



HÁSKÓLI ÍSLANDS

Rannsóknasetur Háskóla Íslands á Suðurnesjum

# Mengunarálag í vistkerfi sjávar utan við Grundartanga og Katanes í Hvalfirði vaktað með hjálp kræklinga

---

**Undirbúningur búra, meðhöndlun og ræktun kræklinga í búrum**



Halldór Pálmar Halldórsson  
sjávarlíffræðingur, Ph.D.

Óskar Sindri Gíslason  
sjávarlíffræðingur, M.Sc.

Janúar 2014

## EFNISYFIRLIT

1 INNGANGUR .....	1
1.1 Fyrri rannsóknir .....	2
1.2 Markmið .....	2
2 AÐFERÐIR.....	2
2.1 Lagnir með búrum .....	2
2.2 Ræktun kræklings í búrum .....	3
2.3 Staðsetningar og lýsingar á vöktunarstöðvum .....	5
2.4 Mælingar og undirbúningur fyrir efnagreiningar .....	6
3 NIÐURSTÖÐUR .....	7
4 ÁLYKTANIR .....	8
5 HEIMILDIR.....	8

## 1 INNGANGUR

Árið 2013 fóru fram rannsóknir á ástandi sjávar við Grundartanga og Katanes í Hvalfirði með tilliti til ýmissa lífrænna og ólífrænna efnasambanda. Kræklingur var ræktaður í búrum á grunnsævi meðfram strandlengjunni og á viðmiðunarstað í Saurbæjarvík innar í firðinum. Rannsóknirnar voru hluti af umhverfisvöktun iðjuveranna á Grundartanga og voru Norðurál og Elkem verkkaupar. Baturinn Sæmundur fróði RE, í eigu Háskóla Íslands, var notaður við rannsóknirnar.

Dr. Halldór Pálmar Halldórsson, forstöðumaður Rannsóknaseturs Háskóla Íslands á Suðurnesjum, sá um skipulagningu rannsókna, og bar ábyrgð á framkvæmd þess hluta sem snéri að undirbúningi búra og ræktun kræklinga í þeim. Hann sá jafnframt um að útvega krækling að beiðni Magnúsar Freys Ólafssonar, verkefnastjóra fyrir umhverfisvöktun iðjuveranna á Grundartanga. Skipulagning rannsókna var einnig í höndum Magnúsar sem tók þátt í öllum sjóferðum og hafði umsjón með endurnýjun slitinna búra og annars útbúnaðar. Óskar Sindri Gíslason, starfsmaður Rannsóknaseturs Háskóla Íslands á Suðurnesjum vann einnig að öllum þáttum verkefnisins.

Í skýrslu þessari er fjallað um aðferðir við undirbúning og ræktun kræklinga í búrum og ályktað um hvernig til tókst. Mælingar á dánartíðni, vexti og holdafari kræklinga fóru fram á Rannsóknastöðinni í Sandgerði en mælingar á magni þurrefnis, ösku, salts og fitu, og styrk ýmissa efna og efnasambanda í mjúkvef voru í umsjón Matís ohf. (sjá nánar í kafla 2.3). Mælingar á PAH samböndum voru í umsjón Dr. Kristínar Ólafsdóttur hjá Rannsóknastofu í lyfja- og eiturefnafræði hjá Háskóla Íslands. Matís ohf. mun skila skýrslu með aðferðum og niðurstöðum ofangreindra mælinga, ásamt ályktunum út frá niðurstöðunum.

Kræklingur (*Mytilus edulis*) er hentugur til vöktunar á ástandi sjávar með tilliti til mengunarefna og aðgengi (bioavailability/lífaðgengi) efnanna að lífverum í sjó. Hann er öflugur síari sem dælir í gegnum sig sjó og tekur upp lífrænar fæðuagnir, s.s. svif, bakteríur og lífrænar leifar. Þannig tekur hann einnig upp þau mengunarefni sem aðgengileg eru sjávarlífverum og safnar þeim í vefi sína. Rannsóknir hafa m.a. sýnt að fjölhringja kolvatnsefni (*Polycyclic Aromatic Hydrocarbons*, PAHs), snefilefni og þungmálmar geta safnast fyrir í mjúkvef kræklinga og geta efnagreiningar þannig endurspeglad nánasta umhverfi kræklinga með tilliti til mengandi efna<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Chase o.fl., 2001; Granby og Spliid, 1995; Granmo, 1995; Halldór Pálmar Halldórsson o.fl., 2005; Hunt og Slone, 2010; Ølberg, 1998.

