

Könnun á efnaþáttum í kræklingi og sjó við álverið í Straumsvík. Sýnataka 2023

Skýrsla unnin fyrir ISAL

September 2024

Höfundar:

Halldór Pálmar Halldórsson

Hermann Dreki Guls

Kristín Ólafsdóttir

Sandra Dögg Georgsdóttir

Rannsóknasetur Háskóla Íslands á Suðurnesjum



**HÁSKÓLI
ÍSLANDS**

Samantekt

Sumarið og haustið 2023 fóru fram sýnatökur í Straumsvík til efnagreininga á kræklingi og sjó að beiðni Rio Tinto á Íslandi hf. - ISAL. Rannsóknasetur Háskóla Íslands sá um skipulagningu og framkvæmd verkefnisins. Kræklingur var settur út í búrum og hafður í 14 vikur á 8 stöðvum utan við álverið auk tveggja viðmiðunarstöðva, annars vegar við Lónakot, um 3 km vestan við Straumsvík og hins vegar í Saurbæjarvík í Hvalfirði. Fjörukræklingi var að auki safnað á 3 stöðvum í grennd við álverið og við viðmiðunarstöðina við Lónakot. Eftirfarandi mælingar voru framkvæmdar á kræklingi: líffræðilegir þættir (s.s. vöxtur), dánartíðni, styrkur ólífrænna snefilefna og fjölhringa kolvatnsefna (PAH efni) í mjúkvæf. Sjósýni voru tekin á 7 stöðvum þrisvar sinnum yfir tímabilið, þ.e. í júlí, ágúst og október, til greininga á næringarefnum (kísill, fosfat, nítat+nítrít, ammoníak) og ólífrænum snefilefnum, og mælingar á sjávarhita, seltu, sýrustigi, súrefnismettun og uppleystum efnum fóru fram þegar kræklingurinn var tekinn inn í október. Greiningar í kræklingi og sjósýnum voru framkvæmdar af Matís og Rannsóknarstofu í lyfja- og eiturefnafræði við Háskóla Ísland fyrir utan flúor í kræklingi sem greindur var hjá GBA í Þýskalandi.

Lítill breytileiki var í sjávarhita, seltu, sýrustigi, súrefni og uppleystum efnum í sjó á milli stöðva samkvæmt punktmælingunni í október. Talsverð sveifla og breytileiki reyndist hins vegar í styrk flestra snefilefna í sjó yfir tíma og á milli stöðva. Styrkur kísils var talsvert hærri en mældist árið 2018 og nokkur gildi fyrir styrk sinks féllu í flokk II (lítill hætta á áhrifum) samkvæmt íslenskum umhverfismörkum fyrir málma í yfirborðsvatni til verndar lífríki. Hækkun kom fram í styrk króms og kopars sem þó féll í öllum tilfellum í flokk I eða II (engin eða lítil hætta á áhrifum) fyrir utan koparstyrk í sjósýnum tekin við innsiglinguna í ágúst og október sem fór þá í flokk III (áhrifa að vænta á viðkvæmt lífríki). Greinileg hækkun (2 til 6 föld) kom fram í styrk vanadíns í öllum mánuðum í sjósýnum á stöðvunum undan álverinu og við innsiglinguna í samanburði við viðmiðunarstöðvarnar. Misjafnt var á milli mánaða á hvaða stöð hæstu gildin komu fram en niðurstöðurnar gefa til kynna áhrif álversins á styrk vanadíns í sjó þó ferskvatnsáhrif geti einnig að hluta til skýrt þessa hækkun. Ekki eru til umhverfismörk fyrir vanadín. Styrkur kadmíns, kvikasilfurs, nikkels og fosfórs var undir greiningarmörkum allt tímabilið fyrir utan tvö gildi fyrir styrk fosfórs sem voru rétt yfir greiningarmörkum í október. Kadmín, nikkel og kvikasilfur eru tilgreind í íslenskum umhverfissgæðakröfum (reglugerð nr. 796/1999) og reyndist styrkur þeirra undir greiningarmörkum í öllum tilfellum í þessari rannsókn.

Ekkert bendir til áhrifa frá álverinu á styrk ortófosfats, nítríts, sulfats, heildarköfnunarefnis og fosfórs í sjó. Styrkir þessara efna voru sambærilegir því sem mælst hefur áður og taldir endurspegla náttúruleg gildi sem jafnframt héldust nokkuð stöðug yfir tímabilið. Mikill breytileiki sást hins vegar yfir tímabilið og milli stöðva í styrk ammóníaks og klóríðs í sjó en gildi ammóníaks voru áþekk því sem mældist árið 2018. Styrkur sýaníðs (frítt og heildar) var áberandi hærri í sjó í júlí næst nýju flæðigryfjunni. Styrkur flúoríðs og nítrats reyndist undir greiningarmörkum allt tímabilið.

