraumar sem myndast á haustin, svokallaðir eðlisþyngdarstraumar, blandi upp sjóinn og streymi af miklum krafti inn og út úr Mjóafirði, hreinsi vel undan kvíunum og lagi ástand botnsins til muna (Björgvin Harri Bjarnason 2004). Í september 2004 var ástandið kannað aftur undir kvíunum með myndavélarkafbát. Á svæðum þar sem eldið var stundað var um að ræða staðbundna uppsöfnun beint undir kvíunum. Í þessari athugun kom einnig vel fram að með því að hvíla svæðið náði það að jafna sig. Undir einni kvíapýrpingu sem hafði verið fisklaus í tæplega eitt ár hafði botninn náð aftur eðlilegu ástandi (Björgvin Harri Bjarnason og Erlendur Bogason 2004).

4.3.5 Fisksjúkdómar

Gera má ráð fyrir auknu umfangi sjúkdóma eftir því sem þorskeldi eykst. Of lítið er vitað um hugsanlega smithættu frá eldinu yfir í villta þorskstofna. Fyrirbyggjandi aðgerðir til að koma í veg fyrir smit og smitmögnun í eldinu eru mikilvægar þáttur í draga úr



líkum á að fisksjúkdómar berist í villtan fisk í nágrenni við kvíarnar (Simolin o.fl. 2002).

Í ítarlegri samantekt þar sem lagt var mat á hvort eldisfiskur hefði sýkt villtan fisk kom fram að oft væri erfitt að sýna fram á slíkt samhengi. Það eru þó staðfest dæmi um að eldisfiskur hafi sýkt villtan fisk í Evrópu og er um að ræða vírus, bakteríusjúkdóm og sníkjudýr (Raynard o.fl. 2007). Þó að dregið hafi verið verulega úr líkum á smiti með forvörnum á síðustu árum og áratugum er hættan þó alltaf til staðar að eldisfiskur flytji með sér sjúkdóma úr einu vistkerfi yfir í annað. Haft skal í huga að eldisfiskur getur verið minna viðkvæmur fyrir smitmögnun en villtur fiskur af sömu tegund s.s. vegna bólusetningar við ákveðnum sjúkdómum (Berg 2007).

Í villtum fiski er að finna fjölda sjúkdóma (Bricknell o.fl. 2006; Samuelson o.fl. 2006). Aftur á móti eru sýktir villtir fiskar sjaldan sýnilegir þar sem fiskurinn drepst fljótt. Í fiskeldi eru sjúkdómar mjög sýnilegir og eru því fisksjúkdómar í meira mæli tengdir fiskeldi en náttúrulegum fiskstofnum (Bergh 2007). Villtur fiskur sem kemst í nágrenni við eldisfisk getur því hugsanlega valdið smiti, en dæmi eru um að það hafi gerst (Raynard o.fl. 2007). Í nýlegri rannsókn kom fram að töluverður munur var á sníkjudýraflóru á aleldisþroski á þremur eldis-svæðum. Á því svæði þar sem tíðnin var mest voru 4-7 tegundir sníkjudýra á um 75% fiskanna. Niðurstöður voru þær að fjöldi sníkjudýra væri það lítill að það hefði ekki umtalsverð áhrif á heilbrigði fisksins (Strøm 2007).

Laxalúsin sem upprunninn er úr eldislaxi hefur valdið verulegu tjóni á náttúrulegum laxastofnum (Valdimar Ingi Gunnarsson 2002). Enn þann dag í dag er laxalús talin stærsta sjúkdómaógnunin fyrir villta laxastofna (Jonsson o.fl. 2006). Í þorskeldi er það helst þorsklús (*Caligis curtus*) og fiskilús (*Caligus elongatus*) sem geti valdið tjóni, en þessar lýs er einnig að finna á mörgum öðrum fisktegundum. Smitmögnun í eldi getur hugsanlega orðið þess valdandi að villtur þorskur og aðrar tegundir í nágrenninu smitist. Einnig getur gerst að villtir fiskar smiti eldisþorsk en lýs geta auðveldlega flutt sig á milli hýsla (Havforskningsinstitutet 2005; Øines o.fl. 2006). Hvort og þá í hve miklu mæli lýs eða aðrir sjúkdómavaldar í þorskeldi geta orðið alvarleg ógnun við náttúrulega fiskstofna mun væntanlega koma í ljós á næstu árum og áratugum.

4.3.6 Efnanotkun

Fjölmörg efni sem geta haft neikvæð áhrif á vistkerfið eru notuð í fiskeldi. Mörg þessara efna hafa verið þróuð fyrir notkun í öðru en fiskeldi. Það hefur þó átt sér stað jákvæð þróun þar sem dregið hefur úr efnanotkun í fiskeldi og umhverfisvænum efnum hefur verið veitt meiri athygli (Huntington o.fl. 2006).

Með tilkomu þorskeldis í Noregi hefur lyfjanotkun aukist með auknu umfangi eldisins (Nygaard 2007). Á Íslandi er þorskeldi að mestu byggt á áframeldi á 1-2 kg fiski og fram að þessu hefur honum ekki verið gefið lyf þátt fyrir að upp hafi komið sjúkdómar. Aftur á móti hafa lyf verið notuð í aleldi og í eldi á villtum þorskseidum. Allt frá árinu 1998 hefur lyfjanotkun á hvert tonn sláturfisks minnkað í íslensku fiskeldi, en árið 2006 jókst notkun lyfja samfara auknu umfangi þorskeldis (Gísli Jónsson 2007). Verið er að þróa bóluefni fyrir eldisþorsk og samfara nýjum bóluefnum mun draga verulega úr lyfjanotkun. Í því samhengi má benda á þá þróun sem hefur átt sér stað í norsku laxeldi en þar lækkaði lyfjanotkun úr 50 tonnum árið 1985 niður í um eitt tonn á tíunda áratugnum þrátt fyrir mikla framleiðsluaukningu á tímabilinu (Holm o.fl. 2003). Þó að vel hafi tekist í Noregi er notkun lyfja þó ennþá mikil í mörgum löndum (Cabello 2006).

Mikil notkun á lyfjum getur valdið ónæmi baktería fyrir þeim (Cabello 2006). Eldisfiski er gefin lyf með að fódra hann með sérstöku lyfjafóðri og í þeim tilvikum sem yfirfóðrun á sér stað getur það borist í villtan fisk í nágrenni við kvíarnar. Í eldi er óheimilt að slátra og selja lyfjafóðraðan fisk fyrr en eftir ákveðinn tíma eða þangað til hann er búinn að losa allar lyfjaleifar úr líkamanum (reglugerð nr. 238/2003 um eldi nytjastofna sjávar). Með þessari aðferð er ekki hægt að koma í veg fyrir að fiskur með lyfjaleifum berist á markað, hvorki eldisþorskur úr slysasleppingum eða villtur þorskur sem étið hefur lyfjafóður. Notkun lyfjafóðurs getur einnig haft áhrif á bakteríuflórana undir kvíunum með þeirri afleiðingu að verulega hægi á niðurbroti lífrænna leifa (Sørum 1999; Holm o.fl. 2003).

Til að losa lýs af eldisfiski er hann baðaður með efnum sem losa hann við sníkjudýrið. Þessi efni brotna hægt niður í náttúrunni og ókostur við notkun þeirra er að þau geta verið skaðleg fyrir lífríkið í nágrenni við kvíarnar (Holm o.fl. 2003). Fram að þessu hefur þorskur í sjókvíaldi ekki verið baðaður en ekki er hægt að útiloka að svo verði í framtíðinni.

Böðun á netpoka með gróðurhindrandi efnum sem innihalda kopar er algengasta aðferðin til að koma í veg fyrir að ásætur taki sér bólfestu á fiskeldisbúnaði (Beveridge 2004). Um 80-90% af gróðurhindrandi efnum leysast upp í sjónum á meðan á eldinu stendur og 10-20% þegar netpokinn er þrífinn (Vanebo o.fl. 2000). Ofgnótt af kopar í sjónum getur haft neikvæð áhrif á vistkerfið (Brooks & Mahnken 2003). Það er því þrýstingur á að draga úr notkun kopars í fiskeldi. Nú er unnið að því að þróa umhverfisvænar aðferðir til að halda vexti ásæta á netpokum í lágmarki (Holm o.fl. 2003; Olafsen 2006a). Það felur meðal annars í sér eftirfarandi:



- Þróa vistvæn gróðurhindrandi efni.
- Hjúpa netpokann með efnum sem auðveldar hreinsun ásæta af pokanum.
- Hreinsa netpokann reglulega í sjónum með sérstökum háþrýsti spúlum.
- Nota tvo ómeðhöndlaða netpoka sem saumaðir eru saman, annar hafður í sjó en hinn hafður uppi til þurrkunar.
- Velja ákveðin lit á netpoka sem dregur úr ásætum.

Dregið hefur úr notkun gróðurhindrandi efna í norsku laxeldi og hlutdeild umhverfisvænna aðferða til að hamla vexti ásæta á netpokum hefur aukist (Olafsen 2006a).

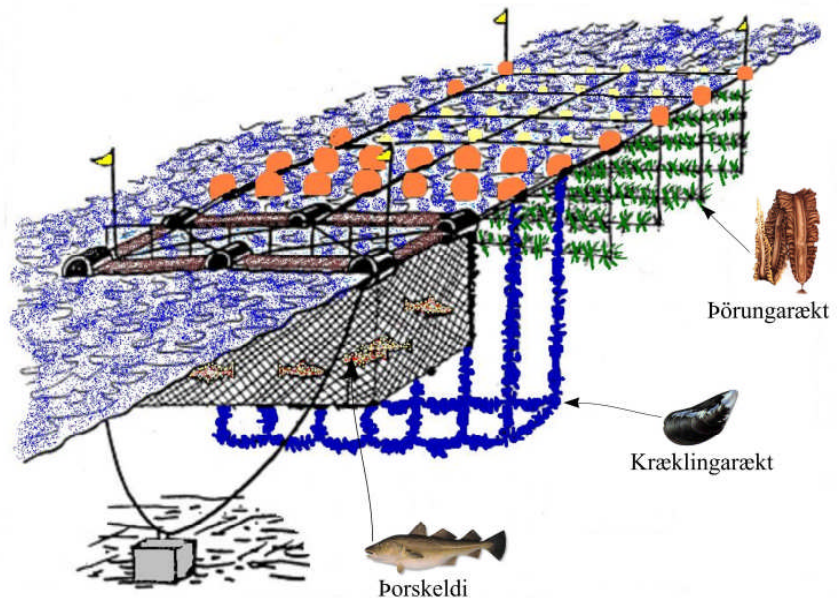
Niðurstöður þróunarverkefna sýna jafnframt að umhverfisvænar að-ferðir geta verið samkeppnishæfar við hefðbundnar aðferðir þar sem gróðurhindrandi efni eru notuð (Olafsen 2006b).

4.4 Umhverfis- og skipulagsmál fiskeldis

4.4.1 Vistvænt fiskeldi

Fiskeldi í heiminum er mjög fjölbreytilegt og margar aðferðir eru notaðar við framleiðslu á eldisdýrum, misjafnlega umhverfisvænar og í sumum tilvikum er um að ræða veruleg umhverfisáhrif af eldinu (Naylor o.fl. 2000). Í þróuðum löndum er almennt notað þaueldi (stríðeldi) og er þá höfð ein tegund í eldinu (*monoculture*) við mikinn þéttleika og er jafnframt fóðruð með tilbúnu fóðri. Þessu eldisformi getur fylgt mikil umhverfisáhrif ef ekki er rétt staðið að eldinu og í verstu tilvikum yfirstigið burðargetu svæðisins. Í þróunarlöndum er fiskeldi oft mun vistvænna og þar er algengt að stundað sé fjöleldi (*polyculture*) og samþætting fiskeldis og landbúnaðar (*Integrated agri-aquaculture system*). Samþætt fiskeldi og landbúnaður er einkum stundað í tjörnum í Asíu, í litlum fjölskyldubúum með dýr, akuryrkju og fiskeldi. Margar útgáfur eru af samþættu fiskeldi og landbúnaði og er ekki til ein einhlít skilgreining á þessu eldisformi. Í hefðbundnu fjölskyldubýli er t.d. úrgangur frá skepnum notaður til að auka svifþörungafframleiðslu í tjörnunum, og afgangar frá akuryrkju notaðir í fóður fyrir fiskana í tjörninni (Lucas og Southgate 2003).

Fjöleldi eins og nafnið bendir til er eldi á fleiri en einu eldisdýri í sömu eldiseiningu, en hér getur auk fisks verið um að ræða þörung, landdýr og plöntur (Stickney 2000). Dæmi um umfangsmikið fjöleldi er eldi á vatnakörpum (*carps*) en af fisktegundum er



Mynd 4.14. Fjöleldi með fiski, kræklingi og þörungum (Valdimar Ingi Gunnarsson o.fl. 2005c).

mest framleitt af þeim í heiminum. Eldið fer fram í tjörnum þar sem hver tegund nýtir mismunandi náttúrulega fæðu í tjörninni. Gæta þarf að vistfræðilegu jafnvægi í tjörninni m.a. útsetningu hæfilegs fjölda einstakra eldistegunda (Lucas og Southgate 2003). Fjöleldi er fyrst og fremst stundað í þróunarlöndum en er á tilraunarstigi í Evrópu. Hægt er að stunda fjöleldi í sjókvíum og draga úr umhverfisáhrifum eldisins. Þar má nefna eldi á fiski, kræklingi og þörungum á sama svæði (mynd 4.14). Þá nýtir kræklingurinn m.a. lífrænan úrgang frá fiskeldinu sem fæðu og ræktun þörungar nýtur góðs af áburði (næringarefnum) sem berst frá fiskeldinu og kræklingaræktinni (Troell og Norberg 1998). Áhugi fyrir fjöleldi hefur aukist mikið í Evrópu á síðustu árum og í því sambandi má nefna kynningu á fjölda rannsóknaverkefna á alþjóðlegri fiskeldisráðstefnu AQUA 2006 sem haldin var í Flórens á Ítalíu (Valdimar Ingi Gunnarsson 2006).

4.4.2 Leyfisveitingar

Til að geta hafið sjókvíaelði á Íslandi þarf að sækja um leyfi til stjórnvalda sem hafa sett lög sem hafa m.a. það að markmiði að lágmarka umhverfisáhrif fiskeldis. Í lögum nr. 33/2002 um eldi nytjastofna sjávar er markmiðið „að stuðla að ábyrgu eldi nytjastofna og tryggja verndun villtra nytjastofna. Skal í því skyni leitast við að tryggja gæði framleiðslunnar, koma í veg fyrir hugsanleg spjöll á villtum nytjastofnum og lífríki þeirra og tryggja hagsmuni þeirra sem nýta slíka stofna“. Í lögum um hollustuhætti og mengunarvarnir nr. 7/1998 kemur fram að „markmið þessara laga er að búa landsmönnum heilnæm lífsskilyrði og vernda þau gildi sem felast í heilnæmu og ómengðu umhverfi“.



Laga- og stjórnsýslukerfi flókið

Laga- og stjórnsýslukerfi leyfisveitinga fyrir fiskeldi er flókið á Íslandi. Gott yfirlit yfir umsóknar- og eftirlitsferlið er að finna í meistaraprófsritgerð Önnu Rósu Böðvarsdóttur (2004, 2005). Yfirlit yfir stöðu leyfisveitinga til fiskeldis árið 2004 var tekið saman af Valdimari Inga Gunnarssyni (2004).

Leyfisveitingar vegna fiskeldis falla nú undir þrjú ráðuneyti: landbúnaðar-, sjávarútvegs- og umhverfisráðuneyti. Ýmsar stofnanir sem starfa undir þessum ráðuneytum koma að leyfisveitingum. Skipulagsstofnun, Umhverfisstofnun og heilbrigðiseftirlit sveitarfélaganna falla undir umhverfisráðuneytið, Fiskistofa undir sjávarútvegsráðuneytið og Landbúnaðarstofnun undir landbúnaðarráðuneytið.

Útgáfa á starfsleyfi

Framkvæmdaaðili sem hefur huga á að hefja fiskeldi þarf fyrst að sækja um starfsleyfi. Í lögum um hollustuhætti og mengunarvarnir nr. 7/1998 og reglugerð nr. 785/1999 um starfsleyfi fyrir atvinnurekstur sem getur haft í för með sér mengun kemur fram að sækja þurfi um leyfi til heilbrigðisnefnda sveitarfélaganna ef sótt er um minna en 200 tonna eldi í sjó á ári. Ef fyrirhugað er sjókvíaelði með meira en 200 tonna ársframleiðslu þarf að sækja um starfsleyfi til Umhverfisstofnunar.

Mat á umhverfisáhrifum

Samkvæmt lögum nr. 106/2000 m.s.br. og reglugerð nr. 1123/2005 um mat á umhverfisáhrifum þarf að tilkynna Skipulagsstofnun um allt fiskeldi sem er með frárennsli í sjó ef áformað er að ársframleiðsla verði meiri en 200 tonn. Skipulagsstofnun ákvarðar í samræmi við eðli málsins og umsagnir leyfisveitenda og umsagnaraðila, hvort þörf sé á slíku mati. Ef þörf er á mati gerir framkvæmdaaðili matsáætlun, frummatsskýrslu og matsskýrslu og í kjölfarið ályktar Skipulagsstofnun, hvort matsskýrslan uppfylli ákvæði laganna, hvort umhverfisáhrifum sé lýst á fullnægjandi hátt og gerir grein fyrir niðurstöðu stofnunarinnar um mat á umhverfisáhrifum framkvæmdarinnar. Umhverfisstofnun gefur síðan út starfsleyfi fyrir stærri eldisstöðvar ef fallist hefur verið á framkvæmdina. Mat á umhverfisáhrifum er mikilvægt stjórnþæki til að koma í veg fyrir umtalsverð neikvæð áhrif á umhverfið og til að stuðla að sjálfbærri þróun (Auður Ýr Sveinsdóttir o.fl. 2005). Í mati á umhverfisáhrifum eru Íslendingar að komast á svipað stig og nágrannaþjóðirnar (Anna Rósa Böðvarsdóttir 2004). Frá árinu 2004 hefur átt sér stað framþróun a.m.k. að einhverju leyti með útgáfu ítarlegra leiðbeininga um mat á umhverfisáhrifum framkvæmda s.s. fiskeldis (Auður Ýr Sveinsdóttir o.fl. 2005). Einnig hafa ný lög (nr. 105/2006) um umhverfismat áætlana gengið í gildi. Markmið þessara laga er að stuðla að sjálfbærri

þróun og draga úr neikvæðum umhverfisáhrifum og jafnframt að stuðla að því að við áætlanagerð sé tekið tillit til umhverfissjónarmiða. Það skal gert með umhverfismati tiltekinna skipulags- og framkvæmdaáætlana stjórnvalda sem líklegt er að hafi í för með sér veruleg áhrif á umhverfið.

