

Vinnsla og vörupróun
Processing and Product
Development

Líftækni
Biotechnology



Matvælaöryggi
Food Safety



Ólífræn snefilefni í lífverum við NV-land

Helga Gunnlaugsdóttir
Guðjón Atli Auðunsson
Guðmundur Víðir Helgason
Rósa Jónsdóttir
Ingibjörg Jónsdóttir
Þuríður Ragnarsdóttir
Sasan Rabieh

Matvælaöryggi
Skýrsla Matis 44-07
Desember 2007

ISSN 1670-7192



Titill / Title	Ólífræn snefilefni í lifverum við NV-land		
Höfundar / Authors	Helga Gunnlaugsdóttir, Guðjón Atli Auðunsson, Guðmundur Víðir Helgason, Rósa Jónsdóttir, Ingibjörg Jónsdóttir, Þuríður Ragnarsdóttir og Sasan Rabieh		
Skýrsla / Report no.	44 - 07	Útgáfudagur / Date:	Desember 2007
Verknr. / project no.	1600		
Styrktaraðilar / funding:	AVS rannsóknarsjóður í sjávarútvegi, Rannsóknastofnun fiskiðnaðarins, Matis		
Ágrip á íslensku:	<p>Tilgangur rannsóknarinnar var að leita skýringa á sérstöðu NV-miða, sérstaklega Arnarfjarðar, m.t.t. ólífrænna snefilefna, einkum kadmíns, í lifverum. Í því skyni var mældur styrkur snefilefna í sýnum af kræklingi (<i>Mytilus edulis</i>), hörpudiski (<i>Chlamys islandica</i>) og sjávarseti á nokkrum stöðum við Ísland, en sérstök áhersla lögð á sýnasöfnun á NV-miðum.</p> <p>Helstu niðurstöður verkefnisins eru að styrkur kadmíns í kræklingasýnum frá Arnarfirði er almennt töluvert hærri en í öðrum sýnum sem tekin voru af kræklingi á NV-miðum og er þessi munur tölfræðilega marktækur (T-próf, $\alpha = 0,05$ (5%)). Sömuleiðis er tilhneiging til að styrkur járn, kopars, mangan og síns sé lægri í kræklingi í Arnarfirði en öðrum fjörðum á NV-miðum, og er þessi munur mest áberandi fyrir járn og sink. Niðurstöðurnar leiða í ljós að styrkur kadmíns í kræklingi úr Arnarfirði er yfir hámarksgildum ESB fyrir krækling í 9 sýnum af 10, auk þess eru sýni af kræklingi af ræktunarböndum úr Hestfirði í Ísafjarðardjúpi og Ósafirði (inn af Patreksfirði) yfir mörkum ESB (1,0 mg/kg votvigt fyrir samlokur). Kræklingasýni frá Dýrafirði, Seyðisfirði í Ísafjarðardjúpi og Patreksfirði við Sandodda eru einnig mjög nálægt mörkum ESB. Magn snefilefna í seti á NV-miðum virðist vera mjög svipað og fyrri mælingar á snefilefnum í íslensku sjávarseti á þessum slóðum gefa til kynna. Þetta bendir til þess að skýringa á háum styrk kadmíns í kræklingi úr Arnarfirði sé líklega ekki að leita í hærri styrk kadmíns í seti á þessu svæði.</p> <p>Niðurstöður verkefnisins gefa upplýsingar um sérstöðu íslenskra hafsvæða m.t.t. ólífrænna snefilefna. Slíkar upplýsingar og vísindaleg gögn eru forsenda þess að Íslendingar geti haft áhrif á ákvarðanatöku við setningu hámarksgilda fyrir matvæli t.d. hjá ESB. Niðurstöður úr verkefninu hafa nú þegar verið nýttar til að að hafa áhrif á hækkun á hámarksgildum ESB fyrir kadmín í samlokum og hafa verið send til EFSA vegna gagnasöfnunar um kadmín í matvælum.</p>		
Lykilorð á íslensku:	<i>Ólífræn snefilefni, kadmín, kræklingur, hörpudiskur, sjávarset,</i>		



Summary in English:

The aim of this research was to investigate the unique position of the territorial waters around NW-Iceland, especially Arnarfjörður, with respect to trace elements, particularly cadmium, in biota. In order to achieve this goal, trace elements in blue mussels (*Mytilus edulis*), scallops (*Chlamys islandica*) and sediments around Iceland were analysed, with special emphasis on sampling in the NW-Iceland area.

The main results from this research indicate that cadmium levels are statistically higher in blue mussels from Arnarfjörður compared to other areas in NW-Iceland (T-test, $\alpha = 0,05$ (5%)). In contrast with cadmium, the iron, copper, manganese and zinc concentrations were lower in the blue mussels from Arnarfjörður in comparison with other areas in NW-Iceland. This difference was most obvious with regard to iron and zinc.

The cadmium level in blue mussels from Arnarfjörður, Hestfjörður in Ísafjarðardjúpi and Ósarfjörður exceeds the maximum cadmium level (1,0 mg/kg wet weight) set by the European commission (EC) for Bivalve molluscs. The cadmium level in blue mussels from Dýrafjörður, Seyðisfjörður in Ísafjarðardjúpi and Patreksfjörður are also close to the maximum cadmium level set by EC.

The results for trace elements in sediments from Arnarfjörður do not however explain the high levels of cadmium observed in blue mussels from this area.

English keywords: *Trace elements, cadmium, blue mussel, scallops, sediment*

EFNISYFIRLIT

1. INNGANGUR	1
2. MARKMIÐ VERKEFNISINS	3
3. FRAMKVÆMD	3
Efni og aðferðir	3
Sýnataka kræklings, hörpudisks og sets	3
Sýnaundirbúningur	5
Efnagreiningar	6
Tölfræði úrvinnsla gagna	6
4. NIÐURSTÖÐUR OG UMRÆÐUR	7
Kræklingur	7
Hörpudiskur	15
Set	20
5. ÁLYKTANIR	22
6. ÞAKKARORÐ	23
7. HEIMILDIR	24

1. INNGANGUR

Ísland er á mótum áhrifa hlýsjávar sem berst að landinu sunnan úr Atlantshafi og svalra hafstrauma sem berast að úr Norðurhöfum, t.d. flytur Austur-Grænlandsstraumurinn kaldan lágseltusjó og hafis norðan úr Íshafi. Áhrif A-Grænlandsstraumsins hér við land, einkum á NV og N-miðum, eru mismikil. Þau voru mikil á svonefndum hafisárum (1965-1970) en á undanförunum árum hafa þau verið minni, en á hverju ári berst lágseltusjór inn á NV-mið.

Hafið við Ísland og lífríki þess er almennt tiltölulega lítið mengað (1, 2), en ljóst er þó að meiri líkur eru á aðflutningi mengandi efna með sjó sem kemur að landinu úr norðri en suðri. Þannig er styrkur geislavirkra efna í sjó og þangi mun hærri norðan lands en sunnan (3).

Kadmín í lífríki sjávar við Ísland og nærliggjandi svæða

Snefilefni eru af náttúrunnar hendi í mælanlegum en lágum styrk í sjó og lífríki. Samdráttarvöðvi hörpudisks (*Chlamys islandica*) og kræklingur (*Mytilus edulis*) úr Arnarfirði hefur hins vegar reynst innihalda hærri styrk kadmíns en hámarksgildi Evrópusambandsins kveður á um fyrir samlokur eða 1,0 mg/kg votvigt (Commission Regulation (EC) No 466/2001 of 8 March 2001)-sem tók gildi í apríl 2002. Arnarfirði hefur því verið lokað fyrir hörpudiskveiðum og kræklingarækt um óákveðinn tíma. Hörpudiskvöðvi hefur aðeins verið rannsakaður m.t.t. kadmíns á tveimur öðrum svæðum við Ísland, í Hvalfirði og í N-Breiðafirði, og reyndist styrkur þar vera vel undir hámarksgildinu. Hins vegar eru innnyfli og allur mjúkvöðvi hörpudisks á öllum þessum svæðum svipaður í kadmínstyrk og talsvert yfir hámarkinu. Mælingar á hörpudiski við Grænland sýna svipaðar niðurstöður fyrir heilan mjúkvöðva hörpudisks (4,5). Aðrar samlokur, s.s. kræklingur, sem rannsakaðar hafa verið af Íslandsmiðum víða í kringum landið allt frá 1978 (m.a. mörg svæði undan SV-landi, úr Breiðafirði og Ísafjarðardjúpi, Grímsey, Mjóafirði, Vaðlavík og Vestmannaeyjum, Álfafirði og Skutulsfirði í Ísafjarðardjúpi (1,2,6,7,8,9,10) og kúskel (*Arctica islandica*) af Vestfjörðum (11), Eyjafirði og NA-miðum (óbirt gögn), standast hins vegar almennt þau mörk sem sett hafa verið fyrir kadmín í samlokum. Hins vegar er styrkur kadmíns almennt hærri í samlokum og innnyflum ýmissa sjávardýra (t.d. lifur þorsks (12)) af Íslandsmiðum en af ýmsum hafsvæðum við NA-Atlantshaf. Almennt er styrkur hár á norður-heimskautasvæðinu og hefur þetta ástand verið kallað "the general cadmium-anomaly"

lífríkis í heimskautasjó (13). Samanburður á kadmíni í kræklingi við stóra erlenda gagnabanka um krækling sýnir þó að munurinn er almennt ekki mikill (8). Kúskelin sýnir hins vegar svo ekki verður um villst að sýni af NV-miðum, Eyjafirði og NA-miðum (Bakkaflói, Þistilfjörður) er hærri en í sömu tegund í Kielflóa (V-Eystrasalti) og NV-Atlantshafi (11). Styrkur kadmíns í lífríki hafsins við Grænland er jafnframt hærri en víða annars staðar (4,5,14) og hefur áþekkur styrkur kadmíns fundist í kræklingi og hörpudisk við Grænland og við Ísland. Þessar niðurstöður fyrir sjávarlífríki Grænlands hafa vakið furðu og áhyggjur (15,16) en ekki hefur verið um marktæka lækkun að ræða síðastliðin 20 ár (17). Ekki er kunn ástæða þessarar sérstöðu lífríkis Grænlands (14). Skýringuna er ekki að finna í almennt hærri styrk kadmíns í sjó né í seti á þessum svæðum, en styrkur kadmíns í sjó við t.d. V-Grænland eða í grennd við Ísland sýnir ekki frávik frá sambandi kadmíns og fosfórs, sem gildir almennt um ómenguð höf (18,19,20), þó ekki verði útilokað að það geti átt við staðbundið. Talið er sennilegt að hafís geti borið með sér mengandi efni sem losna og lífríki tekur upp á þeim svæðum sem ísinn bráðnar (21). Flutningur snefilefna með hafís hefur þó lítið verið rannsakaður en hann er talinn geta verið mikilvægur við flutning frá ísasvæðum, sérstaklega kadmíns (19).

Önnur dæmi um sérstöðu íslenskra og norðlægra svæða má nefna að óvenjulega háur styrkur kadmíns hefur mælst í dýrasvifi af norðurslóð (21,22) og kemur þetta einnig fram í lifur *Anarichas*-tegunda (steinbítstegunda) og *Raja fyllae* úr Barentshafi (23), 10 sinnum hærri styrk í lifur ískóðs (*Boreogadus saida*) frá heimskautasvæðum Kanada en þorsks úr Eystrasalti (24), og almennt háum styrk í botnlægum hryggleysingjum af ströndu við Barentshaf (25) og almennt í lífríki Grænlands (26,27,28). Fram til þessa hefur ekki verið unnt að skýra þessa sérstöðu heimskautasvæðanna (24,28) en talið er fullvíst að um náttúrulegt ferli sé að ræða (24, 29). Styrk þungmálma í þorsklifur hér við land má að verulegu leyti skýra á grundvelli upplýsinga um líffræðilegar ástandssveiflur sem koma fram m.a. í fitumagni lifrarinnar. Þetta á þó ekki við um kadmín í lifur þorsks af norðvestur- og norðausturmiðum, styrkur kadmíns er þar mun hærri en í sambærilegum þorski á suðurmiðum. Ástæður þess eru taldar felast í hærri styrk kadmíns á norðurmiðum (12). Það hefur ekki verið skýrt hvers vegna um meira framboð kadmíns er að ræða þar en þess ber að geta að styrkur kadmíns í holdi þorsksins er ákaflega lágur og langt undir gildandi hámarksgildum (30).

2. MARKMIÐ VERKEFNISINS

Markmið verkefnisins er að leita skýringa á sérstöðu NV-miða, sérstaklega Arnarfjarðar, með tilliti til ólífrænna snefilefna, einkum kadmíns, í lífverum.

Til þess að ná þessu markmiði var mældur styrkur snefilefna í sýnum af kræklingi (*Mytilus edulis*), hörpudiski (*Chlamys islandica*) og seti á nokkrum stöðum við Ísland, en sérstök áhersla lögð á sýnasöfnun á NV-miðum.

3. FRAMKVÆMD

Efni og aðferðir

Sýnataka kræklinga, hörpudisks og sets

Hafrannsóknastofnun, Veiðimálastofnun, kræklingaræktendur og heimamenn tóku kræklingssýni (*Mytilus edulis*) á eftirfarandi stöðum árin 2004 og 2005:

Arnarfirði (Haganes, Reykjarfjörður, Fossfjörður) þar sem sýnum var safnað á nokkrum tímabilum (11 sýnum samtals)

Dýrafirði (1 sýni)

Hestfirði í Ísafjarðardjúpi (2 sýni)

Hestfjarðarbotn (1 sýni)

Mjóifjörður (1 sýni)

Nauteyri í Ísafjarðardjúpi (2 sýni),

Ósafjörður (1 sýni)

Patreksfirði (2 sýni),

Reykjarfirði í Ísafjarðardjúpi (1 sýni)

Seyðisfirði í Ísafjarðardjúpi (1 sýni)

Skötufirði (1 sýni)

Súgandafirði - (1 sýni)

Steingrímsfirði – Hólmavík (2 sýni)

Tálknafirði (2 sýni)

Önundarfirði (1 sýni)

Nákvæm staðsetning sýnatökustaða má sjá á mynd 5.