Kræklingurinn þreifst vel á öllum stöðvum, dánartíðni yfir rannsóknatímabilið var eðlileg og hafði álverið ekki áhrif á melda líffræðilega þætti kræklinga. Ekki reyndust veruleg áhrif á uppsöfnun snefilefnanna járn, áls, vanadíns, mangans, kóbalts og selens í kræklingi. Króm, nikkel, sink, arsen (fyrir utan fjörukrækling), kvikasilfur, blý og kopar (að stöð 5 undanskilinni) voru undir lægstu viðmiðunarmörkum Norðmanna sem gjarnan eru notuð til viðmiðunar hérlandis þegar íslensk viðmið eru ekki til en það finnst þó fyrir kvikasilfur sem var langt undir íslenskum umhverfissgæðakröfum fyrir lífríki. Styrkur flúors var mjög áþekkur milli stöðva og virðist lægri miðað við fyrri ár. Styrkur kadmíns

var um eða yfir lágstu viðmiðunarmörkum Norðmanna á öllum stöðvum að viðmiðunarstöðvum við Lónakot og í Hvalfirði meðtöldum en þau gildi sem mældust falla þó innan náttúrulegra marka fyrir krækling hér við land. Ekki eru til íslensk viðmiðunarmörk fyrir kadmín í lífverum.

Styrkur allra 16 PAH efna (arómatísk fjölhringasambönd) sem mæld voru í kræklingi reyndist mun lægri 2023 samanborið við 2018 og aðeins fenantren, píren og flúoranten voru yfir greiningarmörkum. Nú voru öll gildi vel undir lágstu viðmiðunarmörkum Norðmanna og fellur styrkurinn því undir það sem búast mætti við á hreinu eða lítt menguðu svæði. Það sama á við um PAH efnin flúoranten og bensó(a)píren sem tilgreind eru í íslenskum umhverfisgæðakröfum fyrir PAH efni í lífríki (krabbadýr og lindýr) þar sem styrkur þessara tveggja efna var undir greiningarmörkum í öllum tilfellum.

Varðandi samanburð á viðmiðunarstöðunum og þeim niðurstöðum sem nú fengust og árið 2018 er athugandi að nota einungis viðmiðunarstöðina við Lónakot við framtíðarvöktun á svæðinu. Náttúrulegar aðstæður við Lónakot eru sambærilegri þeim sem eru í og við Straumsvík með tilliti til haffræðilegra þátta, dýpis, botngerðar, brimasemi, strauma og fæðuframboðs fyrir kræklinga samanborið við viðmiðunarstöðina í Saurbæjarvík í Hvalfirði. Mælingar á vexti og meginþáttum búkræklings (þurrefni, prótein, aska) styðja þetta einnig eindregið, bæði nú í ár og í vöktuninni 2018. Niðurstöður efnamælinga sýna einnig góða samsvörun á milli þessara vöktunarára og ekkert sem bendir til áhrifa frá verksmiðjusvæðinu á viðmiðunarstöðina við Lónakot sem er í um 3 km fjarlægð til vesturs frá Straumsvík, á móti ríkjandi straumum á svæðinu.

Summary

In the summer and autumn of 2023, blue mussels and seawater were sampled in Straumsvík for chemical analysis at the request of Rio Tinto in Iceland hf. - ISAL. The University of Iceland's Research Centre in Suðurnes was responsible for the planning and implementation of the project. Mussels were kept in cages for 14 weeks at 8 stations near the smelter and at two reference stations, one at Lónakot, about 3 km west of Straumsvík and the other at Saurbæjarvík in Hvalfjörður. Intertidal mussels were also collected at 3 stations in the vicinity of the smelter and at the reference station at Lónakot. The following measurements were performed on mussels: biological parameters (e.g. growth), mortality, concentrations of inorganic trace elements and polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in soft tissue. Seawater samples were taken at 7 stations three times during the period, i.e. in July, August and October, for analysis of dissolved nutrients (silica, phosphate, nitrate+nitrite, ammonia) and inorganic trace elements, and measurements of sea temperature, salinity, acidity, oxygen saturation and total dissolved substances were carried out when the mussels were taken in October. Analyses in mussels and seawater samples were carried out by Matís and the University of Iceland's Research Institute for Pharmaceutical and Environmental Chemistry, with the exception of fluoride in mussels which was analyzed at GBA in Germany.

There was little variation in sea temperature, salinity, acidity, oxygen and dissolved substances in the seawater between stations according to the point measurement in October. However, considerable fluctuations and variations were found in the concentration of most trace elements in the sea over time and between stations. The concentration of silica was considerably higher than measured in 2018 and some values for zinc concentrations fell into category II (low risk of effects) according to Icelandic environmental limits for metals in surface water for the protection of the ecosystem. An increase was observed in the concentration of chromium and copper, which in all cases fell into category I or II (no or little risk of effects), except for the copper concentration in seawater samples taken in Straumsvík port entrance in August and October, which then went to category III (expected effects on sensitive ecosystems). A clear increase (2 to 6-fold) was observed in vanadium concentrations in all months in seawater samples at the stations by the smelter and in the port entrance compared to the reference stations. It varied from month to month at which station the highest values were observed, but the results indicate the effect of the smelter on the concentration of vanadium in the seawater, although the freshwater effect can also partly explain this increase. There are no environmental limits for vanadium. The concentrations of cadmium, mercury, nickel and phosphorus were below the limit of detection throughout the period, except for two values for the concentration of phosphorus, which were just above the limit of detection in October. Cadmium, nickel and mercury are specified in Icelandic environmental quality requirements (Regulation No. 796/1999) and their concentrations were found to be below the limit of detection in all cases in this study.