Útgáfa á rekstraleyfi

Eftir að framkvæmdaaðili hefur fengið starfsleyfi frá Umhverfisstofnun eða heilbrigðisnefndum sveitarfélaganna sækir hann um rekstrarleyfi. Fyrir sjókvíaelði gefur Umhverfisstofnun út ítarlegt starfsleyfi þar sem m.a. er kveðið á um umhverfismarkmið, varnir gegn mengun ytra umhverfis, innra eftirlit fyrirtækis og vöktun og almenna starfshætti (Umhverfisstofnun 2006). Framkvæmdaaðili sækir síðan um rekstrarleyfi til Fiskistofu skv. lögum nr. 33/2002 og reglugerð nr. 238/2003 um eldi nytjastofna sjávar.

Samhæfa þarf vinnu við útgáfu leyfa

Leyfisveitingar til fiskeldis eru sennilega flóknari hér á landi en í Noregi, Kanada og Skotlandi, m.a. vegna þess að starfsleyfi og rekstrarleyfi eru aðskilin. Auk þess gefa tveir aðilar út starfsleyfi eftir stærð eldisins en það leiðir af sér að fjórir aðilar hafa aðskilin hlutverk við útgáfu starfs- og rekstrarleyfa. Ósamræmis hefur gætt milli starfsleyfa Umhverfisstofnunar og heilbrigðiseftirlits sveitarfélaganna. Mikilvægt er að samræma kröfur, enda er það hlutverk Umhverfisstofnunar samkvæmt reglugerð nr. 785/1999 um starfsleyfi fyrir atvinnurekstur sem getur haft í för með sér mengun. Það er hægt að gera með útgáfu leiðbeiningabæklinga eins og gert hefur verið í samanburðarlöndunum (Anna Rósa Böðvarsdóttir 2004).

4.4.3 Samhæfð strandsvæðastjórnun

Strandsvæðastjórnun er nýtt hugtak í íslenskri stjórnsýslu og hefur ekki verið skilgreint kerfisbundið hvernig haga skuli nýtingu strandsvæða við Ísland með tilliti til fiskeldis og annarrar nýtingar. Strandsvæði eru nýtt af ýmsum aðilum öðrum en fiskeldisfyrirtækjum svo sem aðilum í ferðþjónustu, æðarbændum, sportköfum og siglingamönnum. Auk þess eru á strandsvæðum ómetanleg hrygningar-, uppeldis- og náttúruverndarsvæðum í sjó. Mikilvægt er að vinna við samhæfða strandsvæðastjórnun hefjist sem fyrst (Guðrún Marteinsdóttir o.fl. 2007). Hér á landi hefur orðið vart við samkeppni um strandsvæði, s.s. milli eldisaðila, veiðiréttareigenda og fiskveiða (Anna Rósa Böðvarsdóttir 2004). Til að koma betra skipulagi á úthlutun leyfa til fiskeldis og draga úr líkum á árekstrum hagsmunaaðila er hægt að koma á samhæfðri strandsvæðastjórnun (*Integrated Coastal Zone Management*). Þannig er líklegra að tekið verði á öllum þeim þáttum sem hafa áhrif á umhverfið á ströndinni (COM 2002). Samhæfð



strandsvæðastjórnun hefur það að markmiði að lágmarka umhverfisáhrif fiskeldis, varðveita náttúruauðlindir, koma í veg fyrir eða lágmarka hagsmunarárekstra og ná sem bestri nýtingu náttúruauðlinda (GESAMP 2001). Stór hluti leyfisveitinga og mest umfang fiskeldis er í sjókvíum og er því mikilvægt að sérstaklega verði hugað að þessum þætti hér á landi.

Með samhæfðri strandsvæðastjórnun eru tekin fyrir áhrif fiskeldis m.t.t. annarrar starfsemi á svæðinu og hugsanlegrar framtíðarnotkunar og samlegðaráhrifa á umhverfið (COM 2002). Með samhæfðri strandsvæðastjórnun væri hægt að skipuleggja nýtingu strandsvæða og taka mikilvægar ákvarðanir í hvaða fjörðum eða fjarðahlutum eigi að heimila fiskeldi, hvaða svæði ætti að vernda m.t.t. til ferðaþjónustu, fiskveiða o.s.frv. (Anna Rósa Böðvarsdóttir 2004). Dæmi um strandsvæðastjórnun þar sem tekið hefur verið á ágreiningi fiskeldismanna og veiðiréttareigenda er bann við laxeldi á svæðum sem eru með mesta laxveiði. Á Faxaflóa, Breiðafirði, Norðurlandi vestra og Norðausturlandi er sjókvíaelði óheimilt (*Auglýsing nr. 460/2004 um friðunarsvæði, þar sem eldi laxfiska (fam. salmonidae) í sjókvíum er óheimilt*).

Í kandiðatsritgerð Þuríðar Kristínar Halldórsdóttur (1987) er gefið lögfræðilegt yfirlit yfir nýtingu strandsvæða m.t.t. fiskeldis. Skipulagsyfirlit sveisarfélaganna á Íslandi ná aðeins yfir netlög sem eru innan 115 metra frá landi miðað við stórstraumsfjöru. Eigandi sjávarjarðar á einn fiskveiðirétt í netlögnum sínum, (sbr. 2. kap. rekab. Jónsbókar): „og liggi jörð að sjó, á eigandi veiði á haf út, 60 faðma frá stórstraumsfjörumáli og eru það netlög hans” (Tilskipun um veiði á Íslandi frá 20. júní 1849, 3 gr.). Yfirlittu eru fiskeldisframkvæmdir fyrirhugaðar utan netlagna og falla því ekki undir skipulags- og byggingarlögin (nr. 73/1997). Sveitarfélögin ráða því ekki yfir þeim svæðum þar sem fiskeldi er jafnan stundað og hafa því ekki tekið þessa starfsemi inn í sitt skipulag né heldur hafa önnur yfirvöld skipulagsrétt á umræddum svæðum.

4.4.4 Innra eftirlit og vöktun hjá fyrirtækjum

Skilyrði um innra eftirlit og vöktun í starfsleyfi

Í útgefnu starfsleyfi sem Umhverfisstofnun gefur út eru ákvæði um innra eftirlit fyrirtækis og vöktun (tafla 4.2). Þar kemur m.a. fram að ekki sjaldnar en sjötta hvert ár skal fylgjast með botni og samsetningu botndýralífs undir kvíum. Taka skal næringarefnasýni úr sjó á þriggja ára fresti og verði vart við mengun á eldissvæðinu skal mæla árlega næringarefni, blaðgrænu, botnþörungum, súrefnismettun og botndýralíf.

Grænt bókhald

Í reglugerð 851/2002 um grænt bókhald kemur fram

Tafla 4.2. Innra eftirlit fyrirtækis og vöktun. Úr starfsleyfi Brims-fiskeldis ehf. (Umhverfisstofnun 2006).

3.1. Skráningar

Rekstraraðili skal hafa reglulegt eftirlit með umhverfis- og rekstrarþáttum sem geta haft áhrif á mengun eða losun efna út í umhverfið. Skrá skal upplýsingar um eftirfarandi atriði og skulu skráningar vera aðgengilegar eftirlitsaðila.

- framleiðslumagn og afföll
- fódurnotkun og fódurgerð,
- magn og gerð hreinsiefna, sótthreinsiefna og lyfja sem notuð eru á árinu
- kvartanir vegna starfseminnar

3.2. Búnaður til sýnatöku

Auðvelt skal vera að koma fyrir búnaði til sýnatöku í viðtaka og í eldiskvíum.

3.3. Vöktun og vöktunaráætlun

Rekstraraðili, eða aðili á hans vegum sem Umhverfisstofnun samþykkir, skal áður en starfsemi hefst láta taka viðmiðunarsýni úr viðtaka til greiningar á mengandi efnum til síðari samanburðar. Niðurstöður viðmiðunarmælinganna skulu liggja fyrir 1. mars 2007.

Taka skal síðan sýni á þriggja ára fresti, m.v. að eldissvæðið sé flokkað sem síður viðkvæmt, til greiningar á eftirtöldum efnum: NH₄-N, NO₂-N, NO₃-N og PO₄-P auk mælinga á seltu og hitastigi.

Verði vart mengunar á eldissvæðinu skal mæla viðkomandi efni árlega ásamt blaðgrænu, svifögnum, botnþörungum, súrefnismettun og botndýralífi í samræmi við samþykkt OSPAR nr. 2005-4 (*Agreement on the Eutrophication Monitoring Programme*). Fylgst skal reglulega, og ekki sjaldnar en sjötta hvert ár, með botni og samsetningu botnslífs undir sjókvíunum.

Gera skal vöktunaráætlun í samráði við Umhverfisstofnun, sbr. gr. 4.8. Sýni eru greind á kostnað fyrirtækisins. Gera skal grein fyrir þessum upplýsingum í grænu bókhaldi fyrirtækisins.

3.4. Eftirlit með eldisbúnaði

Rekstraraðili skal fylgjast með ástandi eldisbúnaðar og tryggja að fiskur sleppi ekki út. Reglulega skal yfirfara nætur og botnfestingar. Skal það gert með neðansjávarmyndavélum eða köfun.

3.5. Skýrslur til eftirlitsaðila

Rekstraraðili skal taka saman ársyfirlit og senda til eftirlitsaðila fyrir 1. mars ár hvert. Í yfirlitinu skulu koma fram niðurstöður mælinga og skráninga sbr. gr. 3.1 og 3.3.

3.6. Grænt bókhald

Fyrirtækið skal færa grænt bókhald sbr. reglugerð nr. 851/2002, um grænt bókhald fyrir 1. maí ár hvert. Fyrsta bókhaldsár Brims Fiskeldis ehf. er 2007, og fyrsti skiladagur 1. maí 2008. Þar sem um er að ræða mikið til sömu upplýsingar og krafist er samkvæmt gr. 3.5, er rekstraraðila heimilt að skila þessum upplýsingum í einni heildarskýrslu fyrir 1. mars ár hvert.

að markmið sé að veita almenningi, félagasamtökum og stjórnvöldum upplýsingar um hvernig umhverfismálum er háttað í starfsemi sem haft getur í för með sér mengun. Ennfremur er það markmið reglugerðarinnar að hvetja rekstraraðila til að fylgjast vel með helstu umhverfisþáttum starfseminnar og leitast við að tryggja að þróun starfseminnar sé jákvæð fyrir



Tafla 4.3. Gæðastjórnun í sjókvíaeldisstöðvum með eldi á laxfiskum (Reglugerð nr. 1011/2003).

Innra eftirliti skal komið á í eldisstöðvum sem hefur það að markmiði að koma í veg fyrir slyssleppingar með því að;

- Koma á fyrirbyggjandi aðgerðum í formi verklagsreglna, viðhaldsáætlana og þjálfunar starfsmanna.
- Koma á virku eftirliti þar sem fram kemur hvað á að vakta, hver á að annast vöktunina, hvenær vöktunin fer fram og hvernig vöktunin er framkvæmd.
- Skilgreina viðmiðanir fyrir þau eftirlitsatriði sem eru vöktuð.
- Skilgreina hver er ábyrgur fyrir framkvæmd úrbóta og lýsa aðferðum og aðgerðum sem nauðsynlegar teljast til að leiðrétta frávikið.
- Skrá allt eftirlit, úrbætur og viðhald, sem tengist innra eftirliti eldisstöðvar og geyma í minnst fimm ár. Allar skráningar skulu dagsettar og undirritaðar af eftirlitsaðila.
- Sannprófa innra eftirlit eldisstöðvar til að tryggja að það komi að tilætlunum notum.

Fyrir hvert eldisvæði skal gera áhættumat og meta líkur á að afræningjar, lagnaðarís, rekís, hafís og ísing geti valdið tjóni á búnaði. Ef líkur eru taldar á því skal koma á innra eftirliti.

umhverfið. Allar sjókvíaeldisstöðvar með meira en 200 tonna árframleiðslu þurfa að skila inn grænu bókhaldi (sjá töflu 4.2).

Grænt bókhald er efnisbókhald þar sem fram koma upplýsingar um hvernig umhverfismálum er háttað í viðkomandi starfsemi, aðallega í formi tölulegra upplýsinga. Með bókhaldinu eru gefnar upplýsingar um þá þætti sem valda neikvæðum umhverfisáhrifum framleiðslunnar (Umhverfisstofnun 2003).

Skilyrði um innra eftirlit og vöktun í rekstrarleyfi

Í reglugerð 238/2003 um eldi nytjastofna sjávar kemur fram að á hverri eldisstöð skal haldin sérstök framleiðsludagbók sem Fiskistofa gefur út. Í framleiðslubók eru skráðar ýmsar upplýsingar er tengjast eldinu s.s. flutningur á fiski, afföll, slyssleppingar, fóðrun, bólusetning og lyfjagjöf. Í reglugerðinni kemur einnig fram að í hverri eldisstöð skulu vera til staðar skriflegar reglur, samþykktar af Fiskistofu, um styrkleika neta og reglubundið eftirlit með þeim, nótaskiptum, dælubúnaði, festingum og fleiri atriðum er skipta máli til að koma í veg fyrir að fiskur sleppi, eldiseiningar losni eða óheimil losun úrgangs eigi sér stað. Niðurstöður reglulegs viðhalds og eftirlits skulu skráðar og vera aðgengilegar eftirlitsmönnum Fiskistofu.

Í reglugerð nr. 1011/2003 um búnað og innra eftirlit í fiskeldisstöðvum eru mun strangari ákvæði er lúta að slyssleppingum. Þar kemur fram í grein um gæðastjórnun í sjókvíaeldisstöðvum að innra eftirliti skal komið á í eldisstöðvum sem hefur það að markmiði að koma í veg fyrir slyssleppingar (tafla 4.3). Í framhaldi af reglugerðinni var gefin út bæklingur þar sem markmiðið var að leiðbeina um gerð verklagsregla fyrir sjókvíaeldisstöðvar. Þar er

fjallað um helstu áhættuþætti sem geta valdið slyssleppingum og í framhaldi af því komið með tillögur að verklagsreglum (Valdimar Ingi Gunnarsson 2003).

Til að draga úr eða koma í veg fyrir óæskileg umhverfisáhrif fiskeldis hafa verið þróuð fjöldi umhverfisstjórnunarkerfa. Í því sambandi má nefna Eco-Management and Audit Scheme (EMAS) og ISO 14001 (Frankic og Hershner 2003; KPMG 2003). Gefin hefur verið út reglugerð 990/2005 um frjálsa þátttöku fyrirtækja og stofnanna í umhverfisstjórnunarkerfi Evrópubandalagsins (EMAS). Hér á landi fer Umhverfisstofnun með yfirumsjón og ávinningur fyrirtækja sem taka upp EMAS er að þau gangast undir minna opinbert eftirlit.

4.4.5 Sjálfbært fiskeldi

Umræðan um sjálfbæra nýtingu eða sjálfbæra þróun (*sustainable development*) hefur aukist mikið á síðustu árum. Sjálfbær þróun er hugtak, sem felur í sér að endurnýjanlegar auðlindir séu hagnýttar á þann máta, að ekki sé gengið á „höfuðstólinn“ og auðlindin haldi því óskertu gildi sínu til frambúðar. Þetta er þó ekki einhlít skilgreining á sjálfbærri þróun og það finnast margar aðrar. Sjálfbær þróun hefur þrjár meginstoðir: efnahagsþróun, félagslega velferð og jöfnuð og loks vernd umhverfisins (Frankic og Hershner 2003).

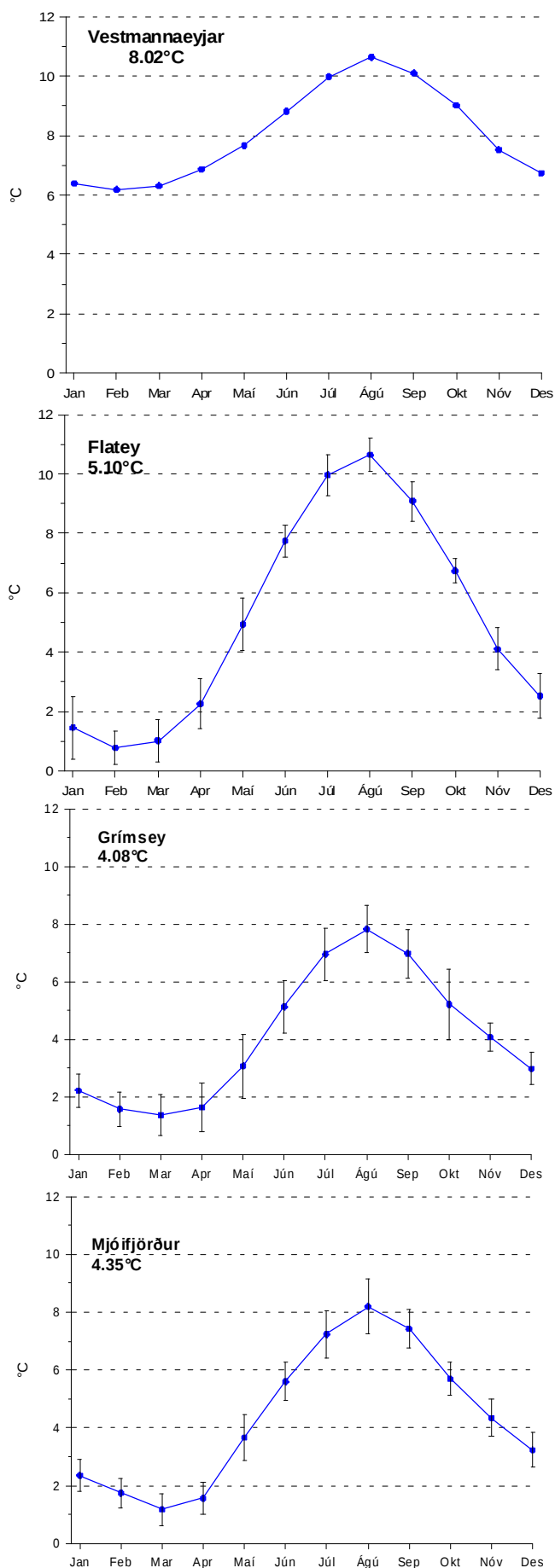
Nú er starfrækt verkefnið „Sjálfbært fiskeldi í Evrópu“ með styrk frá Evrópusambandinu (www.euraquaculture.info). Að verkefninu koma m.a. fiskeldismenn, neytendur og umhverfissinnar frá mörgum Evrópulandanna. Markmið með verkefninu er að kynna neytendum ábata af notkun eldisafurða af miklum gæðum, sem jafnframt eru örugg og heilnæm, og framleidd við eldisaðstæður þar sem sjálfbær þróun er höfð að leiðarljósi. Markmiðunum verður náð með því að þróa og útfæra staðal fyrir sjálfbært fiskeldi þar sem höfð er að leiðarljósi lágmarks röskun á umhverfinu, samkeppnishæfni og siðferðisleg ábyrgð, ásamt velferð fiska og varðveisla líffræðilegrar fjölbreytni (Lane 2005; Lane og Charles 2006). Við þessa vinnu verður m.a. byggt ofan á staðal Samtaka evrópskra fiskeldisstöðva „FEAP Code of Conduct“ (FEAP 2003) sem inniheldur stóran hluta af þeim atriðum sem þarf að taka tillit til við þróun á sjálfbæru fiskeldi.