Hafrannsóknastofnun tók hörpudisksýni (*Chlamys islandica*) á eftirfarandi stöðum árið 2003:

Arnarfjörður, 6 stöðvar (þ.e.a.s. 6 mismunandi sýnatökur á sama hafsvæði)

Breiðafjörður, 3 stöðvar (3 mismunandi sýnatökur á sama hafsvæði)

Dýrafjörður, 1 stöð

Húnaflói, 2 stöðvar (2 mismunandi sýnatökur á sama hafsvæði)

Patreksfjörður, 1 stöð

Samtals voru því tekin 14 hörpudisksýni úr 5 mismunandi fjörðum umhverfis Ísland í þessu verkefni. Nákvæma staðsetningu sýnatökustaða má sjá á mynd 5.

Setsýnakjarnar voru teknir í leiðangri Hafrannsóknastofnunar árið 2004 (Leiðangursnr; NYT-7-2004) og voru tekin setkjarnasýni á fjórum stöðum á NV miðum, þ.e.a.s. Arnarfjörður-ytri, Arnarfjörður-innri, Arnarfjörður-Borgarfjörður og Ísafjarðardjúp, sjá nánar á mynd 8.

Setkjarnarnir voru á bilinu 27-46 cm langir. Tekið var sýni af efsta lagi kjarnans og auk þess tvö önnur sýni af setkjarnanum frá hverjum stað (samtals 12 sýni).

Efsta lagið var valið m.t.t. litamunar við afgang á kjarna, en það var ljósara og reynt var að ná sýni af því sem ljósast var. Síðan var mælt hve langur afgangurinn af kjarnanum var og tekið 5 cm lag af sýni úr miðju og sem næsti botni kjarnans. Engin litabreyting önnur en sú sem var í eftsta laginu var sýnileg í kjörnunum. Við sýnatöknuna var þess vandlega gætt að menga hvorki milli sýnalaga í kjarna né mismunandi kjarna.

Setið var síðan þurrkað við 50°C þar til vigt setsins var stöðug (2-4 dagar). Snefilefnagreiningar á setsýnum voru gerðar hjá faggiltri rannsóknarstofu Analytica AB, Luleå, Svíþjóð. Eftirfarandi ólífræn snefilefni voru greind í setsýnum: arsenik (As), kadmíum (Cd), kóbalt (Co), króm (Cr), kopar (Cu), járn (Fe), kvikasilfur (Hg), nikkell (Ni), blý (Pb), vanadíum(V), sink (Zn) auk hlutfalls lífræns kolefnis svk. total organic carbon (TOC).

Sýnaundirbúningur

Hörpudiskur:

Hæð, breidd og þyngd skelja frá hverri stöð var ákvörðuð og einstaklingunum skipt í tvo til þrjá stærðarflokka eftir hæð skeljar, með samtals 10 einstaklinga í hverjum stærðarflokki, við sýnaundirbúning var síðan búið til eitt einsleitt safnsýni af samdráttavöðva og annað safnsýni úr öllum innyflum í hverjum stærðarflokki (þ.e.a.s. þessi safnsýni samanstóðu úr 10 einstaklingum fyrir hvern stærðarflokk). Hörpudiskurinn var geymdur frosinn þar til sýnaundirbúningur fór fram, þá var hann þíddur og samdráttarvöðvinn og innyflin úr hverjum einstaklingi aðskilin og þyngd þeirra ákvörðuð, tóm skelin var síðan líka vegin og geymd til aldursgreiningar. Reynt var að koma í veg fyrir mengun úr innyflum yfir í vöðva.

Vegna þess hve sum safnsýni af samdráttavöðva og innyflum voru rýr var ákveðið að frostþurrka öll sýnin til að takmarka tap við einsleitingu. Við frostþurrkun var notaður frostþurrkari frá VirTis, USA. Frostþurkkunin var tölvustýrð með hækkandi hitastigi og þrýstingi , frá -20 °C og 250 mT til 5 °C og 50 mT. Frostþurrkuð sýni voru síðan einsleituð með rafknúnu morteli (Laboratory Mortar Grinder “pulverisette2”, Fritsch, Þýskalandi.

Aldursgreining hörpudisks:

Sýni frá hverjum sýnatökustað var skipt í tvo til þrjá stærðarflokka með 10 einstaklingum í hverjum flokki. Allir einstaklingar (n=10) í hverjum stærðarflokk voru síðan aldursgreindir og reiknaður meðalaldur fyrir hvern stærðarflokk byggt á niðurstöðum 10 einstaklinga. Starfsmenn Rannsóknastöðvarinnar í Sandgerði, undir leiðsögn og umsjón Guðmundar Víðis Helgasonar, framkvæmdu aldursgreininguna. Í stuttu máli þá var hörpudiskurinn aldursgreindur á inntengslum (ligament, resilium) skeljanna. Skeljarnar voru lagðar í bleyti í einn sólarhring við 5° C. Síðan voru skeljarnar losaðar varlega í sundur og vaxtarbaugar í ljósari hluta inntengslanna, þ.e. svæðið á mörkum inntengslanna og skeljarinnar, talin í víðsjá (31 og 32).

Kræklingur:

Einstaklingar voru þyngdar- og lengdarmældir, þyngd mjúkvöðva (þ.e.a.s. allur vöðvi og innyfli) ákvörðuð sem og þyngd skelja. Fjöldi lífvera í sýni var að jafnaði 50 stk og búið til eitt einsleitt safnsýni úr mjúkvöðva þeirra.

Efnagreiningar

Vatn og fita í sýnum var ákvarðað með faggiltum efnamælingum (33, 34).

Farið var eftir handbókum snefilefnastofu Rf um snefilefnagreiningar og gæðaeftirlit með þeim. Í stuttu máli þá fer niðurbrot sýna fram með HNO_3 og upphitun eftir hitaprógrammi í tölvustýrðum ofni í þar til gerðum niðurbrotsbombum. Snefilefnin voru síðan mæld með logagleypnimælingu á logatæki frá Perkin Elmer 1100B. Fyrir hvert sýni voru snefilefnin mæld í 3-4 hlutasýnum, ávallt voru gerðar mælingar á viðmiðunarefnum til að tryggja gæði mælinganna auk þess sem gerð var staðalíbót fyrir hvert snefilefni sem rannsakað var. Eftirfarandi ólífræn snefilefni voru greind í kræklingi og hörpuðisk: kadmín (Cd), kopar (Cu), járn (Fe), mangan (Mn), sink (Zn).

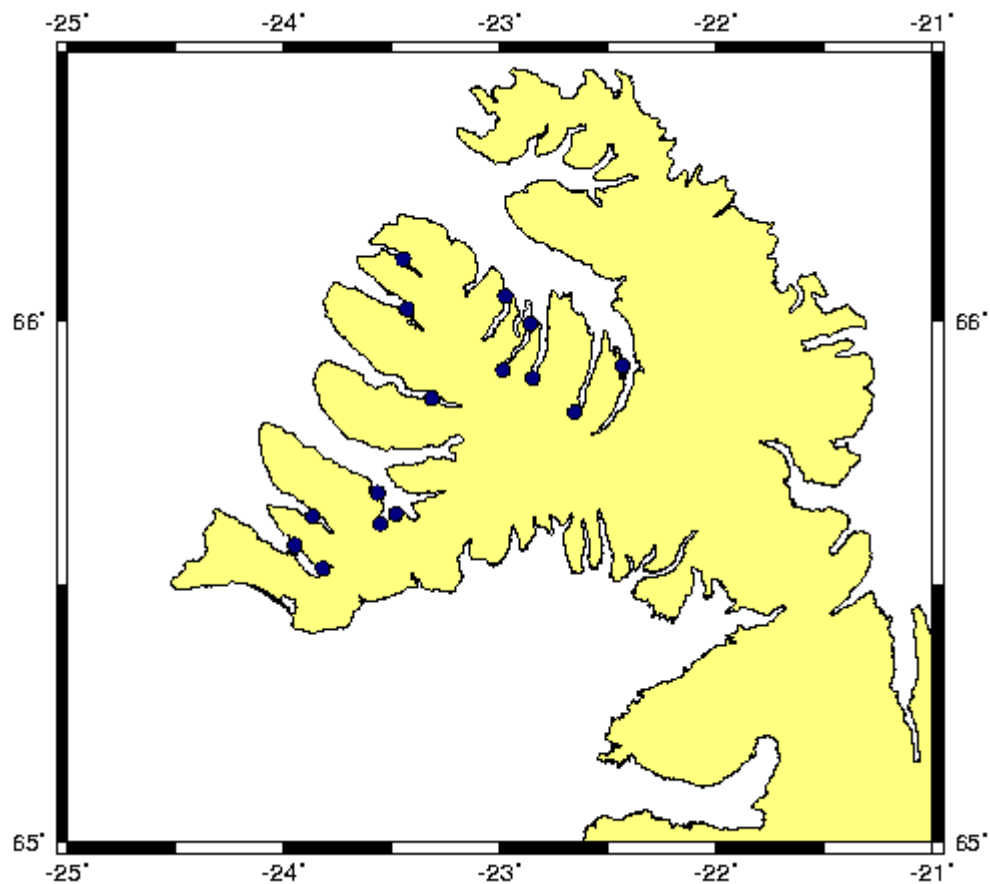
Tölfræði úrvinnsla gagna

Notað var Number Cruncher Statistical Software (NCSS) 2000 við alla tölfræðiúrvinnslu gagna í þessu verkefni.

4. NIÐURSTÖÐUR OG UMRÆÐUR

Kræklingur

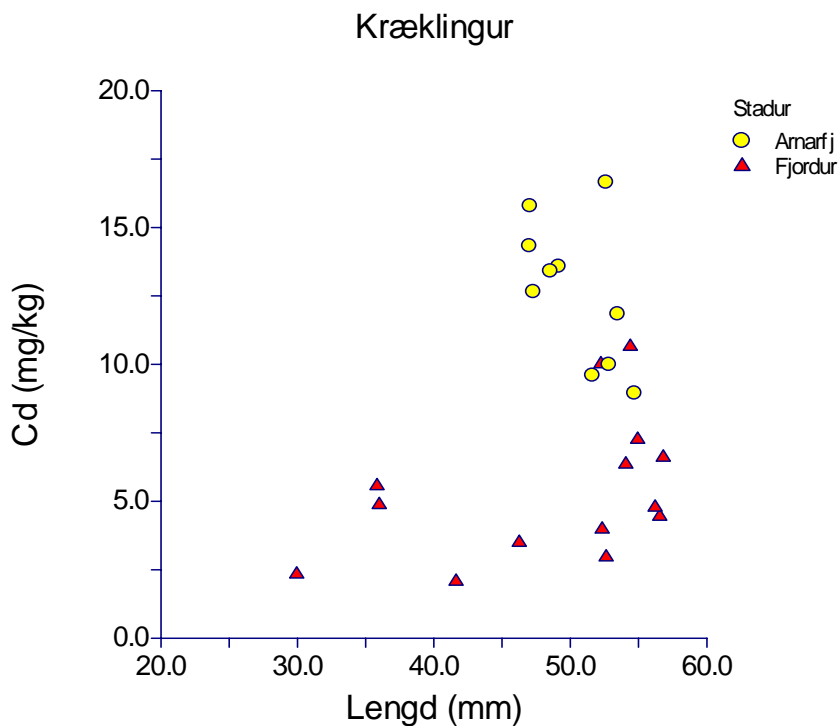
Í þessu verkefni voru mæld ólífræn snefilefni í 28 sýnum af kræklingi frá NV-miðum, þar af 10 sýni úr Arnarfirði, nákvæm staðsetning sýnatökustaða sést á mynd 1 fyrir þau sýni sem upplýsingar um hnit lágu fyrir.



Mynd 1. Sýnatökustaðir kræklinga á NV miðum eru sýndir með dökkbláum hringjum

Bæði er um að ræða kræklingasýni sem tekin voru af línunum sem settar höfðu verið út í tilraunaskyni með fyrirhugaða ræktun kræklinga í huga og einnig sýni sem tekin voru í fjöru. Í verkefninu var lögð sérstök áhersla á að kanna sérstöðu Arnarfjarðar m.t.t. kadmíns og því voru flest sýnin af kræklingi þaðan, en að öðru leyti var um að ræða fá sýni af hverjum stað.

Til þess að hægt væri kanna hvort tölfraðilega marktækur munur væri á styrk málma í kræklingi úr Arnarfirði samanborið við aðra firði á NV-miðum var ákveðið að líta á mæliniðurstöður málma úr öllum öðrum fjörðum þar sem sýnum var safnað í þessu verkefni sem einn hóp. Á mynd 2 má sjá samband skeljalengdar og styrks kadmíns í kræklingi fyrir Arnarfjörð (n=10) og sameinaðan hóp annarra fjarða sem hér er kallaður “Fjörður” (n=18). Hópurinn “Fjörður” samanstendur af mælingum á styrk kadmíns í kræklingasýnum frá: Dýrafirði, Hestfirði við Ísafjarðardjúp, Steingrímsfirði, Nauteyri við Ísafjarðardjúp, Ósafirði, Patreksfirði, Reykjafirði við Ísafjarðardjúp, Skötufirði, Mjóafirði, Seyðisfirði Vestur við Ísafjarðardjúp, Súgandafirði, Tálknafirði og Önundafirði. Niðurstöður mælinga á styrk kadmíns í einstökum kræklingasýnum af NV-miðum er einnig að finna í töflu 3 sem og í Viðauka A í fylgiskjölum. Á mynd 2 má sjá að samband milli skeljalengdar (mm) og styrks kadmíns (mg/kg þurrvigt) virðist vera talsvert, og er það í samræmi við eldri niðurstöður fyrir þungmálma í kræklingi hér við land (7). Einnig er ljóst að styrkur kadmíns (mg/kg þurrvigt) í kræklingasýnum frá Arnarfirði er almennt töluvert hærri en í öðrum sýnum sem tekin voru af kræklingi á NV-miðum (mynd 2).