There is no indication of an effect from the smelter on the concentration of orthophosphate, nitrite, sulphate, total nitrogen and phosphorus in seawater. The concentrations of these substances were comparable to those previously measured and were considered to reflect natural values that also remained fairly stable over the period. However, large variations were observed over the period and between stations in concentrations of ammonia and chloride in seawater, but the values of ammonia were similar to those measured in 2018. The concentration of cyanide (free and total) was noticeably higher in the seawater in July closest to the new flow landfill. The concentrations of fluoride and nitrate were below the limit of detection throughout the period.

The mussels thrived well at all stations, the mortality rate over the study period was normal and the aluminium smelter did not affect the measured biological parameters of mussels. There was no significant effect on the accumulation of the trace elements iron, aluminium, vanadium, manganese, cobalt and selenium in mussels. Chromium, nickel, zinc, arsenic (apart from intertidal mussels), mercury, lead and copper (with the exception of station 5) were below the lowest Norwegian quality guidelines which is often used as a reference in Iceland when Icelandic criteria do not exist. It only exists for mercury in Icelandic biota and it was well below the quality limit. The concentration of fluoride was very similar between stations and appears to be lower compared to previous years. The concentration of cadmium was around or just above the lowest guideline in Norway at all stations, including the reference stations at Lónakot and in Hvalfjörður, but the values that were measured fall within the natural concentrations frequently measured in mussels in Iceland. There are no Icelandic environmental limits for cadmium in organisms.

The concentration of all 16 PAHs (aromatic polycyclic compounds) measured in mussels was found to be considerably lower in 2023 compared to 2018, and only phenanthrene, pyrene and fluoranthene were above the detection limit. In the current monitoring assessment, all values were well below the lowest Norwegian quality guidelines and the concentration is therefore below what could be expected in a clean or slightly polluted area. The same applies to the PAHs fluoranthene and benzo(a)pyrene specified in the Icelandic environmental quality requirements for PAHs in the ecosystem (crustaceans and molluscs) where the concentrations of these two substances were below the limit of detection in all cases.

Regarding a comparison of the reference stations and the results that were obtained now and in 2018, it should be considered to only use the reference station at Lónakot for future monitoring in the area. The natural conditions at Lónakot are more similar to those in and around Straumsvík with regard to oceanographic factors, depth, bottom type, exposure, currents and food supply for mussels compared to the reference station in Saurbæjarvík in Hvalfjörður. Measurements of the growth and main components of caged mussels (dry matter, protein, ash) also strongly support this, both this year and in the monitoring in 2018. The results of chemical measurements also show a good correlation between these monitoring years and there is nothing to indicate an effect from the factory area on the reference station at Lónakot, which is about 3 km to the west from Straumsvík, against the prevailing currents in the area.

Efnisyfirlit

Samantekt	3
Summary	5
1. Inngangur	10
2. Aðferðir	10
2.1. Söfnun krækings, undirbúningur búra, meðhöndlun og útsetning búrkrækings	10
2.2. Fjörukræklingur	14
2.3. Sjósýnatökur	15
2.4. Sýnaundirbúningur	15
2.5. Mælingar á ólífrænum snefilefnum og meginþáttum í kræklingi	15
2.6. Mælingar á PAH efnum í kræklingi	16
3. Niðurstöður og umræður	16
3.1. Dánartíðni krækings í búrum	16
3.2. Vöxtur og holdafar krækings	17
3.2.1. Heildarþyngd krækings	17
3.2.2. Lengd krækings	19
3.2.3. Þyngd mjúkvefs í kræklingi	20
3.2.4. Skeljamassi krækings	21
3.2.5. Ástandsstuðull krækings	22
3.3. Meginþættir krækings	24
3.4. Sjósýni	24
3.4.1. Sjómælingar	24
3.4.2. Ólífræn snefilefni í sjó	25
Barín (Ba)	26
Króm (Cr)	26
Kopar (Cu)	26
Járn (Fe)	26
Mangan (Mn)	27
Mólybden (Mo)	27
Fosfór (P)	27
Kísill (Si)	27
Sink (Zn)	27
Arsen (As)	28
Vanadín (V)	28
Kadmín (Cd), kvikasilfur (Hg) og nikkell (Ni)	28

3.4.3 Næringarefni og önnur ólífræn efni í sjó.....	29
Ammoníak.....	29
Sýaníð.....	30
Flúoríð.....	30
Ortófósfat.....	30
Klóríð.....	30
Nítrat og nítrít.....	30
Súlfat.....	31
Heildarköfnunarefni og fosfór.....	31
3.5. Ólífræn snefilefni í kræklingi.....	31
Járn (Fe).....	31
Ál (Al).....	32
Vanadín (V).....	33
Króm (Cr).....	34
Mangan (Mn).....	35
Kóbalt (Co).....	36
Nikkel (Ni).....	37
Kopar (Cu).....	38
Sink (Zn).....	39
Arsen (As).....	39
Selen (Se).....	40
Kadmín (Cd).....	40
Kvikasilfur (Hg).....	41
Blý (Pb).....	42
Flúor.....	43
3.6. PAH efni í kræklingi.....	45
4. Heimildaskrá.....	47
Viðauki 1.....	49
V1-1 Líffræðilegir mælipættir.....	49
V1-2 Ólífræn snefilefni í kræklingi.....	50
V1-3 Ólífræn snefilefni á þurrvigtagrunni.....	52
V1-4 Ólífræn snefilefni á votvigtagrunni.....	52
V1-5 Viðmið og umhverfisgæðakröfur.....	53
V1-6 Sjósýni.....	55
Viðauki 2 – PAH mælingar.....	57