4.5 Umhverfisaðstæður og eldistækni

4.5.1 Aðstaða til sjókvíaeldis á Íslandi

Aðstæður og umfang sjókvíaeldis eftir tímabilum

Í skýrslu sem gefin var út af Rannsóknaráði ríkisins (1992) var komist að eftirfarandi niðurstöðu: „Aðstæður til heilsárseldis í sjókvím hér við land virðast vera mun verri en í nágrennalöndum. Aðal-



Mynd 4.16. Meðalhitastig í °C í hverjum mánuði. Lóðréttu strikin sýna eitt staðalfrávik. Í Vestmannaeyjum er einungis um að ræða gögn frá 1999 og 2000 og því eru ekki teiknuð staðalfrávik þar. Einnig er ársmeðalhitinn sýndur (Steingrímur Jónsson 2004).



ástæður eru lágur sjávarhiti, ofkælingarhætta og skjólleysi á stöðum þar sem hitastig er hagstæðara. [...]. Eldistækni við heilsárseldi í sjókvíum virðist í mörgum tilvikum ekki vera nothæf við þær aðstæður sem ríkja hér á landi. Þó skal sérstaklega á það bent að örfáir staðir henta til heilsárseldis í kvíum með hefðbundnum eldisbúnaði og aðferðum". Þegar þetta var skrifað hafði áður átt sér stað mikill samdráttur í sjókvíeldi eftir mikinn uppgang seinni hluta níunda áratugarins (mynd 4.15). Flestar voru sjókvíaeldisstöðvarnar í rekstri árið 1988 og þá stunduðu 24 fyrirtæki heilsárseldi, auk þess voru nokkur fyrirtæki með eldi hluta af árinu. Seinni hluta níunda áratugarins var sjókvíaeldi stundað í öllum landsfjórðungum. Þegar kom fram á tíunda áratuginn fækkaði sjókvíaeldisstöðvum m.a. vegna mikilla áfalla í eldinu og í lok hans var aðeins eitt fyrirtæki með heilsárseldi í Lóni í Kelduhverfi. Í byrjun þessarar aldar jókst bjartsýni manna og heilsárseldi hófst allt í kringum landið (Valdimar Ingi Gunnarsson 2007).

Sjávarhiti eftir landshlutum

Ísland er á jaðarsvæði fyrir sjókvíaeldi en umhverfis-ástæður eru mjög mismunandi eftir landshlutum og hvert svæði hefur sín sérkenni. Það er sjávarhiti sem er einna mest ákvarðandi um aðstæður til sjókvíaeldis. Meðalhiti hvers mánaðar er sýndur á mynd 4.16 fyrir alla reglubundna mælingastaði við landið og sýnir myndin dæmigerða árstíðasveiflu hitans. Einnig eru sýnd staðalfrávik sem eru í þessu tilviki mælikvarði á breytileika hitastigsins milli ára. Þar er líka gefinn upp ársmeðalhiti og er hann hæstur í Vestmannaeyjum 8,0°C en þess ber þó að geta að einungis er þar um að ræða mælingar frá árunum 1999 og 2000 en bæði þessi ár voru fremur hlý. Meðalhitinn fer síðan í meginatriðum lækkandi þegar farið er sólarsinnis kringum landið og er lægstur í Stöðvarfirði 3,8°C. Þetta er í samræmi við minnkandi áhrif Atlantssjávar og aukin áhrif kalds sjávar úr norðri þegar er farið er sólarsinnis í

kringum landið (Steingrímur Jónsson 2004).

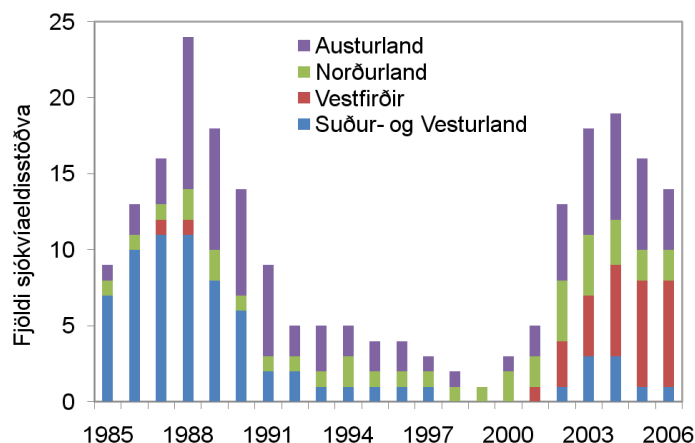
Lægstum meðalhita er náð í febrúar eða mars og hitinn hefur hækkað nokkuð í apríl á öllum stöðum. Langhæst er lágmarkið í Vestmannaeyjum, rúmlega 6°C en lægst við Æðey 0,6°C. Á myndinni sést að hiti er mjög svipaður við landið yfir köldustu mánuðina eða um 1-2°C ef undan eru skildar Vestmannaeyjar (mynd 4.16).

Mun meiri munur er á hámarkshitnum á milli staða en á lágmarkshitnum. Þannig er hámarkshitinn í Reykjavík hæstur eða 11,5°C en lægstur í Stöðvarfirði 6,8°C. Ástæðan fyrir meiri mun á hámarkshita en lágmarkshita milli staða er sú að yfir kaldari mánuði ársins er meiri blöndun á sjónum og því þarf að hita eða kæla þykkara lag af sjó yfir vetrarmánuðina. Það þarf því meiri orku til að hafa áhrif á hitastigið. Yfir sumarmánuðina er minni blöndun og þá myndast tiltölulega þunnt yfirborðslag sem er einangrað frá kaldari sjó sem liggur undir og minni orku þarf þá til að hækka hitastigið í þessu tiltölulega þunna lagi. Árstíðasveiflan er þess vegna töluvert mismunandi milli staða og er hún mest í Reykjavík eða 9,7°C en minnst 4,2°C í Vestmannaeyjum og 5,5°C í Stöðvarfirði. Einnig er hún tiltölulega lítil í Grímsey og Mjóafirði (Steingrímur Jónsson 2004).

Við Suðurland er sjávarhiti hagstæður fyrir sjókvíaeldi en þar vantar skjólstaði. Við vestanvert landið er nóg af fjörðum sem veita skjól fyrir eldið en mun meiri sveiflur eru í hitastigi og hætta er á sjávarkuldu sem geta valdið afföllum á fiski. Á Norðurlandi er sjávarhiti lægri en sveiflur í sjávarhita eru minni og hætta á ofkælingu sjávar þess vegna einnig minni. Á Austfjörðum fer sjávarhiti sjaldan niður fyrir 0°C en fer hins vegar ekki eins hátt á sumrin eins og við vestanvert landið og meðalhiti því tiltölulega lágur.

Umfang tjóna eftir umhverfispáttum

Mörg dæmi eru um tjón af völdum óblíðs umhverfis í íslensku sjókvíaeldi (mynd 4.17). Eins og kemur fram á myndinni eru stórar slysasleppingar nær eingöngu við sunnanverðan Faxaflóa og Vestmannaeyjar. Hér er miðað við að búnaður hafi gefið sig vegna slæmra veðurskilyrða. Til viðbótar er fjöldi slysasleppinga sem raktar eru til þess að gat hefur myndast á netpoka eða vegna mistaka við meðhöndlun á lifandi eldisfiski. Lagnaðaris hefur eingöngu fram að þessu valdið tjóni við vestan- og norðanvert landið. Þó að ekki hafi átt sér stað tjón af völdum hafíss er hætta á að hann geti valdið tjóni á Vestfjörðum, Norðurlandi og Austfjörðum. Tjón vegna sjávarkulda er bundið við vestanvert landið. Skaðlegir þörungar hafa valdið tjóni um allt land, en tjón vegna marg-lyttna er bundið við Austfirði. Afræningjar (selir) hafa ekki valdið



Mynd 4.15. Fjöldi fyrirtækja með heilsárseldi í sjókvíum eftir landshlutum árin 1985-2006 (Valdimar Ingi Gunnarsson 2007).



	Suður- og vesturland								Vestfirðir					Norður- og Austurland										
	Vestmannaeyjar	Ósaboarnar	Stakksfjörður	Vatnsleysuvík	Straumsvík	Við Reykjavík	Hofsvík	Hvalfjörður	Grundarfjörður	Patreksfjörður	Tálknafjörður	Skutulsfjörður	Álftafjörður	Seyðisfjörður	Eyjafjörður	Lón í Kelduhverfi	Seyðisfjörður	Mjólfjörður	Norðfjörður	Reyðafjörður	Eskifjörður	Fáskrúðsfjörður	Stöðvarfjörður	Berufjörður
Veðurfar / slysasleppingar																								
Ofkæling																								
Lagnaðarís																								
Skaðlegir þörungar																								
Marglyttur																								
Afræningjar (selur)																								
Mengun/súrefniskortur																								

Mynd 4.17. Tjón af völdum neikvæðra umhverfispáttá í fjörðum eða svæðum þar sem heilsárseldi í sjókvíum hefur verið stundað á Íslandi á tímabilinu 1972-2006 (Valdimar Ingi Gunnarsson 2007).

miklu tjóni hjá íslenskum sjókvíaeldisstöðvum. Mengun og súrefnisskortur hefur aftur á móti valdið verulega tjóni í Lóni í Kelduhverfi og Grundarfirði (Valdimar Ingi Gunnarsson 2007).

Aðstæður til sjókvíaeldis – Hvað hefur breyst?

Allt frá því sjókvíaeldi hófst hér við land árið 1972 hafa margir haft efasemdir um möguleika Íslendinga í framleiðslu á eldisfiski í sjókvíum á samkeppnishæfu verði. Miklir erfiðleikar hafa verið í greininni og mikill fjöldi þeirra fyrirtækja sem hafa hafið rekstur á síðustu áratugum hafa hætt eftir tiltölulega stuttan rekstrartíma. Það má því velta þeirri spurningu fyrir sér hvað hefur breyst og hvort sjókvíaeldi við strendur landsins geti í raun og veru orðið samkeppnishæft við sjókvíaeldi annarra landa í Norður-Atlantshafi á næstu árum (Valdimar Ingi Gunnarsson 2007). Hafa skal í huga að frá því mest umfang var í sjókvíaeldi árin 1985-1991 hafa nokkrar forsendur breyst, en þær eru:

- Eldi á þorski er hafið, en tegundin er betur aðlöguð að íslenskum umhverfisaðstæðum en lax.
- Þekking á umhverfisaðstæðum er meiri núna en á fyrstu árum sjókvíaeldis.
- Mikil þróun hefur átt sér stað í búnaði til sjókvíaeldis og er hann nú mun sterkari.
- Veðurfar virðist vera að hlýna og spád er hlýnun á næstu áratugum.

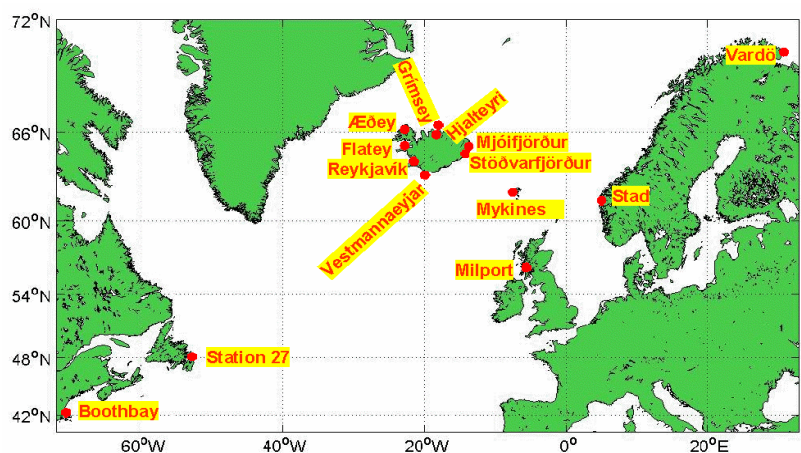
Hér áður fyrr þegar gerður var samanburður á aðstæðum til sjókvíaeldis við Íslandi og í samkeppnislöndum var ein meginforsendan sjávarhiti og komist var að þeirri niðurstöðu að hann væri ekki nægilega hár og vöxtur því hægur fyrir lax. Kjörhitastig fyrir vöxt hjá laxi er tiltölulega hátt eða um 14°C fyrir 600-2000 g fisk (Austreng o.fl. 1987). Hjá

200-2000 g þorski er kjörhitastig fyrir vöxt lægri eða 9-11°C (Björn Björnsson o.fl. 2007). Með tilliti til kjörhita er þorskur því betur aðlagður að umhverfisaðstæðum við Ísland en lax.

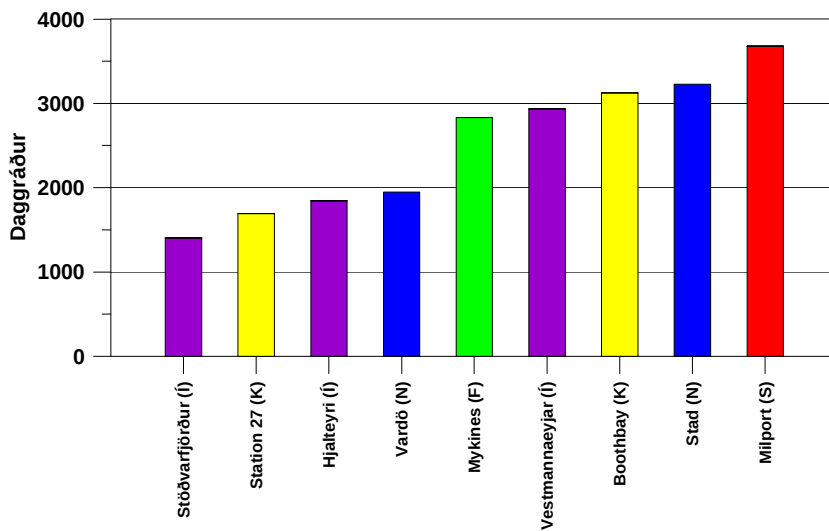
Á síðustu tveimur áratugum hefur safnast töluvert af upplýsingum um aðstæður til sjókvíaeldis. Hér er um að ræða gögn sem rannsóknastofnanir hafa safnað og einnig forsvarsmenn sjókvíaeldisstöðva (Valdimar Ingi Gunnarsson 2007). Ísland er á jaðarsvæði fyrir fiskeldi og er þessi þekking því mikilvægari hér á landi en í samkeppnislöndum þar sem aðstæður eru hagstæðari.

Mikil þróun hefur átt sér stað á búnaði til fiskeldis á síðustu tveimur áratugum. Nú á síðustu árum hafa forsvarsmenn sjókvíaeldisstöðva yfirleitt tekið þá ákvörðun að velja sterkan búnað sem hefur reynst vel við svipaðar aðstæður og eru hér við land. Enda er reynslan sú að lítið hefur verið um tjón á búnaði á undanföllum árum (Valdimar Ingi Gunnarsson 2007).

Á síðasta áratugi hefur sjór verið hlýrri en á árunum 1985-1991. Ef spár um hlýnun sjávar á 21. öld ganga eftir má telja yfirgnæfandi líkur á því að vaxtarhraði



Mynd 4.18. Kort af Norður-Atlantshafi þar sem sjávarhiti við yfirborð var skoðaður (Steingrímur Jónsson 2004).



Mynd 4.19. Daggráður á nokkrum stöðum við Ísland (Í), Noreg (N), Kanada (K), Færeyjar (F) og Skotland (S) (Steingrímur Jónsson 2004). Sjá staðsetningu á mynd 4.18.

hjá laxi og þorski í sjókvíum við Ísland muni aukast (Valdimar Ingi Gunnarsson 2007).

4.5.2 Umhverfisaðstæður og samanburður við samkeppnislönd

Sjávarhiti

Samanburður hefur verið gerður á hitastigi við strendur Norður-Atlantshafs sem byggður er á mánadarmeðaltölum frá þeim stöðum sem merktir eru inn á kortið á mynd 4.18. Mælikvarði sem oft er notaður í fiskeldi eru svokallaðar daggráður en það er summan af margfeldi hitastigsins og dagafjölda sem hitastigið er á ákveðnu bili. Með þessu fæst ein tala sem á einfaldan hátt gefur til kynna heildarvarmagnnið á staðnum og segir því til um vaxtar-skilyrði fyrir eldisfiskinn (Steingrímur Jónsson 2004). Samanburður á daggráðum á nokkrum stöðum í Kanada, Íslandi, Færeyjum, Skotlandi og Íslandi er að finna á mynd 4.19 og á mynd 4.20 eru sýnd mánaðarmeðaltöl sjávarhita.

Í Kanada eru fjöldi daggráða mjög breytilegur eftir svæðum og er lægstur nyrst. Miklar árstíðasveiflur í

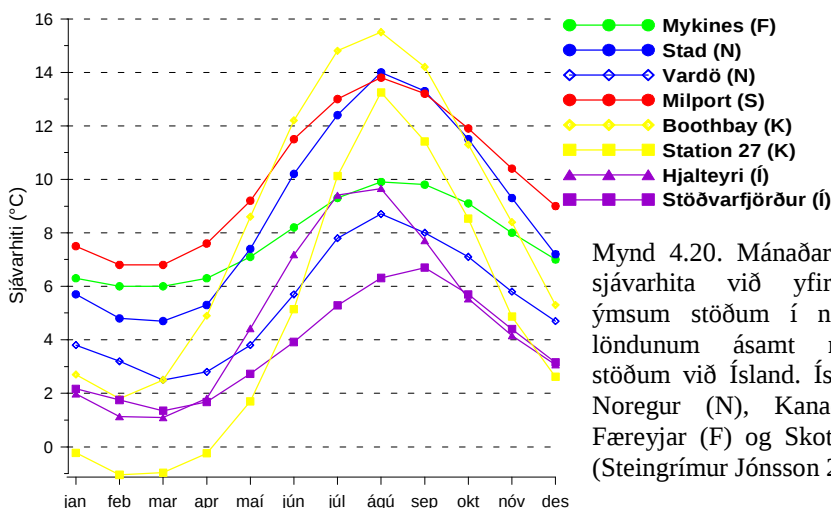
sjávarhita eru einkennandi fyrir Kanada sem gerir það að verkum að aðstæður til þorskeldis eru ekki mjög góðar. Sjávarhiti að vetrarlagi getur orðið mjög lágt og víða farið niður að frostmarki sjávar, enda eru mörg dæmi um afföll á eldislaxi vegna sjávarkulda (Saunders 1996). Sjávarhiti getur einnig verið mjög hár á sumrin og hafa t.d. átt sér stað afföll á þorski í sjókvíum við sunnanvert Nýfundnaland þegar sjávarhiti hefur farið allt upp að 20°C (Anon 2002; Tournay 2005).

