



Kafla 6. Heilbrigðismál í þorskeldi

Árni Kristmundsson, Tilraunarstöðvar Háskóla Íslands í meinafræðum að Keldum og Valdimar Ingi Gunnarsson, Fiskeldishópur AVS

Efnisyfirlit

6.1 Inngangur	107
6.1.1 Afmörkun verkefnis og markmið.....	107
6.1.2 Rannsókn- og þróunarstarf.....	107
6.2 Ónæmisfræði þorsks	108
6.2.1 Almenn yfirlit.....	108
6.2.2 Bólusetning.....	109
6.3 Smitsjúkdómar	110
6.3.1 Veirur.....	110
6.3.2 Bakteríur.....	110
6.3.3 Sníkjudýr.....	112
6.4 SVÓT-greining	114
6.5 Heimildir	115

6.1 Inngangur

6.1.1 Afmörkun verkefnis og markmið

Í þessari samantekt er fjallað um ónæmiskerfi þorsks, bóluefni og smitsjúkdóma sem herja á eldisþorsk. Í kafla 4 um umhverfismál og eldistæki er tekið fyrir tjón af völdum umhverfispáttá s.s. skaðlegra svifþörunga, marglyttna og óhagstæðs sjávarhita. Jafnframt er fjallað um hugsanlega smithættu frá eldisþorski yfir á villtan þorsk og öfugt. Í kafla 2 um þorskseiðaeldi er fjallað um forvarnir, ónæmisörvandi efni, bætibakteríur og lífvirk efni og í kafla 5 um matfiskeldi á þorski er gefið yfirlit yfir afföll í þorskeldi og helstu orsakir. Markmið með þessari samantekt er að:

- Gefa yfirlit um stöðu þekkingar á ónæmiskerfi þorsks, helstu sjúkdómsvöldum og bóluefnum í þorskeldi.
- Gera grein fyrir R&Ð verkefnum sem stunduð hafa verið á Íslandi.
- Meta styrkleika, veikleika, ógnanir og tækifæri í fisksjúkdómamálum á Íslandi í samanburði við Noreg.

Sérfræðingar við Tilraunastöð Háskóla Íslands á Keldum, Árni Kristmundsson o.fl. (2004) skrifuðu greinina „Sjúkdómar í eldisþorski” þar sem er að finna mun ítarlegri upplýsingar um einstaka sjúkdóma en í þessari samantekt. Dýralæknir fisksjúkdóma hefur árlega gefið út yfirlit um stöðu fisksjúkdómamála, fyrst í árskýrslum Yfirdýralæknis og nú undir Landbúnaðarstofnun. Ársyfirlit dýralæknis fisksjúkdóma er einnig að finna í árskýrslu Tilraunarstöðvar Háskóla Íslands í meinafræðum að Keldum, svo og ýmsar rannsóknir sérfræðinga þeirrar stofnunar.

Í takmörkuðum mæli er vitnað í eldri frumheimildir en þó fremur stuðst við nýbirtar ítarlegar samantektir um sjúkdóma í þorski (t.d. Bricknell o.fl. 2006; Samuelsen o.fl. 2006). Sérstök áhersla er lögð á að gefa yfirlit um niðurstöður rannsókn- og þróunarstarf (R&Ð) á síðustu árum. Árni Kristmundsson o.fl. (2004) hafa gefið yfirlit fram til ársins 2004.

6.1.2 Rannsókn- og þróunarstarf

Allt frá árinu 1992 hefur verið unnið að fjölda rannsókn- og þróunarverkefna (R&Ð) innan heilbrigðismála þorsks (viðauki 1). Samtals eru verkefni um 20 og á árinu 2007 voru tvö þeirra ennþá í vinnslu. Rannsóknaverkefni hafa í flestum tilvikum verið



Tafla 6.1. Yfirlit yfir íslensk rannsókn- og þróunarverkefni innan heilbrigðismála (viðauki 1).

Tíma- bil	Heiti á verkefni	Styrktaraðilar
1992- 1995	Rannsóknir á mótefni (IgM) valdra fisktegunda þ.m.t. þorsks	Rannsóknarráð ríkisins, Vísindaráð og Tækjakaupasjóði H.Í.
1996 - 1999	Áhrif umhverfis, sýkla og fleiri þátta á vessabundna ónæmisþætti hjá þorski	Norræna ráðherranefn., Vísindasjóður RANNÍS Rannsóknasjóður H. Í., Lýðveldissjóður o.fl.,
< 2000	Sjúkdómar í þorski	
1998- 2002	Sjúkdómar og sníkjudýr í þorskseiðum (0+ og 1+) við Ísland	Lýðveldissjóður og RANNÍS
1999- 2004	Varnir gegn smitsjúkdómum í eldi kaldsjávartegunda	Sjávarútvegsráðuneytið, Rannsóknánámssjóður RANNÍS og fl. .
1999- 2000	Athugun á því hvort bólusetning veitir vörn gegn kylaveikibróður og vetrasárum í lúðu og þorski	
1999- 2004	Rannsóknir á ónæmiskerfi þorsks (<i>Gadus morhua</i> L.)	Rannsóknasjóður H.Í., Evrópusambandinu og Vísindasjóður RANNÍS
1999- 2004	Varnir gegn útbreiðslu smitsjúkdóma í eldi sjávarfiska.	Sjávarútvegsráðuneytið
2000 - 2004	Þroskun ónæmiskerfis þorsks og áhrif ónæmisörva á lífun og sjúkdómsþol þorskklirfa	Evrópusambandið Rannsóknasjóður H.Í. og Vísindasjóður RANNÍS
2000	Sjúkdómsvaldandi bakteríur í eldi sjávarfiska	Sjávarútvegsráðuneytið
2001- 2003	Átfrumur í þorski	Rannsóknasjóður Háskóla Íslands
2002- 2005	Þorskeldi á Vestfjörðum, sjúkdómarannsóknir	Sjávarútvegsráðuneytið og AVS sjóðurinn
2002- 2005	Þættir í ósérhæfða komplementkerfi þorsks (<i>Gadus morhua</i> L.) og lúðu (<i>Hippoglossus hippoglossus</i> L.).	Evrópuverkefnið Rannsóknasjóður Háskóla Íslands og Rannsóknánámssjóður RANNÍS
2002- 2003	Efling forvarna í þorskseiðaeldi	Sjávarútvegsráðuneytið
2003- 2005	Bólusetningar gegn bakteríusjúkdómum í þorskeldi	Rannsóknamiðstöð Íslands
2004 - 2005	Rannsóknir á náttúrulegum mótefnum þorsks	Nýsköpunarsjóður stúdenta.
2004- 2007	Einangrun kuldakærs ensíms og þróun á bóluefni gegn roðsárum af völdum bakteríunnar <i>Moritella viscosa</i>	AVS rannsóknasjóður í sjávarutvegi
2004- 2006	Mælingar á viðbrögðum í ósérhæfða ónæmiskerfi þorsksins	Rannsóknasjóður Háskóla Íslands
2005 -	Rannsóknir á bráðasvari í þorski	Rannsóknasjóður H.Í. RANNÍS, AVS sjóðurinn

undir forustu sérfræðinga á Tilraunastöð Háskóla Íslands í meinafræðum að Keldum. Styrkir til verkefna eru fengnir frá fjölda innlendra sjóða og þar af hefur AVS rannsóknarsjóður í sjávarutvegi styrkt fjögur

verkefni (tafla 6.1). Rannsóknaverkefni hafa spannað ónæmiskerfi þorsks, þróun bóluefna, forvarnir og smitsjúkdóma.

Flest R&Ð verkefni eru eingöngu unnin af íslenskum vísindamönnum. Á árunum 1996-1999 voru stundaðar rannsóknir á ónæmiskerfi þorsks með erlendum sérfræðingum. Verkefnið fékk m.a. styrk úr norrænum sjóði. Á árunum 1999-2005 voru unnin þrjú erlend samstarfsverkefni á ónæmiskerfi þorsks með styrk frá Evrópusambandinu (tafla 6.1).

6.2 Ónæmisfræði þorsks

6.2.1 Almennt yfirlit

Ósérvirka ónæmiskerfið

Ónæmiskerfið ver lífverur gegn sýklum, þ.e. bakteríum, veirum, sveppum og sníkjudýrum. Ónæmiskerfinu er skipt í tvær megin línur, þ.e. ósérvirka og sérvirka ónæmiskerfið. Ósérvirka ónæmiskerfið þekkir nokkrar algengar sameindir á yfirborði sýkla, oft fjölsykrur. Ósérvirkir varnarþættir bregðast þegar í stað við áreiti, en viðbrögðin breytast ekki við endurtekið áreiti en örva má þessa varnarþætti með ýmsum efnum, oft unnum úr bakteríum. Ósérvirka þætti má finna á yfirborði, einkum í slími og í innra varnarkerfi þar sem át- og drápsfrumur og fjölmörg efni í sermi (blóðvatni) og vessum eyða, hindra eða tefja sýkla eða eitufeni. Á síðustu árum hafa margar tilraunir verið gerðar til að efla þessa ósérvirku varnarþætti í eldisfiski sérstaklega á fyrstu vikum eftir klak, áður en sérvirkir ónæmisþættir hefur náð að þroskast (Árni Kristmundsson o.fl. 2004; Bergljót Magnadóttir 2006; tafla 6.2).