1. Inngangur

Að beiðni Rio Tinto á Íslandi hf. - ISAL fóru fram sýnatökur í Straumsvík til efnagreininga á kræklingi og sjó sumarið og haustið 2023. Rannsóknasetur Háskóla Íslands á Suðurnesjum sá um framkvæmd verkefnisins og notaði til þess rannsóknabát setursins, Sæmund fróða RE. Halldór Pálmar Halldórsson, forstöðumaður setursins, Hermann Dreki Guls og Sandra Dögg Georgsdóttir sáu um skipulagningu rannsóknarinnar sem snéri að úsetningu og ræktun kræklinga í búrum fyrir utan álverið. Undirbúningur og tilborðsgerð verkefnisins var einnig í höndum Magnúsar Freys Ólafssonar sem sá um efnisöflun og tók jafnframt þátt í öllum sjóferðum. Í júlí 2023 var kræklingi safnað í fjöru í Hvalfirði við Fossá og hann settur út í byrjun júlí á sjó stöðvar fyrir utan álverið og á tveimur viðmiðunarstöðvum, önnur við Saurbæjarvík í Hvalfirði og hin við Lónakot um 3 km vestan við álverið. Um miðjan október var kræklingurinn tekinn inn eftir að hafa verið úti í búrum í rúmlega 14 vikur.

Eftirfarandi mælingar voru framkvæmdar á kræklingi: líffræðilegir þættir (s.s. vöxtur), styrkur ólífræna snefilefna og arómatískra fjölhringasamböndum (PAH efni) í mjúkvef. Sjósýni voru einnig tekin á sjó stöðvum þrisvar sinnum yfir tímabilið til greininga á ólífrænum snefilefnum, ásamt öðrum ólífrænum efnum (s.s. flúoríð, klóríð, nitur og fosfór). Fjörukræklingi var einnig safnað við álverið á þremur stöðvum og á viðmiðunarstað við Lónakot til efnagreininga á ólífrænum snefilefnum og PAH efnum.

Í rannsókninni eru notuð viðmiðunargildi frá Noregi fyrir efnainnihald í kræklingi og sjó (Bakke o.fl., 2010; Green o.fl., 2012; Molvær o.fl., 1997) og íslenskar umhverfisgæðakröfur samkvæmt reglugerð 796 frá árinu 1999 (Reglugerð um varnir gegn mengun vatns nr. 796/1999) þegar við á. Viðmiðunarmörk og nánari skilgreiningar á þeim eru í Viðauka V1-5 og V1-6 og Viðauka 2.

Þessi rannsókn er framhald verkefna sem unnin voru 1997, 2003, 2008, 2013 og 2018 (Guðjón Atli Auðunsson o.fl., 1998; 2005; 2012; 2014; 2020a). Eins og í fyrri verkefnum var kannað hvort og þá í hve miklum mæli ólífræn snefilefni og PAH efni eru tekin upp í kræklingi við álverið vegna þeirra iðnaðarstarfsemi sem fer þar fram og að kanna hvort breyting hafi átt sér stað frá fyrri árum. Einnig var kannað nánar notagildi viðmiðunarstöðvar við Lónakot sem framtíðar viðmiðunarstöð þessarar rannsóknar líkt og gert var árið 2018.