Mynd 2. Samband lengdar kræklinga og styrks Cd (mg/kg þurrvigt).

Kannað var hvort tölfræðilega marktækur munur væri á styrk kadmíns í kræklingi úr Arnarfirði samanborið við aðra firði (“Fjörður”) með T-prófi, $\alpha = 0,05$ (5%) með Number Cruncher Statistical Software (NCSS) 2000. Til að minnka breytileika í mæligögnum fyrir ólífræn snefilefni sem tengjast líffræðilegu ástandi kræklingsins er hentugast að bera saman styrk eða magn ólífrænna snefilefna á þurrefnisgrunni og því var öll tölfræðiúrvinnsla gerð á styrk málma mæld á þurrvigt skelfisks. Tafla 1 sýnir meðaltöl og staðalskekkju (staðalfrávik / \sqrt{n}) fyrir kræklingasýni úr Arnarfirði og öðrum fjörðum. Núlltilgátu var hafnað með tvíhliða t-prófi, þ.e. tölfræðilega marktækur munur reyndist vera á milli Arnarfjarðar og annarra fjarða ($p = 0,0000$). Einnig var prófuð ferveikagreining með lengd eða þyngd sem kóvaríant og bentu niðurstöður til hins sama, þ.e. að um mun á milli hópanna væri að ræða.

**Tafla 1. Magn kadmín í krækling á þurrvigtagrunni (mg/Kg þurrvigt),
meðaltal ± staðalskekkja.**

Staður	n	meðaltal	± staðalskekkja
Arnarfjörður	10	12,67	± 0,82
“Fjörður”	18	5,22	± 0,62

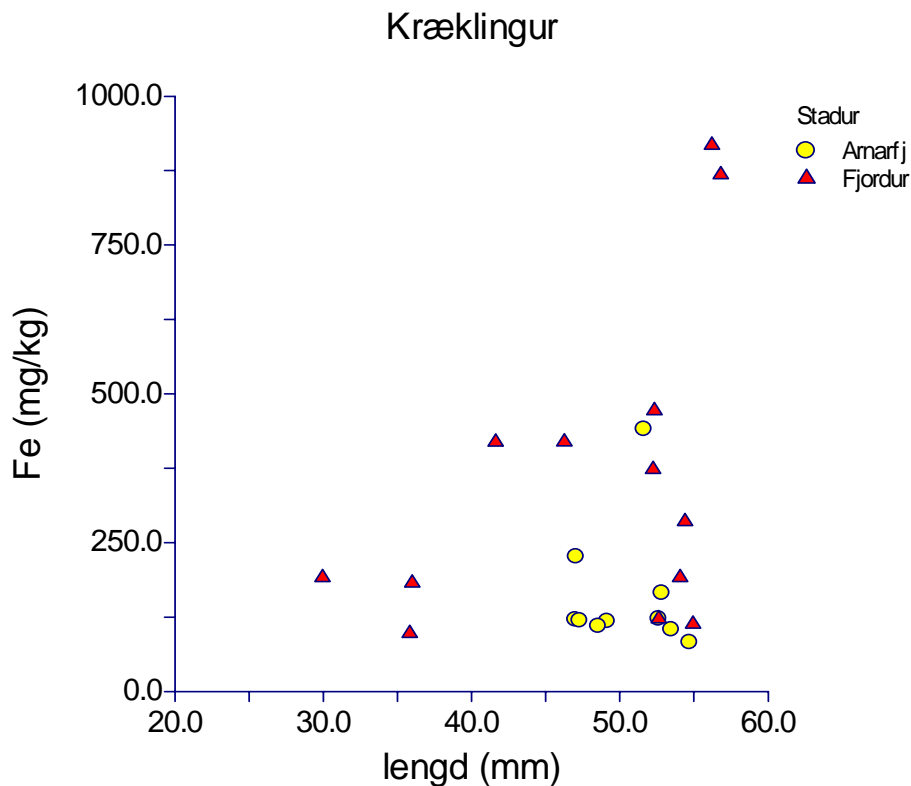
Auk kadmíns voru mæld önnur ólífræn snefilefni í kræklingasýnum af NV-miðum (sjá samantekt mælinga í Viðauka A í fylgiskjölum), bæði vegna samanburðar milli svæða og vegna samspils ólífrænu snefilefnanna (t.d. járn, sink, kopar, selen), sem rannsóknir hafa sýnt geta leitt til bæði hækkunar og lækkunar á t.d. kadmíni í lífverum (8, 35,36) en þessir þættir geta verið breytilegir frá einu svæði til annars og frá einum tíma til annars.

Því var kannað hvort munur væri á magni járn (Fe), kopars (Cu), mangan (Mn), og sinks (Zn) í kræklingi úr Arnarfirði samanborið við aðra firði (“Fjörður”) með T-prófi $\alpha = 0,05$ (5%) með Number Cruncher Statistical Software (NCSS) 2000. Einnig var ANOVA-greining gerð með þyngd eða lengd sem kóvariant. Niðurstöður tölfræðigreiningarinnar eru sýndar í töflu 2 sem sýnir meðaltöl og staðalskekkju (staðalfrávik / \sqrt{n}) fyrir kræklingasýni úr Arnarfirði og öðrum fjörðum ásamt sýnafjölda í hverjum hópi og p-gildi. Núlltilgátu er hafnað með tvíhliða t-prófi þegar $p < 0,05$, þ.e.a.s. munur er á milli Arnarfjarðar og annarra fjarða ef $p < 0,05$.

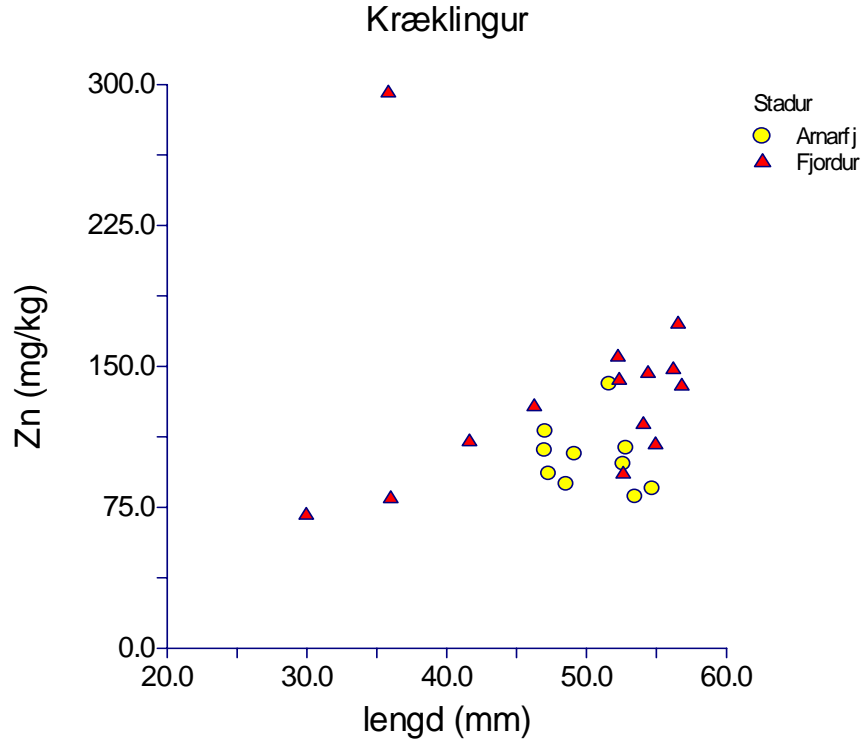
**Tafla 2. Magn málma (mg/kg) í kræklingi á þurrvigtagrunni (mg/Kg þurrvigt),
meðaltal ± staðalskekkja, fjöldi (n) og marktækt (p).**

Málmur	Arnarfjörður			“Fjörður”			p
	Meðaltal	± staðalskekkja	n	Meðaltal	± staðalskekkja	n	
Fe	160,7	± 33,57	10	320,5	± 60,0	17	0,065
Cu	5,95	± 0,19	10	6,8	± 0,38	17	0,11
Mn	6,48	± 0,87	10	8,50	± 1,13	18	0,2366
Zn	101,5	± 5,54	10	130,8	± 11,8	18	0,087

Niðurstöður í töflu 2 sýna að það er ekki tölfræðilega marktækur munur milli Arnarfjarðar og annarra fjarða, en ljóst er að það er tilhneiging til að styrkur járns (Fe), kopars (Cu), mangan (Mn) og síns (Zn) sé lægri í Arnarfirði en öðrum fjörðum. Þessi munur á milli Arnarfjarðar og “Fjarðar” er mest áberandi fyrir járn og sink, en í þeim tilvikum er marktækt (p) einnig næst því að vera $p < 0,05$. Þessi lægri styrkur járns (Fe) og síns (Zn) í Arnarfirði, samanborið við aðra firði, sést einnig þegar samband lengdar (mm) og styrks (mg/kg þurrvigt) þessara snefilefna í kræklingi úr Arnarfirði og öðrum fjörðum (“Fjörður”) er skoðað (myndir 3 og 4, í sömu röð). Þetta er í samræmi við niðurstöður snefilefnagreininga í hörpuðiski (*A. Opercularis*) frá Færeyjum, en í þeirri rannsókn kom fram hlutfallslega hár styrkur kadmíns en lágur styrkur kopars og síns í hörpuðisktegundum við Færeyjar miðað við Biscay-flóa (37). Samspil kadmíums og síns hefur verið rannsakað og vitað er að ef lífvera er útsett fyrir háu kadmíni þá leiðir það til truflana á sínsi í líverunni (35). Þetta kemur til af því að við upptöku í mismunandi frumur getur orðið samkeppni milli kadmíum- og sínsjóna þannig að kadmín komi í stað síns í líffræðilegum ferlum (35). Í framtíðinni væri áhugavert að skoða vensl þessara snefilefna nánar en til þess þarf að afla frekari gagna og nota stærra gagnasafn en hér var skoðað.



Mynd 3. Samband lengdar kræklinga og styrks Fe (mg/kg þurrvigt).



Mynd 4. Samband lengdar kræklinga og styrks Zn (mg/kg þurrvigt).

Eins og fram hefur komið þá hefur magn kadmíns í samdráttarvöðva hörpudisks og í kræklingi úr Arnarfirði reynst vera hærra en hámarksgildi Evrópusambandsins (ESB) kveður á um fyrir samlokur eða 1,0 mg/kg votvigt (Commission Regulation (EC) No 466/2001 of 8 March 2001). Vegna mikils áhuga heimamanna á Vestfjörðum á kræklingarækt er rík ástæða til skoða einstakar mæliniðurstöður þessarar rannsóknar fyrir styrk kadmíns í kræklingi, bæði á þurrvigtar- og votvigtargrunni og bera saman við hámarksgildi ESB (Tafla 3).

Tafla 3. Staðsetning, tegund sýnis, skeljalengd (meðaltal), votþyngd holds (meðaltal) og styrkur kadmíns á þurr- og votvigtargrunni í kræklingssýnum af NV miðum. Hámarksgildi ESB fyrir samlokur er 1,0 mg/kg votvigt

Staðsetning	Hvar	Skeljalengd		Þyngd holds		Mæligildi Cd		Mæligildi Cd	
		mm	±	g	±	mg/kg þurrvigt	±	mg/kg votvigt	±
Arnarfj. (Fossfjörður)	Ræktun	47,3	4,7	5,8	1,9	12,65	0,29	1,77	0,04
Arnarfj. (Fossfjörður)	Ræktun					13,14	0,51	1,87	0,07
Arnarfj. (Haganes)	Ræktun	49,2	7,0	6,4	3,2	13,57	0,33	1,41	0,03
Arnarfj. (Haganes)	Ræktun	47,1	4,4	6,0	2,1	15,78	0,60	1,66	0,06
Arnarfj. (Haganes)	Ræktun	48,6	7,9	6,6	2,4	13,40	0,23	1,65	0,03
Arnarfj. (Haganes)	Ræktun	51,6	6,3	7,0	3,0	9,59	0,59	0,90	0,06
Arnarfj. (Haganes)	Ræktun	52,6	4,0	7,0	2,5	16,65	0,41	1,88	0,05
Arnarfj. (Haganes)	Ræktun	54,7	7,0	7,8	2,9	8,94	0,05	1,90	0,01
Arnarfj. (Haganes)	Ræktun	47,0	4,7	5,9	1,9	14,32	0,35	2,05	0,05
Arnarfj. (Reykjafjörður)	Ræktun	53,5	4,6	8,2	2,9	11,83	0,24	1,77	0,04
Arnarfj. (Reykjafjörður)	Ræktun	52,8	5,0	7,2	2,2	9,98	0,25	1,39	0,03
Dýrafjörður	Fjara	54,4	7,6	9,1	3,3	10,66	0,30	0,81	0,02
Hestfjarðarbotn	Fjara	56,8	3,7	10,6	2,2	6,61	0,06	0,51	0,00
Ísafjarðardjúp (Hestfjörður)	Ræktun					8,40	0,05	1,21	0,01
Ísafjarðardjúp (Hestfjörður)	Ræktun	54,9	6,0	8,2	3,2	7,26	0,12	0,95	0,02
Ísafjarðardjúp (Nauteyri)	Fjara	56,5	4,7	8,9	3,0	4,45	0,18	0,33	0,01
Ísafjarðardjúp (Nauteyri)	Fjara	56,2	7,0	10,8	4,4	4,78	0,09	0,29	0,01
Ísafjarðardjúp (Reykjafj.)	Ræktun	41,6	2,8	3,6	0,9	2,08	0,06	0,23	0,01
Ísafjarðardjúp (Seyðisfj.)	Ræktun					5,97	0,15	0,87	0,02
Mjóafjarðarbotn	Fjara	52,2	5,7	8,2	2,3	10,02	0,42	0,48	0,02
Ósafjörður	Ræktun	35,8	2,7	1,9	0,5	5,57	0,09	1,17	0,02
Patreksfjörður v/Sandodda	Ræktun	36,0	3,6	1,6	0,5	4,88	0,04	0,93	0,01
Skötufjarðarbotn	Fjara	54,1	3,5	8,9	1,6	6,36	0,07	0,47	0,01
Steingrímsfjörður (Hólmavík)	Fjara	46,2	5,3	5,0	2,1	3,50	0,12	0,26	0,01
Steingrímsfjörður (Hólmavík)	Fjara	52,3	5,6	8,4	2,9	3,98	0,09	0,28	0,01
Súgandafjörður	Fjara					1,72	0,11	0,10	0,01
Tálknaufjörður 2m	Ræktun	52,6	2,7	5,5	1,8	2,97	0,04	0,59	0,01
Tálknaufjörður 7m	Ræktun	29,9	2,3	1,1	0,3	2,34	0,27	0,49	0,06
Önundafjörður	Fjara					2,44	0,07	0,17	0,01

Niðurstöður í töflu 3 sýna að styrkur kadmíns í krælingi úr Arnarfirði er yfir mörkum ESB fyrir krækling í 9 sýnum af 10, auk þess eru sýni af krælingi af ræktunarböndum úr Hestfirði í Ísafjarðardjúpi og Ósafirði (inn af Patreksfirði) yfir mörkum ESB. Kræklingasýni frá Dýrafirði, Seyðisfirði í Ísafjarðardjúpi og Patreksfirði við Sandodda eru einnig nálægt mörkum ESB, þ.e.a.s. kadmínstyrkur á milli 0,81-0,93 mg/kg votvigt (Tafla 3). Niðurstöður á styrk kadmíns á votvigtargrunni í Töflu 3 eru mjög áþekkar niðursöðum

sem Fiskistofa hefur aflað m.a. vegna heilnæmisúttekta á fyrirhuguðum ræktunarsvæðum á Vestfjörðum (sjá töflu 4).