Sérvirka ónæmiskerfið

Sérvirka ónæmiskerfið þekkir nær óteljandi fjölda sameinda. Þetta byggist á þáttum eins og mótefnum, viðtökum á eitilfrumum og vefja-flokkasameindum sem sýna fjölbreytilega bindigetu við framandi sameindir. Sérvirkir varnarþættir bregðast hægar við áreiti en ósérvirkir þættir, sérstaklega hjá dýrum með misheitt eða kalt blóð eins og hjá fiskum. Viðbrögð sérvirka ónæmiskerfisins eru hins vegar víðtækari og öflugri og það hefur innbyggt minni, sem veldur því að viðbrögðin verða bæði sérhæfðari og sterkari þegar sama áreiti er endurtekið eins og gerist við endurtekna sýkingu eða bólusetningu. Þó að ósérvirka og sérvirka ónæmiskerfið séu gjarnan aðgreind þá er öflugt samspil þeirra á milli, m.a. tekur örvun ósérvirkra þátta við sýkingu þátt í að ræsa sérvirkt ónæmissvar. Bólusetning, sem er helsta forvörn gegn sjúkdómum,



byggir á sérvirku svari. Þrátt fyrir framan- greinda annmarka sérvirka kerfisins í fiski eru mörg dæmi um að bólusetning gefi góða raun í fiskeldi. Það vegur á móti ófullkomnu sérvirku ónæmiskerfi fiska að þeir hafa öflugt ósérvirkt varnarkerfi (Árni Kristmundsson o.fl. 2004; tafla 6.2).

Þorskur er öðruvísi en aðrir fiskar

Ónæmisviðbrögð þorsks eru að mörgu leyti óvenjuleg en þar ber hæst lélegt sérvirkt mót-efnasvar sem er töluvert lægra en hjá öðrum fiskum. Þrátt fyrir það kemur það ekki í veg fyrir að bólusetning gefi vörn gegn sýkingu. Þorskurinn hlýtur því að hafa önnur öflug varnarkerfi (e.t.v. öflugara ósérvirkt varnarkerfi) sem verndar fiskinn fyrir örverusmiti, en eiginleikar og virkni þess uppþótarkerfis er ekki þekkt (Pilström o.fl. 2005). Nýrri rannsóknir staðfesta enn frekar að ónæmiskrefi þorsks er að sumu leyti frábrugðið laxfiskum (Nikoskelainen o.fl. 2006; Solem og Stenvik 2006). Bent er á mikilvægi þess að rannsaka betur ósérhæfða ónæmiskerfið vegna þeirra varnar sem næst með bólusetningu án þess að örva mótefni í sérhæfða ónæmiskerfinu (Robertsen o.fl. 2006). Sérvirkt mótéfnasvar hjá þorski bregst mismunandi við með tilliti til bakteríutegunda og sermisgerða þeirra (Bergljót Magnadóttir o.fl. 2002b; Lund o.fl. 2007a). Því er mikilvægt að rannsaka ónæmisviðbrögð þorsks við mismunandi sermisgerðum sjúkdómsvaldandi baktería, en það er forsenda þróunar virkra bóluefna.

Framlag íslenskra vísindamanna

Íslenskir vísindamenn hafa verið mjög fram-lega í rannsóknum á ónæmiskerfi þorsks. Frá árinu 1998 hafa þeir birt yfir 15 ritrýndar vísindagreinar þar sem niðurstöður rannsókna eru kynntar (tafla 6.2). Til viðbótar þessu hafa rannsóknaniðurstöður einnig verið birtar í ráðstefnuritum og skýrslum. Íslenskir sérfræðingar í ónæmisfræði fiska eru með sérstaka vefsíðu þar sem hægt er að sækja frekari upplýsingar (www.hi.is/~bergmagn). Einnig hafa íslenskir vísindamenn birt í vísindariti samantekt um ósérvirka ónæmiskerfið (Bergljót Magnadóttir 2006) og bólusetningu við vetrarsári og kylaveikibróður (Bjarnheiður K. Guðmundsdóttir & Bryndís Björnsdóttir 2007).

6.2.2 Bólusetning

Við bólusetningu er óvirku (dauðu) eða óskaðlegu afbrigði örverunnar (baktería, veira eða sveppur), sem bólusett er gegn, komið inn í fiskinn. Fiskurinn bregst við með því að mynda mótefni gegn örverunni og hefur því

Tafla 6.2. Birtar vísindagreinar sérfræðinga á Tilraunastöð Háskóla Íslands í meinafræðum á Keldum á ónæmiskerfi þorsks og sjúkdómum í þorski.

Bergljót Magnadóttir 1998. Comparison of immunoglobulin (IgM) in four fish species. *Icelandic Agricultural Sciences* 12: 47 - 59.

Bergljót Magnadóttir, Halla Jónsdóttir, Sigurður Helgason, Björn Björnsson, T.Ø. Jørgensen & L. Pilström 1999. Humoral immune parameters of Atlantic cod (*Gadus morhua* L.): I. The effects of environmental temperature. *Comparative Biochemistry and Physiology* 122B(2): 173-180.

Bergljót Magnadóttir, Halla Jónsdóttir, Sigurður Helgason, Björn Björnsson, T.Ø. Jørgensen, & L. Pilström 1999. Humoral immune parameters in Atlantic cod (*Gadus morhua* L.) II. The effects of size and gender under different environmental conditions. *Comparative Biochemistry and Physiology* 122B(2): 181-188.

Widholm, H., Lundback, A. -S., Magnadóttir, B., Warr, G. W. & Pilström, L. 1999. Light chain variable region diversity in Atlantic cod (*Gadus morhua* L.). *Developmental and Comparative Immunology* 23: 231 - 240

Bergljót Magnadóttir 2000. The spontaneous haemolytic activity of cod serum: Heat insensitivity and other characteristics. *Fish & Shellfish Immunology* 10(8): 731-735.

Bergljót Magnadóttir, Halla Jónsdóttir, Sigurður Helgason, Björn Björnsson, S.T. Solem & L. Pilström 2001. Immune parameters of immunised cod (*Gadus morhua* L.). *Fish & Shellfish Immunology* 11(1): 75-89.

Bergljót Magnadóttir, Crispin, M., Royle, L., Colominas, C., Harvey, D. J. Dwek, R. A. & Rudd, P. M. 2002. The carbohydrate moiety of serum IgM from cod (*Gadus morhua* L.). *Fish & Shellfish Immunology* 12: 209-227.

Bergljót Magnadóttir, Slavko H. Bambir, Bjarnheiður K. Guðmundsdóttir Pilström, L., & Sigurður Helgason 2002. Atypical *Aeromonas salmonicida* infection in naturally and experimentally infected cod, *Gadus morhua* L. *Journal of Fish Diseases* 25: 583-597.

Bergljót Magnadóttir, Sigrún Lange, Agnar Steinarrson & Sigríður Guðmundsdóttir. 2004. The ontogenic development of innate immune parameters of cod (*Gadus morhua* L.). *Comparative Biochemistry and Physiology*, Part B 139:217-224.

Bergljót Magnadóttir & Sigrún Lange, 2004. Is apolipoprotein A-I a regulating protein for the complement system of cod (*Gadus morhua* L.)? *Fish & Shellfish Immunology* 16:265-269.

Sigrún Lange, Dodds, A. W. & Bergljót Magnadóttir, 2004. Isolation and Characterisation of Complement Component C3 from Atlantic Cod (*Gadus morhua* L.) and Atlantic Halibut (*Hippoglossus hippoglossus* L.). *Fish & Shellfish Immunology* 16: 227-239.

Sigrún Lange, Bambir, S., Dodds, A. W. & Bergljót Magnadóttir, 2004. The ontogeny of complement component C3 in Atlantic cod (*Gadus morhua* L.) – an immunohistochemical study. *Fish & Shellfish Immunology* 16:359-367.

Sigrún Lange, Dodds A.W., Sigríður Guðmundsdóttir, Slavko H. Bambir & Bergljót Magnadóttir 2005. The ontogenic transcription of complement component C3 and Apolipoprotein A-I tRNA in Atlantic cod (*Gadus morhua* L.) a role in development and homeostasis? *Developmental and Comparative Immunology* 29(12):1065-77.