2. Aðferðir

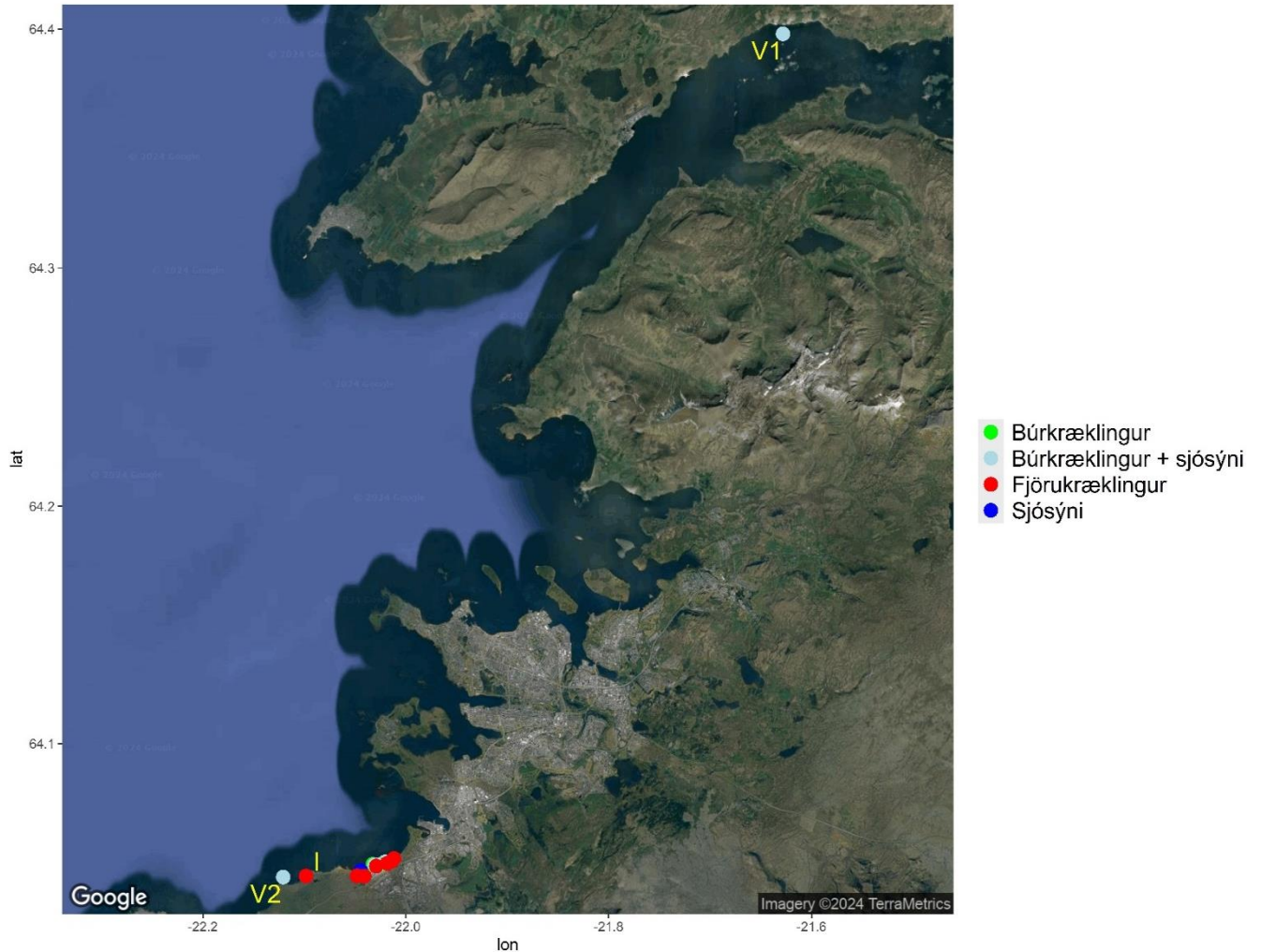
2.1. Söfnun kræklinga, undirbúningur búra, meðhöndlun og útsetning búkræklinga

Kræklingi var safnað í fjöru við Fossá í Hvalfirði þann 3. júlí 2023 og farið með hann samdægurs á Rannsóknasetur HÍ á Suðurnesjum í Sandgerði. Kræklingurinn var hreinsaður, mældur og settur í hreinan borholusjó (sírennsli; 9,5°C; selta 32). Tuttugu kræklingar á stærðarbilinu 45 – 55 mm voru settir í hvert hólf búranna og reynt var að velja eingöngu einstaklinga í góðu ástandi. Kræklingi var leyft að festa sig í búrunum í 4 – 5 sólarhringa í hreinum borholusjó fyrir útsetningu. Heildarfjöldi á hverri stöð var 120 sem deildist niður í 3 búr og alls voru 9 stöðvar með útsettum kræklingi.

Þann 7. júlí 2023 voru 120 kræklingar settir beint í frysti (-25°C) sem viðmiðunarsýni 0. Sama dag var ein viðmiðunarlögn sett út í sjó í Saurbæjarvík í Hvalfirði sem viðmiðunarsýni 1. Daginn eftir, 8. júlí 2023 voru 8 lagnir með búrum settar í sjó á 7 stöðvar við álverið í Straumsvík og á viðmiðunarstað við