Við Færeyjar er sjávarhiti mjög áþekkur því sem gerist við suðurströnd Íslands. Þar eru litlar árstíðasveiflur og hæfilegt hitastig fyrir eldi á þorski allt árið. Færeyjar eru

umluktar Atlantssjó árið um kring og firðir kólna þó mun minna að vetrarlagi og haldast nær kjörhita þorsks en þeir íslensku (Steingrímur Jónsson 2004).

Við Skotland, sem er umlukið Atlantssjó árið um kring, er sjávarhitastig tiltölulega hátt og er fjöldi daggráða þar hæst af samanburðarlöndum (mynd 4.19). Sjávarhitatölur á mynd 4.19 eru fengnar frá Millport á vesturströnd Skotlands og þar sýna langtímamælingar að töluverðar sveiflur eru í sjávarhita á milli ára. Framkvæmdar hafa verið langtímamælingar á sjávarhita á nokkrum svæðum við Skotland og í þeim mælingum kemur fram að sjávarhiti í Millport er hæstur (Fisheries Research Services 2004). Ef miðað er við Millport gæti of hátt sjávarhitastig yfir sumarið orðið til vandræða sérstaklega fyrir stærri þorsk. Aftur á móti er sjávarhitastig á öðrum mælistöðum hagstæðara sérstaklega á ystu svæðunum. Tiltölulega hagstætt hitastig er til þorskeldis flesta mánuði ársins og aðstæður ágæt á svæðum þar sem minnstar sveiflur eru í sjávarhita. Á því gæti hugsanlega orðið breyting, en frá 1980 hefur sjávarhiti við Skotland hækkað um 0,5°C á áratug (Fisheries Research Services 2004). Ef þessi þróun heldur áfram munu skilyrði til þorskeldis yfir heitustu mánuðina halda áfram að versna.

Í Norður-Noregi eru aðstæður áþekkar því sem gerist hér við land (mynd 4.19, Vardö). Eftir því sem farið er sunnar með Noregi hækkar hitastigið (Aure 2006). Í Vestur-Noregi er sjávarhiti hagstæður til þorskeldis nema yfir heitustu mánuðina á sumrin. Á Stad utarlega í Vestur-Noregi er sjávarhitinn að meðaltali



Mynd 4.20. Mánaðarmeðaltöl sjávarhita við yfirborð á ýmsum stöðum í nágrannalöndunum ásamt nokkrum stöðum við Ísland. Ísland (Í), Noregur (N), Kanada (K), Færeyjar (F) og Skotland (S) (Steingrímur Jónsson 2004).



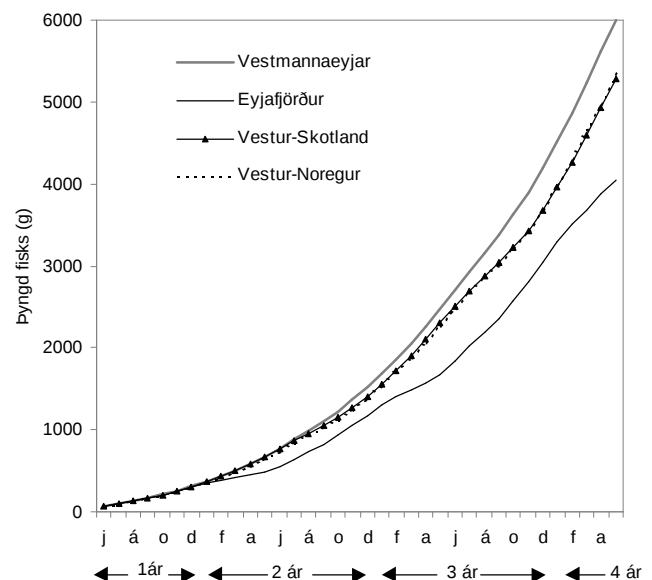
hæstur í ágúst, um 14°C (mynd 4.20). Inn í fjörðum þar sem sjókvíaelði er yfirleitt að finna eru meiri árstíðasveiflur og getur sjávarhiti jafnvel farið yfir 20°C og valdið verulegum afföllum á eldisþorski á svæðum í Vestur-Noregi þar sem heitast er (Blaalid o.fl. 2006). Ef sjórinn heldur áfram að hitna á næstu árum og áratugum getur það hugsanlega útilokað eldi á sumum svæðum í Noregi. Bent hefur verið á að þá munu bestu aðstæður fyrir sjókvíaelði á laxi og þá einnig þorski færast norðar og jaðarsvæði eins og Finnmark nyrst í Noregi munu henta betur til fiskeldis (Stenvik og Sundby 2007).

Sjávarhiti og vöxtur

Við samanburð á vexti á eldisþorski á Íslandi og í samkeppnislöndunum er hér tekið mið af Vestur-Noregi og Vestur-Skotlandi. Þegar framreiknaður er vöxtur á 75 g þorski út frá sjávarhita við Vestmannaeyjar og Eyjafjörð, Vestur-Noreg og Vestur-Skotland kemur fram að vöxtur er mestur við Vestmannaeyjar (mynd 4.21). Minnstur er vöxturinn í Eyjafirði enda er meðalhitastig þar lægst. Eftir 36 mánaða eldi er fiskurinn í Eyjafirði um 4,0 kg eða 1,3 kg léttari en við Vestur-Noreg og Vestur-Skotland. Þessi munur er meiri eftir því sem smærri seiði eru sett í sjóinn. Mestan vaxtarhraði þorsks við Vestmannaeyjar má skýra með minni sveiflum í sjávarhita og að hiti er þar nær kjörhita stærri hluta af árinu en í samanburðarlöndunum. Í Vestur-Noregi og Vestur-Skotlandi fer sjávarhitinn vel yfir kjörhita á sumrin sérstaklega eftir því sem fiskurinn stækkar og kjörhiti hans lækkar (Björn Björnsson o.fl. 2001). Með aukinni stærð eykst því munurinn í vaxtarhraða, fiskinum við Vestmannaeyjar í vil. Það er þó ekki hægt að útiloka að þorskur við Skotland og Noreg hafi hærri kjörhita en þorskur við Ísland sem vaxtarlíkanið miðast við (Björn Björnsson & Agnar Steinarsson 2002) og vaxi því betur en kemur fram á mynd 4.21. Úr því verður ekki skorið nema með rannsóknum á næstu árum.

Lagnaðarís

Það er mismunandi eftir löndum hve miklar líkur eru á myndun lagnaðarís. Við Ísland er hætta á að lagnaðarís myndist, sérstaklega við vestanvert landið. Hverfandi líkur eru á að lagnaðarís geti orðið til vandræða í Færeyjum, Skotlandi og á stórum svæðum í Noregi. Eins og hér á landi eru dæmi um tjón af völdum rekíss s.s. í Norður-Noregi (Fhl 2004). Á tímabilinu 1994-1999 olli reki um 4% tjóna sem leiddu til slysasleppinga í Noregi (Anon 2000). Ekki var tilgreint hvort um væri að ræða tjón af völdum rekíss eða annars reka. Í Kanada myndast lagnaðarís á stórum svæðum á austurströnd landsins og sjókvíar geta frosið fastar (Rosenthal o.fl. 1996). Ekki liggja fyrir tölur um umfang tjóna vegna lagnaðaríss en algengt er að búnaði sé sökkt undir ísinn á veturna eins og t.d. í kræklingarækt.



Mynd 4.21. Framreiknaður vöxtur á 75 g þorskseiðum sem sett eru í sjókvíar í byrjun júní í Eyjafirði, Vestmannaeyjum, Vestur-Noregi (Stad) og Vestur-Skotlandi (Millport). Fyrir Eyjafjörð og Vestmannaeyjar er vöxtur þorsks reiknaður út frá mælingum Hafrannsóknastofnunarinnar á sjávarhita á árinu 2000 og fyrir Millport og Stad er stuðst við gögn frá Steingrími Jónssyni (2001). Við útreikninga er notað vaxtarlíkan Björns Björnssonar og Agnars Steinarssonar (2002) (Valdimar Ingi Gunnarsson o.fl. 2004a).

Það er eingöngu við Ísland og Kanada sem líkur eru á að hafís berist upp að ströndinni. Þó að tjón hafi ekki orðið af völdum hafíss við Ísland er sá möguleiki til staðar við norðan- og austanvert landið (kafla 4.2.4). Í Kanada getur hafís borist að norðan-verðu Nýfundnalandi (<http://ice-glaces.ec.gc.ca>) en þar er að finna sjókvíaeldisstöðvar (Anon 2007a).

Ísing

Þó að ekki séu heimildir fyrir því að ísing hafi valdið slysasleppingum á Íslandi er ísing á sjókvíar oft til vandræða. Tiltölulega litlar líkur eru á ísingu í löndum eins og Færeyjum og Skotlandi þar sem sjávarhiti og lofthiti er tiltölulega hár á veturna. Í Kanada og Noregi er sjávarhiti og lofthiti töluvert lægri á veturna og hætt á ísingu þar til staðar. Í Noregi varð t.d. í janúar 2006 tjón hjá fjórum sjókvíaeldisstöðvum og slysasleppingar m.a. raktar til mikillar ísingar á búnaði (Jensen 2006b,c). Í sjókvíaelði í Kanada er einnig ísing til vandræða og tjón af hennar völdum hefur átt sér stað (Rosenthal o.fl. 1996).

Öldur, straumar og vindálag

Hér á landi er vindasamara en í nágrannalöndum og veðurfar suður af Íslandi og Grænlandi er einnig það versta í Norður-Atlantshafi (kafla 4.2.3). Það má því gera ráð fyrir meira sliti á búnaði og fleiri tjónum ef notaður er sambærilegur búnaður og í samanburðarlöndum. Mikið var einnig um slysasleppingar í



vondum veðrum á níunda og tíunda áratugnum hjá sjókvíaeldisstöðvum hér á landi með eldi á opnum svæðum. Á þessum áratugi er þó tiltölulega lítið um slysasleppingar sem m.a. má skýra með betri búnaði og eldið fer nú fram á skjólbetri svæðum (Valdimar Ingí Gunnarsson 2007).

Í Noregi fer eldið fram í tiltölulega skjólgóðum fjörðum og álag á búnað og líkur á tjóni ættu því að vera minni en á Íslandi. Þátt fyrir það er mikið um slysasleppingar og á tímabilinu 1994-1999 mátti rekja um 30% slysasleppinga til óveðurs (Anon 2000). Í Skotlandi eru sjókvíaeldisstöðvarnar staðsettar að mestu í skjólgóðum fjörðum (Fisheries Research Services 2005). Í Færeyjum er eldið aftur á móti á opnari svæðum og straumar miklir. Í óveðrum hefur mikið af fiski sloppið og t.d. árið 2002 sluppu um ein milljón eldislaxa (Solbakken o.fl. 2005). Á tímabilinu 1996-2002 skiluðu hlutfallslega færri laxaseiði sér upp úr kvíum við slátrun í Færeyjum, en í Skotlandi og Noregi (Liabø 2002). Í Kanada eru straumar og öldur mjög mismunandi eftir svæðum (Rosenthal o.fl. 1996). Þar eru sjókvíaeldisstöðvarnar staðsettar í fjörðum og á tiltölulega skjólgóðum svæðum (Anon 2007a).

Skaðlegri þörungar

Í Noregi eru mörg dæmi um afföll af völdum skaðlegra þörungum og er um að ræða margar tegundir svifþörungum (Tangen 1999; Tangen og Underdal 1989). Stærsta tjónið á þessum áratugi er af völdum *Chattonella* sem drap um 1.100 tonn af eldisfiski í sunnanverðum Noregi árið 2001 (Naustvoll o.fl. 2002).

Fram til ársins 2000 eru ekki mörg skráð tilfelli um afföll á eldisfiski í Skotlandi af völdum skaðlegra þörungum. *Gyrodinium aureolum* hefur t.d. valdið afföllum að meðaltali einu sinni á áratug. Aðrir orsakavaldar affalla eru *Phaeocystis spp.* og smá svipudýr (*flagellate*) (Tett og Edwards 2002; Treasurers o.fl. 2003). Í byrjun þessa áratugar virðast afföll af völdum skaðlegra þörungum í Skotlandi hafa aukist umtalsvert og um 1,2 milljónir eldisfiska drápust 2001 (Anon 2003b). Einnig áttu sér stað a.m.k. afföll á eldisfisk árið 2002 og 2005 (Anon 2003a; ICES 2006).

Nokkur dæmi eru um afföll á eldisfiski í Færeyjum af völdum skaðlegra þörungum s.s. *Alexandrium excavatum* og *Heterosigma akashiwo* (Tangen 1999; Tangen og Underdal 1989). Í Kanada hafa skaðlegir þörungar einnig valdið afföllum á eldisfiski s.s. *Alexandrium excavatum*, *Chattonella spp.* (Tangen 1999; Cembella o.fl. 2002). Í Kanada virðist vera minna um afföll á eldisfiski af völdum skaðlegra þörungum en í samanburðarlöndum, en það kann þó að stafa af ófullnægjandi upplýsingum. Á Íslandi hefur sjókvíaeldi verið stundað í tiltölulega stuttan tíma í umtalsverðum mæli í samanburði við

samkeppnislönd. Þrátt fyrir það eru nokkur dæmi um tjón af völdum skaðlegra þörungum (kafla 4.2.6).

Skaðlegar marglyttur

Í Noregi hafa margar tegundir af marglyttum valdið afföll á eldisfiski, þar á meðal tegundir sem eru algengar hér á landi s.s. brennimarglytta og bláglytta (lirfustig (*ephyra*)). Brennimarglytta hefur verið til vandræða sérstaklega í Suður- og Vestur-Noregi (Båmstedt o.fl. 1998; Tangen 1999). Það eru þó aðrar tegundir sem hafa valdið mestu tjónunum á þessum áratugi. Árið 2001 drap marglyttutegundin *Apolemia urvaria* um 600 tonn af eldislaxi á stóru svæði allt frá Suður-Noregi til Norður-Noregs (Fosså og Asplin 2002) og árið 2002 olli tegundin *Muggiaea atlantica* miklu tjóni á stóru svæði í Vestur-Noregi og dápust þá um 1.000 tonn af eldislaxi (Fosså o.fl. 2003).

Í Skotlandi eru nokkur dæmi um afföll af völdum marglytta. Þar hefur t.d. lirfustig bláglyttu valdið töluverðum afföllum og *Solmaris corona* drap allan eldislax í einni laxeldisstöð árið 1997 á Hjaltlandi (Båmstedt o.fl. 1998; Tangen 1999). Á þessum áratug drapst um ein milljón eldisfiska í Skotlandi árið 2001 og um 1,8 milljón fiskar árið 2002 (Anon 2003a,b).

Minna er vitað um afföll á eldisfiski af völdum marglytta í Færeyjum og Kanada, en engar skráðar heimildir fundust. Það er þó ekki hægt að útiloka að tjón af völdum marglytta hafi átt sér stað í þessum löndum.

Afræningjar

Það virðist vera mismunandi eftir löndum hve mikið afræningjar eru til vandræða. Á Íslandi er lítið um að afræningjar hafi valdið tjóni í sjókvíaeldisstöðvum (kafla 4.2.3). Í Skotlandi hafa afræningjar aftur á móti valdið meira tjóni. Þar eru selir ágengastir og nefna um 80% forsvarsmanna sjókvíaeldisstöðva að þeir séu til vandræða (Quick o.fl. 2004). Í Noregi voru afræningjar orsakarvaldar um 6,6% slysasleppinga á árunum 1994-1999 (Anon 2000). Minna er vitað um ágang afræningja í öðrum löndum. Í Kanada eru þó dæmi um að selir hafi valdið tjóni í sjókvíaeldi (Saunders 1996). Í nýrri rannsókn sem fór fram árin 2001-2003 á ágangi afræningja í sjókvíaeldisstöðvum í Bandaríkjunum rétt við landamæri Kanada kom fram að selir hefðu valdið tjóni hjá u.þ.b. 50% stöðvanna. Mest var um tjón hjá þeim stöðvum sem voru næst selalátrum en umfang einstakara tjóna var yfirleitt tiltölulega lítið, mest sluppu 28.000 laxar (Nelson o.fl. 2006). Engar heimildir fundust um tjón af völdum afræningja í Færeyjum.

Aðstæður til sjókvíaeldis virðast lakari á Íslandi

Í samanburði á umhverfisaðstæðum til sjókvíaeldis hér á landi og í samkeppnislöndum eru nokkrir þættir okkur í óhag (mynd 4.22). Af samanburðalöndum



virðast lökustu aðstæður til sjókvíaeldis á þorski vera við Íslandi og Kanada. Umhverfisaðstæður virðast vera svipaðar í Noregi og Skotlandi en bestar í Færeyjum. Matinu er skipt niður í átta hluta og vægi þeirra er mismunandi. Mesta vægi er gefið fyrir sjávarhita, 40% fyrir meðalsjávarhita þar sem hann hefur mest áhrif á vaxtarhraða og 20% fyrir sveiflur í sjávarhita sem geta orsakað mikil afföll á eldisfiski. Vægi öldu og struma er 15% en veðurfar er sá umhverfispáttur sem veldur einna mestum tjónum í sjókvíaelði.

Haft skal í huga að matið byggist ekki alltaf á sterkum forsendum og oft um huglægt mat að ræða. Í sumum tilvikum má hugsanlega skýra háa einkunnargjöf með því að upplýsingar frá viðkomandi landi eru ekki aðgengilegar eða hafa ekki verið birtar. Mesta óvissan er varðandi skaðlega þörungum, marglyttum og afræningja. Einnig getur verið verulegur munur á milli svæða innan ákveðins lands sem má m.a. sjá í muni á umhverfisaðstæðum til sjókvíaeldis í Norður- og Vestur-Noregi og á Vestfjörðum og Austfjörðum (mynd 4.22).

Við samanburð á löndum skal hafa í huga að tjón í eldinu geta verið af mörgum öðrum orsökum en neikvæðum umhverfispáttum. Hér skiptir miklum máli s.s. búnaður sem er notaður í eldinu og vöktun. Á undanförunum árum hefur verið komið á fót vöktunarkerfi til að aðvara forsvarsmenn sjókvíaeldisstöðva við aðsteðjandi hættu (Anderson o.fl. 2001). Í því sambandi má nefna vöktunarkerfi Fugro OCEANOR (www.oceanor.com) sem er í samvinnu við tryggingarfélag í Noregi og aðvarar forsvarsmenn sjókvíaeldisstöðva við skaðlegum þörungum, marglyttum, ísingu, rekis og öðrum umhverfispáttum sem geta valdið tjóni í eldinu (Jensen 2006b). Vöktunarkerfi ætti því að draga úr líkum á tjóni hjá sjókvíaeldisstöðvum, sérstaklega í löndum þar sem vel er staðið að þessum málum.