## 1.1 Fyrri rannsóknir

Árin 2000, 2004, 2007 og 2011 fóru fram mælingar á styrk 18 til 23 PAH sambanda, og þungmálma (kopar, króm, nikkel, sink, arsen og kadmín) í mjúkvef kræklinga sem hafður var í búrum á grunnsævi utan við Grundartanga. Niðurstöðurnar gáfu til kynna að iðjuverin á Grundartanga hafa lítil áhrif á að mengandi efni safnist upp í sjávarlífverum í nágrenninu<sup>2</sup>.

## 1.2 Markmið

Markmið rannsókna var að rækta krækling í búrum með þeim hætti að skapaðar væru sem bestar aðstæður fyrir dýrin. Þannig endurspeglar upptaka þeirra á mengandi efnum sem best raunverulegt mengunarástand sjávar og þann hluta sem aðgengilegur er lífverum á borð við krækling.

## 2 AÐFERÐIR

### 2.1 Lagnir með búrum

Búrin voru ílangir netpokar, sniðnir og saumaðir úr nælonneti með 38 mm möskvastærð (**mynd 1**). Við val á neti var mikið lagt upp úr því að möskvastærðin væri hæfileg, til að sjór ætti greiðan aðgang inn í búrin þrátt fyrir að lífverur settust utan á búrin. Hverjum netpoka var skipt í tvö jafnstór hólf og voru þrjú netpokar (búr) hafðir á hvoru dýpi á hverri stöð eins og lýst er hér að neðan.



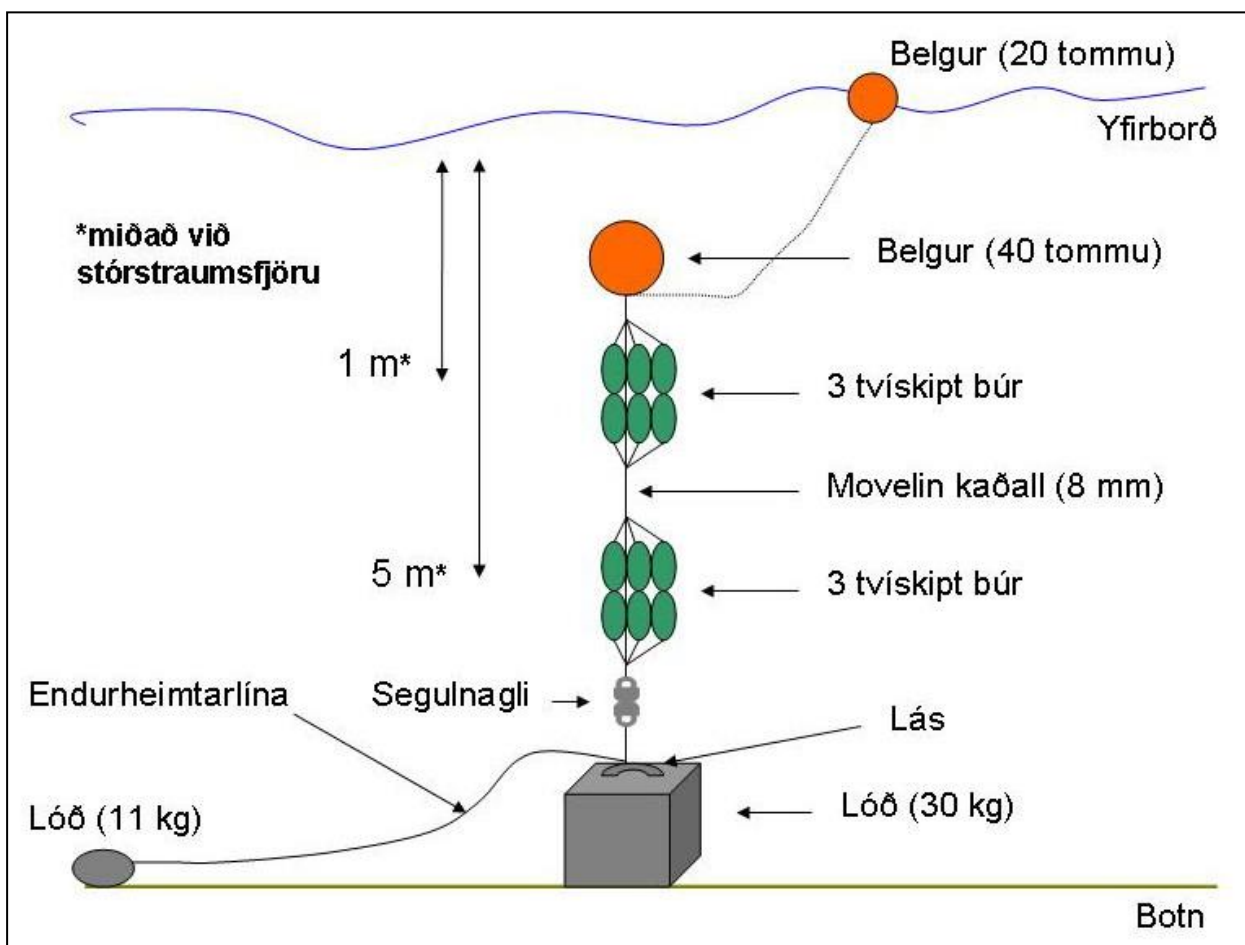
**Mynd 1.** Kræklingar í netpoka/búri fyrir útsetningu (ljósm. ÓSG).