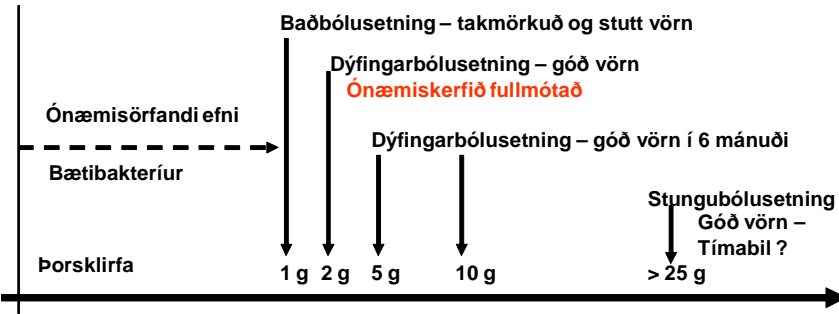
Bergljót Magnadóttir, Sigrún Lange, Sigríður Guðmundsdóttir, Bøgwald, J. & Dalmo, R.A. 2005. Ontogeny of humoral immune parameters in fish. *Fish & Shellfish Immunology* (special issue: Fish Larval Immunity), 19(5): 429-439.

Bergljót Magnadóttir, Bjarnheiður K. Guðmundsdóttir, Sigrún Lange, Agnar Steinarrson, Matthías Oddgeirsson, Bowden, T. Bricknell, I., Dalmo R. A. & Sigríður Guðmundsdóttir 2006. Immunostimulation of larvae and juveniles of cod, *Gadus morhua* L. *Journal of Fish Diseases* 2006, 29:147-155.

Bjarnheiður K. Guðmundsdóttir, Bryndís Björnsdóttir, Sigríður Guðmundsdóttir & Slavko H. Bambir 2006. A comparative study of susceptibility and induced pathology of cod, *Gadus morhua* (L.), and halibut, *Hippoglossus hippoglossus* (L.), following experimental infection with *Moritella viscosa*. *Journal of Fish Diseases* 29: 481-487.

Bjarnheiður K. Guðmundsdóttir & Bryndís Björnsdóttir 2007. Vaccination against atypical furunculosis and winter ulcer disease of fish: a review. *Vaccine* 25(30): 5512-5523.

fengið mótstöðu gegn sjúkdómnum sem örveran veldur. Þessi mótstaða myndast aðeins gegn þeirri örveru sem bólusetningin nær til. Þó hafa verið þróuð samsett bóluefni (fjölstofna bóluefni) sem ná til nokkurra sjúkdómsvalda. Aðeins eitt bóluefni hefur verið þróað fyrir þorskeldi en það er við víbrúveiki (sermisgerð O1, O2β og



Mynd 6.1. Ónæmisörvun og bólusetning á þorski gegn víbrúveiki (sermigerð O1, O2b og O2a) (Lund o.fl. 2007b).

O2a) (Bjarnheiður K. Guðmundsdóttir og Bryndís Björnsdóttir 2007; Samuelsen o.fl. 2006). Fjölstofna stungubóluefni gegn kylaveikibróður, vetrasárum, víbrúveiki og Hitraveiki er t.d. notað til að bólusetja laxaseiði hér á landi (Gísli Jónsson 2007).

Fyrst í stað er ónæmiskerfi þorsks lítið þroskað og er þá hægt að draga úr afföllum með því að gefa þorskseiðum ónæmisörvandi efni og bætibakteríur (mynd 6.1; kafli 2). Baðbólusetning eða dýfing gefur takmarkaða og skammvinna vörn fyrir þorskseiði undir 2 g. Bólusetning á 1 g seiðum getur hugsanlega komið í veg fyrir stórfelld afföll á seiðum þar til hægt er að bólusetja með dýfingu á seinni stigum. Þegar seiðin eru komin yfir 2 g eru þau mun betur móttækileg við bólusetningu en ekki er vitað hve lengi hún virkar. Seiði (5 g) sem eru síðan bólusett með dýfingu hafa vörn gegn víbrúveiki í minnst 6 mánuði (Schröder o.fl. 2006).

Þegar þorskseiði hafa náð 25 g stærð eru þau fyrst stungubólusett fyrir víbrúveiki (mynd 6.1). Þrátt fyrir að því sem næst 100% eldisþorska í Noregi séu bólusettir greinast mörg sjúkdómstílfelli á hverju ári (Samuelsen o.fl. 2006; Hellberg 2007). Orsök þeirra sýkinga gætu verið aðrar sermisgerðir víbrúveiki en fiskurinn er bólusettur fyrir og að betrubæta þurfi bóluefnið og framkvæmd bólusetningar (Mikkelsen o.fl. 2007; Lund o.fl. 2007a,b).

6.3 Smitsjúkdómar

6.3.1 Veirur

Fram að þessu hafa engir veirusjúkdómar fundist í eldisþorski á Íslandi. Veirusýkingar í eldisþorski hafa á hinn bóginn valdið tjóni í samkeppnislöndum.

Tafla 6.3. Yfirlit um helstu veirusýkingar í þorskeldi á Íslandi og í Noregi. Rauður litur táknar að veiran hafi fundist í eldisþorski. Grænn litur táknar að veiran hefur ekki ennþá verið greind í eldisþorski.

	Ísland	Noregur
Brisdrep (IPN)		
Noda-veiran (VNN/VER)		
Veirublæði (VHS)		
Rauðkornaveiki (VEN)		

Brisdrep og noda-veiran hafa greinst í eldisþorski, en veirublæði (VHS) og rauðkornaveiki (VEN) einungis í villiþorski (Árni Kristmundsson o.fl. 2004; Berg o.fl. 2005; Brickell o.fl. 2006). Talið er að brisdrep, noda-veiran og veirublæði geti orðið til vandræða í þorskeldi (Samuelsen o.fl. 2006).

Brisdrep

Brisdrep (*Infectious pancreatic necrosis* (IPN)) getur valdið

miklum afföllum á þorski, einkum smáþorski og eru þess dæmi í Danmörku og Færeyjum. Til er bóluefni fyrir veirunni en eftir stendur að sýna fram á virkni þess í þorski (Samuelsen o.fl. 2006).

Noda-veiran

Noda-veiran (*viral encephalopathy and retinopathy* (VER) eða *viral nervous necrosis* (VNN)) getur valdið afföllum á þorski. Veiran hefur fundist í eldisþorski í Norður-Ameríku og á Bretlandi (Samuelsen o.fl. 2006), en hún var í fyrsta skipti greind í norsku þorskeldi árið 2006. Hugsanlegt er að veiran hafi verið til staðar í stofninum en hár hiti hafi valdið faraldri. Sjávarhiti var 18-19°C þegar þorskseiðin sýktust. Unnið er að þróun bóluefnis fyrir noda-veiruna (Korsnes o.fl. 2007; Hellberg 2007).

6.3.2 Bakteríur

Víbrúveiki og kylaveikibróðir eru þeir bakteríusjúkdómar sem valdið hafa mestu tjóni í þorskeldi til þessa (Árni Kristmundsson o.fl. 2004; Bricknell o.fl. 2006). Nýlega bættist einnig við tegund af ættkvísl *Francisella*, sem af mörgum er talin ein helsta ógnun við þróun þorskeldis í Noregi (Hellberg 2007).

Víbrúveiki

Víbrúveiki hjá þorski orsakast aðallega af *Vibrio* (*Listonella*) *anguillarum* sermisgerð O2β og O2a. Sjúkdómurinn er útbreiddur í þorskeldi; í stríðeldi er algengt að hann komi upp við þurrfóðuraðlögun seiða og einnig í matfiskeldi (Samuelsen o.fl. 2006).

Sjúkdómurinn greindist í fyrsta skipti hér á landi árið 2001 í sjúkum 2 kg þorski af villtum uppruna í strandeldi (Gísli Jónsson 2002). Víbrúveiki geinist reglulega í eldisþorski á Íslandi, bæði í strand- og sjókvíaeldi og hefur valdið þar umtalsverðum afföllum, allt að 30% í einstökum eldiseiningum (Gísli Jónsson 2006). Árin 2003-2006 hefur tíðni nýsmits verið 2-3 á ári (tafla 6.5). Algengast er að sýking komi upp þegar sjávarhiti nær 10-12°C. Í ágúst 2003 sýktist þorskur í sjókvíum og töluverð afföll áttu sér stað en það dró síðan úr þeim þegar sjávarhiti fór undir 10°C þátt fyrir að fiskinum væri ekki gefin lyf (Árni Kristmundsson o.fl. 2004). Í Noregi hefur



komið vel fram að sjávarhiti hefur mikil áhrif á fjölda sjúkdómstílfella; í háum hita veldur bakterían oft miklum afföllum. Minna er um víbrúveiki í kaldari sjó í Norður-Noregi en sunnar í landinu (Hellberg 2007). Hér á landi var ekkert þorskeldi stundað við S- og SV-ströndina frá og með 2007 sem skýrir án efa að dregið hefur úr smittíðni, sbr. töflu 6.4.