Hafa skal í huga að forsendur geta fljótt breyst með hækkanði loft- og sjávarhita á næstu áratugum. Bent hefur verið á að bestu aðstæður fyrir sjókvíaelði munu færast norðar og einnig geta líkur á blóma skaðlegra þörungum aukist með auknum sjávarhita (Stenvik og Sundby 2007). Umhverfisaðstæður til sjókvíaeldis munu því hugsanlega batna á nyrstu svæðunum eins og Íslandi hvað varðar t.d. lax og þorsk.

4.5.3 Almennt um þróun eldistækni

Stærri og betri kvíar og staðlar

Almennt hefur átt sér stað mikil tækniþróun í fiskeldi á síðustu áratugum. Sjókvíar hafa stækkað mikið og í Noregi er algengt að sjókvíar séu um 15.000-20.000 m³. Stærstu sjókvíarnar eru 80.000 m³, 40 metra djúpar og í hverri kví getur verið allt að 1.000 tonn af eldisfiski (Kristiansen o.fl. 2007). Kröfur til búnaðar

Mynd 4.22. Tillaga að flokkun á umhverfisaðstæðum til sjókvíaeldis við Kanada, Ísland, Færeyjar, Skotland og Noreg. Einkunnargjöf: rautt ≤ 5, gult 5 - 7 og grænt 8 - 10.

	Vægi (%)	Vestfirðir	Austfirðir	Vestur-Noregur	Norður-Noregur	Færeyjar	Skotland	Kanada
Meðalsjávarhiti	40	6	4	9	6	9	9	7
Sveiflur í sjávarhita	20	7	9	7	9	10	7	4
Lagnaðaris/hafís	5	5	7	9	7	10	10	4
Ísing	5	5	6	9	6	9	9	4
Öldur og strumar	15	6	6	9	9	4	9	8
Skaðlegar marglyttur	5	9	4	5	7	9	4	9
Skaðlegir þörungar	5	9	6	6	8	6	4	8
Afræningjar	5	9	9	8	8	9	4	7
Meðaltal	100	6,6	5,9	8,2	7,4	8,4	7,9	6,4

hafa aukist mikið á síðustu árum og hafa Norðmenn nýlega tekið í notkun staðal (NS 9415) fyrir sjókvíar (Norsk standard 2003). Staðalinn tekur fyrir hönnun, kröfur um styrkleika, uppsetningu, rekstur og eftirlit. Í byrjun árs 2006 var öllum nýjum sjókvíaeldisstöðvum í Noregi skylt að uppfylla staðalinn. Unnið er að því að gera staðalinn alþjóðlegan (Sterud o.fl. 2007). Staðalinn er í stöðugri þróun og hefur verið bent á fjölda atriða sem þarf að endurskoða (Jensen 2006c). Nú eru gerðar miklar kröfur til sjókvíaeldisstöðva með laxeldi á Íslandi og þurfa þær að uppfylla reglugerð nr. 1011/2003 um búnað og innra eftirlit í fiskeldisstöðvum og sem að mörgu leyti svipar til krafna í norska staðlinum. Það hafa ekki komið upp tilvik þar sem lax hefur sloppið úr kvíum vegna ófullnægjandi búnaðar, eingöngu hafa komið upp tilvik þar sem um mannleg mistök hefur verið um ræða (Valdimar Ingi Gunnarsson og Eiríkur Beck 2004, 2005).

Þróun á úthafskvíum

Þó margt hafi verið gert á síðustu áratugum er þó eftir fjöldi viðfangsefna í frekari þróun á sjókvíum og hjálparbúnaði m.a. aðlögun búnaðar að nýjum tegundum (Sunde o.fl. 2003). Öflugt þróunarstarf er unnið á vegum SINTEF í Noregi (www.sintef.no) og rekið er tækniþróunarverkefnið TEKNOVAR (www.tekmar.no), en markmiðið með því er að auka samskipti á milli fiskeldismanna, tækjaframleiðenda og vísindamanna. Reglulega eru haldnir fræðslu- og vinnufundir þar sem unnið er að því að útfæra betri og hagkvæmari lausnir fyrir fiskeldi og að koma á nýjum rannsókn- og þróunarverkefnum.

Á síðustu áratugum hefur þróunin verið sú að eldið er að færast á opnari svæði m.a. vegna skorts á rými og til að draga úr áhrifum eldisins á umhverfið. Á undanförunum árum hefur mikið verið unnið við þróun úthafskvína. Á mjög opnum svæðum er talið að sökkvanlegar kvíar séu heppilegastar. Eftir því sem utar kemur á opnara haf eru aðstæður til að athafna



sig við kvíarnar erfiðari og enn er eftir að þróa betri aðferðir s.s. við fóðrun og slátrun á eldisfiskinum (Ryan 2004).

Í Bandaríkjunum er verið að þróa eldi í úthafskvíum á vegum Háskólans í New Hampshire (<http://oaa.unh.edu>). Í tilraunareldinu eru m.a. þorskur, ýsa og lúða. Verið er að prófa og aðlaga sökkvanlega kví að aðstæðum við austurströnd Bandaríkjanna. Í Noregi er mikið unnið að þróun úthafskvína t.d. á vegum SINTEF og þar hafa komið fram margar hugmyndir um nýjar tegundir úthafskvína (www.sintef.no).

Eldistækni fyrir þorskeldi

Í þorskeldi er hægt í flestum tilfellum að nota sams konar tækni og hefur verið þróuð fyrir laxeldi. Á þessu virðist þó nokkrar undantekningar. Þorskur hefur tilhneigingu til að naga netið og í verstu tilvikum myndast gat á netpokann. Garnið sem yfirleitt er notað í netpoka samanstendur af fjölda þunnra nælonþráða. Þorskurinn er með beittar tennur og slítur einn til tvo þræði í einu og að endingu gefur möskvinn sig og gat myndast á netpokann. Í Noregi er hafin vinna við að þróa netpoka sérstaklega fyrir þorskeldi þar sem markmiðið er að koma í veg fyrir að fiskurinn geti nagað gat á pokann (Moe o.fl. 2005, 2007; Moe 2007).

Notaðir hafa verið djúpir netpokar í þorskeldi en vissar takmarkanir eru á notkun þeirra. Veruleg afföll hafa átt sér stað þegar þorskur er losaður úr 40 metra djúpri kví í flutningsbát (Hellberg og Colquhoun 2006). Niðurstöður í norskum atferlisrannsóknnum sýna að þorskur syndir ekki lengra upp að yfirborði sjávar en sem nemur u.þ.b. 50% þrýstingsfalli. Ef tekið er dæmi er 50% þrýstingsfall við að synda frá 30 metra dýpi á 10 metra dýpi (frá 4 loftþyngdum í 2 loftþyngdir). Sundamaginn springur við u.þ.b. 70% þrýstingstap og fiskurinn flýtur þá með kviðinn upp ef hann nær ekki að losa sig við loftið úr kviðarholinu áður en hann kemur upp í sjávar-yfirborð. Það gerist þegar grynnað er of skart á fiskinum, en það þarf um 4-5 tíma að minnka þrýstinginn í sundmaganum um 50% (Kristiansen o.fl. 2006). Það hefur þó ekki dugað í öllum tilvikum þrátt fyrir að grynnað hafið verið mjög hægt á fiskinum með þeim afleiðingum að mikið magn af fiski drepst við losun (Hellberg og Colquhoun 2006).

Þegar notaðir eru djúpir netpokar er ekki hægt að fóðra þorskin í yfirboði eins og í laxeldi. Sökkva þarf fóðaranum eða fódurslöngunni það djúpt að fiskur sem er niður við botn geti náð upp að fódurgjöfinni (Kristiansen o.fl. 2006). Þegar notaður er djúpur netpoki þarf að gæta þess að nægilegar þyngingar séu á honum til að koma í veg fyrir að hann pressist upp í miklum straumum. Það hefur gerst í nokkrum tilfellum í Noregi með miklum afföllum á þorski (Kristiansen o.fl. 2007).

Auðveldara er að þróa sökkvanlegar kvíar fyrir þorsk en lax. Þorskur þarf ekki að synda upp í yfirborð eins og laxinn til að fylla sundmagann. Eitt af megin viðfangsefnum við þróun þorskeldis er að koma í veg fyrir kynþroska. Náðst hefur ágætur árangur við að hindra kynþroska í kórurum á landi. Aftur á móti hefur það verið mun erfiðara í sjókvíum vegna mikillar birtu af sólarljósi. Með því að sökkva kvíunum niður á ákveðið dýpi er hægt að dempa áhrif sólarljóssins (Taranger og Karlsen 2005).

4.5.4 Eldistækni fyrir íslenskar aðstæður

Veðurfar, eldisbúnaður og áföll í eldinu

Við uppbyggingu sjókvíaeldis seinni hluta níunda áratugarins var keyptur til landsins búnaður sem notaður var í laxeldi í nágrannalöndum og þá einkum Noregi. Það kom fljótt í ljós að þessi búnaður hentaði ekki í öllum tilvikum fyrir íslenskar aðstæður. Stálkvíaeiningar þoldu ekki álagið nema á skjólgóðum stöðum. Plastringir reyndust aftur á móti mun betur fyrir íslenskar aðstæður. Úthafskvíarnar sem notaðar voru í sunnanverðum Faxaflóa þoldu ekki veðurálagið. Úthafskvíar voru notaðar til að forðast ofkælingarhættu og voru þær staðsettar á opnum svæðum þar sem skjól er minna, en hitastig hærra og hitasveiflur minni en í innanverðum Faxaflóa. Við uppbyggingu sjókvíaeldis í byrjun þessa áratugar hafa forsvarsmenn sjókvíaeldisstöðva yfirleitt tekið þá ákvörðun að velja sterkan búnað sem hefur reynst vel við svipaðar aðstæður og eru hér við land. Enda er reynslan sú að tiltölulega lítið hefur verið um tjón á búnaði á síðustu árum (Valdimar Ingí Gunnarsson 2007).

Eldi á opnari heitari svæðum

Nú seinni árin hefur allt sjókvíaeldi verið innan-fjarðar á tiltölulega skjólgóðum svæðum. Með að vera með eldið á opnari svæðum við sunnan og vestanvert landið má ná meiri vaxtarhraða vegna hærri sjávarhita en er að finna á öðrum svæðum við landið. Skoðaður hefur verið möguleiki á sjókvíaeldi við sunnanvert landið (Geir Ágústsson 2004). Komist var að þeirri niðurstöðu að við suðurströnd landsins væri ekki hægt að nýta þekktu tækni fyrir sjókvíaeldi og þyrfti því að þróa nýjan búnað til að gera eldi á því svæði mögulegt.

Lagnaðarís

Á mörgum svæðum við Vesturland, Vestfirði, Norðurland og Austurland er hættu á að lagnaðarís myndist og valdi tjóni á búnaði þegar hann losnar. Nokkur dæmi eru um tjón af völdum lagnaðarís og rekís hjá sjókvíaeldisstöðvum á Íslandi (Valdimar Ingí Gunnarsson 2007). Með því að sökkva kvíunum er hægt að koma í veg fyrir tjón af völdum rekís. Tilraunir með þorskeldi í sökkvanlegum kvíum hafa verið stundaðar á vegum Þórodds ehf. í Tálknafirði og Vopnfisks ehf. í Vopnafirði. Á vegum Guðmundar



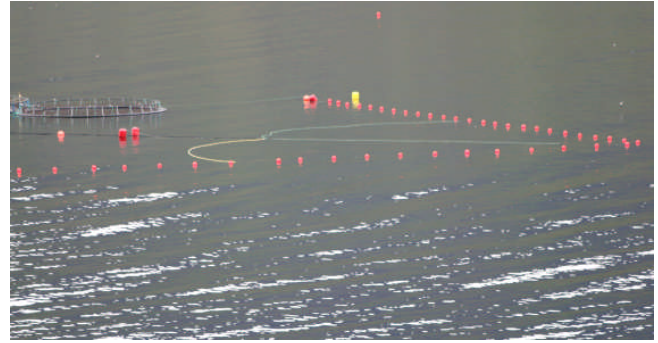
Runólfssonar hf. hefur verið notuð einfestukví en eins og nafnið bendir til er aðeins ein festing og við hana eru kvíarnar festar (Valdimar Ingi Gunnarsson o.fl. 2006b). Kostir við einfestukví fram yfir hefðbundnar kvíar sem festar eru saman í kerfisfestingu er að þær eru líklegri til að gefa eftir og forðast þannig harkalega árekstra við rekiss. Einnig er mun auðveldara að losa þær og láta reka undan ísnum eða draga í öruggt skjól (www.aquaengineering.ca).

Þorskinum haldið vel undir sjávaryfirboði

Vitað er til að afföll á eldisfiski vegna ofkælingar sjávar hafi átt sér stað á þremur svæðum við vestanvert landið. Einnig hafa átt sér stað aukin afföll á áframeldisþorski yfir heitustu mánuðina á heitum sumrum við vestanvert landið. Forsendan fyrir því að þorskur geti lifað í ofkældum sjó er að hann komist ekki í snertingu við ískristalla sem geta borist niður í sjóinn með umróti (kafla 4.2.2). Með því að hafa djúpan netpoka eða sökkvanlega kví ætti að vera hægt að halda fiskinum á dýpra vatni frá ískristöllum og oft í heitari sjó en er að finna við yfirborð sjávar. Á síðustu árum hefur heitur sjór verið meira vandamál í þorskeldi en sjávarkuldi. Á sumrin er sjórinn lagskiptur og má lækka sjávarhitann á fisknum með að halda honum vel undir yfirborði sjávar. Á meira dýpi er fiskurinn undir minna áreiti vegna hreyfingar sjávar sem ætti að auðvelda honum lífið þegar hitastig er hátt eða lágt.

Varnir við marglyttum

Marglyttur geta verið til vandræða á sumum eldissvæðum á Austurlandi. Á vegum Sæsilsfurs í Mjóafirði hefur verið unnið að þróun á varnargirðingu (mynd 4.23). Tæknin felur í sér að dæla lofti í sjóinn fyrir framan kvíarnar. Við það safnast loft undir marglyttunum og þær lyftast upp að



Mynd 4.23. Varnargirðing til að verjast marglyttu hjá Sæsilsfri í Mjóafirði (Ljósmynd: Valdimar Ingi Gunnarsson).

yfirborði sjávar (Árni Kristmundsson o.fl. 2004). Þessi tækni hefur ekki skilað nægilega góðum árangri og ekki getað varið fiskinn í sjókvíunum við verstu aðstæður (Valdimar Ingi Gunnarsson 2007). Í Noregi hafa verið gerðar tilraunir með nætur og hefur verið hægt að halda marglyttunni að mestu leyti frá sjókvíunum a.m.k. á einu svæði (Fosså og Asplin 2002). Nú er hafið verkefni með styrkt frá AVS sjóðnum til að afla grunnupplýsinga um líffræði marglyttu sem m.a. gætu verið gagnlegar við hönnun á búnaði til að verjast brennihvelju (kafla 4.2.5).

4.6 SVÓT-greining

Syrkleikar

Styrkleiki þorskeldis á Íslandi er e.t.v. fyrst og fremst nægilegt rými í fjörðum til að byggja upp umfangsmikið eldi (tafla 4.4). Í mörgum löndum er rými til eldis í sjókvím orðið takmarkað og oft mikil samkeppni um afnot af fjörðum og öðrum svæðum sem henta til fiskeldis. Það hefur m.a. valdið því að í mörgum löndum er verið að próa eldi í úthafskvíum

Tafla 4.4. Styrkleikar, veikleikar, ógnanir og tækifæri varðandi umhverfismál og eldistækni í þorskeldi á Íslandi.

Styrkleikar	Veikleikar
Mikið rými til eldis á þorski í sjókvím á Íslandi og auðvelt að fá leyfi til sjókvíaeldis í íslenskum fjörðum.	- Erfiðari umhverfisaðstæður eru til sjókvíaeldis á Íslandi en í samkeppnislöndum. - Reynsla af rekstri sjókvíaeldisstöðva og þekking á umhverfisaðstæðum er minni hér á landi en í samkeppnislöndum. - Vaxtarhraði þorsks hér við land er minni en í sam-
Ógnanir	Tækifæri
- Ísland er á jaðarsvæði fyrir fiskeldi og tímabundnar neikvæðar breytingar á veðurfari geta haft mjög slæmar afleiðingar fyrir greinina. - Stórfelldar slyasleppingar eða mengun frá eldinu geta hugsanlega haft neikvæð áhrif á vistkerfið og stuðlað af neikvæðri umræðu um þorskeldi.	- Afla meiri þekkingar um umhverfisaðstæður í íslenskum fjörðum og aðlaga eldistækni að aðstæðum. - Þróa eldi á opnum svæðum við sunnanvert landið þar sem sjávarhiti er hagstæðari fyrir þorskeldi. - Koma á stöðlum um styrkleika búnaðar, viðhalds og eftirlits sem miðaðir eru við íslenskar aðstæður og hafa það að markmiði að lágmarka líkur á tjóni og neikvæðum umhverfisáhrifum.



(Ryan 2004).

Veikleikar

Veikleikar þorskeldis eru einkum að Ísland er á jaðarsvæði fyrir fiskeldi og umhverfisaðstæður erfiðar. Það veldur meira álagi á búnað og meiri líkum á tjónum þegar notuð er sambærileg eldistækni og í samkeppnislöndum. Ef bornar eru saman aðstæður til þorskeldis á Íslandi og í samkeppnislöndunum er meginmunur á þeim hluta eldisferlisins sem fer fram í sjókvíum okkur í óhag. Við austan-, norðan- og vestanvert landið er vaxtarhraði þorsks minni en í samkeppnislöndum. Reynsla af rekstri sjókvíaeldisstöðva og þekking á umhverfisaðstöðum er minni hér á landi, enda hefur sjókvíaeldi verið stundað í styttri tíma en í samkeppnislöndum.

Ógnanir

Ógnanir eru einkum að miklar sveiflur eru í umhverfisaðstöðum í fjörðum á Íslandi. Þrátt fyrir hlýnun er ekki hægt að útiloka kuldatímabil eins og á háfísárunum seinni hluta sjöunda áratugarins (Sigurður Guðmundsson o.fl. 2000). Umhverfisvitund landsmanna hefur aukist mikið á síðustu árum sérstaklega í tengslum við uppbyggingu stóriðju. Þorskstofninn er ein mikilvægasta sjálfbæra auðlindin á Íslandi og ef stórfelldar slysasleppingar eiga sér stað getur það hugsanlega valdið neikvæðri umræðu og takmarkað þau tækifæri sem skapast við uppbyggingu þorskeldis.