Um borð í bátum voru útbúnar átta lagnir með búrum. Hver lögn samanstóð af movelin kaðli (8 mm), tveimur lóðum, tveimur belgjum, segulnagla og sex búrum (**mynd 2**). Við botninn var kaðallinn festur við 30 kg lóð og nokkru undir yfirborði (miðað við stórstraumsfjöru) við 40 tommu belg sem hélt lögninni lóðréttri í sjónum. Í belginn var síðan festur kaðall í annan minni,

<sup>2</sup> Guðjón Atli Auðunsson, 2011; Hrönn Ólína Jörundsdóttir o.fl., 2012.

20 tommu belg, á yfirborðinu en hann var notaður til endurheimtar og til að merkja staðsetningu lagnar. Á 1 og 5 m dýpi (miðað við stórstraumsfjöru) voru búrin fest við kaðalinn, þrjú á hvoru dýpi. Kræklingur var hafður á mismunandi dýpi í þeim tilgangi að reyna að meta hvort efnasamböndin sem mælast séu loftborin eða upprunnin úr sjó.

Hvert búr var fest við kaðalinn á tveimur stöðum (efri og neðri brún) með böndum. Hæfilegur slaki var hafður á búrunum svo að það álag sem myndaðist á lögnina vegna ágangs sjávar var á kaðlinum. Eins og sést á mynd 2 var kaðallinn rofinn rétt ofan við 30 kg lóðið og endarnir bundnir við segulnagla í þeim tilgangi að vinda ofan af snúningi á lögninni. Að lokum var kaðall, svokölluð endurheimtarlína, festur við 30 kg lóðið og í enda hans minna lóð. Þetta var gert í öryggisskyni svo að hægt væri að endurheimta lögnina ef minni belgurinn við yfirborðið tapaðist.



**Mynd 2.** Skematísk mynd af lögn með búrum.

## 2.2 Ræktun kræklinga í búrum

Þann 3. júlí 2013 var farið með krækling sem fenginn var af ræktunarlínunum Vogaskeljar, Vogum á Vatnsleysuströnd, á Rannsóknasetur HÍ á Suðurnesjum í Sandgerði. Miðað við útsetningu ræktunarlínanna sem kræklingnum var safnað af var hann 2 ára, og því ágætlega staðlaður í aldri og stærð. Í Sandgerði voru 20 kræklingar á stærðarbilinu 40-55 mm settir í hvert hólf

búranna og var reynt að velja eingöngu einstaklinga í góðu ástandi. Heildarfjöldi kræklinga á hvoru dýpi á hverri stöð var því 120 sem deildist niður í þrjú búr. Kræklingurinn var hafður í búrunum yfir nótt í hreinum borholusjó í Sandgerði (sírennsli, 9,5°C, selta 32) en þá kemur hann sér fyrir og festir sig í búrunum.