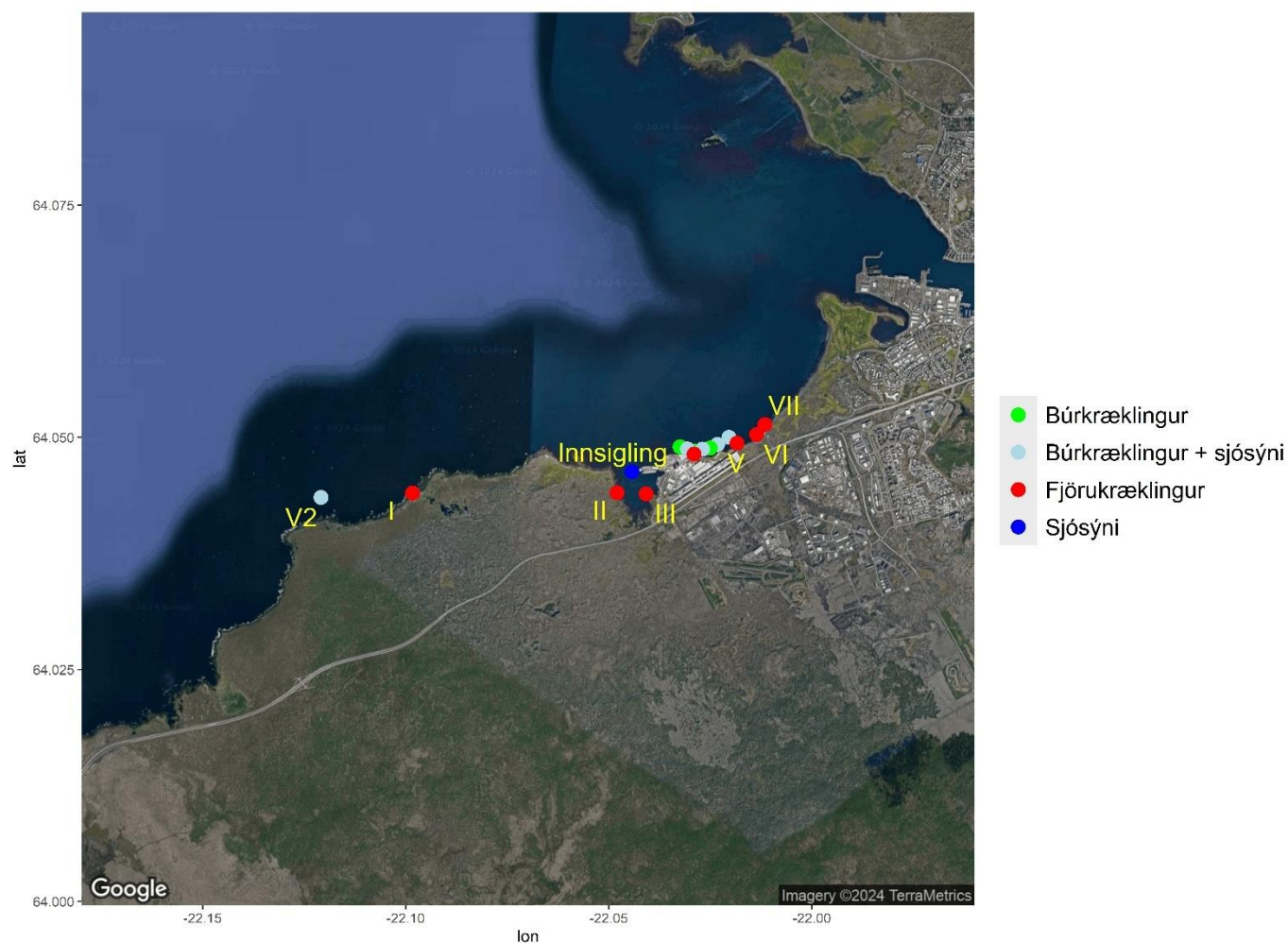
Lónakotsvatnagarða um 3 km vestan við álverið sem viðmiðunarsýni 2. Þessi viðmiðunarstöð var einnig notuð árið 2018 og munur milli viðmiðunarsýna 1 og 2 skoðaður nánar nú í ár og möguleikinn kannaður að nota eingöngu viðmiðunarsýni 2 (Lónakot) til framtíðar þar sem umhverfisaðstæður í Hvalfirði eru talsvert frábrugðnar því sem er í Faxaflóa.

Búrin með kræklingi voru höfð á 1 metra dýpi undir yfirborði líkt og fyrri ár. Staðsetningar stöðva og sýnatökustaða eru sýndar á mynd 1, 2 og 3 og hnit tilgreind í töflu 1.