Tækifæri

Tækifærin felast fyrst og fremst í að þróa samkeppnishæft sjókvíaeldi við erfiðar umhverfisaðstæður sem er að finna hér við land. Á síðustu áratugum hefur verið aflað reynslu og þekkingar á rekstri sjókvíaeldisstöðva. Hvernig okkur tekst að nýta þessa reynslu, auka þekkingu á umhverfisaðstöðum með rannsókn- og þróunarstarfi, aðlagja eldistækni betur að aðstöðum, mun ráða miklu um hvort hægt verður að byggja upp samkeppnishæft sjókvíaeldi á Íslandi. Íslendingar munu eflaust njóta ávaxta af þeirri vinnu sem lögð hefur verið í þróun sjókvía í samkeppnislöndum. Okkar tækifæri er að aðlagja þennan búnað að íslenskum aðstöðum t.d. á opnum svæðum þar sem sjávarhiti er hagstæðastur til eldisins.

Slysasleppingar hafa verið umtalsvert vandamál í norsku laxeldi. Kröfur til búnaðar hafa því aukist mikið á síðustu árum og hafa Norðmenn nýlega tekið í notkun staðal (NS 9415) fyrir sjókvíar (Norsk standard 2003). Staðalinn tekur fyrir hönnun, kröfur um styrkleika, uppsetningu, rekstur og eftirlit. Það er því ákveðið tækifæri í íslensku þorskeldi að koma á stöðlum sem miðaðir eru við íslenskar aðstæður og hafa það að markmiði að lágmarka líkur á tjóni og neikvæðum umhverfisáhrifum.

4.7 Heimildir

- Aas K. & Midling, K. Ø. 2005. Torsk som rømmer – en atferdsstudie i merd. Fiskeriforskningen. *Rapport* 13/2005. 10 s.
- Adda Bára Sigfúsdóttir 1969. Temperature in Stykkishólmur 1946-1968. *Jökull* 19: 7-10.
- Agnes Eydal 2003a. Áhrif næringarefna á tegundasamsetningu og fjölda svifþörungna í Hvalfirði. Hafrannsóknastofnunin, *Fjölrit* 99. 44 bls.
- Agnes Eydal 2003b. Árstíðabreytingar í fjölda og tegundasamsetningu svifþörungna í Mjóafirði. Í, Karl Gunnarsson (ritstj.). Umhverfisaðstæður, svifþörungar og kræklingur í Mjóafirði Hafrannsóknastofnunin. *Fjölrit* 92: 29–42.
- Agnes Eydal & Karl Gunnarsson 2004. Svifþörungur í Hvalfirði og skelfiskeitrun. *Náttúrufræðingurinn* 72 (3-4): 97-105.
- Agnes Eydal & Hafsteinn Guðfinnsson 2006. Vöktun eiturbörungna í tenglum við nýtingu skelfisks árið 2005. Í, Héðinn Valdimarsson (ritstjóri). Þættir úr vistfræði sjávar 2005. Hafrannsóknastofnunin. *Fjölrit* 125: 24-25.
- Agnes Eydal, Hafsteinn Guðfinnsson, Kristinn Guðmundsson, Dóra Sigrún Gunnarsdóttir, Karl Gunnarsson, Þór Gunnarsson, Grímur Ólafsson, Björn Theódórsson, Halldór Ó. Zoëga 2007. Vöktun eiturbörungna í tengslum við nýtingu skelfisks árið 2005. Hafrannsóknastofnunin. *Fjölrit* 128. 18 bls.
- Albert Kjartansson Imsland, Ólöf D.B. Jónsdóttir & Anna K. Daniëlsdóttir 2004. Nuclear DNA RFLP variation among Atlantic cod in south and south-east Icelandic waters. *Fisheries Research* 67: 227-233.
- Anderson, D. M., Andersen, P., Bricelj, V. M., Cullen J. J. & Rensel J.E.J. 2001. Monitoring and Management Strategies for Harmful Algal Blooms in Coastal Waters. *Intergovernmental Oceanographic Commission. Technical Series* 59: 1-268.
- Anna Rósa Böðvarsdóttir 2004. Fiskeldi í sjókvíum við strendur Íslands: Umfjöllun um ferli leyfisveitinga, mat á umhverfisáhrifum og vöktunaraðferðir. Meistaraprófsverkefni í umhverfisfræðum við Háskóla Íslands. 175 bls.
- Anna Rósa Böðvarsdóttir 2005. Fiskeldi í sjókvíum við strendur Íslands: Umfjöllun um ferli leyfisveitinga, mat á umhverfisáhrifum og vöktunaraðferðir. Hafrannsóknastofnunin. *Fjölrit* 116: 42-44.
- Anon 1990. Salmon farming and predatory wild life. A code of practice. A publication by the Scottish Salmon Growers Association. 33 p.
- Anon 2000. Nasjonal handlingsplan mot rømming. Norsk fiskeoppdretterens forening, Fiskeridirektoratet, Direktorat for naturforvaltning, Norsk forsikringsforbund, Fylkesmannen i Rogaland.
- Anon 2002. Cod growout 2000-2003. Project summary: FDP 250. Department of Fisheries and Aquaculture. Government of Newfoundland and Labrador. 11 p. (www.fishaq.gov.nl.ca/FDP/ProjectReports/fdp_250.htm).
- Anon 2003a. Report of the working group on pathology and diseases of marine organisms. International Council for the Exploration of the Sea. Mariculture committee. ICES CM 2003/F:03.
- Anon 2003b. Mass fish farm mortalities and escapes threaten the survival of wild salmon. The Salmon Farming Monitor (www.salmonfarmmonitor.org/pr010803.shtml).
- Anon 2007a. Seafood Industry Year in Review for 2006. Newfoundland and Labrador. Department of Fisheries and Aquaculture. 20 p.



- Aqua Management 2004. Fiskeri rømmer - En risikoanalyse av driftsrelaterede årsaker. *Aqua Management* As, 35 s.
- AQUA 2006. Abstracts. Linking tradition & technology – Highest quality for the consumer. May 9-13, 2006 Florence, Italy. International Conference & Exhibition. 1068 p.
- Auður Ýr Sveinsdóttir, Elín Smáradóttir, Hólmfríður Sigurðardóttir, Jakob Gunnarsson, Óli Halldórsson, Sigurður Ásbjörnsson & Þóroddur F. Þóroddsson 2005. Leiðbeiningar um mat á umhverfisáhrifum framkvæmda. Skipulagsstofnun, 56 bls.
- Aure, J. 2006. Klima I, Svåsand, T., Boxaspen, K., Dahl, E. & Jørgensen, L.L. (red.). Kyst og havbruk 2006. *Fisken og havet*, særnr. 2: 19-22.
- Aure, J. og Ervik, A. 2002. Hvor mye oppdrett tåler norske kyst- og fjordområder? I, Fosså, J.H. (red.), 2002. Havets miljø 2002. *Fisken og havet*, særnr. 2-2002:117-120.
- Austreng, E., Storbakken, T. & Åsgård, T. 1987. Growth rate estimates for cultured Atlantic salmon and rainbow trout. *Aquaculture* 60(2): 157-160.
- Árni Kristmundsson, Bergljót Magnadóttir, Bjarnheiður K. Guðmundsdóttir, Gísli Jónsson, Matthías Eydal, Rannveig Björnsdóttir, Sigríður Guðmundsdóttir & Sigurður Helgason 2004: Sjúkdómar í eldisþorski. Í, Björn Björnsson & Valdimar Ingi Gunnarsson (ritstj.), Þorskelði á Íslandi. Hafrannsóknastofnunin. *Fjölrit* 111: 145-173.
- Árni Jón Eliasson, 2001. Ísing á háspennulínu – Rannsóknir og hagnýting niðurstaðna. Bls. 259-264. Orkuþing 2001, haldið 11. til 13. október 2001 á Grand Hótel í Reykjavík.
- Ástþór Gíslason & Ólafur S. Ástþórsson 1995. Seasonal cycle of zooplankton southwest of Iceland. *Journal of Plankton Research* 117(10): 1959-1976.
- Beardmore, J.A. & Porte, J.S. 2003. Genetically modified organisms and aquaculture. *FAO Fisheries Circular* No. 989. 35 p.
- Bekkevold, D., Hansen, M. M. & Nielsen, E. E. 2006. Genetic impact of gadoid culture on wild fish populations: predictions, lessons from salmonids, and possibilities for minimizing adverse effects. *ICES Journal of Marine Science* 63:198-208.
- Berg, Ø. 2007. The dual myths of the healthy wild fish and the unhealthy farmed fish. *Diseases of Aquatic Organisms* 75: 159-164.
- Beveridge, M. 2004. Cage aquaculture. Blackwell Publishing Ltd. 368 p.
- Björgvin Harri Bjarnason 2004. Botnrannsóknir undir og við fiskeldiskvíar í Mjóafirði 2001-2004 – Samantekt. Samherji hf. 5 bls.
- Björgin Harri Bjarnason & Erlendur Bogason 2004. Botnmyndataka undir og við laxeldiskvíar Sæsilfurs. Skýrsla Sæsilfur hf. Mjóafirði. 7 bls
- Björn Björnsson & Agnar Steinarsson 2002. The food-unlimited growth rate of Atlantic cod (*Gadus morhua*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 59: 494–502.
- Björn Björnsson, Agnar Steinarsson & Matthías Oddgeirsson 2001. Optimal temperature for growth and feed conversion of immature cod (*Gadus morhua* L.). *ICES Journal of Marine Science* 58: 29-38.
- Björn Björnsson, Agnar Steinarsson & Tómas Árnason 2007. Growth model for Atlantic cod (*Gadus morhua*): effects of temperature and body weight on growth rate. *Aquaculture* 271: 216-226.
- Björn, P.A., Uglem, I., Dale, T., Hansen, L. Økland, F. & Damsgård, B. 2007. I, Dahl, E., Hansen, P.K., Haug, T., Karlsen, Ø., (red.). Kyst og havbruk 2007. *Fisken og havet*, særnr. 2–2007:175-177.
- Blaalid, G.-E., Jensen, P.M. & Tveit, K.J. 2006. Milliard til torsk. *Norsk fiskeoppdrett* 31(11): 16-27.
- Braithwaite, R.A. & McEvoy, L.M. 2005. Marine biofouling on fish farms and its remediation. *Advances in Marine Biology* 47: 215-252.
- Bricknell, I.R., Bron, J.E. & Browden, T.J. 2006. Diseases of gadoid fish in cultivation: a review. *ICES Journal of Marine Science* 63: 253-266.
- Brooks, K.M. & Mahnken, C.V.W. 2003. Interactions of Atlantic salmon in the Pacific Northwest environment. III. Accumulation of zinc and copper. *Fisheries Research* 62: 295-305.
- Båmstedt, U., Fosså, J.H., Martinussen, M.B. & Fosshagen, A. 1998. Mass occurrence of the physonect siphonophore *Apolemia uvaria* (Lesueur) in Norwegian waters. *Sarsia* 83: 79-85.
- Cabello, F.C. 2006. Heavy use of prophylactic antibiotics in aquaculture: a growing problem for human and animal health and for the environment. *Environmental Microbiology* 8 (7):1137–1144.
- Cembella, A.D., Quilliam, M.A. Lewis, N.I. Bauder, A.G., Dell'Aversano, C., Thomas, K., Jellett J. & Cusack, R.R. 2002. The toxigenic marine dinoflagellate *Alexandrium tamarense* as the probable cause of mortality of caged salmon in Nova Scotia. *Harmful Algae* 1: 313–325.
- COM 2002 (511 final). Communication from the commission to the council and the European parliament. A strategy for the sustainable development of European aquaculture. Commission of the European communities. Brussel. 26 bls.
- Davíð Egilson, Elísabet D. Ólafsdóttir, Eva Yngvadóttir, Helga Halldórsdóttir, Flosi Hrafn Sigurðsson, Gunnar Steinn Jónsson, Helgi Jensson, Karl Gunnarsson, Sigurður A. Þráinsson, Andri Stefánsson, Hallgrímur Daði Indriðason, Hreinn Hjartarson, Jóhanna Thorlacius, Kristín Ólafsdóttir, Sigurður R. Gíslason & Jörundur Svavarsson, 1999. *Mælingar á mengandi efnum á og við Ísland. Niðurstöður vöktunarmælinga*. Starfshópur um mengunarmælingar, mars 1999, Reykjavík. 138 bls.
- Devlin, R. H., Sundström, L. F. & Muir, W. M. 2006. Interface of biotechnology and ecology for environmental risk assessments of transgenic fish. *TRENDS in Biotechnology* 24: 89-97.
- Einar Árnason, Snæbjörn Pálsson & Aðalgeir Arason 1992. Gene flow and lack of population differentiation in Atlantic cod, *Gadus morhua* L., from Iceland, and comparison of cod from Norway and Newfoundland. *Journal of Fish Biology* 40: 751 -770.
- Einar Árnason, Snæbjörn Pálsson, Aðalgeir Arason & Vilhjálmur Þorsteinsson 1992b. Stofngerð þorsks (*Gadus morhua*) við Ísland og víðar metin með breytileika í DNA orkukorna (mtDNA). Líffræðistofnun Háskólans. *Rit* nr. 33. 51 bls.
- Einar Árnason, Petersen, P.H., K. Kristinsson, H. Sigurgíslason & Snæbjörn Pálsson 2000. Mitochondrial cytochrome b DNA sequence variation of Atlantic cod from Iceland and Greenland. *Journal of Fish Biology* 56: 409-430.
- Einar Sveinbjörnsson, Guðmundur Hafsteinsson, Hreinn Hjartarson, Kristín Hermannsdóttir, Trausti Jónsson og Þórður Arason 2007. Veðurathuganir á Íslandi – Staða og nánasta framtíð. Skýrsla Veðurathugunarteymis 2006. Greinagerð 07001. Veðurstofa Íslands. 34 bls.
- Elena Guijarro Garcia, Guðrún G. Þórarinsdóttir & Stefán Áki Ragnarsson 2003. Settlement of bivalve spat on artificial collectors in Eyjafjörður, North Iceland. *Hydrobiologia* 503:131-141.
- Eknes, M. 2007. Effektar av auka utslepp av næringssalt fra fiskeoppdrett. I, Dahl, E., Hansen, P.K., Haug, T., Karlsen, Ø., (red.). Kyst og havbruk 2007. *Fisken og havet*, særnr. 2–



- 2007: 203-206.
- Ervik, A. & Aure, J. 2006. Hvor mye fiskeoppdrett vil vi ha i Norge? I, Svåsand, T., Boxaspen, K., Dahl, E., Jørgensen, L.L. (red.). Kyst og havbruk 2006. *Fisken og havet*, særnr. 2:97-101.
- FEAP, 2003. FEAP Code of Conduct. 8 p. (www.feap.info/FileLibrary/6/FEAP%20Code%20of%20Conduct.pdf).
- Fhl 2004. Havbruksnæringen i Nord-Norge – tall og fakta 2003. Fiskeri- og havbruksnæringens landsforening. 2 s.
- Fiskeri- og kystdepartementet 2005. Tekniske krav til oppdrettsanlegg NYTEK. 16. s. (www.regjeringen.no/nb/dep/fkd/dok/Veiledninger_og_brosjyrer/2005/NYTEK.html?id=88225).
- Fiskeridirektoratet 2007a. Fiskeridirektoratets tiltaksplan mot rømt oppdrettsfisk. Visjon NULLFLUKT (2006-2007). (www.fiskeridir.no/fiskeridir/kystsone_og_havbruk/r_mming/fiskeridirektoratets_tiltaksplan_mot_r_mt_oppdrettsfisk).
- Fiskeridirektoratet 2007b. Oversikt over meldinger til Fiskeridirektoratet om rømming fra akvakulturanlegg (www.fiskeridir.no/fiskeridir/kystsone_og_havbruk/r_mming/oversikt_over_meldinger_til_fiskeridirektoratet_om_r_mming_fra_akvakulturanlegg).
- Fisheries Research Services 2004. The Scottish ocean climate status report 2002 and 2003. Hughes, S.L. (ed.) Aberdeen: Fisheries Research Services. 50p.
- Fisheries Research Services 2005. Scottish fish farms - Production Survey 2004. This report was prepared for the Scottish Executive by FRS Marine Laboratory. 53 p.
- Fletcher, G.L., King, M.J. & Kao, M.H. 1987. Low temperature regulation of antifreeze glycopeptides levels in Atlantic cod (*Gadus morhua*). *Canadian Journal of Zoology* 65: 227-233.
- Fletcher, G.L., Wroblewski, J.S., Hickey, M.M., Blanchard, B., Kao, M.H. & Goddard, S.V. 1997. Freezing resistance of caged Atlantic cod (*Gadus morhua*) during a Newfoundland winter. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 54(Suppl. 1): 94-98.
- Fosså, J.H. & Asplin, L. 2002. Kolonimaneten *Apolecta drepanura* langs kysten. I, Fosså, J.H. (red.), 2002. Havets miljø 2002. *Fisken og havet*, særnr. 2-2002: 130-134.
- Fosså, J.H., Flood, P.R., Olsen, A.B. & Jensen, F. 2003. Små og usynlige, men plagsomme maneter av arten *Muggiaea atlantica*. I, Asplin, L. & Dahl, E. (red.), 2003. Havets miljø 2003. *Fisken og havet*, særnr. 2-2003: 99-103.
- Frankic, A. & Herschner, C. 2003. Sustainable aquaculture: developing the promise of aquaculture. *Aquaculture International* 11: 517-530.
- GESAMP (IMO/FAO/UNESCO/IOC/WMO/IAEA/UN/ UNEP Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environment Protection), 2001. Planning and mangement for sustainable costal aquaculture development. Report and studies no. 68: 90 bls.
- Geir Ágústsson 2004. Design considerations and loads on open ocean fish cages south of Iceland. Faculty of Engineering. University of Iceland. 64 p.
- Gísli Jónsson 1992. Ársskýrsla dýralæknis fisksjúkdóma til yfirdýralæknis og Fisksjúkdómanefndar, árið 1991. 11 bls.
- Gísli Jónsson 1996. Ársskýrsla dýralæknis fisksjúkdóma til yfirdýralæknis og Fisksjúkdómanefndar fyrir árið 1995. 19 bls.
- Gísli Jónsson 1997. Ársskýrsla dýralæknis fisksjúkdóma til yfirdýralæknis og Fisksjúkdómanefndar fyrir árið 1996. 18 bls.
- Gísli Jónsson 1998. Dýralæknir fisksjúkdóma - Ársskýrsla 1997. 16 bls.
- Gísli Jónsson 2002. Dýralæknir fisksjúkdóma. Embætti yfirdýralæknis. Ársskýrsla 2001, 4 bls.
- Gísli Jónsson 2004. Dýralæknir fisksjúkdóma. Embætti yfirdýralæknis. Ársskýrsla 2003, bls. 27-31.
- Gísli Jónsson 2007. Ársskýrsla dýralæknis fisksjúkdóma 2006. Embætti yfirdýralæknis. 13 bls.
- Goudey, C.A., Loverich, G., Kite-Powell, H. & Costa-Pierce, B.A. 2001. Mitigating the environmental effects of mariculture through single-pint moorings (SPMs) and drifting cages. *ICES Journal of Marine Science* 58: 497-503.
- Gróa Pétursdóttir, Begg, G., & Guðrún Marteinsdóttir 2006. Discrimination between Icelandic cod (*Gadus morhua* L.) populations from adjacent spawning areas based on otolith growth and shape. *Fisheries Research* 80: 182-189.
- Guðrún Marteinsdóttir & Vilhjálmur Þorsteinsson 2007. Hrygningaratferli og mökunartíðni eldis og villtra þorska. Lokaskýrsla vegna AVS verkefnisins (S 005-05). Háskóli Íslands og Hafrannsóknastofnunin. 12 bls.
- Guðrún Marteinsdóttir, Björn Gunnarsson & Suthers, I. M. 2000. Spatial variation in hatch date distributions and origin of pelagic juvenile cod in Icelandic waters. *ICES Journal of Marine Science* 57:1184-1197.
- Guðrún Marteinsdóttir, Heiðrún Guðmundsdóttir, Sigurður Guðjónsson, Anna K. Daníelsdóttir, Þóroddur F. Þóroddsson & Leó A. Guðmundsson 2007. Lokaskýrsla vegna AVS verkefnisins: Áhrif eldis á umhverfi og villta stofna. Háskóli Íslands, Umhverfisstofnun, Veðimálastofnun, Hafrannsóknastofnunin og Skipulagsstofnun. 34 bls.
- Guðrún G. Þórarinsdóttir 1987. Dyrkning af blaamusing (*Mytilus edulis*) í Hvítanes, Hvalfjörður, Ísland 1986-1987. Cand scient opgave i biologi, Aarhus Universitet, Aarhus, Danmark, 61 bls.
- Guðrún G. Þórarinsdóttir 1996. Gonad development, larval settlement and growth of *Mytilus edulis* L. in a suspended population in Hvalfjörður, south-west Iceland. *Aquaculture Research* 27: 57-65.
- Guðrún G. Þórarinsdóttir & Karl Gunnarsson 2003. Reproductive cycles of *Mytilus edulis* L. on the west and east coasts of Iceland. *Polar Research* 22(2): 217-223.
- Guneriusen A. & Palerud, R. 2003. Miljøundersøkelser i fire fjorder på Island 2002 med hensyn til oppdrett. Akvaplan Niva. 135 s.
- Gunnar Guðni Tómasson & Ólöf Rós Káradóttir 2005a. A two dimensional numerical model of astronomical tide and storm surge in the North Atlantic Ocean. Proceedings of the Second International Coastal Symposium in Iceland, 5-8 June 2005. Icelandic Maritime administration. 12 p.
- Gunnar Guðni Tómasson & Ólöf Rós Káradóttir 2005b. Applications of the two dimensional numerical model of astronomical tide and storm surge in the North Atlantic Ocean. Proceedings of the Second International Coastal Symposium in Iceland, 5-8 June 2005. Icelandic Maritime administration. 12 p.
- Hafsteinn Guðfinnsson (verkefnisstjóri) 2001. Rannsóknir á straumum, umhverfispáttum og lífríki sjávar í Reyðarfirði frá júlí til október 2000. Hafrannsóknastofnunin. *Fjölrit* 85: 135 bls.
- Hansen, T. & Taranger, G.L. 2007. Oppdrett av steril fisk. I, Dahl, E., Hansen, P.K., Haug, T., Karlsen, Ø., (red.). Kyst og havbruk 2007. *Fisken og havet*, særnr. 2-2007:132-133.
- Hansen, T., Mejdell, C., Svåsand, T., Osland, A., Bergh, Ø. & Taranger, G.L. 2007. Oppdrett av sterile fisk. *Rapport fra Havforskningen* nr. 3-2007. 34 s.
- Havforskningsinstituttet 2005. Miljøeffekter av torskeoppdrett. Havforskningstema 4-2005. 12 s.
- Héðinn Valdimarsson, Höskuldur Björnsson & Kristinn