Þann 4. júlí var kræklingnum komið fyrir á viðmiðunarstað í Saurbæjarvík. Um nýjan viðmiðunarstað er að ræða en hann er innar í firðinum og fjær iðjuverunum miðað við viðmiðunarstað fyrri ára, sem var um 1 km austur af Katanesi. Stöðin var færð þar sem styrkur ólífrænna efna í kræklingi hafði mælst í hærri kantinum miðað við sýnatökustöðvarnar<sup>2</sup>. Átta lagnir með búrum, eins og lýst var í kafla 2.1, voru útbúnar um borð í bátnum. Krani í bátnum var notaður til að setja niður og taka upp lagnir (**mynd 3**). Kræklingurinn var hafður í þrjár vikur á viðmiðunarstaðnum til aðlögunar.

Þann 25. júlí voru lagnir færðar á stöðvarnar utan við Grundartanga og Katanes (**mynd 4**) og kræklingurinn hafður þar næstu tvo mánuði. Lagnirnar voru teknar um borð í bátinn og fluttar í heilu lagi á hverja stöð. Passað var vel upp á að kræklingarnir löskuðust ekki við flutninginn og var þeim haldið vel rökum um borð í bátnum. Ein lögn var höfð áfram á viðmiðunarstaðnum næstu tvo mánuðina sem viðmiðunarsýni 2 (B2), en kræklingur úr einni lögn var settur strax í frysti sem viðmiðunarsýni 1 (B1).



**Mynd 3.** Krani um borð í Sæmundi fróða RE var notaður við rannsóknirnar (ljósm. ÓSG).

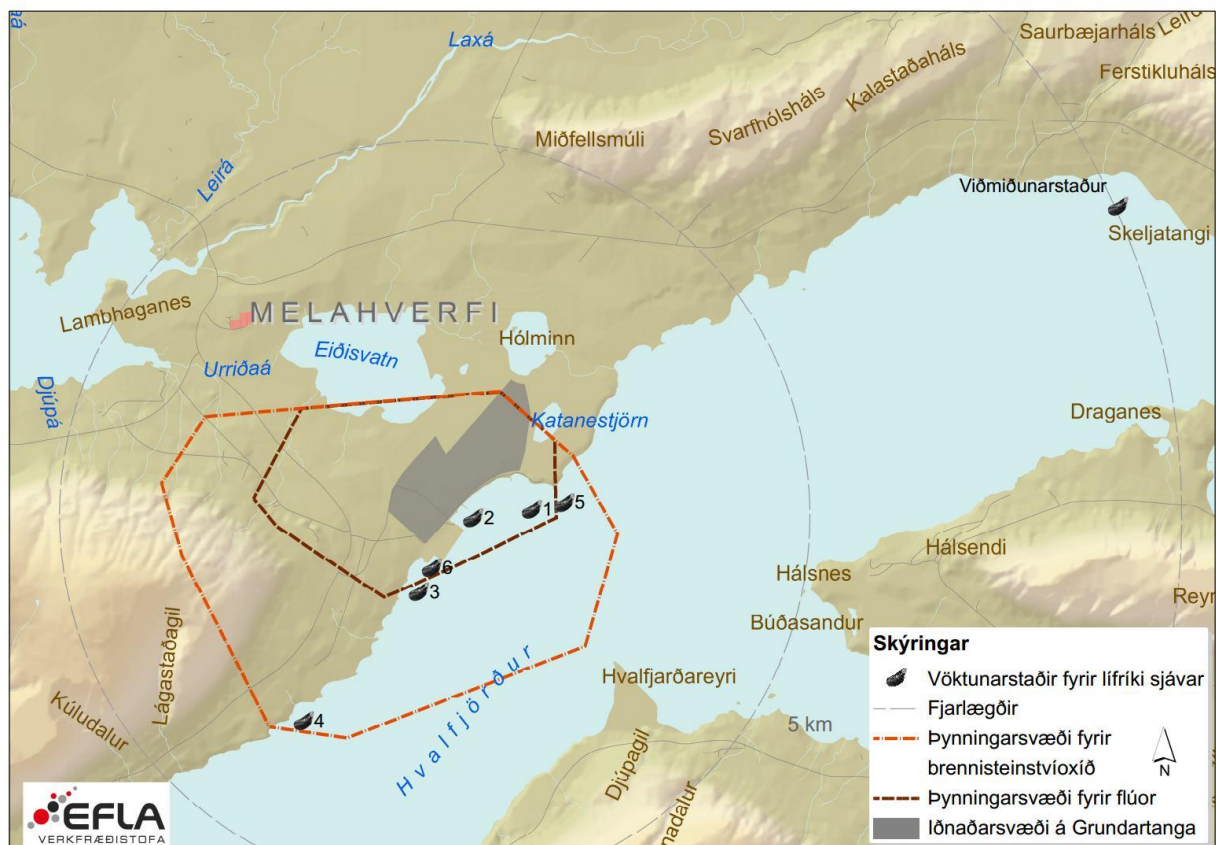
Eftirlitsferð var farin 28. ágúst til að kanna ástand lagna, búra og kræklinga. Ákveðið var að fara eftir mitt ræktunartímabilið, þegar hrygningartíma kræklinga ætti að mestu að vera lokið. Lagnirnar voru dregnar upp með hjálp krana, búrin burstuð að utan og ásætur fjarlægðar. Miðað við fyrri ár var óvenju lítið af ásætum á búrunum sem skýrist að líkindum af tíðarfari og ástandi sjávar þá um vorið og sumarið.