Tafla 4. Niðurstöður frá Fiskistofu um styrk kadmíns á votvigtargrunni í kræklingssýnum frá NV-miðum. Hámarksgildi ESB fyrir samlokur er 1,0 mg/kg votvigt

Staðsetning	Miðgildi Cd mg/kg votvigt	Bil niðurstaðna mg/kg votvigt & fjöldi sýna (n)	Athugasemd
Súgandafjörður	0,15	n=1	Villtur
Önundarfjörður	0,20	n=1	Villtur
Dýrafjörður	0,85	n=1	Villtur
Arnarfjörður	1,88	1,7 - 3,0 n=7	Baujur / Ræktun
Tálknafjörður	0,54	0,49 & 0,58 n=2	Baujur / Ræktun
Patreksfjörður	1,01	0,88 & 1,13 n=2	Baujur / Ræktun
Seyðisfjörður	0,78	n=1	Baujur / Ræktun
Ísafjarardjúp (Hestfjörður)	1,16	0,97 & 1,35 n=2	Baujur / Ræktun
Ísafjarardjúp (Reykjafj.)	1,20	1,39 & 1,0 n=2	Baujur / Ræktun
Breiðafjörður	0,15	n=1	Baujur / Ræktun

Þessar niðurstöður sýna að styrkur kadmíns í kræklingi er nálægt eða yfir mörkum ESB á a.m.k. sex mismunandi stöðum á NV-miðum. Eins og fram kemur í inngangi þá er styrkur kadmíns almennt hár á Norðurheimskautasvæðinu og hefur þetta ástand verið kallað "the general cadmium-anomaly" lífríkis í heimskautasjó (13). Þessi sérstaða heimskautasvæðanna hefur ekki verið útskýrð, en talið er fullvíst að um náttúrulegt ferli sé að ræða (24, 28, 29).

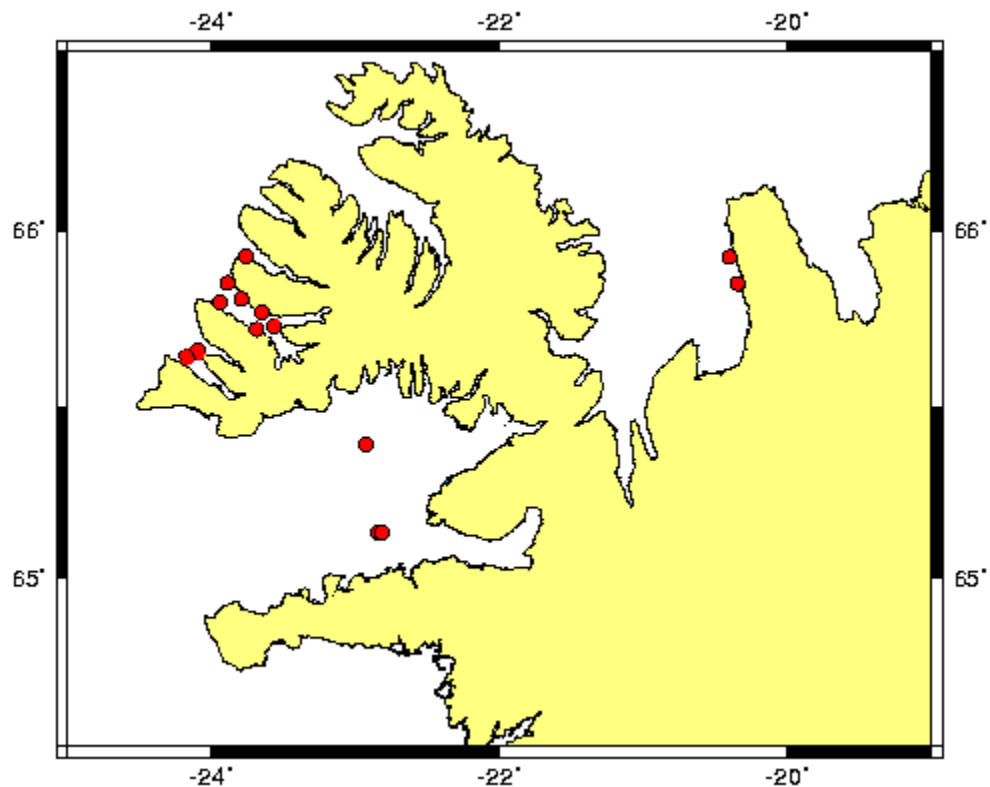
Niðurstöður fyrir styrk kadmíns í kræklingi annars staðar af Íslandsmiðum, m.a. á mörgum svæðum undan SV-landi, úr Breiðafirði og Ísafjarðardjúpi, Grímsey, Mjóafirði, Vaðlavík og Vestmannaeyjum, Álfafirði og Skutulsfirði í Ísafjarðardjúpi (1,2,6,7,8,9,10) standast hins vegar almennt þau mörk sem sett hafa verið fyrir kadmín í samlokum.

Vegna þess hve fá sýni voru tekin af hverjum stað verður ekki gerður samburður á niðurstöðum ólífrænna snefilefna í kræklingi sem tíndur var í fjöru og kæklingi af ræktunarböndum í þessari skýrslu. Niðurstöður fyrri rannsókna á ólífrænum snefilefnum í kræklingi benda einnig til að betra sé að fara varlega við samanburð gagna fyrir snefilefni í

kræklingi af baujum (ræktun á línun) annars vegar og úr fjöru hins vegar (8). Beinn samanburður gilda um snefilefni getur auk þess verið vandasamur m.a. vegna þess að hvert snefilefni sýnir hegðun sem er eintakt fyrir það og er m.a. háð ýmsum umhverfisþáttum (8).

Hörpudiskur

Í þessu verkefni voru samtals tekin 14 hörpudisksýni úr 5 mismunandi fjörðum (á 1-6 stöðum á hverju svæði) umhverfis Ísland og er nákvæm staðsetning sýnatökustaða sýnd á mynd 5.



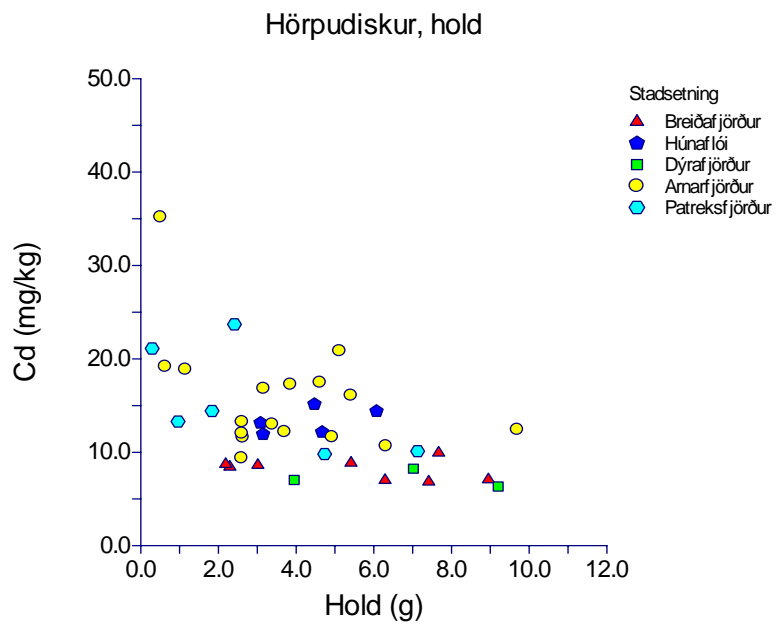
Mynd 5. Sýnatökustaðir hörpudisks á Íslandsmiðum eru sýndir með rauðum hringjum

Upphaflega var ætlunin að einbeita sér að snefilefnagreiningum í hörpdisk sem upprunninn væri af Íslandsmiðum í þessu verkefni, en þar sem ekki náðist í þau hörpudiskssýni sem fyrsta áætlun gerði ráð fyrir vegna hruns stofnsins á mörgum stöðum var afraðið að safna kræklingi kerfisbundið á Vestfjörðum í stað frekari sýnutöku af hörpudiski. Hörpudisksýnum frá hverjum sýnatökustað var skipt í tvo til þrjá stærðarflokka eftir hæð

skeljar með samtals 10 einstaklingum í hverjum flokki. Allir einstaklingar (n=10) í hverjum stærðarflokk voru síðan aldursgreindir og reiknaður meðalaldur fyrir hvern stærðarflokk byggt á niðurstöðum 10 einstaklinga. Við sýnaundirbúning var búið til eitt einsleitt safnsýni samdráttarvöðva og eitt safnsýni innyfla úr hverjum stærðarflokk (n=10).

Eins og áður segir þá var í þessu verkefni lögð sérstök áhersla á að kanna sérstöðu Arnarfjarðar m.t.t. kadmíns og því voru flest sýnin af hörpudisk þaðan, en mjög fá sýni frá öðrum stöðum. Vegna þess að ekki tókst að safna fleiri hörpudisksýnum í rannókninni og sökum þess hve mikil dreifing er í niðurstöðum snefilefnagreininga (sjá t.d. mynd 6) leiddi tölfræðileg greining á gögnunum ekki til marktækrar niðurstöðu.

Niðurstöður mælinga á styrk kadmíns og annarra snefilefna í samdráttarvöðva í einstökum hörpudisksýnum er að finna í Viðauka B í fylgiskjölum. Á mynd 6 má sjá samband þyngdar samdráttarvöðva (holds) og styrk kadmíns í hörpudisk, þessi mynd sýnir t.d. glögggt hve mikil dreifing er í niðurstöðum snefilefnagreininga fyrir kadmín og því ekki unnt að greina nein tölfræðilega marktæk tengsl.



Mynd 6. Samband þyngdar samdráttarvöðva (holds) og styrk Cd í hörpudisk (mg/kg þurrvigt).

Niðurstöður mælinga á styrk kadmíns í samdráttarvöðva á þurrvigtar- og votvigtargrunni í einstökum hörpudisksýnum sýna er að finna í töflu 5.

Tafla 5 Staðsetning, hnit, meðalaldur & meðalþyngd samdráttarvöðva (n=10), vatn & þurrefnishlutfall og styrkur kadmíns á þurr- og votvigtargrunni í samdráttarvöðva hörpudisks. Hámarksgildi ESB fyrir samlokur er 1,0 mg/kg votvigt