- Guðmundsson 2005. Breytingar á ástandi sjávar á Íslandsmiðum og áhrif þeirra á lífríkið. Hafrannsóknastofnunin. *Fjölrit* nr. 116: 23-28.
- Hellberg, H. & Colquhoun, D. 2006. Helsesituasjonen hos marin fisk. I, Svåsand, T., Boxaspen, K., Dahl, E., Jørgensen, L.L. (red.) Kyst og havbruk 2006. *Fisken og havet*, særnr. 2:137-140.
- Hellberg 2007. Helsesituasjonen hos marin fisk. I, Dahl, E., Hansen, P.K., Haug, T., Karlsen, Ø., (red.) Kyst og havbruk 2007. *Fisken og havet*, særnr. 2–2007: 127-131.
- Hjálmar R. Bárðarson 1969. Ísing skipa. Í, Markús Á. Einarsson (ritstjóri). Hafsinn. bls. 439-469. Almenna Bókafélagið.
- Hlynur Sigtryggsson 1970a. Um lagnaðarís við Ísland. *Veðrið* 15 (1): 27-29.
- Hlynur Sigtryggsson 1970b. Um lagnaðarís við Ísland. *Veðrið* 15 (2): 52-58.
- Hlynur Sigtryggsson & Unnsteinn Stefánsson 1969. Eiginleikar hafíss, myndun hans og vöxtur. Í, Markús Á. Einarsson (ritstjóri), Hafsinn. Almenna Bókafélagið. bls. 207-223.
- Holm, M., Dalen, M., Haga, R.Å.J. & Hauge, A. 2003. The environmental status of Norwegian Aquaculture. *Ballon Report* no.7. 90 p.
- Huntington, T.C., Roberts, H., Cousins, N., Pitta, V., Marchesi, N., Sanmamed, A., Hunter-Rowe, T., Fernandes, T. F., Tett, P., McCue J. & Brockie, N. 2006. 'Some Aspects of the Environmental Impact of Aquaculture in Sensitive Areas'. Report to the DG Fish and Maritime Affairs of the European Commission. 305 p.
- ICES 2006. Report of the Working Group on Pathology and Diseases (WGPDMO), 7–11 March 2006, ICES Headquarters, Copenhagen. ICES CM 2006/MCC:01, Ref. ACFM, MHC. 98 pp.
- Ingibjörg G. Jónsdóttir, Campana, S. & Guðrún Marteinsdóttir 2006a. Otolith shape and temporal stability spawning groups of Icelandic cod (*Gadus morhua* L.). *ICES Journal of Marine Science* 63: 1501-1512.
- Ingibjörg G. Jónsdóttir, Campana, S. & Guðrún Marteinsdóttir 2006b. Stock structure of Icelandic cod (*Gadus morhua*) based on otolith chemistry. *Journal of Fish Biology* 69 (Supplement C): 136-150.
- Ingimar Jóhannsson 1979. Tilraunir með laxeldi í sjó í Hvalfirði. *Ægir* 72(3):129-132.
- Ingimar Jóhannsson og Björn Jóhannesson 1983. Fiskeldi og fiskrækt í Kelduhverfi. *Ægir* 76(2):127-129.
- Iwama, G., Nichol, L. & Ford, J., 1997. Aquatic mammals and others species. Salmon Aquaculture Review, vol. 3. Environmental Assessment Office, Victoria, BC (Part E): Technical Advisory Team Discussion Papers. Prepared for the Environmental Assessment Office.
- Jensen, Ø. 2006a. Faglig underlag for krav til flytende oppdrettsanlegg - NS 9415 - Oppsummeringsrapport. *Sintef Rapport* SFH80 A064061. 9s.
- Jensen, Ø. 2006b. Islaster – isvekst og forslag til tiltak. *Sintef Rapport* SFH80 A064062. 24 s.
- Jensen, Ø. 2006c. Gjennomgang av tekniske krav til oppdrettsanlegg – basert på rømmingsfilfeller i januar 2006. SINTEF Fiskeri og havbruk AS. *Rapport* SHF80 A066056. 20 s.
- Jóhannes Briem 2000. Straummælingar í Berufirði, 3.-31. júlí. nr. 2/2000. Hafrannsóknastofnunin, 9 bls.
- Jóhannes Briem 2001. Hita- og strauummælingar í Norðfirði í september 2000 og janúar 2001. nr. 2/2001. Hafrannsóknastofnunin, 14 bls.
- Jóhannes Briem 2002. Mælingar á strauum, hita- og seltu í Arnarfirði frá 5. júlí til 15. september árið 2001. nr. 1/2002. Hafrannsóknastofnunin, 48 bls.
- Jón Örn Pálsson 2007. Áframeldi á þorski hjá Þóroddi ehf. Greinagerð um rekstur fyrir árið 2006. Skýrsla til AVS sjóðsins. 18 bls.
- Jonsson, B. (red.), Boxaspen, K., Fiske, P., Gjerde, B., Poppe, T. & Wennevik, V. 2006. Interaksjoner mellom lakseoppdrett og villaks: Oppdatering av kunnskap eller NOU 1999:9. Kunnskapsseien for laks og vannmiljø. *Rapport* nr. 2. 80 s.
- Jørstad, K.E. & van der Meeren, T. 2007. Oppdrettstorsken rømmer ved å gyte i merdene. I, Dahl, E., Hansen, P.K., Haug, T., Karlsen, Ø., (red.) Kyst og havbruk 2007. *Fisken og havet*, særnr. 2–2007:172-174.
- Jørstad, K.E., van der Meeren, T. & Dahle, G. 2005. Rømming av oppdrettstorsk – er genetisk merking ønskelig og nødvendig? I, Boxaspen, K., Agnalt, A-L., Gjøsæter, J., Jørgensen, L.L. & Skiftesvik, A.M. (red.) Kyst og havbruk 2005. *Fisken og havet*, særnr. 2–2005: 127-128.
- Kaasa, Ø. & Kristinn Guðmundsson, 1994. Seasonal variation in the plankton community in Eyjafjörður, North Iceland. ICES C.M. 1994/L:24.
- Karl Gunnarsson 1997. Líffræði sjávar: Þari. Námsgagnastofnun – Hafrannsóknastofnun. 8 bls.
- KPMG 2003. Guide to the introduction to environmental management systems in aquaculture. KPMG Center for aquaculture and fisheries. 79 p.
- Kristiansen, T.S., Fosseidengen, J.E. & Juell, J.-E. 2006. Det er grenser for hva selv torsk vil gjøre! I, Svåsand, T., Boxaspen, K., Dahl, E., Jørgensen, L.L. (red.) Kyst og havbruk 2006. *Fisken og havet*, særnr. 2:107-113.
- Kristiansen, T.S., Johansson, D., Oppedal, F. & Juell, J.-E. 2007. Hvordan har oppdrettfskenen det i merdene? I, Svåsand, T., Boxaspen, K., Dahl, E., Jørgensen, L.L. (red.) Kyst og havbruk 2007. *Fisken og havet*, særnr. 2:151-154.
- Kristinn Guðmundsson & Agnes Eydal 1998. Svifþörungur sem geta valdið skelfiskeitrun. Niðurstöður tegundagreininga og umhverfisathugana. Hafrannsóknastofnun. *Fjölrit*, 70:1-33.
- Kutti, T. & Olsen, S.A. 2007. Oppdrett stimulerer dyreliv i fjordene. I, Dahl, E., Hansen, P.K., Haug, T., Karlsen, Ø., (red.) Kyst og havbruk 2007. *Fisken og havet*, særnr. 2–2007:195-197.
- Kutti, T., Ervik, A. & Hansen, P.K. 2007a. Effects of organic effluents from a salmon farm on a fjord system. I. Vertical export and dispersal processes. *Aquaculture* 262:367–381.
- Kutti, T., Hansen, P.K., Ervik, A., Høisæter, T. & Johannessen, P. 2007b. Effects of organic effluents from a salmon farm on a fjord system. II. Temporal and spatial patterns in infauna community composition. *Aquaculture* 262: 355–366.
- Lane, A. 2005. Consensus “A technology platform for sustainable aquaculture in Europe”. *World aquaculture* 36 (2):7-10.
- Lane, A. & Charles, J. 2006. Defining indicators for sustainable aquaculture development in Europe. A multi-stakeholder workshop held in Oostende, Belgium, November 21-23, 2005. Consensus – Sustainable aquaculture in Europe.
- Leó Alexander Guðmundsson 2007. Spatial and temporal genetic composition of Atlantic salmon (*Salmo salar*) in River Elliðaár, Iceland. 45 eininga ritgerð til M.S. prófs. Háskóli Íslands, Raunvísindadeild. 83 p.
- Liabø, L. 2002. Produktivitetsbarometer. Foredrag på produktivitetskonferansen 2002, Bergen.
- Lindsay, R.W. & Zhang, J. 2005. The thinning of Arctic sea ice, 1988-2003: Have we passed a tipping point? *Journal of Climate* 18: 4879-4894.
- Logar, N. & Pollock, L.K. 2005. Transgenic fish: is a new policy framework necessary for a new technology? *Environmental*



- Lucas, J.S. & Southgate, P.C. 2003. Aquaculture – Farming aquatic animals and plants. Blackwell Publishing. 502 p.
- Maclean, N. & Laight, R.J. 2000. Transgenic fish: an evaluation of benefits and risks. *Fish and Fisheries* 1:146-172.
- Markús Á. Einarsson 1989. Hvernig viðrar? Íðunn. 152 bls.
- Mente, E., Pierce, G.J., Santos, M.B. & Neofiton, C. 2006. Effect of feed and feeding in the culture of salmonids on the marine aquatic environments: a synthesis for European aquaculture. *Aquaculture International* 14:499-522.
- Moe, H. 2007. Rømming – et problem med en løsning? Foredrag på konferansen Sats på torsk – oppdrett av torsk i alle markader. Bergen 14.-16.februar 2007.
- Moe, H., Gaarder, R. Sunde, L.M., Borthen, J. & Olafsen, K. 2005. Rømmingssikker not for torsk. SINTEF Fiskeri og havbruk. Rapport SFH A 054041. 53 sider + vedlegg.
- Moe, H., Dempster, T., Sund, L.M., Winther, U. & Fredheim, A. 2007. Technological solutions and operational measures to prevent escapes of Atlantic cod (*Gadus morhua*) from sea cages. *Aquaculture Research* 38:91-99.
- Naustvoll, L.-J., Dahl, E. Danielssen, D., Aure, J. Skogen, M. & Budgell, P. 2002. *Chattonella* i Skagerrak – en ny trussel for oppdrettsnæringen? I, Fosså, J.H. (red.), 2002. Havets miljø 2002. *Fisken og havet*, særnr. 2-2002:126-128.
- Naylor, R.L., Goldburg, R.J., Primavera, J.H., Kautsky, N., Beveridge, M.M. Clay, J., Folke, C., Lubchenco, J., Mooney, H. & Troell, M. 2000. Effect of aquaculture on world fish supplies. *Nature* 405: 1017-1024.
- Nelson, M. L., J. R. Gilbert, and K. J. Boyle, 2006. The influence of sighting and deterrence methods on seal predation at Atlantic salmon (*Salmo salar*) farms in Maine, 2001-2003, *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 63: 1710-1721.
- Norsk standard 2003. Flytende oppdrettsanlegg – Krav til utforming, dimensjonering, utførelse, installasjon og drift. NS 9415.
- Nygaard, S.M.R. 2007. Hvordan brukes antibakterielle midler til torsk? Foredrag på konferansen Sats på torsk – oppdrett av torsk i alle markader. Bergen 14.-16.februar 2007. (www.torsk.net/site/content/download/1002/4311/file/Solveig%20Nyg%20rd.pdf).
- Olafsen, T. 2006a. Alternative begroingshindrende strategier for havbruksnæringen. Sluttrapport. SINTEF Rapport SFH80-A066083. 20 sider + vedlegg.
- Olafsen, T. 2006b. Kostnadsanalyse av ulike begroingshindrende strategier. SINTEF Rapport SFH80-A066041. 22 sider + vedlegg.
- Opsahl, K.-A. 2007. Satsing på ny verdiskaping –torsk. Foredrag av statssekretær Kari-Anne Opsahl, Fiskeri- og kystdepartementet på konferansen Sats på torsk – oppdrett av torsk i alle markader. Bergen 14.-16. februar 2007. (www.torsk.net/site/content/download/994/4283/file/Statssekr%20Karianne%20Oppsal.pdf).
- Otterå, H., Agnalt, A.-L. & Jørstad, K.E. 2006. Differences in spawning time of captive Atlantic cod from four regions of Norway, kept under identical conditions. *ICES Journal of Marine Science* 63: 216-223.
- Ólafur S. Ástþórsson & Ástþór Gíslason 1992. Investigation on the ecology of the zooplankton community in Ísafjörður-deep, northwest Iceland. *Sarsia* 77:225-236.
- Ólafur S. Ástþórsson & Unnsteinn Stefánsson 1984. Nokkrar athuganir á árstíðabreytingum á hitastigi, seltu, svifi og sunddýrum í Hvammsfirði. *Náttúrufræðingurinn* 53(3-4):117-125.
- Ólafur Ástþórsson & Guðmundur S. Jónsson, 1988. Seasonal changes in zooplankton abundance in Ísafjörður-deep, northwest Iceland, in relation to Chlorophyll a and hydrography. *ICES CM* 1988/L:3.
- Ólöf Rós Káradóttir & Gunnar Guðni Tómasson 2003. Nýtt sjávarfallalíkan fyrir Ísland. *Gangverk*, fréttabréf VST 4(1):8-11.
- Ólöf D.A. Jónsdóttir, Albert Imsland, Anna.K. Daniélsdóttir, Vilhjálmur Þorsteinsson & Gunnar Nævdal 1999. Genetic differentiation among Atlantic cod in Icelandic waters: synaptophysin (Syp I) and haemoglobin (Hb I) variation. *Journal of Fish Biology* 54: 1259-1274.
- Ólöf D.B. Jónsdóttir, Anna K. Daniélsdóttir & Gunnar Nævdal 2001. Genetic differentiation among Atlantic cod (*Gadus morhua* L.) in Icelandic waters: temporal stability. *ICES Journal of Marine Science* 58: 114-122.
- Ólöf D.B. Jónsdóttir, Albert K. Imsland, Anna. K. Daniélsdóttir, Guðrún Marteinsdóttir 2002. Genetic heterogeneity and growth properties of different genotypes of Atlantic cod (*Gadus morhua* L.) at two spawning sites off south Iceland. *Fisheries Research* 55: 37-47.
- Óttar Már Ingvason 2004. Þorskelði: Skýrsla Brims-fiskeldis ehf. vegna þorskelðistilrauna árið 2003. Skýrsla til AVS sjóðsins. 44 bls.
- Quick, N.J. Stuart J. Middlemas, S.J. & Armstrong, J.D. 2004. A survey of antipredator controls at marine salmon farms in Scotland. *Aquaculture* 230:169– 180.
- Pampoulie, C., Þóra Dögg Jörundsdóttir, Agnar Steinarsson, Gróa Pétursdóttir, Magnús Örn Stefánsson & Anna Kristín Daniélsdóttir 2006a. Genetic comparison of experimental farmed strains and wild Icelandic populations of Atlantic cod (*Gadus morhua* L.). *Aquaculture* 261: 556–564.
- Pampoulie, C., Ruzzante, D. E., Chosson, V. Þóra. Jörundsdóttir, Taylor, L., Vilhjálmur Þorsteinsson, Anna K. Daniélsdóttir & Guðrún Marteinsdóttir 2006b. The genetic structure of Atlantic cod (*Gadus morhua*) around Iceland: insight from microsatellites, the *Pan I* locus, and tagging experiments. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 63: 2660-2674.
- Páll Bergþórsson 1988. Hafís við Austfirði 1946-1987. *Sjómannadagsblað Neskaupsstaðar* 11: 101-107.
- Raynard, R., Wahli, T., Vatsos, I. & Mortensen, S. (eds.) 2007. Review of disease interactions and pathogen exchange between farmed and wild finfish and shellfish in Europe. Veterinærmedisinsk Oppdragscenter AS. 452 p.
- Rannsóknaráð ríkisins 1992. Fiskeldi og sjávarbúskapur. Rannsóknaráð ríkisins, Rit 1992:1. 137 bls.
- Reid P.C., Jón Ólafsson & Hugl Ólafsson 2006. North Atlantic Climate and Ecosystems: A CURRENT THREAT? Report of Symposium held in Reykjavík Iceland, 11-12 September 2006. Ministry for the Environment, Reykjavík, Iceland. 38 p. (www.hafro.is/symposium/images/report.pdf).
- Rosenthal, H., Allan, J.H., Helm, M.M. & McInerney-Northcott, M. 1996. Aquaculture technology: Its application, development and transfer. In, Cold-water aquaculture in Atlantic Canada. Andrew D. Boghen (ed.). pp. 393-450. The Canadian Institute for Research on Regional Development.
- Ryan, J. 2004. Farming the deep blue. Irish Sea Fisheries Board and Marine Institute. 67 p.
- Salvanes, A.G.V. & Braithwaite, V. 2006. The need to understand the behaviour of fish reared for mariculture or restocking. *ICES Journal of Marine Science* 63: 346-354.
- Samherji 2002. Reyðarlax – Allt að 6000 tonna laxeldisstöð í Reyðarfirði – Mat á umhverfisáhrifum. Samherji hf. Júlí 2002. 200 bls. + viðaukar.
- Samuelson, O.B., Nerland, A.H., Jørgensen, T., Schrøder, M.B., Svåsand, T. & Bergh, Ø. 2006. Viral and bacterial diseases of