Þann 23. september voru allar lagnirnar teknar upp, kræklingurinn losaður úr búrunum og settur í poka. Þegar í land var komið var kræklingurinn frystur (-25°C).

Í rannsóknunum var mikið lagt upp úr því að skapa sem bestar aðstæður fyrir krækling í búrunum. Búrin voru því útbúin og kræklingurinn meðhöndlaður í samræmi við staðlaðar aðferðir við kræklingavöktun, m.a. ASTM staðlinum frá árinu 2001 þar sem áhersla er lögð á að kræklingurinn hafi gott rými til vaxtar og geti síð sjó óhindrað allan ræktunartímann<sup>3</sup>. Einnig var allri framkvæmd rannsókna háttáð þannig að sem minnst hætta væri á að kræklingurinn laskaðist við flutning og meðhöndlun.

### 2.3 Staðsetningar og lýsingar á vöktunarstöðvum

Stöðvarnar voru þær sömu og í rannsóknunum árið 2011, að undanskildum viðmiðunarstaðnum eins og fram kemur í kafla 2.2. Nýjar GPS staðsetningar voru teknar á stöðvunum þar sem lagnir voru færðar til (fáeinir metrar) og voru þær allar hafðar á svipuðu og nógu miklu dýpi til að hugsanlega áhrifa af botni gætti ekki (sjá **töflu 1**). Líkt og árið 2011 var stöð 2 nær landi en hinar stöðvarnar. Það var gert til að minnka hættuna á að tapa lögninni vegna skipaumferðar.



**Mynd 4.** Kort sem sýnir staðsetningu stöðva 1 – 6 ásamt viðmiðunarstaðar.

<sup>3</sup> Salazar og Salazar, 2001.

Í **töflu 1** má sjá GPS staðsetningar stöðva og viðmiðunarstaðar í Saurbæjarvík. Viðmiðunarstaðurinn (banki) er um 7 km innar í firðinum miðað við 2011 og var dýpið 12 – 13 faðmar.