Eldisþorskur í Noregi er bólusetur við víbrúvíbrúveiki (sermigerð O1, O2β og O2α) með misjöfnum árangri (kafla 6.2.2). Lyfjafóðrun dregur jafnan úr afföllum. Gallinn er þó sá að sýktur þorskur tekur illa fóður og er lyfjagjöfin því frekar fyrirbyggjandi fyrir ósýktu fiskana en að lækna þá sjúku (Samuelsen o.fl. 2006). Árangur lyfjagjafar í Noregi hefur verið mismunandi m.a. vegna þess hve lítið fiskurinn étur í háum sjávarhita, einmitt þegar fiskar sýkjast helst (Hellberg og Colquhoun 2006). Á Íslandi hófst tilraun með baðbólusetningu þorskseiða hjá Tilraunaeldisstöð Hafrannsóknastofnunnar að Stað sumarið 2002, en þá voru bólusett alls 3.000 seiði af þeim 28.000 sem voru framleidd. Síðan 2003 hafa öll framleidd þorskseiði hjá Hafró fengið víbrúbaðbólusetningar. Smáseiði eru grunnbólusett í tvígang (sermigerð O1, O2α og O2β), fyrst þegar þau eru komin í um 1 gr. og síðan endurtekið u.þ.b. fjórum vikum síðar þegar þau eru á bilinu 3-5 gr. Árangur bólusetningar hefur verið góður. Reynslan hefur sýnt að bólusetning hefur verið seiðin fram yfir sjósetningu og líklega að mestu allt fram í slátrun. Bólusett seiði hafa ítrekað verið alin við hlið seiða af villtum uppruna sem ekki hafa hlotið bólusetningu, bæði í seiðastöð og í sjókvíum, og hafa slík seiði ávallt sloppið við sýkingu.

Niðurstöður norskra rannsókna hafa sýnt að þorsstofnar virðast misnæmir fyrir sýkingum. Þol norska strandþorsksins virðist t.d. meira (14,2% lifun) en Barentshafþorsksins (8,6% lifun) (Kettunen og Fjalestad 2006). Rannsóknir hafa og sýnt fram á mismunandi næmi milli fjölskyldna. Rannsóknirnar sýndu hins vegar að arfgengi var lágt ($h^2 < 0,17$) (Kettunen o.fl. 2007).

Kýlaveikibróðir

Kýlaveikibróðir er sjúkdómur sem hrjáir margar tegundir fiska, m.a. þorsk. Veikin orsakast af bakteríunni *Aeromonas salmonicida* og hefur frá upphafi þorskeldis valdið umtalsverðu tjóni á Íslandi. Bakterían hefur síndurtekið greinst í þorski í sjókvíum í Eyjafirði og Ísafjarðardjúpi, eða þar sem umfang þorskeldis hefur verið hvað mest hér við land, svo og í þremur strandeldisstöðvum (Gísli Jónsson o.fl. 2006). Árin 2003-2007 hefur tíðni nýsmits verið 2-5 á ári (tafla 6.5). Nær undantekningalaust hefur þurft að grípa til lyfjagjafa til að lágmarka tjónið og er þá

Tafla 6.4. Yfirlit yfir helstu bakteríusjúkdóma í þorskeldi á Íslandi og í Noregi. Rauður litur táknar að sjúkdómurinn er verulegt vandamál, gult að hann sé til staðar en tjón af hans völdum ekki mjög mikið og grænt að hann hafi ekki fundist í eldisþorski í viðkomandi landi.

Sjúkdómur (sýkill)	Ísland	Noregur
Víbrúveiki (<i>Vibrio anguillarum</i>)		
Kýlaveikibróðir (<i>Aeromonas salmonicida</i>)		
Franciselluveiki (<i>Francisella</i> sp.)		
Rauðmunnaveiki (<i>Yersinia ruckeri</i>)		
Vetrarsár (<i>Moritella viscosa</i>)		
Fiskberklar (<i>Mycobacterium</i> spp.)		
Blöðruþekja (<i>Chlamydia</i> sp.)		
<i>Vibrio</i> tegundir		

mikilvægt að hefja lyfjakúr sem allra fyrst áður en dregur úr áti. Á heildina lítið er kýlaveikibróðir sá einstaki sjúkdómur sem veldur hvað mestum skaða í eldi þorsks hér á landi. Allir stofnar kýlaveikibróður-bakteríunnar sem hafa einangrast úr íslenskum fiski, tilheyra undirtegundinni *achromogenes* (Bjarnheiður K. Guðmundsdóttir o.fl. 2003). Bakterían virðist þrífast vel í tiltölulega lágum sjávarhita. Í tilraun þar sem villtur þorskur var alinn í misháum hita (1-14°C), kom kýlaveikibróðir upp í kerum þar sem sjávarhiti var hærri en 7°C (Bergljót Magnadóttir o.fl. 2002a).

Kýlaveikibróðir hefur fundist í eldisþorski á mörgum svæðum í Noregi. Þar telja menn ekki að þessi baktería verði til stórra vandræða en hún er oft greind í fiski samhliða öðrum sjúkdómsvöldum (Hellberg 2007).

Tilraunabóluefni gegn kýlaveikibróður hafa til þessa ekki skilað nægilega góðum árangri, en þörfin er brýn. Því verður enn að grípa til sýklalyfja. (Bjarnheiður K. Guðmundsdóttir & Bryndís Björnsdóttir 2007).

Franciselluveiki

Bakteríutegund af ættkvísl *Francisella* greindist í eldisþorski í Vestur-Noregi árið 2004 og er það jafnframt í fyrsta sinn sem bakterían greinist í fiski í Norður-Atlantshafi (Nylund o.fl. 2006). Talið er að í þorski sé um að ræða áður óþekkta tegund þessarar ættkvíslar (Ottem o.fl. 2007a). Árið 2006 var tegundin greind á fimm svæðum í Vestur-Noregi og á einu svæði í Norður-Noregi (Hellberg 2007).

Tafla 6.4. Tíðni nýsmits í eldisþorski á Íslandi árin 2002 - 2007 (heimild: dýralæknir fisksjúkdóma).

	2002	2003	2004	2005	2006	*2007
Kýlaveikibróðir	0	5	5	2	3	4
Víbrúveiki	0	2	2	3	3	0
Rauðmunnaveiki	0	0	0	2	0	0

(*2007; fram til 20. sept.)



Talið er að heitur sjór allt að 20°C í Vestur-Noregi á síðustu árum hafi orðið þess valdandi að eldisþorskurinn sýktist. Þessi há hiti dregur úr virkni ó-næmiskerfis þorsksins og er jafnframt kjörhiti bakteríunnar. Hugsanlegt er að sjúkdómstíðnin verði lægri eftir því sem norðar kemur í kaldan sjó í Noregi. Nú er verið að rannsaka hvort bakterían finnist í villtum þorski í Norður-Noregi (Ottem o.fl. 2007b). Þróað hefur verið bóluefni (autogen) fyrir *Franciselluveiki* en virkni þess er ennþá óljós (Lund o.fl. 2007b).

Bakterían hefur mest fundist í stórum þorski og er tjónið mest vegna útlitsgalla og minni þyngdar fiska við slátrun en mikið sýktum fiskum þarf að eyða. *Francisella sp.* er erfið viðureignar því lyf gagnast ekki (Hellberg 2007; Ottem o.fl. 2007b) og bóluefni ekki heldur tiltæk.

Vetrarsár

Vetrarsár (winter ulcers) kallast bakteríusjúkdómur af völdum *Moritella viscosa* sem herjar á þorsk. Sjúkdómurinn kemur upp í eldisfiski í köldum sjó og einkennist af roðsárum sem geta valdið dauða. Bakterían vex vel í 4-21°C (Bjarnheiður K. Guðmundsdóttir & Bryndís Björnsdóttir 2007). Niðurstöður tilraunarsýkingar sýna að þorskur er næmur fyrir *Moritella viscosa*. Vetrarsár gætu því orðið vandamál í þorskeldi (Bjarnheiður Guðmundsdóttir o.fl. 2006). Til þessa hafa vetrarsár ekki greinst í íslenskum eldisþorski (Gísli Jónsson o.fl. 2006). Bakterían hefur hins vegar greinst í eldisþorski í Noregi (Hellberg 2007).

Nú er starfrækt verkefnið „Einangrun kuldakærs ensíms og þróun á bóluefni gegn roðsárum af völdum bakteríunnar *Moritella viscosa*” með styrk úr AVS sjóðnum. Lítið er vitað um sýkingarmátt *M. viscosa* en þau bóluefni sem framleidd hafa verið gegn bakteríunni hafa ekki veitt fullnægjandi vörn gegn sjúkdómnum. Stefnt er að því að þróa virkara bóluefni fyrir þorsk en nú er á markaðinum (www.av.s.is, frétt 30.01.06).