Staður	Breiddargr xx°yy'zz"	Lengdargr xx°yy'zz"	Meðalaldur (n=10)		Þyngd samdráttarvöðva		Vatn %	Þurrefni %	Kadmín		Kadmín	
			Ár	±	g	±			mg/kg þurrvigt	±	mg/kg votvigt	±
Breiðafj.	652330N	225600W	9,3	1,3	9,0	1,7	78,6	21,4	7,08	0,24	1,51	0,05
Breiðafj.	652330N	225600W	7	0,5	6,3	1,1	76,8	23,2	7,01	0,10	1,63	0,02
Breiðafj.	652330N	225600W	4,7	0,6	2,3	1,5	76,8	23,2	8,43	0,19	1,96	0,04
Breiðafj.	650810N	225080W	9,8	0,9	7,4	1,8	77,7	22,3	6,84	1,41	1,53	0,31
Breiðafj.	650810N	225080W	4,6	1,0	2,2	1,2	74,9	25,1	8,73	0,32	2,19	0,08
Breiðafj.	650800N	224920W	9,5	1,7	7,7	1,9	78,2	21,8	9,94	0,31	2,17	0,07
Breiðafj.	650800N	224920W	7,0	0,7	5,4	0,8	75,7	24,3	8,86	0,17	2,15	0,04
Breiðafj.	650800N	224920W	5,4	0,5	3,0	0,8	76,0	24,0	8,63	0,41	2,07	0,10
Húnaflói	655100N	202100W	9,8	1,5	6,1	0,8	77,6	22,4	14,41	0,86	3,23	0,19
Húnaflói	655100N	202100W	7,8	0,7	4,7	0,9	77,8	22,2	12,17	0,29	2,70	0,06
Húnaflói	655100N	202100W	6,6	0,5	3,1	0,7	76,5	23,5	11,95	0,42	2,81	0,10
Húnaflói	655550N	202440W	9,2	2,3	4,5	1,4	80,6	19,4	15,16	1,36	2,94	0,26
Húnaflói	655550N	202440W	7,6	0,8	3,1	0,9	77,0	23,0	13,15	0,46	3,03	0,11
Dýrafj.	655570N	234600W	9,4	0,5	9,2	1,7	75,2	24,8	6,34	0,19	1,57	0,05
Dýrafj.	655570N	234600W	6,8	0,4	7,0	1,1	74,4	25,6	8,25	0,35	2,11	0,09
Dýrafj.	655570N	234600W	5,6	0,5	4,0	1,6	75,3	24,7	7,04	0,11	1,74	0,03
Arnarfj.	655110N	235350W	12	1	4,6	1,3	83,5	16,5	17,47	0,25	2,88	0,04
Arnarfj.	655110N	235350W	9,4	0,5	3,2	1,0	82,1	17,9	16,82	0,28	3,01	0,05
Arnarfj.	655110N	235350W	7,4	0,7	2,6	0,8	78,1	21,9	11,60	0,22	2,54	0,05
Arnarfj.	654840N	234790W	8,8	1,8	3,9	1,1	82,3	17,7	17,26	0,34	3,05	0,06
Arnarfj.	654840N	234790W	7,1	0,4	2,6	0,5	77,6	22,4	9,38	0,22	2,10	0,05
Arnarfj.	654840N	234790W	4,2	1,0	0,6	0,4	77,9	22,1	19,17	1,01	4,24	0,22
Arnarfj.	654620N	233920W	10,4	1,5	5,4	1,4	82,0	18,0	16,09	0,18	2,90	0,03
Arnarfj.	654620N	233920W	5,7	0,5	2,6	0,9	78,7	21,3	13,24	0,93	2,82	0,20
Arnarfj.	654620N	233920W	4,6	0,5	0,5	0,2	78,7	21,3	35,19	1,39	7,49	0,30
Arnarfj.	654370N	233440W	11,1	0,6	5,1	1,5	82,7	17,3	20,85	0,77	3,61	0,13
Arnarfj.	654370N	233440W	7,1	0,3	3,4	0,7	77,7	22,3	12,99	0,30	2,90	0,07
Arnarfj.	654370N	233440W	6,4	0,5	2,6	0,5	77,3	22,7	12,02	0,40	2,73	0,09
Arnarfj.	654320N	234140W	7,2	0,8	3,7	0,8	79,8	20,2	12,18	0,30	2,46	0,06
Arnarfj.	654320N	234140W	4,6	0,7	1,2	0,5	77,1	22,9	18,87	0,74	4,32	0,17
Arnarfj.	654780N	235650W	11,7	0,7	9,7	2,8	81,6	18,4	12,43	0,49	2,29	0,09
Arnarfj.	654780N	235650W	8,6	0,5	6,3	1,4	78,8	21,2	10,67	0,51	2,26	0,11
Arnarfj.	654780N	235650W	8,4	0,7	4,9	1,6	79,4	20,6	11,63	0,22	2,40	0,04
Patreksfj.	653960N	240570W	8,8	1,6	2,4	1,1	81,6	18,4	23,71	0,45	4,36	0,08
Patreksfj.	653960N	240570W	5,8	0,4	1,8	0,4	79,0	21,0	14,43	0,29	3,03	0,06
Patreksfj.	653960N	240570W	3,7	0,5	1,0	0,3	78,8	21,2	13,30	0,64	2,82	0,14
Patreksfj.	653840N	241030W	9,7	0,7	7,1	2,8	81,0	19,0	10,12	0,12	1,92	0,02
Patreksfj.	653840N	241030W	7,4	0,5	4,7	0,6	76,7	23,3	9,81	0,17	2,29	0,04
Patreksfj.	653840N	241030W	2,9	0,6	0,3	0,2	79,9	20,1	21,12	0,70	4,24	0,14

Tafla 6. Niðurstöður frá Fiskistofu um styrk kadmíns á votvigtargrunni í hörpudisksýnum af Íslandsmiðum. Hámarksgildi ESB fyrir samlokur er 1,0 mg/kg votvigt

Staðsetning	Hnit	Kadmín í öllum mjúkvöðva mg/kg votvigt	Kadmín í samdráttarvöðva mg/kg votvigt
Breiðarfjörður, N-svæði	—	2,73 ± 0,03	0,23 ± 0,01
Hvalfjörður	—	2,73 ± 0,01	0,44 ± 0,01
Arnarfjörður	—	3,84 ± 0,02	—
Arnarfjörður-Lokinhamrar	65°5057N 23°5325V	4,44 ± 0,01	1,32 ± 0,03
Arnarfjörður	65°4621N 23°5183V	4,06 ± 0,01	—
Arnarfjörður	65°4576N 23°3602V	4,54 ± 0,02	1,02 ± 0,01
Arnarfjörður [†]	—	3,65*± 0,04	1,66 ± 0,01

— Engin gögn fáanleg

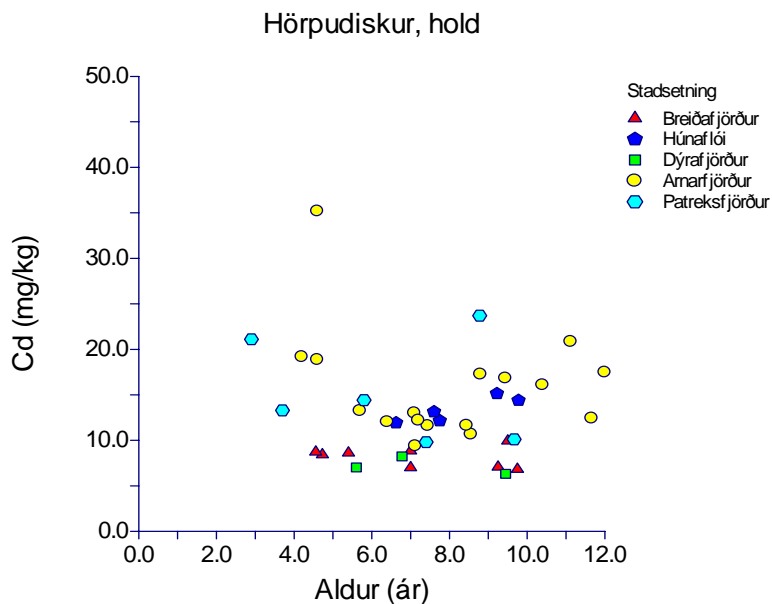
[†]Þessu safnsýni af hörpudisk (n=50) var skipt í innnyfli og fót

* mælt í innnyflum hörpudisks

Þegar styrkur kadmíns (mg/kg votvigt) í samdráttarvöðva hörpudisks úr Arnarfirði, sem mældur var í þessari rannsókn (Tafla 6), er borinn saman við fyrri niðurstöður úr Arnarfirði (Tafla 6) sést að niðurstöður úr þessari rannsókn eru hærri eða 2,91mg/kg ± 0,65 votvigt að meðaltali (n= 16 eitt mjög hátt gildi ekki meðtalið) samanborið við gildi á bilinu 1,02 til 1,66 mg/kg í fyrri greiningum fyrir Fiskistofu. Þessi háu gildi í okkar rannsókn geta bent til þess að það hafi orðið mengun frá innnyflum yfir í samdráttarvöðva. Vitað er að frost fór af frystigeymslunni sem sýnin voru geymd í og líklega hafa sýnin þiðnað við það og síðan frosið aftur, við þetta gæti hæglega hafa orðið mengun frá innnyflum yfir í samdráttarvöðvann en styrkur kadmíns í innnyflum hörpudisks er að jafnaði hærri (sjá. Viðauka C í fylgiskjöllum) en í samdráttarvöðvanum. Vegna þess að líklegt má telja að það hafi orðið mengun á snefilefnum frá innnyflum yfir í samdráttarvöðvann er erfitt að gera samanburð við niðurstöður annarra vísindamanna, en samkvæmt niðurstöðum rannsókna á styrk kadmíns í öllum mjúkvöðva hörpudisks (*Chlamys islandica*) við Nuuk í Vestur-Grænlandi var styrkur kadmíns 2,93 mg/kg ± 0,65 að meðaltali (5), sem er lægri styrkur en fyrri greiningar á öllum

mjúkvöðva hörpudisks úr Arnarfirði 4,06 - 4,54 mg/kg votvigt benda til (sjá nánar í töflu 6) en svipaður styrkur hefur hins vegar mælst í hörpudiski úr Breiðafirði og Hvalfirði.

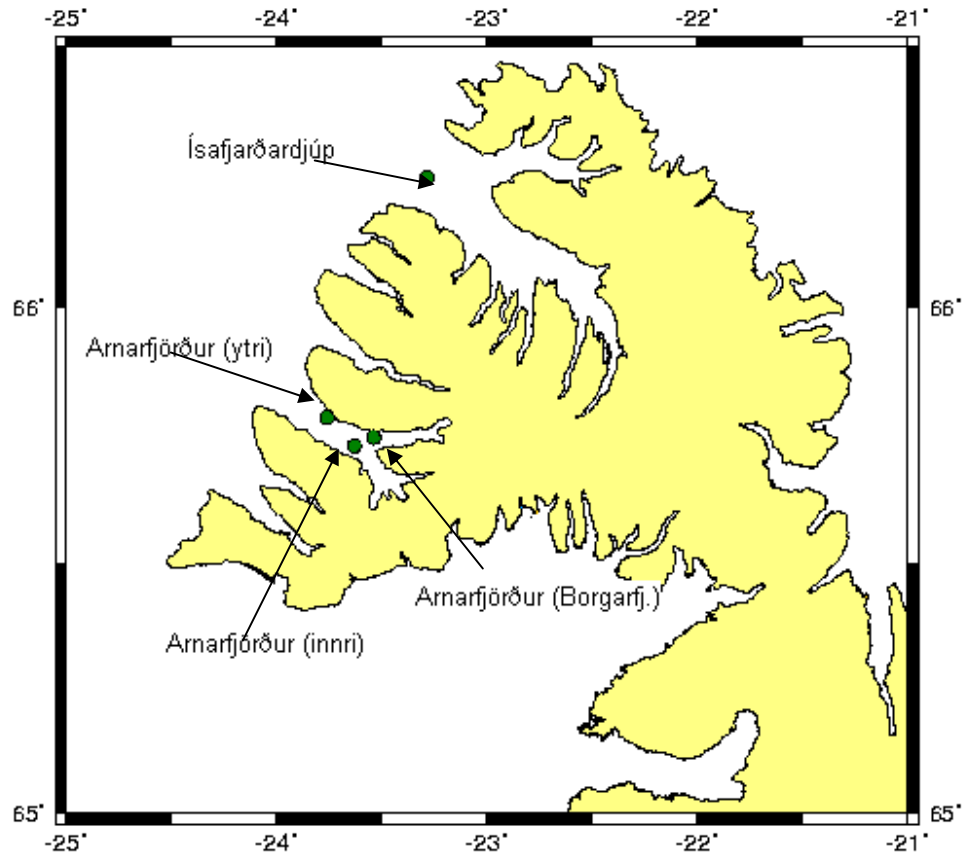
Talið var mikilvægt að aldursgreina hörpudisk þar sem þungmálmar geta safnast upp í lífverum þannig að styrkur þeirra eykst með aldri. Mynd 7 sýnir samband milli aldurs og styrk kadmíns í hörpudisk og þessar niðurstöður benda ekki til að styrkur kadmíns aukist með aldri, en vegna þess að ekki tókst að safna fleiri hörpudisksýnum í þessari rannsókn var ekki unnt að greina nein tölfræðilega marktæk tengsl út frá þeim gögnum sem safnað var. Þessar niðurstöður eru í samræmi við niðurstöður rannsókna á styrk kadmíns í hörpudisk (*Chlamys islandica*) við Nuuk í Vestur-Grænlandi (5), en sú rannsókn benti ekki heldur til þess styrkur kadmín aukist með aldri hörpudisks.



Mynd 7. Samband aldurs og styrk Cd í hörpudisk (mg/kg þurrvigt).

Set

Í verkefninu voru mæld ólífræn snefilefni í samtals fjórum sýnum af seti, þar af voru þrjú sýni af mismunandi stöðum úr Arnarfirði, nákvæm staðsetning sýnatökustaða sést á mynd 8.



Mynd 8. Sýnatökustaðir sjávarsets á 4 stöðum á NV miðum eru sýndir með grænum hringjum

Tafla 7. Styrkur nokkurra snefilefna (mg/kg þurrvigt) og hlutfall lífræns kolefnis (% TOC) í sjávarseti af NV miðum.