- Atlantic cod *Gadus morhua*, their prophylaxis and treatment: a review. *Diseases of Aquatic Organisms* 71: 239-254.
- Saunders, R.L. 1996. Salmon aquaculture: Present status og prospects for the future. In., Cold-water aquaculture in Atlantic Canada. Andrew D. Boghen (ed.). pp. 35-82. The Canadian Institute for Research on Regional Development.
- Scottish Executive 2002. Review and synthesis of the environmental impacts og aquaculture. Scottish Executive Central Research Unit. 62 p.
- Shakouri, M. 2004. Impact of Cage Culture on Sediment Chemistry. A Case Study in Mjóifjörður. UNU-Fisheries Training Programme 44 p. (www.unuftp.is/proj03/MehdiPRF03.pdf).
- Sigurður Guðmundsson, Árný Sveinbjörnsdóttir, Gísli Viggósson, Jóhann Sigurjónsson, Jón Ólafsson, Stefán Ólafsson, Tómas Jóhannesson & Trausti Jónsson 2000. Veðurfarsbreytingar og afleiðingar þeirra. Skýrsla vísindanefndar um loftslagsbreytingar. Umhverfissráðuneytið, 34 bls.
- Simmonds, I. & Keay, K. 2002. Surface fluxes of momentum and mechanical energy over the Pacific and North Atlantic oceans. *Metorology and Atmosperic Physics* 80:1-18.
- Simolin, P., Johansen R., Grimholt, U., Sterud E, Kvellestad, A., Evensen, Ø., & Horsberg, T.E. 2002. Miljøproblemer i forebindelse med oppdrett av torsk med fokus på sykdommer og mulighet for spredning av disse til ville bestander. Veterinærinstituttet og Norges veterinærhøgskole. 18 s.
- Simonsen, K. 2005. Numerical simulation of the tides on the Faroe shelf. Proceedings of the Second International Coastal Symposium in Iceland, 5-8 June 2005. Icelandic Maritime administration. 3 p.
- Sjötun, K. & Karl Gunnarsson 1995. Seasonal growth pattern of an Icelandic Laminaria population (section *Simplices*, *Laminariaceae*, *Phaeophyta*) containing solid and hollow-stiped plants. *European Journal of Phycology* 30: 281-287.
- Skjæraasen, J.E., Meager, J.J. & Færnø, A. 2007. Hvordan vil rømt oppdrettstorsk påvirke lokale kysttorskpopulasjoner I, Dahl, E., Hansen, P.K., Haug, T., Karlsen, Ø., (red.). Kyst og havbruk 2007. *Fisken og havet*, særnr. 2–2007:183-185.
- Smayda, T.J. 2006. Harmful Algal Bloom Communities in Scottish Coastal Waters: Relationship to Fish Farming and Regional Comparisons - A Review. Scottish Executive Environment Group. Paper 2006/3. (www.scotland.gov.uk/Resource/Doc/92174/0022031.pdf).
- Solbakken, J., Hesjevik, J.I., Liltved, H. Ragnar Jóhannsson, Windmar, L. & Vogelsang, C. 2005. Beste tilgjengelige teknikker for fiskeoppdrett i Norden. *TemaNord* 2005 528:143 s.
- Svend-Aage Malmberg & Jóhannes Briem 1985. Straummælingar í Hvalfirði í júní-ágúst 1978. Hafrannsóknastofnunin, nr.4/1985.
- Sunde, L.M., Heide, M.A., Hagen, N., Fredheim, A., Forås & Prestvik, Ø. 2003. Teknologistatus i havbruk. SINTEF Fiskeri og havbruk AS. *Rapport STF80 A034002*. 83 s.
- Svåsand, T., Kristiansen, T.S., Pedersen, T., Salvanes, A.G.V., Engelsen, R., Nævdal, G. & Nødtvedt, M. 2000. The enhancement of cod stocks. *Fish and fisheries* 1:173-2005.
- Svåsand, T., Berg, Ø., Dahle, G., Hamre, L., Jørdtad, K.E., Taranger, G.L. & Bjørn, P.A. 2005. Lofoten – egnet område for torskeoppdrett? I, Svåsand, T., Boxaspen, K., Dahl, E., Jørgensen, L.L. (red.). Kyst og havbruk 2005. *Fisken og havet*, særnr. 2:51-54.
- Svåsand T., Crosetti D., García-Vázquez E. & Verspoor E. (eds). 2007. Genetic impact of aquaculture activities on native populations. Genimpact final scientific report (EU contract n. RICA-CT-2005-022802). 176 p. (<http://genimpact.imr.no>).
- Stenvik, E.K. & Sundby, S. 2007. Impact of climate change on commercial fish stocks in Norwegian waters. *Marine Policy* 31: 19-31.
- Steingrímur Jónsson 1996. Ecology of Eyjafjörður project: Physical parameters measured in Eyjafjörður in the period April 1992–August 1993. Hafrannsóknastofnunin. *Fjölrít* 48: 1-160.
- Steingrímur Jónsson 1999a. Temperature time series from Icelandic coastal stations. *Rit Fiskideildar* 16: 59-68.
- Steingrímur Jónsson 2004. Sjávarhiti, straumar og súrefni í sjónum við strendur Íslands. Í, Björn Björnsson & Valdimar Ingi Gunnarsson (ritstj.), Þorskelði á Íslandi. Hafrannsóknastofnunin. *Fjölrít* 111: 9-20.
- Steingrímur Jónsson & Kristinn Guðmundsson 1994. An interdisciplinary study of Eyjafjörður, North Iceland. ICES C.M. 1994/L:24, 13 p.
- Sterud, E., Lønaas, B.S. & Jonassen, K. 2007. Bli med og sett standarden. *Norsk Fiskeoppdrett* 32(3): 53-55.
- Stickney, R.R. 2000. Encyclopedia of aquaculture. John Wiley & Sons, Inc. 1063 p.
- Strøm, M. 2007. Parasitter hos oppdrettstorsk i Nord-Norge. Mastersoppgave i fiskehelse. Insitutt for akvatisk biologi, Norges fiskeihøgskole, Universitet i Tromsø. 50 s.
- Søren, H. 1999. Antibiotikaresistens hos fiskepatogene bakterier. I, Poppe, T. (red.). Fiskehelse og fiskesykdommer. s. 348-355. Universitetsforlaget.
- Tangen, K. 1999. Skadelig plankton i fiskeoppdrett. s. 252-263. I, Fiskehelse og fiskesykdommer. Poppe, T. (red.). Universitetsforlaget. 441 s.
- Tangen, K. & Underdal, B. 1989. Fiskedød forårsaket av alger. *Norsk Veterinærtidsskrift* 101(6): 459-468.
- Taranger, G.L. & Karlsen, Ø. 2005. Matfisk – vekst og kjønnsmodning hos oppdrettstorsk. I, Otterå, H., Taranger, G.L. & Børthen, J. (red.). Oppdrett av torsk – næring med framtid. s. 143-150. Norsk Fiskeoppdrett AS.
- Tett, P. & Edwards, V. 2002. Review of Harmful Algal Blooms in Scottish coastal waters. report to SEPA. School of Life Sciences, Napier University, Edinburgh EH10 5DT. (www.sepa.org.uk/pdf/aquaculture/projects/habs/habs_report.pdf).
- Tournay, B. 2005. Newfoundland cod set to go commercial. *Fish Farming International* 32(7): 22-23.
- Trausti Jónsson 2003a. Langtímasveifur III - Sjávarhiti. Veðurstofa Íslands. *Greinargerð* 03013. 15 bls.
- Trausti Jónsson 2003b. Langtímasveifur IV - Illviðrabálkar. Veðurstofa Íslands. *Greinargerð* 03020. 44 bls.
- Treasurera, J.W., Hannab, F. & Cox, D. 2003. Impact of a phytoplankton bloom on mortalities and feeding response of farmed Atlantic salmon, *Salmo salar*, in west Scotland. *Aquaculture* 218:103– 113
- Troell, M. & Norberg, J. 1998. Modelling output and retention of suspended solids in a integrated salmonmussel culture. *Ecological Modelling* 110:65-77.
- Umhverfisstofnun 2003. Leiðbeiningar um grænt bókhald. Umhverfisstofnun. 48 bls. (www.ust.is/media/fraedsluefni/grænt_bokhald.pdf).
- Umhverfisstofnun 2006. Starfsleyfi fyrir Brim fiskeldi ehf. Útgefið 18. desember 2006. 6 bls. (www.ust.is/media/starfsleyfi2006/BrimFiskeldi_des_2006.pdf).
- Utanríkisráðuneytið 2005. Fyrir stafni haf – Tækifæri tengd siglingum á norðurslóðum. Skýrsla starfshóps utanríkisráðuneytisins. 63 bls.
- Valdimar Ingi Gunnarsson 2002. Hugsanleg áhrif eldislaxa á villta laxastofna. EV-2002-003. Embætti veiðimálastjóra. 67 bls.



- Valdimar Ingi Gunnarsson 2003. Slysasleppingar: Áhættuþættir og verklagsreglur fyrir sjókvíaeldisstöðvar. Veiðimálastjóri. 16 bls.
- Valdimar Ingi Gunnarsson 2004. Staða og framtíðaráform í íslensku fiskeldi. Skýrsla Fiskeldisnefndar. Landbúnaðarráðuneytið og sjávarútvegsráðuneytið. 82 bls.
- Valdimar Ingi Gunnarsson 2006. AQUA 2006 –Alþjóðleg fiskeldisráðstefna á Ítalíu. *Sjávarútvegurinn - Vefrit um sjávarútvegsmál* 6(1):1-6.
- Valdimar Ingi Gunnarsson 2007. Reynslan af sjókvíaeldi á Íslandi. Handrit sem gefið verður út sem Fjölrit Hafrannsóknastofnunnar.
- Valdimar Ingi Gunnarsson & Eiríkur Beck 2004. Slysasleppingar á eldislaxi á árinu 2003 - Kynþroskahlutfall og endurheimtur. EV-2004-002. Veiðimálastjóri. 18 bls.
- Valdimar Ingi Gunnarsson & Eiríkur Beck 2005. Kynþroskahlutfall, örmerkingar og endurheimtur á eldislaxi á árinu 2004. EV-2005-001. Veiðimálastjóri. 16 bls.
- Valdimar Ingi Gunnarsson, Guðrún G. Þórarinsdóttir, Björn Theódórsson og Sigurður Már Einarsson 2001. Kræklingarækt á Íslandi: Ársskýrsla 2001. Veiðimálastofnun. VMST-R0123. 32 bls. + viðaukar
- Valdimar Ingi Gunnarsson, Guðrún G. Þórarinsdóttir, Björn Theódórsson & Sigurður Már Einarsson 2002. Kræklingarækt á Íslandi: Ársskýrsla 2002. Veiðimálastofnun. VMST-R/0219. 34 bls.
- Valdimar Ingi Gunnarsson, Björn Björnsson & Jón Þórðarson 2004a. Matfiskeldi á þorski. Í, Björn Björnsson & Valdimar Ingi Gunnarsson (ritstj.), Þorskeldi á Íslandi. Hafrannsóknastofnunin. *Fjölrit* 111: 87-120.
- Valdimar Ingi Gunnarsson, Guðrún G. Þórarinsdóttir, Björn Theódórsson & Sigurður Már Einarsson 2004b. Kræklingarækt á Íslandi: Ársskýrsla 2003. Veiðimálastofnun. VMST-R/0419. 34 bls.
- Valdimar Ingi Gunnarsson, Guðrún G. Þórarinsdóttir, Björn Theódórsson & Sigurður Már Einarsson 2005a. Kræklingarækt á Íslandi. Ársskýrsla 2004. Veiðimálastofnun. VMST-R/05. 34 bls.
- Valdimar Ingi Gunnarsson, Björn Björnsson, Elías Hlynur Grétarsson, Gísli Gíslason, Halldór Þorsteinsson, Hjalti Karlsson, Hlynur Pétursson, Jón Örn Pálsson, Karl Már Einarsson, Ketill Elíasson, Runólfur Viðar Guðmundsson, Óttar Már Ingvason, Sindri Sigurðsson, Skjöldur Pálmason, Sverrir Haraldsson, Þórarinn Ólafsson & Þórbergur Torfason 2005b. Þorskeldiskvóti: Yfirlit yfir föngun og áframeldi þorsks á árinu 2003. Hafrannsóknastofnunin. *Fjölrit* 113: 1-75.
- Valdimar Ingi Gunnarsson, Guðrún G. Þórarinsdóttir, Björn Theódórsson og Sigurður Már Einarsson 2005c. Kræklingarækt á Íslandi. Veiðimálastofnun. VMST-R/0515. 59 bls.
- Valdimar Ingi Gunnarsson, Björn Björnsson, Helga Sigurrós Valgeirsdóttir & Kristinn Hugason 2006a. Þorskeldiskvóti Handbók um skýrslugerð aðila sem fá úthlutað aflaheimildum til áframeldis á þorski. 4. útgáfa. Hafrannsóknastofnunin.
- Valdimar Ingi Gunnarsson, Björn Björnsson, Davíð Kjartansson, Elías Hlynur Grétarsson, Guðmundur W. Stefánsson, Hjalti Karlsson, Hlynur Pétursson, Jón Örn Pálsson, Ketill Elíasson, Runólfur Guðmundsson, Óttar Már Ingvason, Sindri Sigurðsson, Sverrir Haraldsson & Þórarinn Ólafsson 2006b. Þorskeldiskvóti: Yfirlit yfir föngun og áframeldi þorsks á árinu 2004. Hafrannsóknastofnunin. *Fjölrit* nr.124, 72 bls.
- Vanebo, H., Aalvik, B, Rabben, S.O. & Olafsen, T. 2000. Handlingsplan fors redusert utslipp av kobber fra norsk oppdrettsnæring. KPMG-consulting. 40 s.
- Velvin, R. 1999. Forurensing. I, Trygve Poppe (red.). Fiskehelse og fiskesykdommer. s. 340-347. Universitetsforlaget.
- Vinje, T. 2001. Anomalies and trends of sea-ice extent and atmospheric circulation in the Nordic Seas during the period 1864-1998. *Journal of Climate* 14: 255-267.
- Wroblewski, J.S. & Hiscock, H.W. 2002. Enhancing the reproductive potential of local populations of coastal Atlantic cod (*Gadus morhua*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 59:1685-1695.
- Wroblewski, J.S., Smedbol, R.K., Taggart, C.T. & Goddard, S.V. 1996. Movements of farmed and wild Atlantic cod (*Gadus morhua*) released in Titinity Bay, Newfoundland. *Marine Biology* 124: 619-627.
- Zbikowska, H.M. 2003. Fish can be first – advances in fish transgenesis for commercial applications. *Transgenic Research* 12: 379-389.
- Øines, Ø., Simonsen, J.H. Knutsen, J.A. & Heuch, P.A. 2006. Host preference of adult *Caligus elongatus* Nordmann in the laboratory and its implications for Atlantic cod aquaculture. *Journal of Fish Diseases* 29:167-174.
- Þór Jakobsson 2004. Hafis og lagnaðaris við strendur Íslands með tilliti til þorskeldis. Í, Björn Björnsson & Valdimar Ingi Gunnarsson (ritstj.), Þorskeldi á Íslandi. Hafrannsóknastofnunin. *Fjölrit* 111: 21-28.
- Þór Jakobsson, Eiríkur Sigurðsson, Sigprúður Ármannsdóttir & Sigríður Sif Gylfadóttir 2002. Hafishætta með tilliti til siglinga út fyrir Norðurlandi. Unnið fyrir Fjárfestingastofnuna - orkusvið. Veðurstofa Íslands, VÍ-ÚR01. 70 bls.
- Þorleifur Eiríksson, Böðvar Þórisson og Björgvin Harri Bjarnason. 2003. Botndýr við fiskeldiskvíar í Mjóafirði. Skýrsla unnin fyrir Sæsilfur (Samherji). Náttúrustofa Vestfjarða. NV nr. 12-03, 16 bls.
- Þórunn Þórðardóttir & Agnes Eydal 1996. Phytoplankton at the ocean quahoc harvesting areas off the northwest coast of Iceland 1994. Hafrannsóknastofnunin, *Fjölrit* 51. 22 bls.
- Þuríður Kristín Halldórsdóttir 1987. Fiskeldisréttur. Kandídatritgerð við Lagadeild Háskóla Íslands. 321 bls.