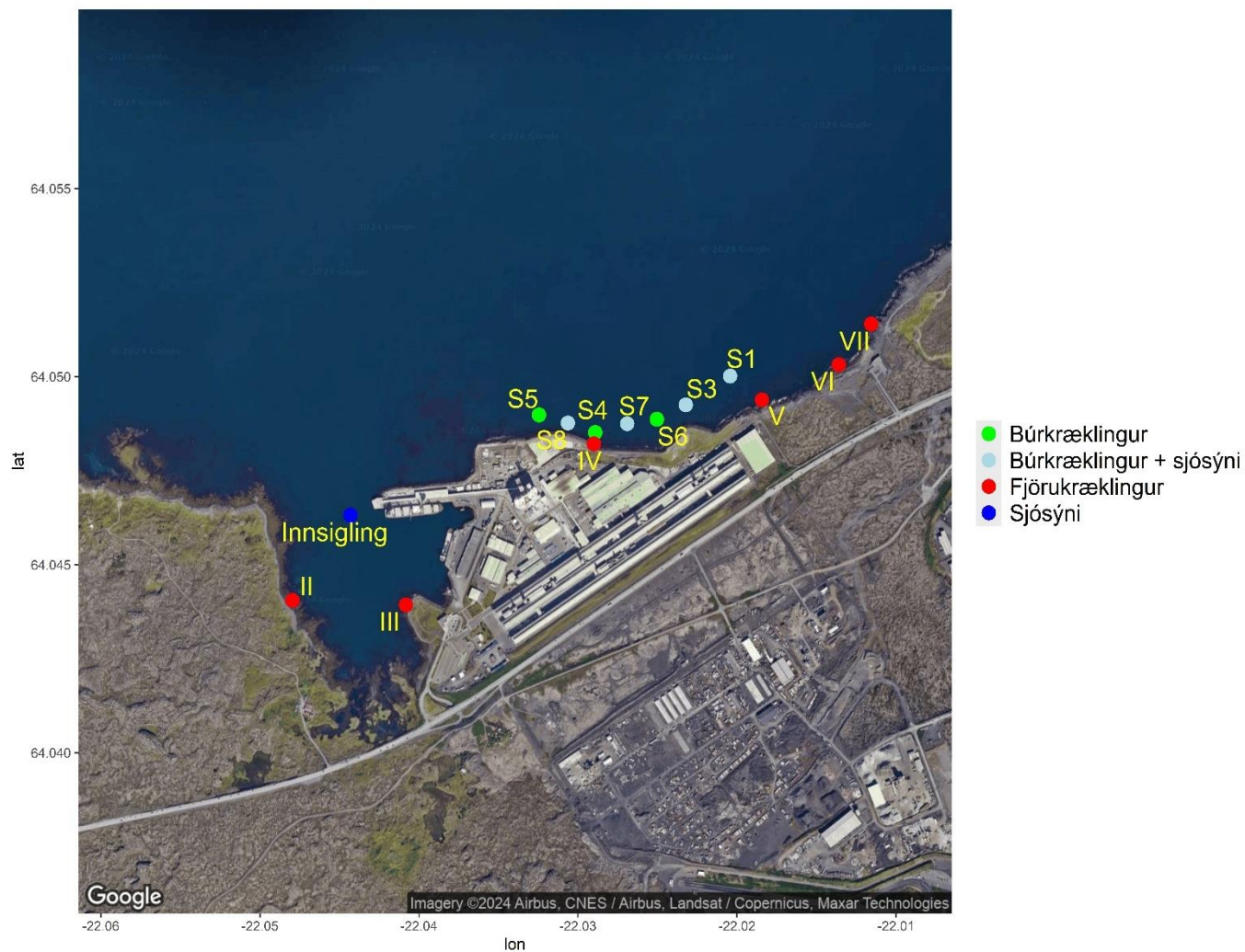
Mynd 1. Rannsóknasvæðið í heild. Viðmiðunarstöð í Hvalfirði (V1) og við Lónakot (V2).

Figure 1. Overview of the research area. Reference stations in Hvalfjörður (V1) and in Lónakot (V2).



Mynd 2. Rannsóknasvæði við álverið í Straumsvík. Allar staðsetningar á búrkræklingi, fjörukræklingi og sjósýnum eru sýndar. Fjörustöðvar IV, VI og VII voru ekki teknar með í þessari vöktun.

Figure 2. Research area by the aluminium smelter in Straumsvík. All stations for mussels (caged and intertidal) and seawater samples are shown. Intertidal stations IV, VI and VII were not included in this monitoring assessment.



Mynd 3. Staðsetningar búrækklings, fjörurækklings og sjósýna við álverið í Straumsvík. Fjörustöðvar IV, VI og VII voru ekki teknar með í þessari vöktun þar sem ekki fannst kræklingur af viðeigandi stærð.

Figure 3. Locations of caged (green and light blue dots) and intertidal (red dots) mussels and seawater sampling stations (light and dark blue) by the aluminium smelter in Straumsvík. Intertidal stations IV, VI and VII were not included in this monitoring assessment due to lack of mussels of appropriate size.

Tafla 1. Staðsetning sjósýna og lagna með útsettum kræklingi. Heildardýpi á stöðvunum (í metrum) ásamt hnítum.
Table 1. Locations of the seawater samples and caged mussels. Total depth at the stations (in meters) as well as coordinates.

Rannsóknastöðvar	Sýni	Dýpi (m)	Baughnit	
			N – Breidd	V – breidd
V0 (viðmið 0, upphaf)	Fjörukæklingur	Fjara	64°21.240'	21°27.200'
V1 (Viðmið 1, Hvalfjörður)	Búræklingur + sjósýni	21	64°23.878'	21°37.691'
V2 (Viðmið 2, Lónakot)	Búræklingur + sjósýni	8	64°02.613'	22°06.253'
S1 (Stöð 1)	Búræklingur + sjósýni	8	64°03.001'	22°01.226'
S3 (Stöð 3)	Búræklingur + sjósýni	8	64°02.955'	22°01.393'
S4 (Stöð 4)	Búræklingur	8	64°02.911'	22°01.735'
S5 (Stöð 5)	Búræklingur	8	64°02.939'	22°01.947'
S6 (Stöð 6)	Búræklingur	8	64°02.932'	22°01.502'
S7 (Stöð 7)	Búræklingur + sjósýni	8	64°02.925'	22°01.614'
S8 (Stöð 8)	Búræklingur + sjósýni	8	64°02.926'	22°01.838'
Innsigling	Sjósýni	Sjósýni	64°02.779'	22°02.658'

Þann 16. október 2023 voru kræklingabúrin tekin upp við Straumsvík og í Hvalfirði sem höfðu þá verið úti í 14 vikur. Kræklingi var komið fyrir í frysti við -25°C á rannsóknasetrinu í Sandgerði fram að krufningu og undirbúningi fyrir efnagreiningar.