**Tafla 1.** Númer stöðva, GPS staðsetningar, lýsing á stöðvum og dýpi.

Stöð	N-breidd	V-breidd	Lýsing á stöðvum	Dýpi árið 2013 faðmar/metrar
1	64°21,631'	21°45,376'	Utan við grynningar út af Katanesi	7,9 / 14,2
2	64°21,551'	21°46,350'	Um 200 m austan við bryggjukant Grundartangahafnar	5,6 / 10,1
3	64°20,998'	21°47,203'	Um 650 m vestan við grjótgarð kerbrotagryfju	8,0 / 14,4
4	64°20,029'	21°49,030'	Um 3 km vestan við verksmiðjusvæðið á Grundartanga, við Galtarvíkurhöfða	7,5 / 13,5
5	64°21,690'	21°44,842'	Utan við Katanes, um 450 m austan við stöð 1	8,1 / 14,6
6	64°21,178'	21°47,005'	Um 200 m vestan við grjótgarð kerbrotagryfju	7,0 / 12,6
Viðmiðunar- staður	64°24,044'	21°35,800'	Í Saurbæjarvík, um 8 km austan við Katanes	12-13 / 21,6-23,4

## 2.4 Mælingar og undirbúningur fyrir efnagreiningar

Á Rannsóknasetri HÍ í Sandgerði var dánartíðni kræklingssins metin og 50 einstaklingar af hvoru dýpi frá hverri stöð notaðir til mælinga á vexti og holdafari. Eftirfarandi þættir voru mældir:

- Lengd skelja
- Hæð skelja
- Þykkt skelja
- Heildarþyngd kræklingss
- Þyngd holds
- Þyngd skelja

Mælingarnar voru í umsjón Halldórs Pálmars Halldórssonar.

Mælingar á eftirfarandi þáttum í mjúkvef voru í umsjón Matís og Rannsóknastofu HÍ í lyfja- og eiturefnafræði:

- Magn þurrefnis, ösku, salts og fitu
- Styrkur 18 PAH sambanda
- Styrkur lífrænna efnasambanda og ólífrænna snefilefna: kopar, sink, króm, nikkell, kvikasilfur, blý, vanadín, kadmín, arsen, ál, járn, selen og flúor



Fjallað er um niðurstöður framangreindra mælinga í skýrslu Matís ohf. Í niðurstöðukaflanum hér á eftir er þó fjallað um dánartíðni kræklinga í tengslum við afdrif og ástand hans eftir dvöl í búrum utan við Grundartanga og á viðmiðunarstað í Saurbæjarvík. Einnig er fjallað um eftirlitsferðina og aðra mikilvæga þætti við ræktun kræklinga í búrum.

### 3 NIÐURSTÖÐUR

Dánartíðni kræklinga á stöðvum og í viðmiðunarsýnum var lág eða að meðaltali 4,8% (á bilinu 0–10%, staðalfrávik: 2,47). Að meðaltali voru 5,8 kræklingar dauðir af 120 einstaklingum á stöðvunum (á bilinu 0–12, staðalfrávik: 2,93). Í viðmiðunarsýni 1 (B1) var hlutfall dauðra lágur eða 2,1% sem er sama hlutfall og reyndist í viðmiðunarsýni 1 árið 2011. Flestir voru dauðir á 1 m dýpi á stöð 4 (12 einstaklingar) en á öllum öðrum stöðvum, hvort sem er á 1 eða 5 m dýpi, voru færri en 10 kræklingar dauðir. Í heildina er því um fáa dauða einstaklinga að ræða og lítil munur á dánartíðni milli stöðva. Að líkindum eru þetta því eðlileg afföll.

Þegar kræklingurinn var fluttur frá viðmiðunarstað á vöktunarstöðvarnar í júlí, í eftirlitsferð í ágúst og þegar búrin voru tekin upp í september, var ljóst að kræklingurinn var í góðu ástandi. Þeir fáu kræklingar sem drápust voru hugsanlega dauðir eða slæptir í upphafi þegar þeir voru settir inn í búrin en þetta sýnir að í slíkum rannsóknum verður að vanda vel til verka þegar einstaklingarnir eru valdir inn í búrin. Hér verður þó að hafa í huga að fjöldi kræklinga í búrunum var ríflegur, eða 120 einstaklingar á hvoru dýpi á hverri stöð. Að frádregnum dauðum skeljum voru því rúmlega 100 kræklingar eftir og af þeim eru 50 kræklingar notaðir í mælingar.