Aðrar tegundir

Fiskaberklar, sem orsakast af *Mycobacterium* tegundum, gætu orðið vandamál í þorskeldi. Fá dæmi eru þó um smit í þorski (Bricknell o.fl. 2006), stöku tilfelli eru þekkt frá Noregi (Berg o.fl. 2005). Fiskaberklar hafa ekki greinst hér í þorski, en dæmi eru um stök tilfelli í eldislaxi (Árni Kristmundsson o.fl. 2004).

Blöðruþekja (*Epitheliocystis*) orsakast af bakteríum af ættkvísl *Chlamydia* og hefur greinst í eldisþorski á Íslandi, þó án augljósra neikvæðra áhrifa (Árni Kristmundsson o.fl. 2004). Þessi tegund hefur valdið tálknaveiki í eldisþorski í Noregi (Hellberg 2007).

Rauðmunnaveiki (*Yersinia ruckeri*) fannst í óbólú-

settum þorskseiðum í tveimur tilfellum í strandeldi hér á landi árið 2005 (Gísli Jónsson 2006).

Í Noregi hefur *Vibrio ordalii* valdið miklum afföllum á þorskseiðum. Einnig hefur Hitraveiki (*Vibrio salmonicida*) fundist í þorskseiðum og minni þorski og valdi nokkrum afföllum (Hellberg og Colquhoun 2006). Aðrar *Vibrio* tegundir hafa einnig greinst í þorski í seiðaeldisstöðvum, en talið er að um sé að ræða umhverfisbakteríur sem valda sýkingu í lirlum með skertan lífsþrótt (Berg o.fl. 2005).

Bakteríur af ættkvíslum *Flexibacter* og/eða *Cytophaga* hafa valdið roðsárum í þorskseiðum af villtum uppruna í strandeldi hér á landi með talsverðum afföllum, allt að 20% í stöku tilfellum (Árni Kristmundsson o.fl. 2004). Svipaðra tilfella hefur orðið vart erlendis, þó ekki séu menn þar sammála um frumorsakir (Berg o.fl. 2005). Í Noregi eru tíðum tilkynnt um mikil afföll á þorskseiðum. Í mörgum tilvikum finnst ekkert annað en mikill fjöldi baktería í þörmum, sem hugsanlega getur verið ástæðan (Hellberg og Colquhoun 2006).

6.3.3 Sníkjudýr

Sníkjudýr gætu orðið til vandræða í þorskeldi

Talið er líklegt að meira muni bera á sníkjudýrasýkingum í þorskeldi en í laxeldi. Það er rökstutt með því að eldisþorskur sé í meiri nánd við villtan þorsk heldur en eldislax við villtan lax (Schröder o.fl. 2007). Þorskur er með fjölskrúðuga sníkjudýrafánu; yfir 100 tegundir sníkjudýra hafa greinst úr villtum þorski (Hemmingsen og MacKenzie 2001). Það koma því margar tegundir sníkjudýra til greina sem hugsanlegar sjúkdómsvaldar í þorskeldi í framtíðinni (Bricknell o.fl. 2006). Við föngun á villtum þorsksseiðum hér á landi hefur fjöldi sníkjudýra fylgt þeim í eldið og í verstu tilvikum valdið afföllum á fiski (Sigurður Helgason 2002; Árni Kristmundsson o.fl. 2004, 2005a,b). Í aleldi er talið að sníkjudýr sem smitast beint milli fiska verði helst til vandræða (Berg o.fl. 2005). Hér að neðan verður eingöngu fjallað um þau sníkjudýr sem líklegust eru til að valda tjóni á aleldisþorski (tafla 6.6). Fleiri tegundir en taldar eru upp hér að neðan koma hugsanlega til greina.

Kostía

Kostía (*Ichthyobodo* teg.) er örsmár einfrumungur sem finnst í tálknnum og á roði þorsks. Tegundin hefur fundist í eldisþorski hér á landi og eru fiskar baðaðir í formalínblöndu til að hemja smit (Árni Kristmundsson o.fl. 2004). Árið 2006 var t.d. skráð eitt alvarlegt tilfelli á þorskseiðum hér á landi (Gísli Jónsson 2007). Tegundin hefur einnig valdið tjóni í þorskeldi í Noregi (Hellberg 2007).

Hýli

Hýli (*Trichodina* teg.) er algeng í tálknnum og á roði



eldisþorska í Noregi (Hellberg 2007). Dæmi eru um mikil afföll af völdum hýlis á þorskseiðum í seiðaeldisstöð í Kanada (Khan 2004). Það er einkum við óhagstæðar umhverfisaðstæður svo sem léleg vatnsgæði og í háum hita sem tegundin fjölgar sér mikið (Bricknell o.fl. 2006). Í villtum þorskseiðum sem alin voru í strandeldisstöð hér á landi greindust tvær tegundir hýlis, *Trichodina cooperi* og *T. murmanica* (Árni Kristmundsson o.fl. 2006). Vegna þess að seiðin voru einnig sýkt af Kostíu þá var ekki unnt að meta neikvæð áhrif hýlissýkinnar einnar og sér. Sýkingarnar ollu þó augljósum vanþrifum og afföllum. Ekki varð vart við hýli á þorski eftir að hann var fluttur í sjókvíar (Árni Kristmundsson o.fl. 2005a).

Lóma

Lóma (*Loma branchialis*) er án efa það sníkjudýr sem mestu tjóni hefur valdið í íslensku þorskeldi til þessa. Það helgast fyrst og fremst að því að þorskeldi á Íslandi byggir enn að stórum hluta á veiðum villtra smáseiða. Lóma-smit er algengt í villtum þorskeiðum við Ísland (Árni Kristmundsson o.fl. 2004). Seiðin bera svo smitið inn í eldisumhverfið þar sem smitmögnun á sér stað og berst það beint milli fiska. Þetta eru einfruma innanfrumu sníkjudýr sem sýkja helst tálkn og gervitálkn. Ef sýkingar eru miklar geta flest önnur líffæri einnig sýkst. Lóma veldur ekki bráðum afföllum en þó nokkuð stöðugum allan eldisferilinn. Því má reikna með að í lok eldisferilsins séu afföll af völdum Lóma sýkinga umtalsverð. Meðan veidd eru villt seiði til áframeldis má búast við áframhaldandi afföllum vegna Lóma, en með tilkomu eldisseiða úr klakstöðvum gætu vandræði vegna þessara sýkinga horfið.

Fiskalús

Lýs (*Caligus* og *Lepeoptheirus* teg.; krabbadýr) finnast á roði þorsks (Bron et. al. 2006) (mynd 6.2). Hér á landi er fisklúsín, *Caligus elongatus* algengust en þó í bland við þorsklúsína *Caligus curtus* (Gísli Jónsson 2007). Fullorðinsstig lúsa (*C. elongatus*) getur flutt sig á milli hýsla, frá villtum þorski yfir á eldisþorsk og öfugt. Einnig geta fisklús frá öðrum tegundum eins og hrognkelsi og ufsa flutt sig yfir á þorsk. Rannsóknir benda jafnframt til þess að fisklús sæki meira í þorsk en aðrar fisktegundir og er því talið að fisklús verði meira til vandræða í þorskeldi en í laxeldi (Øines o.fl. 2006; Øines og Heuch 2007). Fram að þessu hefur lúsín þó ekki verið til mikilla vandræða hvorki hér á landi eða í Noregi. Ef tekið er mið af laxeldi þar sem

Tafla 6.6. Sníkjudýr sem líklegust eru til að valda tjóni á aleldisþorski á Íslandi.

Seiða- og strandeldi	Sjókvíaeldi
Hýli (<i>Trichodina</i> teg.)	Fiskalýs (ýmsar teg.)
Kostía (<i>Ichthyobodo</i> teg.)	Roðflyðra (<i>Gyrodactylus</i> teg)
Roðflyðra (<i>Gyrodactylus</i> teg)	Lóma (<i>Loma morhua</i>)
Lóma (<i>Loma morhua</i>)	

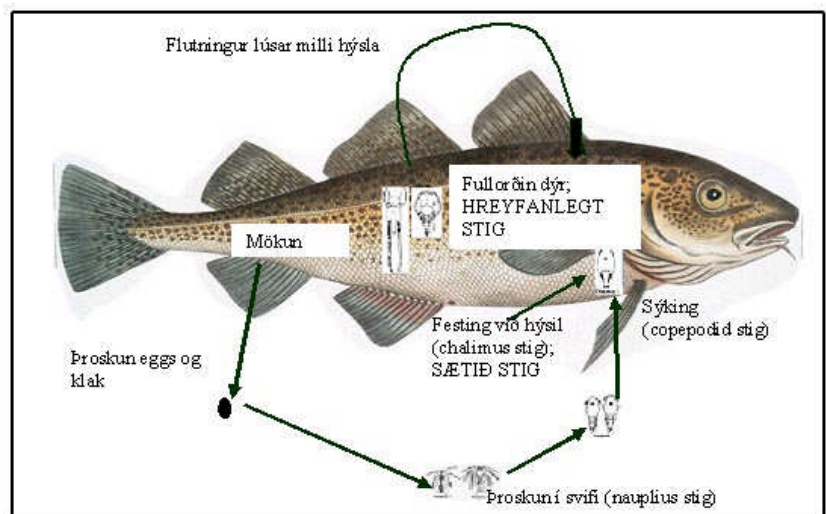
laxalús er mikið vandamál víða erlendis, þá kunni það sama einnig að gerast með fisklús í þorskeldi samfara auknu umfangi sjókvíaeldis (Sigurður Helgason 2002; Frisk fisk 2006). Unnt er að meðhöndla smit með lyfjafóðri (Berg o.fl. 2005).