Staðsetning	Lag í kjarna	Cd		Cu		Hg		Pb		Zn		TOC %
		mg/kg	±	mg/kg	±	mg/kg	±	mg/kg	±	mg/kg	±	
Ísafjarðardjúp	Efst	0,196	0,05	39,6	6,2	0,0904	0,0522	6,59	1,43	41,3	7,5	2,2
Ísafjarðardjúp	Miðja	0,34	0,088	45,1	7,1	0,054	0,0457	10,3	2,2	50,5	9,2	2,3
Ísafjarðardjúp	Neðst	0,263	0,067	40,4	6,4	<0.04		3,48	0,76	38,9	7,1	1,6
Arnarfjörður (ytri)	Efst	0,242	0,065	50,4	8	0,0934	0,0523	5,46	1,19	48,6	8,8	2
Arnarfjörður (ytri)	Miðja	0,294	0,078	57,4	9,1	0,0535	0,0458	6,81	1,48	54,4	9,9	2,4
Arnarfjörður (ytri)	Neðst	0,373	0,101	62,9	9,9	<0.04		3,33	0,72	51,4	9,4	2,1
Arnarfj. (Borgarfj.)	Efst	0,203	0,052	51,4	8,1	<0.04		5,63	1,22	51,3	9,3	2,7
Arnarfj. (Borgarfj.)	Miðja	0,318	0,083	61	9,6	<0.04		4,53	0,98	55,2	10,1	2,5
Arnarfj. (Borgarfj.)	Neðst	0,4	0,103	65,4	10,3	<0.04		1,98	0,43	53,1	9,7	2,2
Arnarfjörður (innri)	Efst	0,245	0,064	45,1	7,1	<0.04		7,22	1,57	49,7	9,1	2,9
Arnarfjörður (innri)	Miðja	0,255	0,066	49	7,8	<0.04		8,13	1,76	53,6	9,8	3
Arnarfjörður (innri)	Neðst	0,281	0,073	51,9	8,2	<0.04		4,91	1,07	51,4	9,4	2,5

Samantekt á niðurstöðum nokkurra snefilefna í seti af NV-miðum er að finna í töflu 7, en niðurstöður allra efnagreininga sem gerðar voru á setinu er að finna í Viðauka D í fylgiskjölum. Niðurstöður í töflu 7 og í fylgiskjölum sýna að magn snefilefna í sjávarseti í Arnarfirði er mjög svipað og fyrri mælingar á snefilefnum í sjávarseti á sömu stöðum, þ.e.a.s Arnarfirði (hnit: 65°47'56"N & 23°51'05"W) og Djúpál í mynni Ísafjarðardjúps (hnit: 66°15'56"N & 23°51'05"W) gefa til kynna (38). Styrkur kadmíns í sjávarseti bæði úr Ísafjarðardjúpi og Arnarfirði er þó allt að helmingi hærri en bakgrunnsstyrkurinn í sjávarseti t.d. við Grænland sem er $0,12 \pm 0,05$ mg/kg þurrvigt (5). Ekki var verulegur munur á styrk kadmíns og annarra snefilefna í seti sem tekið var á mismunandi stöðum í Arnarfirði, til dæmis er ekki mikill munur á styrk kadmíns í setsýnum sem tekin voru rétt fyrir aftan megnþröskuld fjarðarins (Arnarfjörður ytri) og þeim sem tekin voru fyrir aftan minni þröskuld sem liggur innar í Arnarfirði (Borgarfjörður og Arnarfjörður innri). Þetta bendir til þess að skýringa á háum styrk kadmíns í kræklingi úr Arnarfirði (tafla 1 og 3) sé líklega ekki að leita í hærri styrk kadmíns í seti á þessu svæði, hins vegar er nauðsynlegt að gera víðtækari jarðefnafræðilega rannsókn á þessu svæði til þess að hægt sé að slá þessu föstu.

5. ÁLYKTANIR

Helstu ályktanir niðurstaðna þessa verkefnis eru:

- Styrkur kadmíns (mg/kg þurrvigt) í kræklingasýnum frá Arnarfirði er almennt töluvert hærri en í öðrum sýnum sem tekin voru af kræklingi á NV-miðum
- Tölfræðilega marktækur munur er á styrk kadmíns í kræklingi úr Arnarfirði samanborið við aðra firði á NV miðum (T-próf, $\alpha = 0,05$ (5%))
- Það er tilhneiging til að styrkur járn (Fe), kopars (Cu), mangan (Mn) og síns (Zn) sé lægri í kræklingi í Arnarfirði en öðrum fjörðum á NV-miðum, þessi munur á milli Arnarfjarðar og annarra fjarða er mest áberandi fyrir járn og sink
- Niðurstöður verkefnisins leiða í ljós að styrkur kadmíns í kræklingi úr Arnarfirði er yfir hámarksgildum ESB fyrir krækling í 9 sýnum af 10, auk þess eru sýni af kræklingi af ræktunarböndum úr Hestfirði í Ísafjarðardjúpi og Ósafirði (inn af Patreksfirði) yfir

mörkum ESB (1,0 mg/kg votvigt fyrir samlokur). Kræklingasýni frá Dýrafirði, Seyðisfirði í Ísafjarðardjúpi og Patreksfirði við Sandodda eru einnig mjög nálægt mörkum ESB.

- Magn snefilefna í seti á NV-miðum virðist vera mjög svipað og fyrri mælingar á snefilefnum í íslensku sjávarseti í Arnarfirði og Djúpál í mynni Ísafjarðardjúps gefa til kynna. Þetta bendir til þess að skýringa á háum styrk kadmíns í kræklingi úr Arnarfirði sé líklega ekki að leita í hærri styrk kadmíns í seti á þessu svæði
- Niðurstöður verkefnisins gefa upplýsingar um sérstöðu íslenskra hafsvæða með tilliti til ólífrænna snefilefna. Slíkar upplýsingar og vísindaleg gögn eru forsenda þess að Íslendingar geti haft áhrif á ákvarðanatöku við setningu hámarksgilda fyrir matvæli t.d. hjá ESB. Niðurstöður úr verkefninu hafa nú þegar verið nýttar til að hafa áhrif á hækkun á hámarksgildum ESB fyrir kadmín í samlokum og hafa verið send til EFSA vegna gagnasöfnunar um kadmín í matvælum.
- Hluti niðurstaðnanna getur nýst beint við úttektir Fiskistofu við heilnæmisúttektir skelfiskveiði- og ræktunarsvæða.
- Mikilvægt er að líta á þetta verkefni sem áfangaverkefni í gagnaöflun um sérstöðu íslenskra hafsvæða, en ljóst er að frekari rannsókna er þörf á þessu sviði. Vegna vaxandi áhuga á kræklingarækt hér við land væri t.d. æskilegt að vinna að frekari rannsóknum og verkefnum sem væru klæðskerasniðin að kræklingarækt. Verkefni af þeim toga krefjast þverfaglegar þekkingar og bestar líkur á árangri nást með samstarfi mismunandi fagaðila sem og hagsmunaaðila.

6. ÞAKKARORÐ

Sérstakar þakkir fá allir starfsmenn Hafrannsóknastofnunar og Veiðimálastofnunar sem og heimamenn á Vestfjörðum sem tóku þátt í sýnasöfnun og veittu ýmsar upplýsingar vegna framkvæmd þessa verkefnis. Starfsmenn Rannsóknarstöðvar í Sandgerði fá sömuleiðis þakkir fyrir sýnaundirbúning og aldursgreiningu hörpuðisks. Verkefnið var styrkt af AVS rannsóknarsjóði, Rannsóknarstofnun fiskiðnaðarins og Mátis ohf og fá þessir aðilar bestu þakkir fyrir fjármögnun verkefnisins.

7. HEIMILDIR

- 1) Magnús Jóhannesson, Jón Ólafsson, Sigurður M. Magnússon, Davíð Egilson, Guðjón Atli Auðunsson og Stefán Einarsson 1995. Mengunarmælingar í sjó við Ísland. Lokaskýrsla. Gefið út af Umhverfisstofnun. 137 s.
- 2) Jón Ólafsson, Guðjón Atli Auðunsson, Stefán Einarsson, Magnús Danielsen 1994. Klórlífræn efni, þungmálmar og næringarsölt á Íslandsmiðum. Íslendingar, hafíð og auðlindir þess. Unnsteinn Stefánsson, ritstj. Visindafélag Íslendinga (*Societas scientiarum Islandica*), Ráðstefnurit IV, bls. 225-251.
- 3) Elisabet D. Ólafsdóttir, Sigurður E. Pálsson, Sigurður M. Magnússon og Kjartan Guðnason 1999. Distribution and origin of Cs-137 in the ocean around Iceland-an indicator of man-made radioactivity (1999). Rit Fiskideildar 16, 69-77.
- 4) Dietz, R., Riget, F., og Johansen, P. 1996. Lead, cadmium, mercury and selenium in Greenland marine animals. *Science of the Total Environment*, 186, 67-93
- 5) Pedersen, K.H., Jorgensen, B., Asmund, G. 2005. Cadmiumindholdet I kammusling *Chlamys islandica* ved Nuuk, Vestgrønland, 2004 Faglig rapport fra DMU, nr.540, 1-36 pp
- 6) Jón Ólafsson 1986. Trace metals in mussels (*Mytilus rdulis*) from southwest Iceland. *Marine Biology* 90:223-229.
- 7) Davíð Egilsson, Elisabet D. Ólafsdóttir, Eva Yngvadóttir, Helga Halldórsdóttir, Flosi Hrafn Sigurðsson, Gunnar Steinn Jónsson, Helgi Jensson, Karl Gunnarsson, Sigurður Aþráinsson, Andri Stefánsson, Hallgrímur Daði Indriðason, Hreinn Hjartarson, Jóhanna Thorlacius, Kristín Ólafsdóttir, Sigurður R.Gíslason og Jörundur Svavarsson 1999. Mælingar á mengandi efnum á og við Ísland. Niðurstöður vöktunarmælinga. Starfshópur um mengunarmælingar, mars 1999, Reykjavík.
- 8) Guðjón Atli Auðunsson 2001. Kræklingsrannsóknir út af Klettagörðum 1998. Unnið fyrir Gatnamálastjórnann í Reykjavík. Skýrsla Rf 10-01.
- 9) Guðjón Atli Auðunsson 1997. Mengunarvöktun í Breiðarfirði 1996-1997, Rannsóknastofnun fiskiðnaðarins. Skýrsla Rf 22-97, 30 s. Eign verkkaupa.
- 10) Sasan Rabieh, Ernst Schmeisser, Eva Yngvadóttir, Ingibjörg Jónsdóttir, Þuríður Ragnarsdóttir, and Helga Gunnlaugsdóttir, Monitoring of the marine biosphere around Iceland 2005 and 2006, Skýrsla Matís 28-07
- 11) Guðjón Atli Auðunsson 1994. Trace Metals and Organochlorines in Ocean Quahog from Öndarfjörður, Fljótavík, and Aðalvík, NW-Iceland, November 1993-November 1994. *Rf Report 87* 1995. In manuscript
- 12) Guðjón Atli Auðunsson 1999. The effect of nutritional status of Icelandic cod (*Gadus merhua*) on macroconstituents and trace elements in the liver. Rit Fiskideildar 16, 111-129.
- 13) Zauke, G.P., Savinov, V.M., Ritterhoff, J., and Savinova, T. 1999. Heavy metals in fish from the Barents Sea (summer 1994). *Sci.Tot.Environ.*, 227: 161-173.
- 14) Riget, F., Dietz, R., Johansen, P., og Asmund, G. 2000. Lead, cadmium, mercury and selenium in Greenland marine biota and sediments during AMAP phase 1. *Science of the Total Environment*, 245: 3-14.

- 15) Sonne-Hansen, C., Dietz, R., Leifsson, P.S., Hyldstrup, L., and Riget, F.F. 2002. Cadmium toxicity to ringed seals (*Phoca hispida*): an epidemiological study of possible cadmium-induced nephropathy and osteodystrophy in ringed seals (*Phoca hispida*) from Qaanaaq in Northwest Greenland. *The Science of The Total Environment*: 167-181.
- 16) Dietz, R., Nørregaard, J. og Hansen, J.C. 1998. Have Arctic Marine Mammals Adapted to High Cadmium Levels? *MAr.Poll.Bull.*, 36: 490-492.
- 17) Riget, F., and Dietz, R. 2000. Temporal trends of cadmium and mercury in Greenland marine biota. *The Science of The Total Environment*. 245: 49-60.
- 18) Jón Ólafsson 1983. Mercury Concentrations in the North Atlantic in Relation to Cadmium, Aluminium and Oceanographic Parameters. *In* (C.S.Wong, E.Boyle, K.W.Bruland, J.D.Burton, and E.D.Goldberg, eds.) *Trace Metals in Sea Water*. Plenum Press, New York. 475-485.
- 19) Macdonald, R.W. *et al.* 2000. Contaminants in the Canadian Arctic: 5 years of progress in understanding sources, occurrence and pathways. *The Science of The Total Environment*. 254: 93-234.
- 20) Yeats, P.A. 1998. An isopycnal analysis of cadmium distributions in the Atlantic Ocean. *Mar.Chem.*, 61: 15-23.
- 21) Pfirman, S.L., Eicken, H., Bauch, D., og Weeks, W.F. 1995. Potential transport of pollutants by Arctic sea ice. *Science of the Total Environment*, 159, 129-146.
- 21) Ritterhoff, J., and Zauke, G.P. 1997a. Bioaccumulation of trace metals in Greenland Sea copepod and amphipod collectives on board ship: verification of toxicokinetic model parameters. *Aquat.Toxicol.*, 40: 63-78.
- 22) Ritterhoff, J., and Zauke, G.P. 1997b. Influence of body length, life-history, status and sex on trace metal concentrations in selected zooplankton collectives from Greenland Sea. *Mar.Poll.Bull.*, 34: 614-621.
- 23) Zauke, G.P., Savinov, V.M., Ritterhoff, J., and Savinova, T. 1999. Heavy metals in fish from the Barents Sea (summer 1994). *Sci.Tot.Envir.*, 227: 161-173.
- 24) Muir, D., Braune, B., DeMarch, B., Norstrom, R., Wageman, R., Lockhart, L., Hargrave, B., Bright, D., Addison, R., Payne, J., and Reimer, K. 1999. Spatial and temporal trends and effects of contaminants in the Canadian Arctic marine ecosystem: a review. *Sci.Tot.Envir.*, 230: 83-144.
- 25) Zauke, G.-P., Clason, B., Savinov, V.M., and Savinova, T. 2003. Heavy metals of inshore benthic invertebrates from the Barents Sea. *Sci.Tot.Envir.*, 306: 99-110.
- 26) Riget, F., Dietz, R., and Johansen, P. 1997. Zinc, cadmium, mercury and selenium in Greenland fish. *Medd.Gronland, Biosci.*, 48: 5-18.
- 27) Dietz, R., Riget, F., and Johansen, P. 1996. Lead, cadmium, mercury and selenium in Greenland marine animals. *Science of the Total Environment*, 186, 67-93.
- 28) Riget, F., RDietz, P. Johansen, og G. Asmund 2000. Lead, cadmium, mercury and selenium in Greenland marine biota and sediments during AMAP phase 1. *Science of the Total Environment*, 245: 3-14.
- 29) Outridge, P.M., Evans, R.D., Wagemann, R., and Stewart, R.E.A. 1997. Historical trends of heavy metals and stable isotopes in beluga (*Delphinapterus leucas*) and walrus (*Odobenus rosmarus rosmarus*) in the Canadian Arctic. *Sci.Tot.Envir.*, 203: 209-219.