Í eftirlitsferðinni í ágúst kom í ljós að tiltölulega lítið var af ásætum á búrunum (**mynd 5**), öfugt við það sem sást í vöktuninni árið 2011 en þá voru búrin nánast þakin ungvíði kræklinga ásamt þörungum, hrúðurkörlum og mosadýrum. Munurinn á milli ára skýrist að líkindum af mismunandi hitastigi og ástandi sjávar, en árið 2013 var sjórinn mun kaldari fram eftir sumri. Skýrsluhöfundar sáu til dæmis áberandi mun á svífsýnum sem þeir tóku sumarið 2013 í Hvalfirði (í tengslum við aðrar rannsóknir) samanborið við fyrri ár, en mun minna var af dýrasvifi í uppsjó í Hvalfirði og Faxaflóa sumarið 2013 miðað við sumrin þar á undan (óbirt gögn).



**Mynd 5.** Í eftirlitsferð sem farin var í ágúst á vöktunarstöðvar og á viðmiðunarstað kom í ljós að lítið var af ásætum á búrunum (ljósm. HPH).

## 4 ÁLYKTANIR

Kræklingur sem er í góðu ástandi í upphafi útsetningar dafnar vel ef hann hefur tryggt rými og aðgengi að sjó allan ræktunartímann og stöðluðum ræktunaraðferðum er fylgt í hvívetna. Á þann hátt má gera ráð fyrir að sá styrkur mengunarefna sem mælist í kræklingi sem „líður vel“ endurspeglir raunverulegt ástand sjávar yfir ræktunartímabilið eða að lágmarki þann hluta sem aðgengilegur er lífverum á borð við krækling.

Í rannsóknnum sem þessum er eftirlitsferð á ræktunartímabilinu mikilvægur þáttur. Ljóst er að ef búrin hefðu ekki verið hreinsuð að utan hefði sjór ekki átt jafn greiða leið inn í þau síðar á ræktunartímabilinu. Það gæti haft áhrif á uppsöfnun mengandi efna hjá dýrunum og þar af leiðandi áhrif á niðurstöður mælinganna.

## 5 HEIMILDIR

Chase, M.E., Jones, S.H., Hennigar, P., Sowles, J., Harding, G.C.H., Freeman, K., Wells, P.G., Krahforst, C., Coombs, K., Crawford, R., Pederson, J. og Taylor, D. 2001. Gulfwatch: Monitoring spatial and temporal patterns of trace metals and organic contaminants in the Gulf of Maine (1991-1997) with the blue mussel, *Mytilus edulis* L. Marine Pollution Bulletin 42: 490-504.

Granby, K. og Spliid, N.H. 1995. Hydrocarbons and organochlorines in common mussels from the Kattegat and the Belts and their relation to condition indices. Marine Pollution Bulletin 30: 74-82.

Guðjón Atli Auðunsson. 2011. Könnun á ólífrænum snefilefnum og arómatískum fjölhringjum (PAH) í kræklingi við Grundartanga, Hvalfirði, sumarið 2007. Nýsköpunarmiðstöð Íslands, samantekt NM 11-06, september 2011.

Halldór Pálmar Halldórsson, Jörundur Svavarsson og Åke Granmo. 2005. The effect of pollution on scope for growth of the mussel (*Mytilus edulis* L.) in Iceland. *Marine Environmental Research* 59: 47-64.

Hrönn Ólína Jörundsdóttir, Sophie Jensen, Natasa Desnica, Púriður Ragnarsdóttir og Helga Gunnlaugsdóttir. 2012. Könnun á ólífrænum snefilefnum og arómatískum fjölhringjum (PAH) í kræklingi við Grundartanga, Hvalfirði, 2011. *Matís* 11-12.

Hunt, C.D. og Slone, E. 2010. Long-term monitoring using resident and caged mussels in Boston Harbor yield similar spatial and temporal trends in chemical contamination. *Marine Environmental Research* 70: 343-357.

Salazar, M.H. og Salazar, S.M. 2001. Standard guide for conducting in-situ field bioassays with caged bivalves. American Society for Testing and Materials (ASTM), 2001. Annual Book of ASTM Standards, designation: E 2122 02.

Ølberg, E. 1998. Blue mussel (*Mytilus edulis*) as a bioindicator for marine contamination with Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAH) and heavy metals. M.Sc. Applied Environmental Science. RF-Rogland Research, Stavanger Norway.