Roðflyðra

Á árinu 2006 fannst roðflyðran *Gyrodactylus sp.* í fyrsta skipti í eldisþorski hér á landi. Um var að ræða klakfisk og olli hún lítilsháttar afföllum áður en fiskurinn var meðhöndlaður gegn sýkinni (Gísli Jónsson 2007). Sníkjudýrið sýkir tálkn og roð og er skyld tegund vel þekkt í laxeldi. Roðflyðran verður að teljast mögulegur sjúkdómsvaldur í íslensku þorskeldi, einkum á seiðastigi. Unnt er að hemja sýkingu með því að baða fisk með formalínblöndu (Árni Kristmundsson o.fl. 2004). Í Noregi hefur blóðagðan *Gyrodactylus marinus* fundist á þorski með tálknveiki og valdið afföllum á fiski (Hellberg 2007).

Íslenskt rannsóknaverkefni

Nokkur undanfarin ár hefur verkefnið „Þorskeldi á Vestfjörðum, sjúkdómarannsóknir“ verið starfrækt m.a. með styrk úr AVS sjóðnum. Markmið rannsóknarinnar er að greina sjúkdómsvalda í eldinu og meta áhrif þeirra á heilsu fiskanna og afurðagæði.



Mynd 6.2. Lífsferil fisklúsar, *Caligus* spp. Á roði eru ýmist föst og/eða hreyfanleg stig sníkjudýrsins. Föstu stigin eru örsmá (0,5-5 mm), en fullorðinsstigin (um 5-10 mm á lengd) eru hreyfanleg á fiskinum og nærast á roðfrumum. Af eggjum þeirra koma frítt lifandi lirfustig sem síðan festa sig á fiskinn (Mynd: Árni Kristmundsson).



Fylgst hefur verið með smittíðni einstakra sjúkdómsvalda í nýveiddum villiseiðum og smitmögnun og þrif fiska í strandeldi og í sjókvíum. Af sníkju-dýrum er það einkum Lóma sem hefur valdið mestu tjóni (Árni Kristmundsson o.fl. 2005a,b). Unnið er að úrvinnslu gagna en ein vísindagrein um hýli hefur verið birt (Árni Kristmundsson o.fl. 2006).

6.4 SVÓT-greining

Styrkleikar

Ísland er eyja og er því auðveldara að sporna gegn því að smitsjúkdómar berist til landsins heldur en á meginlandi Evrópu og Ameríku þar sem strandlengjur ríkja liggja víðar saman. Hér á landi hefur ekki enn orðið vart við veirusjúkdóma í eldisþorski. Þar kann þó hugsanlega að verða breyting á samhliða auknu fiskeldi á næstu árum og áratugum. Á Íslandi hefur verið öflugt sjúkdómaeftirlit á síðustu áratugum. Það gefur okkur þó vart mikið forskot þar sem sjúkdómaeftirlit er einnig öflugt í flestum samkeppnislöndum.

Ef tekið er mið af meiri tíðni smitsjúkdóma í norskum eldisþorski en íslenskum þá mætti álykta að umhverfisaðstæður til þorskeldis væru betri hér á landi. Aðstæður til þorskeldis í Noregi eru þó mismunandi eftir landshlutum, og er það einkum í landinu sunnanverðu þar sem sjávarhiti er hár á sumrin að afföll á fiski geta orðið umtalsverð. Í norðanverðum Noregi, þar sem sjávarhiti er lægri og fiskunum hagstæðari, virðast afföll á þorski vera minni (sjá kafla 5). Annað atriði er vert að hafa í huga þegar borin er saman tíðni smitsjúkdómstílfella milli landa; í Noregi er umfang þorskeldis orðið miklum mun meira en á Íslandi. Án efa skilar það eitt sér einnig í meiri tíðni smitsjúkdóma í Noregi.

Veikleikar

Þó að afföll af völdum sjúkdóma virðist hlutfallslega minni á Íslandi en í Noregi þá eru dæmi um meiri afföll af völdum bakteríutegunda sem hafa lágan kjörhita eins og t.d. kýlaveikibróðir. Á Íslandi eru örfáir vísindamenn sem stunda sjúkdómarannsóknir en í Noregi er mikill fjöldi vísindamanna á mörgum stofnunum. Í byrjun ársins 2007 voru starfrækt a.m.k. 20 rannsóknaverkefni innan heilbrigðismála þorsks í Noregi. Nú er hafið fimm ára átaksverkefni „Frisk torsk“ (2007-2011) þar sem markmiðið er að auka þekkingu á fisksjúkdómum og meðhöndlun þeirra (Schrøder o.fl. 2007; www.torsk.net). Á sama tíma eru aðeins starfrækt tvö rannsóknaverkefni innan heilbrigðismála þorsks á Íslandi, og lýkur öðru þeirra nú á þessu ári.

Forsendur áframhaldandi rannsókna á bóluefnum gegn bakteríusjúkdómum í þorski eða sjúkdómþoli mismunandi hópa s.s. í kynbótaverkefnum, eru stór-

bættar aðstæður gegnum allt eldisferlið. Þetta kom glöggf fram í nýlegri þriggja ára rannsókn á áhrifum bóluefna í þorski, þar sem þrenns konar sýkingar er komu upp á Stað á tilraunatímanum gerðu niðurstöður ómarktækar. Því er grundvallarforsenda slíkra rannsókna að hafa aðgang að mjög hreinum sjó, aðstæður til að einangra eldiseiningar og gera sýkingatíraunir við öruggar aðstæður. Þá er mikilvægt að fagfólk annist rekstur slíkra eininga. Á rannsóknasetrinu í Sandgerði er fyrir hendi aðstaða sem gera þarf endurbætur á til að hún uppfylli kröfur sem gerðar eru til aðstöðu fyrir smittíraunir. Eins og mál standa nú héraendis er því annars vegar unnt að vinna að rannsóknum sem miða að því að auka þekkingu á einstökum þáttum í ónæmiskerfinu og hins vegar á eiginleikum helstu sjúkdómsvaldandi baktería, en hvorki að varnarmætti bóluefna né þoli mismunandi hópa þorsks gegn einstökum sýklum.

Ógnanir

Þekking á ónæmiskerfi þorsks er takmörkuð enn sem komið er og einnig skortir hastarlega bóluefni gegn helstu sjúkdómum. Með hliðsjón af reynslu á eldi annarra tegunda, er rétt að gera ráð fyrir því að sjúkdómar í þorski skjóti upp kollinum eftir því sem eldið er stundað víðar, lengur og umfang þess eykst. Reynslan úr laxeldi sýnir að fisksjúkdómar geta valdið verulegu fjárhagslegu tjóni, en tekist hefur að draga verulega úr afföllum með bólusetningu gegn helstu sjúkdómum. Skortur á bóluefnum fyrir þorsk mun verulega hamla uppbyggingu þorskeldis og draga úr áhuga fjárfesta að byggja upp sjókvíaeldisstöðvar sem hafa framleiðslugetu upp á nokkur þúsund tonn.

Sjúkdómar sem eingöngu eru til vandræða hér á landi geta verið a.m.k. tímabundin ógnun við íslenskt þorskeldi. Ávinningur samkeppnislönda væri takmarkaður af því að stunda R&Ð vinnu á líffræði þess sjúkdóms og þróa bóluefni. Hér má t.d. nefna kýlaveikibróður en norskir sérfræðingar hafa bent á að e.t.v. sé ekki ástæða til þess að þróa bóluefni gegn þeirri sýki því sjúkdómurinn sé þar tiltölulega lítið vandamál (Lund o.fl. 2007b). Þó að íslenskir vísindamenn hafi staðið sig vel í R&Ð verkefnum er rannsóknaumhverfið innan fisksjúkdómamála mun öflugara í Noregi.