- 30) Ásta Margrét Ásmundsdóttir, Helga Gunnlaugsdóttir, 2006, Undesirable substances in seafood products—results from the monitoring activities in 2005, Skýrsla Rf 22-06, 39 p
- 31) Johannssen, O. H. 1973. Age determination in *Chlamys islandica* (Müller). *Astarte* 6:15-20
- 32) Wiborg, K. F., K. Hansen and H. E. Olsen. 1974. Iceland scallop, *Chlamys islandica* (Müller) at Spitsbergen and Bear Islands – investigations in 1973. *Fiskets Gang*, 11:209-217
- 33) ISO 6496 1999 Method for analysing the water content in fish and fishmeal
- 34) AOCS Official Method Ba 3-38 and application note Tecator no AN 301, 1997
- 35) Brzóska, M.M. og Moniuszko-Jakoniuk, J. 2001. Interactions between cadmium and zinc in the organism. *Food and Chemical Toxicol.*, 39: 967-980.
- 36) McLaughlin, M.J., Parker, D.R. og Clarke, J.M. 1999. Metals and micronutrients - food safety issues. *Fields Crops Research*, 60: 143-163.
- 37) P.Bustamante og P.Miramand 2004. Interspecific and geographical variations of trace element concentrations in Pectinidae from European waters. *Chemosphere*, 57: 2355-1362.
- 38) <http://www.ust.is/Frodleikur/UtgefingEfni/nr/1776>

VIDAUKAR: Niðurstöður mælinga á ólífrænum snefilefnum

Viðauki A. Styrkur ólífrænna snefilefna í mjúkvöðva kræklingassýna á þurrvigtagrunni (mg/kg þurrvig)

Sýnanúmer	Staðsetning	Hvar	Fat		Þurrefni		Ólífræn snefilefni-þurrvig									
			%	±	%	±	Cd		Mn		Fe		Cu		Zn	
							mg/kg	±	mg/Kg	±	mg/kg	±	mg/kg	±	mg/kg	±
SN-06-104	Arnarfj. (Fossfjörður)	Ræktun	0,7	0,4	14,0	0,4	12,65	0,29	5,57	0,08	118,90	1,56	6,29	0,09	92,85	1,44
SN-06-105	Arnarfj. (Fossfjörður)	Ræktun	0,4	0,4	14,3	0,4	13,14	0,51	5,26	0,06	118,47	4,03	5,75	0,08	92,62	0,52
SN-06-53	Arnarfj. (Haganes)	Ræktun	0,4	0,4	10,4	0,4	13,57	0,33	5,19	0,15	117,79	4,81	5,52	0,20	103,33	6,78
SN-06-54	Arnarfj. (Haganes)	Ræktun	0,4	0,4	10,5	0,4	15,78	0,60	6,61	0,18	226,36	10,59	5,63	0,26	115,42	7,50
SN-06-55	Arnarfj. (Haganes)	Ræktun	0,8	0,4	12,3	0,4	13,40	0,23	4,24	0,08	109,67	7,67	6,18	0,10	87,26	1,52
SN-06-56	Arnarfj. (Haganes)	Ræktun	0,4	0,4	9,4	0,4	9,59	0,59	13,94	0,11	440,67	9,62	7,25	0,10	140,54	2,98
SN-06-57	Arnarfj. (Haganes)	Ræktun	0,7	0,4	11,3	0,4	16,65	0,41	5,53	0,11	121,98	3,40	5,58	0,10	98,05	1,54
SN-06-58	Arnarfj. (Haganes)	Ræktun	1,6	0,4	21,3	0,4	8,94	0,05	6,69	0,12	82,27	2,83	5,47	0,05	84,88	2,04
SN-06-102	Arnarfj. (Haganes)	Ræktun	0,8	0,4	14,3	0,4	14,32	0,35	6,61	0,11	120,47	4,17	6,10	0,12	105,31	3,26
SN-06-41	Arnarfj. (Reykjafjörður)	Ræktun	0,9	0,4	15,0	0,4	11,83	0,24	4,49	0,03	103,87	1,10	5,22	0,07	80,60	1,57
SN-06-103	Arnarfj. (Reykjafjörður)	Ræktun	0,4	0,4	13,9	0,4	9,98	0,25	5,95	0,12	165,17	7,25	6,24	0,10	106,58	6,56
SN-04-377	Dýrafjörður	Fjara	0,2	0,4	7,6	0,4	10,66	0,30	5,09	0,41	285,80	31,45	7,36	0,16	146,32	1,03
SN-06-67	Hestfjarðarbotn	Fjara	0,3	0,4	7,7	0,4	6,61	0,06	16,49	0,43	868,59	44,21	7,36	0,16	139,57	2,34
SN-04-380	Ísafjarðardjúp (Hestfjörður)	Ræktun	0,4	0,4	14,4	0,4	8,40	0,05	5,48	0,05	88,76	3,59	5,00	0,28	101,22	0,67
SN-06-101	Ísafjarðardjúp (Hestfjörður)	Ræktun	0,5	0,4	13,1	0,4	7,26	0,12	6,00	0,04	113,44	2,25	7,56	0,06	108,36	0,73
SN-06-61	Ísafjarðardjúp (Nauteyri)	Fjara	0,3	0,4	7,5	0,4	4,45	0,18	21,39	4,66			8,84	0,33	172,58	2,16
SN-06-62	Ísafjarðardjúp (Nauteyri)	Fjara	0,2	0,4	6,0	0,4	4,78	0,09	17,53	1,02	918,10	72,75	7,45	0,35	148,34	3,16
SN-06-64	Ísafjarðardjúp (Reykjafjörður)	Ræktun	0,8	0,4	11,2	0,4	2,08	0,06	7,66	0,30	419,35	1,84	8,09	0,22	109,91	2,00
SN-04-381	Ísafjarðardjúp (Seyðisfj. vestur)	Ræktun	0,9	0,4	14,5	0,4	5,97	0,15	6,90	0,06	212,66	2,52	5,59	0,08	94,27	1,97
SN-06-66	Mjóafjarðarbotn	Fjara	0,1	0,4	4,8	0,4	10,02	0,42	7,35	0,49	373,31	35,24	5,92	0,27	154,97	5,98
SN-04-339	Ósafjörður 2m dýpi	Ræktun	1,4	0,4	21,0	0,4	5,57	0,09	6,36	0,02	97,84	1,67	6,11	0,04	295,60	2,83
SN-04-338	Patreksfjörður v/Sandodda	Ræktun	1,5	0,4	19,0	0,4	4,88	0,04	8,03	0,10	182,62	2,93	11,12	0,08	79,67	0,75
SN-06-65	Skötufjarðarbotn	Fjara	0,2	0,4	7,4	0,4	6,36	0,07	4,92	0,36	191,55	18,34	5,35	0,21	119,17	1,54
SN-06-59	Steingrímsfjörður (Hólmavík)	Fjara	0,2	0,4	7,3	0,4	3,50	0,12	7,82	0,16	419,60	13,34	5,77	0,11	128,62	2,21
SN-06-60	Steingrímsfjörður (Hólmavík)	Fjara	0,3	0,4	7,0	0,4	3,98	0,09	8,43	0,44	472,24	18,52	7,18	0,22	142,68	1,24
SN-04-379	Súgandafjörður	Fjara	0,1	0,4	6,0	0,4	1,72	0,11	4,90	0,17	329,03	9,07	5,39	0,24	150,52	2,62
SN-06-106	Tálknafjörður 2m	Ræktun	1,6	0,4	20,0	0,4	2,97	0,04	5,60	0,09	122,48	4,83	5,51	0,09	92,72	2,03
SN-06-107	Tálknafjörður 7m	Ræktun	1,7	0,4	20,9	0,4	2,34	0,27	7,71	0,48	191,58	17,37	6,98	0,11	70,86	1,36
SN-04-378	Önundafjörður	Fjara	0,1	0,4	7,0	0,4	2,44	0,07	5,26	0,13	161,54	7,55	6,48	0,09	99,29	1,59
Greiningarmörk (MLOD)							0,346		0,484		57,3		1,24		10,8	

Viðauki B. Styrkur ólífræna snefilefna í samdráttarvöðva hörpudisks (n=10) á þurrvigtagrunni (mg/Kg þurrvig)

Sýnanr.	Staður	Breiddargr xx°yy'zz"	Lengdargr xx°yy'zz"	Aldur		Samdráttarvöðvi		Þurrefni	Ólífræn snefilefni þurrvig									
									Cd		Mn		Fe		Cu		Zn	
									mg/kg	±	mg/kg	±	mg/kg	±	mg/kg	±	mg/kg	±
SN-06-158	Breiðafj.	652330N	225600W	9,3	1,3	9,0	1,7	21,4	7,08	0,24	3,00	0,33	41,24	3,70	0,61	0,17	55,53	1,72
SN-06-159	Breiðafj.	652330N	225600W	7	0,5	6,3	1,1	23,2	7,01	0,10	2,36	0,19	34,82	4,14	3,42	0,40	50,00	0,75
SN-06-160	Breiðafj.	652330N	225600W	4,7	0,6	2,3	1,5	23,2	8,43	0,19	3,90	0,22	48,00	5,20	8,80	0,30	50,52	0,73
SN-06-161	Breiðafj.	650810N	225080W	9,8	0,9	7,4	1,8	22,3	6,84	1,41	1,77	0,14	36,72	4,01	2,31	0,17	53,74	0,65
SN-06-162	Breiðafj.	650810N	225080W	4,6	1,0	2,2	1,2	25,1	8,73	0,32	2,31	0,26	32,94	1,57	2,64	1,17	47,32	1,61
SN-06-164	Breiðafj.	650800N	224920W	9,5	1,7	7,7	1,9	21,8	9,94	0,31	2,62	0,15	51,31	7,14	1,34	0,04	56,06	0,84
SN-06-165	Breiðafj.	650800N	224920W	7,0	0,7	5,4	0,8	24,3	8,86	0,17	2,07	0,09	39,77	6,41	1,19	0,13	43,51	1,82
SN-06-166	Breiðafj.	650800N	224920W	5,4	0,5	3,0	0,8	24,0	8,63	0,41	2,93	0,30	49,98	3,93	6,61	0,54	44,62	0,84
SN-06-167	Húnaflói	655100N	202100W	9,8	1,5	6,1	0,8	22,4	14,41	0,86	3,50	0,25	176,94	19,93	25,07	7,21	61,12	2,68
SN-06-168	Húnaflói	655100N	202100W	7,8	0,7	4,7	0,9	22,2	12,17	0,29	3,28	0,37	168,18	18,66	6,47	2,94	61,42	2,43
SN-06-169	Húnaflói	655100N	202100W	6,6	0,5	3,1	0,7	23,5	11,95	0,42	2,56	0,22	94,87	15,17	6,00	0,36	52,87	3,31
SN-06-170	Húnaflói	655550N	202440W	9,2	2,3	4,5	1,4	19,4	15,16	1,36	4,64	0,21	224,03	8,15	1,17	0,20	77,62	0,34
SN-06-171	Húnaflói	655550N	202440W	7,6	0,8	3,1	0,9	23,0	13,15	0,46	4,64	0,36	239,93	25,07	12,02	1,77	58,94	0,80
SN-06-173	Dýrafj.	655570N	234600W	9,4	0,5	9,2	1,7	24,8	6,34	0,19	3,43	0,52	101,96	5,20	12,17	4,89	48,60	2,04
SN-06-174	Dýrafj.	655570N	234600W	6,8	0,4	7,0	1,1	25,6	8,25	0,35	2,36	0,42	70,94	8,48	1,60	0,79	48,66	2,97
SN-06-175	Dýrafj.	655570N	234600W	5,6	0,5	4,0	1,6	24,7	7,04	0,11	2,92	0,10	60,34	2,99	4,26	0,26	42,71	1,75
SN-06-176	Arnarfj.	655110N	235350W	12	1	4,6	1,3	16,5	17,47	0,25	9,17	0,50	187,74	6,38	93,70	14,06	96,20	3,19
SN-06-177	Arnarfj.	655110N	235350W	9,4	0,5	3,2	1,0	17,9	16,82	0,28	6,75	0,23	169,01	13,02	9,32	1,34	93,26	3,36
SN-06-178	Arnarfj.	655110N	235350W	7,4	0,7	2,6	0,8	21,9	11,60	0,22	4,08	0,29	111,97	18,47	2,30	0,40	70,21	1,18
SN-06-179	Arnarfj.	654840N	234790W	8,8	1,8	3,9	1,1	17,7	17,26	0,34	6,61	0,37	221,09	4,34	282,49	41,31	79,69	0,37
SN-06-180	Arnarfj.	654840N	234790W	7,1	0,4	2,6	0,5	22,4	9,38	0,22	5,69	0,09	155,11	11,54	2,20	1,47	55,44	1,56
SN-06-181	Arnarfj.	654840N	234790W	4,2	1,0	0,6	0,4	22,1	19,17	1,01	6,73	0,20	150,86	10,61	2,80	0,22	59,83	1,67
SN-06-182	Arnarfj.	654620N	233920W	10,4	1,5	5,4	1,4	18,0	16,09	0,18	4,65	0,26	142,03	3,98	298,43	96,46	74,88	1,35
SN-06-183	Arnarfj.	654620N	233920W	5,7	0,5	2,6	0,9	21,3	13,24	0,93	6,46	0,34	225,07	18,57	1,76	0,21	62,24	1,40
SN-06-184	Arnarfj.	654620N	233920W	4,6	0,5	0,5	0,2	21,3	35,19	1,39	9,13	0,31	222,77	23,89	3,48	0,18	70,45	3,04
SN-06-185	Arnarfj.	654370N	233440W	11,1	0,6	5,1	1,5	17,3	20,85	0,77	5,30	0,43	134,30	10,51	24,86	1,89	77,14	1,36
SN-06-186	Arnarfj.	654370N	233440W	7,1	0,3	3,4	0,7	22,3	12,99	0,30	2,87	0,14	61,09	7,45	10,21	0,44	55,66	0,64
SN-06-187	Arnarfj.	654370N	233440W	6,4	0,5	2,6	0,5	22,7	12,02	0,40	4,59	0,37	120,00	20,37	1,16	0,08	56,37	1,60
SN-06-188	Arnarfj.	654320N	234140W	7,2	0,8	3,7	0,8	20,2	12,18	0,30	3,25	0,24	104,70	12,53	4,13	0,37	50,99	1,38
SN-06-189	Arnarfj.	654320N	234140W	4,6	0,7	1,2	0,5	22,9	18,87	0,74	3,55	0,13	136,79	21,21	8,52	0,29	46,39	0,99
SN-06-191	Arnarfj.	654780N	235650W	11,7	0,7	9,7	2,8	18,4	12,43	0,49	3,95	0,07	93,06	16,95	0,72	0,04	68,00	4,51
SN-06-192	Arnarfj.	654780N	235650W	8,6	0,5	6,3	1,4	21,2	10,67	0,51	4,18	0,36	125,64	22,52	78,65	3,37	63,47	1,37
SN-06-193	Arnarfj.	654780N	235650W	8,4	0,7	4,9	1,6	20,6	11,63	0,22	3,12	0,18	110,31	29,37	1,57	0,10	60,35	0,85
SN-06-194	Patreksfj.	653960N	240570W	8,8	1,6	2,4	1,1	18,4	23,71	0,45	4,44	0,08	68,85	4,86	1,51	0,23	81,70	2,07
SN-06-195	Patreksfj.	653960N	240570W	5,8	0,4	1,8	0,4	21,0	14,43	0,29	3,15	0,12	52,03	2,37	2,66	0,67	62,00	1,56
SN-06-196	Patreksfj.	653960N	240570W	3,7	0,5	1,0	0,3	21,2	13,30	0,64	4,27	0,11	62,11	3,54	1,70	0,13	60,92	0,76
SN-06-197	Patreksfj.	653840N	241030W	9,7	0,7	7,1	2,8	19,0	10,12	0,12	2,30	0,09	43,48	4,03	175,15	11,77	56,30	1,25
SN-06-198	Patreksfj.	653840N	241030W	7,4	0,5	4,7	0,6	23,3	9,81	0,17	1,60	0,14	29,87	1,40	0,74	0,16	49,41	0,82
SN-06-199	Patreksfj.	653840N	241030W	2,9	0,6	0,3	0,2	20,1	21,12	0,70	7,30	0,19	75,75	5,90	179,87	3,88	70,63	2,85
Greiningarmörk (MLOD)									0,74		0,33		21,15		1,69		4,44	