Tækifæri

Tækifærin eru í því m.a. að auka þekkingu á helstu sjúkdómavöldum svo og að efla forvarnir til þess að draga úr afföllum og tjóni í eldinu. Enn er of lítið vitað um það við hvers konar sjúkdóma helst þarf að kljást í þorskeldi framtíðar og kann munur að verða á milli svæða. Því þarf ávallt að vera til staðar í landinu þekking og færni til að takast á við viðfangsefni innan fisksjúkdómamála sem upp koma hverju sinni. Allt frá upphafi verður með reglulegu heilbrigðiseftirliti að fylgjast með öllum stigum eldisins svo



Tafla 6.7. Styrkleikar, veikleikar, ógnanir og tækifæri í fisksjúkdómamálum þorskeldis á Íslandi í samanburði við Noreg.

Styrkleikar	Veikleikar
<ul style="list-style-type: none"> • Ísland er eyja og því auðveldara að koma þar í veg fyrir að smitsjúkdómar berist til landsins en víða í samkeppnislöndum. • Veirusjúkdómar hafa ekki fundist í eldisþorski á Íslandi. • Á Íslandi hefur verið öflugt sjúkdómaeftirlit á síðustu árum. • Minni líkur eru á aukinni sjúkdómstíðni samfara háu sjávarhita við Ísland en í Noregi. 	<ul style="list-style-type: none"> • Meira er um tjón af völdum kylaveikibróðurbakteríu hér á landi en í Noregi. • Mun meira er lagt í R&Ð verkefni innan heilbrigðismála í Noregi en á Íslandi. • Viðunandi aðstaða til prófunar bóluafna er ekki fyrir hendi. • Tækjaskortur háir sumum rannsóknasviðum.
Ógnanir	Tækifæri
<ul style="list-style-type: none"> • Að upp komi nýir alvarlegir sjúkdómar sem sér íslenskt viðfangsefni. • Þekking á ónæmiskerfi þorsks takmörkuð og vöntun á bóluafnum. 	<ul style="list-style-type: none"> • Efla þekkingu á helstu sjúkdómavöldum hér á landi. • Byggja upp öflugar forvarnir m.a. með þróun bóluafna gegn helstu sjúkdómavöldum. • Auka samstarf við rannsóknahópa erlendis.

draga megi skjótan lærdóm af því hvaða sjúkdóma megi helst vænta. Ef upp koma alvarlegir sjúkdómar kann að reynast nauðsynlegt að koma á frekari vöktun (skilgreindum rannsóknarverkefnum) til þess að fá gleggri mynd af framvindu sýkinnar. Mikilvægustu forvarnirnar er þróun á bóluafnum fyrir þorskeldi ásamt fyrirbyggjandi aðgerðum sem hafa það markmið að auka velferð fiska og þar með mótstöðu þeirra gagnvart smiti.

6.5 Heimildir

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.), Þorskeldi á Íslandi. Haf-rannsóknastofnunin. *Fjölrit* 111: 145-173.

Árni Kristmundsson, Sigurdur Helgason, Matthías Eydal & Slavko H. Bambir 2005a. Monitoring of the health status of three year classes of farmed cod, *Gadus morhua*, reared in shore based tanks and sea cages. Pp. 43. Cod Farming in Nordic Countries Programme and book of abstracts Nordica Hotel, Reykjavík 6 - 8 September 2005. (www.fiskeldi.is/codconference.html).

Árni Kristmundsson, Matthías Eydal, Slavko H. Bambir & Sigurdur Helgason 2005b. *Loma* sp. Infection of farmed cod, *Gadus morhua*, in Iceland. Pp. 45. Cod Farming in Nordic Countries Programme and book of abstracts Nordica Hotel, Reykjavík 6 - 8 September 2005. (www.fiskeldi.is/codconference.html).

Árni Kristmundsson, Matthías Eydal & Sigðurður Helgason 2006. Progress of co-infections of *Trichodina cooperi* and *T. murmanica* parasitising farmed Atlantic cod *Gadus morhua* juveniles in Iceland. *Diseases of Aquatic Organisms* 71: 213-223.

Bergh, Ø., Samuelsen, O.B. and Korsnes, K. 2005. Sykdommer hos torsk, forebygging og behandling. I, Otterå, H., Tanager, G.L. & Borthen, J. (red.) Oppdrett av torsk. Norsk Fiskeoppdrett AS, Bergen, s. 177-182.

Bergljót Magnadóttir 1998. Comparison of immunoglobulin (IgM) in four fish species. *Icelandic Agricultural Sciences* 12: 47 - 59.

Bergljót Magnadóttir, Halla Jónsdóttir, Sigurður Helgason, Björn Björnsson, Jørgensen, T.Ø. & Pilström, L. 1999a. Humoral immune parameters of Atlantic cod (*Gadus morhua* L.): I. The effects of environmental temperature. *Comparative Biochemistry and Physiology* 122B(2): 173-180.

Bergljót Magnadóttir, Halla Jónsdóttir, Sigurður Helgason, Björn Björnsson, T.Ø. Jørgensen, & L. Pilström 1999b. Humoral immune parameters in Atlantic cod (*Gadus morhua* L.) II. The effects of size and gender under different environmental conditions. *Comparative Biochemistry and Physiology* 122B (2): 181-188b.

Bergljót Magnadóttir 2000. The spontaneous haemolytic activity of cod serum: Heat insensitivity and other characteristics. *Fish & Shellfish Immunology* 10(8): 731-735.

Bergljót Magnadóttir, Halla Jónsdóttir, Sigurður Helgason, Björn Björnsson, S.T. Solem & L. Pilström 2001. Immune parameters of immunised cod (*Gadus morhua* L.). *Fish & Shellfish Immunology* 11(1): 75-89.

Bergljót Magnadóttir, Crispin, M., Royle, L., Colominas, C., Harvey, D. J. Dwek, R. A. & Rudd, P M. 2002a. The carbohydrate moiety of serum IgM from cod (*Gadus morhua* L.). *Fish & Shellfish Immunology* 12: 209-227.

Bergljót Magnadóttir, Slavko H. Bambir, Bjarnheiður K. Guðmundsdóttir, Pilström, L. & Sigurður Helgason 2002b. Atypical *Aeromonas salmonicida* infection in naturally and experimentally infected cod, *Gadus morhua* L. *Journal of Fish Diseases* 25: 583-597.

Bergljót Magnadóttir, Sigrún Lange, Agnar Steinarrson & Sigríður Guðmundsdóttir. 2004a. The ontogenic development of innate immune parameters of cod (*Gadus morhua* L.). *Comparative Biochemistry and Physiology*, Part B 139:217-224.

Bergljót Magnadóttir, Sigrún Lange, 2004b. Is apolipoprotein A-I a regulating protein for the complement system of cod (*Gadus morhua* L.)? *Fish & Shellfish Immunology* 16: 265-269.

Bergljót Magnadóttir, Sigrún Lange, Sigríður Guðmundsdóttir, Bøgwald, J. & Dalmo, R.A. 2005. Ontogeny of humoral immune parameters in fish. *Fish & Shellfish Immunology* (special issue: Fish Larval Immunity), 19(5): 429-439.

Bergljót Magnadóttir, Bjarnheiður K. Guðmundsdóttir, Sigrún Lange, Agnar Steinarrson, Matthías Oddgeirsson, Bowden, T. Bricknell, I., Dalmo R. A. & Sigríður Guðmundsdóttir 2006. Immunostimulation of larvae and juveniles of cod, *Gadus morhua* L. *Journal of Fish Diseases* 29: 147-155.

Bergljót Magnadóttir 2006. Innate immunity of fish (overview). *Fish & Shellfish Immunology* 20: 137-151.



- Bjarnheiður K. Guðmundsdóttir, Bryndís Björnsdóttir, Sigríður Guðmundsdóttir & Slavko H. Bambir 2006. A comparative study of susceptibility and induced pathology of cod, *Gadus morhua* (L.), and halibut, *Hippoglossus hippoglossus* (L.), following experimental infection with *Moritella viscosa*. *Journal of Fish Diseases* 29: 481–487.
- Bjarnheiður K. Guðmundsdóttir & Bryndís Björnsdóttir 2007. Vaccination against atypical furunculosis and winter ulcer disease of fish: a review. *Vaccine* 25(30): 5512–5523
- Bricknell, I.R., Bron, J.E. and Bowden, T.J. 2006. Diseases of gadoid fish in cultivation: a review. *ICES Journal of Marine Science* 63: 253–266.
- Bron, J., Pert, C., Sommerville, C., Hellberg, H. and Bricknell, I. 2006. Disease in gadoid fish. *Bull. Eur. Ass. Fish Pathol.* 26 (1): 43–45.
- Frisk torsk 2006. Frisk torsk – Forprosjekt. Endelig rapport avgitt av styringsgruppe. Norsk Sjømatssenter. 28 s.
- Gísli Jónsson 2002. Dýralæknir fisksjúkdóma. Embætti yfirdýralæknis. Ársskýrsla 2001, 4 bls.
- Gísli Jónsson 2006. Heilbrigðismál í fiskeldi. Fyrirlestur á aðalfundi Landsambands fiskeldisstöðva í Húsi atvinnulíffisins, 23. maí 2006.
- Gísli Jónsson 2007. Starfskýrsla yfirdýralæknisembættisins á Keldum – Dýralæknir fisksjúkdóma. Ársskýrsla 2006. Tilraunarstöð Háskóla Íslands í meinafræðum að Keldum. bls. 82–87.
- Gísli Jónsson, Sigurður Helgason og Árni Kristmundsson 2006. Sjúkdómar í íslenskum eldisþorski. Samstarf þorskeldismanna og fisksjúkdómafræðinga. Fyrirlestur haldinn á þorskeldiskvótafundi í ráðstefnusal Háskóla seturs Vestfjarða, Suðurgötu 12, Ísafirði, 30 ágúst 2006 (www.fiskeldi.is/pdf/Isafjordur2006/gilsi.pdf).
- Hellberg, H. 2007. Helsestatusjonen hos marin fisk. I, Boxaspen, K., Agnalt, A.-L., Gjøsæter, J., Jørgensen, L.L. & Skiftesvik, A.M. (red.). Kyst og havbruk 2005. *Fisken og havet*, særnr. 2–2007: 127–131.
- Hellberg, H. & Colquhoun, D. 2006. Helsestatusjonen hos marin fisk. I, Svåsand, T., Boxaspen, K., Dahl, E. & Jørgensen, L.L. (red.). Kyst og havbruk 2006. *Fisken og havet*, særnr. 2–2006: 137–140.
- Hemmingsen, W. & MacKenzie, K. 2001. The parasite fauna of the Atlantic cod, *Gadus morhua* L. *Advances in Marine Biology* 40: 2–60.
- Kettunen, A. & Fjalestad, K.T. 2006. Resistance to vibriosis in Atlantic cod (*Gadus morhua* L.): First challenge test results. *Aquaculture* 258:263–269.
- Kettunen, A., Serenius, T. & Fjalestad, K.T. 2006. Three statistical approaches for genetic analysis of disease resistance to vibriosis in Atlantic cod (*Gadus morhua* L.). *Journal of Animal Science* 85: 305–313.
- Robertsen, B., Hordvik, I. & Jørgensen, T. 2006. Immunsystemet hos torsk. I, Thomassen, M., Gudding, R., Norberg, B. & Jørgensen, L. (red.). Havbruksforskning: Fra merd til mat. Norges forskningsråd. s. 176–188.
- Lund, V., Børdal, S., Kjellsen, O., Mikkelsen, H. & Schröder, M.B. 2006. Comparison of antibody responses in Atlantic cod (*Gadus morhua* L.) to *Aeromonas salmonicida* and *Vibrio anguillarum*. *Developmental and Comparative Immunology* 30:1145–1155.
- Lund, V., Børdal, S. & Schröder, M.B. 2007a. Specificity and durability of antibody responses in Atlantic cod (*Gadus morhua* L.) immunised with *Vibrio anguillarum* O2b. *Fish & Shellfish Immunology* 23(4): 906–910.
- Lund, V., Mikkelsen, H., Børdal, S., Schröder, M.B. & Gravningen, K. 2007b. Hvor langt er vi kommet med torskvaksiner? Foredrag på konferansen Sats på torsk – oppdrett av torsk i alle markader. Bergen 14.–16. februar 2007.
- Khan, R.A. 2004. Disease outbreaks and mass mortality in cultured Atlantic cod, *Gadus morhua* L. Associated with *Trichodina murmanica* (Ciliophora). *Journal of Fish Diseases* 27:181–184.
- Korsnes, K., Karlsbakk, E., Bergh, Ø., Patel, S., Isaksen, T.E., Nederland, A.H. & Nylund, A. 2007. Nodavirus hos marin fisk. I, Svåsand, T., Boxaspen, K., Dahl, E. & Jørgensen, L.L. (red.). Kyst og havbruk 2006. *Fisken og havet*, særnr. 2–2006: 158–160.
- Mikkelsen, H., Lund, V., Martinsen, L.-C., Gravningen, K. & Schröder, M.B. 2007. Variability among *Vibrio anguillarum* O2 isolates from Atlantic cod (*Gadus morhua* L.): Characterisation and vaccination studies. *Aquaculture* 266: 16–25.
- Nikoskelainen, S., Kjellsen, O., Lilius, E.-L., Schröder, M.B., 2006. Respiratory burst activity of Atlantic cod (*Gadus morhua* L.) blood phagocytes differs markedly from that of rainbow trout. *Fish & Shellfish Immunology* 21: 199–208.
- Nylund A, Ottem KF, Watanabe K, Karlsbakk E, Krossøy B. 2006. *Francisella* sp. (Family *Francisellaceae*) causing mortality in Norwegian cod (*Gadus morhua*) farming. *Archives Microbiol* 185: 383–392.
- Pilström, L., Warr, G.W. & Strömberg, S. 2005. Why is the antibody response of Atlantic cod poor? The search for a genetic explanation. Review article. *Fisheries Science* 71: 961–971.
- Ottem, K.F., Nylund, A., Karlsbakk, E., Friis-Møller, A. & Krossøy, B. 2007a. Characterization of *Francisella* sp., GM2212, the Wrst *Francisella* isolate from marine Wsh, Atlantic cod (*Gadus morhua*). *Archives Microbiology* 187:343–350
- Ottem, K. F., Nylund, A. & Karlsbakk, E. 2007b. Utbredelse og status av *Franciella* på torsk i Norge. I, Boxaspen, K., Agnalt, A.-L., Gjøsæter, J., Jørgensen, L.L. & Skiftesvik, A.M. (red.). Kyst og havbruk 2005. *Fisken og havet*, særnr. 2–2007: 178–179.
- Samuelsen, O.B., Nerland, A.H., Jørgensen, T. Schröder, 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.
- Schröder, N.B, Bergh, Ø., Hjeltnes, B., Handeland, S. Jonassen, T., Olaisen, A. & Hoel, T. 2007. Innspill til satsing på Frisk torsk 2007–2011. Status og forslag til prioriterte tiltak innen helsearbeid på torsk. Norsk Sjømatssenter. 20 s. (www.torsk.net/uploads/media/FoUnotatFrisktorsk17.01.07.doc).
- Schröder, M.B., Mikkelsen, H., Børdal, S., Gravningen, K., Lund, V. 2006. Early vaccination and protection of Atlantic cod (*Gadus morhua* L.) juveniles against classical vibriosis. *Aquaculture* 254: 46–53.
- Sigrún Lange, Dodds, A. W. & Bergljót Magnadóttir, 2004. Isolation and Characterisation of Complement Component C3 from Atlantic Cod (*Gadus morhua* L.) and Atlantic Halibut (*Hippoglossus hippoglossus* L.). *Fish & Shellfish Immunology* 16: 227–239.
- Sigrún Lange, Bambir, S., Dodds, A. W. & Bergljót Magnadóttir, 2004. The ontogeny of complement component C3 in Atlantic cod (*Gadus morhua* L.) – an immunohistochemical study. *Fish & Shellfish Immunology* 16: 359–367.
- Sigrún Lange, Dodds A.W., Sigríður Guðmundsdóttir, Slavko H. Bambir & Bergljót Magnadóttir 2005. The ontogenic transcription of complement component C3 and Apolipoprotein A-I tRNA in Atlantic cod (*Gadus morhua* L.) a role in development and homeostasis? *Developmental and Comparative Immunology* 29(12): 1065–77.
- Sigurður Helgason 2002. Hugsanlegir sjúkdómar í þorskeldi á Íslandi – Sjúkdómar og rannsóknarþörf. Óbirt handrit kynnt á



stefnumótunarfundi í Reykholti, 17.-18. Október 2002.
(www.thorskeldi.is/Skjol/stefnufund/siggiHelga.pdf).

Solem, S.T. & Steinvik, J. 2006. Antibody repertoire development in teleosts – a review with emphasis on salmonids and *Gadus morhua* L. *Developmental and Comparative Immunology* 30: 57-76.

Øines, Ø. & Heuch, P.A. 2007. *Caligus elongatus* Nordmann on the wild and farmed fish. *Journal of Fish Diseases* 30: 81-91.

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.



AVITA, HÖBÍO, S/TA



Bragð af hugviti

Marel Food Systems býður hátæknivæddar heildarlausnir í tækjum og þjónustu sem mæta öllum þörfum í matvælaíðnaði. Tækni í alifugla-, kjöt- og fiskvinnslu hefur fleygt fram á síðustu árum enda bregðast vel menntaðir tækjahönnuðir okkar skjótt við í samkeppninni um að finna bestu lausnir sem kostur er á. Þannig uppfyllum við síauknar kröfur neytenda um bragðgóða og ferska, fullunna vöru.

RETURN ON INNOVATION
www.marelfoodsystems.com



MEMBERS OF MAREL FOOD SYSTEMS *Cæw delford* *Cæmitech* *Cærel* *Cæanvaegt*