Viðauki C. Styrkur ólífræna snefilefna í innflum hörpudisks (n=10) á þurrvigtagrunni (mg/Kg þurrvig)

Sýnanúmer	Staður	Breiddargr xx°yy'zz"	Lengdargr xx°yy'zz"	Aldur		Innyfli		Þurrefni %	Ólífræn snefilefni þurrvig											
									Cd		Mn		Fe		Cu		Zn			
									mg/kg	±	mg/Kg	±	mg/kg	±	mg/kg	±	mg/kg	±	mg/kg	±
SN-06-200	Breiðafj.	652330N	225600W	9,3	1,3	18,3	4,5	17,0	26,42	2,00	69,84	0,46	1377	50	7,28	0,14	145,67	7,11		
SN-06-201	Breiðafj.	652330N	225600W	7,0	0,5	6,0	1,0	18,7	24,98	1,38	31,89	0,47	1786	150	51,57	18,13	158,17	5,22		
SN-06-202	Breiðafj.	652330N	225600W	4,7	0,6	1,9	1,2	17,5	24,56	0,48	22,98	0,97	1071	153			138,11	2,39		
SN-06-203	Breiðafj.	650810N	225080W	9,8	0,9	18,8	4,7	10,7	36,09	1,30	29,88	0,81	1767	149	7,09	0,53	158,80	4,39		
SN-06-204	Breiðafj.	650810N	225080W	4,6	1,0	4,9	2,7	12,8	42,13	1,30	17,72	0,85	934	66	10,67	0,38	179,60	3,99		
SN-06-205	Breiðafj.	650800N	224920W	9,5	1,7	17,7	6,2	9,9	3,73	0,10	37,20	1,30	2170	56	7,51	0,62	144,26	2,84		
SN-06-206	Breiðafj.	650800N	224920W	7,0	0,7	10,3	2,7	12,3	30,99	0,62	39,63	2,03	2576	74	7,17	0,37	168,94	3,41		
SN-06-207	Breiðafj.	650800N	224920W	5,4	0,5	4,2	1,8	14,6	35,75	1,63	27,15	1,86	1516	90	1697,06	19,01	135,06	3,46		
SN-06-208	Húnaflói	655100N	202100W	9,8	1,5	15,6	4,9	16,8	23,41	0,77	325,44	14,67	34591	2109	27,09	0,78	141,01	2,88		
SN-06-209	Húnaflói	655100N	202100W	7,8	0,7	9,2	2,3	14,4	28,51	0,92	282,07	14,69	27484	1177	23,02	1,07	180,72	4,41		
SN-06-210	Húnaflói	655100N	202100W	6,6	0,5	7,2	1,9	13,3	36,40	1,74	178,16	7,31	14353	409	21,31	0,78	182,38	2,53		
SN-06-211	Húnaflói	655550N	202440W	9,2	2,3	14,3	4,8	17,4	19,89	1,03	584,58	7,93	51160	1190	36,92	1,51	135,80	1,89		
SN-06-212	Húnaflói	655550N	202440W	7,6	0,8	8,5	3,1	16,0	33,37	2,68	472,88	31,34	43873	2163	36,46	2,48	170,72	8,56		
SN-06-213	Dýrafj.	655570N	234600W	9,4	0,5	16,9	2,4	16,8	34,47	1,10	997,82	19,79	6482	131	13,07	0,30	125,52	1,05		
SN-06-214	Dýrafj.	655570N	234600W	6,8	0,4	15,4	3,5	12,9	35,22	0,56	49,23	2,53	2811	39	11,55	0,46	153,80	2,96		
SN-06-215	Dýrafj.	655570N	234600W	5,6	0,5	6,3	3,0	15,8	32,22	0,64	70,38	1,91	4652	154	12,67	0,25	147,52	2,21		
SN-06-216	Arnarfj.	655110N	235350W	12,0	1,0	12,4	3,5	17,6	19,84	0,67	230,80	8,14	19353	703	24,09	0,92	102,32	2,40		
SN-06-217	Arnarfj.	655110N	235350W	9,4	0,5	8,6	3,1	15,1	24,12	1,16	192,51	5,05	1458	47	27,27	1,79	134,36	4,31		
SN-06-218	Arnarfj.	655110N	235350W	7,4	0,7	6,1	1,6	13,6	25,01	1,56	110,26	28,51	7795	1040	4791,51	245,16	138,01	6,46		
SN-06-219	Arnarfj.	654840N	234790W	8,8	1,8	11,4	4,5	12,1	26,66	0,53	179,32	3,25	13385	364	28,39	1,73	133,72	16,11		
SN-06-220	Arnarfj.	654840N	234790W	7,1	0,4	5,4	1,7	20,3	18,57	1,34	311,91	16,63	27217	3092	584,98	35,27	132,03	9,16		
SN-06-221	Arnarfj.	654840N	234790W	4,2	1,0	0,9	0,6	17,5	34,95	1,02	95,64	3,27	6604	207	16,68	0,47	154,28	2,23		
SN-06-222	Arnarfj.	654620N	233920W	10,4	1,5	10,5	3,1	13,3	37,08	0,75	213,18	4,67	18783	1043	35,81	1,84	128,93	2,00		
SN-06-223	Arnarfj.	654620N	233920W	5,7	0,5	4,7	2,4	13,6	31,02	0,41	166,95	7,54	12868	337	23,94	0,69	158,70	2,72		
SN-06-224	Arnarfj.	654620N	233920W	4,6	0,5	0,9	0,3	16,0	39,37	1,30	122,79	12,66	9033	1359	50,41	3,90	142,70	4,52		
SN-06-225	Arnarfj.	654370N	233440W	11,1	0,6	13,6	3,5	12,2	30,88	1,80	133,07	5,99	9970	596	15,37	0,55	110,90	4,92		
SN-06-226	Arnarfj.	654370N	233440W	7,1	0,3	8,6	2,3	12,1	41,85	2,41	83,44	15,38	7136	1887	13,26	1,48	156,27	8,04		
SN-06-227	Arnarfj.	654370N	233440W	6,4	0,5	5,2	1,2	14,3	34,60	1,26	115,48	3,06	9601	397	14,58	0,60	158,76	4,75		
SN-06-228	Arnarfj.	654320N	234140W	7,2	0,8	5,8	1,4	21,5	25,42	0,99	170,28	4,81	13163	588	19,72	1,46	119,56	2,31		
SN-06-229	Arnarfj.	654320N	234140W	4,6	0,7	1,6	0,9	19,2	34,23	1,51	127,19	7,43	9669	916	24,41	1,18	133,81	1,10		
SN-06-230	Arnarfj.	654780N	235650W	11,7	0,7	22,1	8,0	17,7	19,97	0,42	211,46	8,45	20631	873	22,52	0,51	115,10	2,39		
SN-06-231	Arnarfj.	654780N	235650W	8,6	0,5	18,7	11,4	27,4	10,71	0,74	234,06	7,52	25134	1444	26,83	0,54	82,25	5,35		
SN-06-232	Arnarfj.	654780N	235650W	8,4	0,7	11,5	9,4	24,0	15,19	0,47	195,14	12,23	20918	574	23,64	0,54	91,48	4,78		
SN-06-233	Patreksfj.	653960N	240570W	8,8	1,6	6,1	4,7	11,1	31,42	0,98	61,59	8,57	3033	277	27,06	2,84	120,71	3,65		
SN-06-234	Patreksfj.	653960N	240570W	5,8	0,4	2,1	0,4	15,3	30,82	1,66	38,87	0,72	1294	110	11,10	1,20	165,75	5,85		
SN-06-235	Patreksfj.	653960N	240570W	3,7	0,5	1,2	0,3	17,5	30,47	1,03	25,45	1,14	946	67	7,27	0,28	165,06	4,56		
SN-06-236	Patreksfj.	653840N	241030W	9,7	0,7	13,9	3,8	11,2	36,20	1,10	27,98	1,36	1375	74	79,74	1,78	128,71	3,06		
SN-06-237	Patreksfj.	653840N	241030W	7,4	0,5	7,9	2,7	13,9	31,08	2,93	2,31	0,16	670	24	6,31	0,14	166,65	2,61		
SN-06-238	Patreksfj.	653840N	241030W	2,9	0,6	0,5	0,2	22,5	33,76	1,66	2,66	0,12	1308	136	62,73	4,13	151,34	5,13		
Greiningarmörk (MLOD)									3,90		6,37		333		1,63		8,32			

Viðauki D. Styrkur ólífrænna snefilefna í seti á þurrvigtagrunni (mg/kg þurrvig)

Staðsetning	Lag í kjarna	As		Cd		Co		Cr		Cu		Hg		Ni		Pb		V		Zn		Fe		TOC %
		mg/kg	±	mg/kg	±	mg/kg	±	mg/kg	±	mg/kg	±	mg/kg	±	mg/kg	±	mg/kg	±	mg/kg	±	mg/kg	±	mg/kg	±	
Ísafjarðardjúp	Efst	6,38	1,61	0,196	0,05	8,63	1,44	16,4	3,1	39,6	6,2	0,0904	0,0522	17,7	3,2	6,59	1,43	87,3	16,2	41,3	7,5	27100	5200	2,2
Ísafjarðardjúp	Miðja	13,2	3,1	0,34	0,088	10,6	1,8	19,7	3,7	45,1	7,1	0,054	0,0457	21,7	4	10,3	2,2	101	19	50,5	9,2	32600	6270	2,3
Ísafjarðardjúp	Neðst	8,28	1,97	0,263	0,067	9,31	1,56	16,2	3	40,4	6,4	<0.04		19	3,5	3,48	0,76	90,5	16,7	38,9	7,1	28100	5410	1,6
Arnarfjörður (ytri)	Efst	7,46	1,89	0,242	0,065	10,4	1,7	17,8	3,3	50,4	8	0,0934	0,0523	16,9	3,1	5,46	1,19	102	19	48,6	8,8	32100	6180	2
Arnarfjörður (ytri)	Miðja	18,6	4,4	0,294	0,078	11,8	2	20,5	3,8	57,4	9,1	0,0535	0,0458	19,7	3,6	6,81	1,48	111	21	54,4	9,9	39400	7580	2,4
Arnarfjörður (ytri)	Neðst	14	3,3	0,373	0,101	12,6	2,1	19,4	3,6	62,9	9,9	<0.04		20,2	3,7	3,33	0,72	118	22	51,4	9,4	39700	7640	2,1
Arnarfj. (Borgarfj.)	Efst	14,9	3,6	0,203	0,052	10,1	1,7	21,8	4,1	51,4	8,1	<0.04		17,3	3,2	5,63	1,22	98,8	18,3	51,3	9,3	35000	6730	2,7
Arnarfj. (Borgarfj.)	Miðja	16	4	0,318	0,083	11,8	2	24,5	4,6	61	9,6	<0.04		20	3,7	4,53	0,98	115	21	55,2	10,1	39400	7570	2,5
Arnarfj. (Borgarfj.)	Neðst	21,8	5,4	0,4	0,103	12,3	2,1	24,1	4,5	65,4	10,3	<0.04		20,7	3,8	1,98	0,43	117	22	53,1	9,7	42400	8150	2,2
Arnarfjörður (innri)	Efst	16,5	3,9	0,245	0,064	9,28	1,56	20,8	3,9	45,1	7,1	<0.04		17,1	3,1	7,22	1,57	92,3	17,1	49,7	9,1	32000	6160	2,9
Arnarfjörður (innri)	Miðja	17,6	4,3	0,255	0,066	10	1,7	23,1	4,3	49	7,8	<0.04		18,9	3,5	8,13	1,76	99,3	18,4	53,6	9,8	35300	6780	3
Arnarfjörður (innri)	Neðst	14,5	3,4	0,281	0,073	10,8	1,8	22,5	4,2	51,9	8,2	<0.04		19,3	3,5	4,91	1,07	109	20	51,4	9,4	35200	6760	2,5