2.2. Fjörukæklingur

Þann 23. október 2023 var kræklingi safnað í fjöru á tveimur stöðvum í Straumsvík (stöð II og III) og á viðmiðunarstöð við Lónakot (stöð I (VM)), nákvæmar staðsetningar eru sýndar á myndum 2 og 3 og hnít tilgreind í töflu 2. Kræklingi var svo safnað á einni stöð austan við álverið, stöð V þann 30. október 2023. Samdægurs var kræklingurinn settur í frysti (-25°C) og geymdur fram að undirbúningi fyrir efnagreiningar. Ekki náðist að safna kræklingi af stöðvum VI og VII þar sem ekki fundust kræklingar á þeim svæðum af viðeigandi stærð. Líkt og árið 2018 var ekki unnt að safna kræklingi af stöð IV vegna aðgengis en til framtíðar verður ekki hægt að nota þessa stöð.

Tafla 2. Staðsetning fjörukæklings.
Table 2. Locations of the intertidal mussels.

Fjörustöðvar	Baughnit		Athugasemdir
	N – Breidd	V – breidd	
I VM (Fjörukæklingur Viðmið)	64°02.641'	22°05.899'	Viðmið við Lónakot
Fjörustöð II	64°02.643'	22°02.877'	Sama stöð og fyrri ár
Fjörustöð III	64°02.636'	22°02.449'	Sama stöð og fyrri ár
(Fjörustöð IV)	64°02.893'	22°01.740'	Enginn kræklingur 2023
Fjörustöð V	64°02.963'	22°01.106'	Sama stöð og fyrri ár
(Fjörustöð VI)	64°03.019'	22°00.816'	Enginn kræklingur 2023
(Fjörustöð VII)	64°03.084'	22°00.694'	Enginn kræklingur 2023

2.3. Sjósýnatökur

Sjósýnatökur voru gerðar um borð í bátnum með því að dæla upp sjó af um 1 m dýpi til mælinga á næringarefnum, ólífrænum snefilefnum og öðrum ólífrænum efnum og sjósýnum var safnað í þrjár plastflöskur. Sýni voru tekin á 7 stöðvum, stöð 1, 3, 7, 8, á báðum viðmiðum og svo í innsiglingunni við höfnina í Straumsvík. Sjósýni voru tekin þrisvar sinnum yfir tímabilið, 7. og 8. júlí þegar kræklingalagnir voru lagðar út og þegar farið var í eftirlitsferð þann 23. ágúst og allar lagnir teknar upp og þrífarnar. Síðustu sjósýnin voru tekin 16. október þegar kræklingalagnir voru teknar upp í lokin. Sjósýnin voru flutt samdægurs eða daginn eftir til Matís til mælinga. Sjávarhiti, sýrustig, selta, súrefnismettun, uppleyst efni og leiðni var einnig mælt í sjó við stöðvarnar og fóru þessar mælingar fram um borð sama dag og lagnirnar voru teknar upp og voru þessar mælingar gerðar með Hanna HI 98194 pH/EC/DO multiparameter mæli sem er í eigu Náttúrustofu Suðvesturlands.

Mæld voru ólífræn snefilefni (barín, kadmín, króm, kopar, járn, mangan, kvikasilfur, mólýbden, nikkel, fosfór, kísill, sink, arsen og vanadín) en einnig næringarefni og önnur ólífræn efni (klóríð, flúóríð, sulfat, sýaníð, fosfat, níturat, nítít og ammóníak).

2.4. Sýnaundirbúningur

Á Rannsóknasetri HÍ í Sandgerði var dánartíðni kræklinga metin og kræklingar krufðir fyrir efnagreiningar. Notaðir voru 50 kræklingar frá hverri stöð til mælinga á vexti, holdafari og efnainnihaldi. Hver einstaklingur var lengdamældur (lengd, hæð og breidd) og vigtaður (heildarþyngd, þyngd mjúkvæfs og þyngd skelja). Þessar mælingar voru framkvæmdar og í umsjón Halldórs Pálmars Halldórssonar, Hermanns Dreka Guls og Söndru Daggar Georgsdóttur. Hver einstaklingur var krufinn og mjúkvæf safnað saman í sýrupvegnar glerkrukkur og þær settar í frysti (-25°C). Sýnin voru síðan flutt frosin til Matís til efnagreininga.

2.5. Mælingar á ólífrænum snefilefnum og meginþáttum í kræklingi

Sýnaundirbúningur og greiningar á ólífrænum snefilefnum og meginþáttum fóru fram í Matís. Mæld voru meginefni (þurrefni, prótein og aska) og ólífræn snefilefni (ál, vanadín, króm, mangan, járn, kóbalt, nikkel, kopar, sink, arsen, selen, kadmín, kvikasilfur og blý). Sýnin voru gerð einsleit og frostþurrkuð fyrir allar mælingar. Niðurbrot sýnanna var framkvæmt með aðstoð örbylgju í örbylgjuofni (UltraWave, Milestone). Hverju sýni var skipt í tvennt og mælt frá grunni í sitthvoru lagi og var hvort sýni 150 – 200 mg (nákvæmni upp á $\pm 0,1$ mg). Sýnum var komið fyrir í quartz niðurbrotsglös og bætt við 1 mL af saltpéturssýru (HNO_3) og 1 mL af vetnisperoxíði (H_2O_2). Glösum var lokað og komið fyrir í örbylgjuofni þar sem sýnin voru brotin niður. Þegar niðurbroti var náð voru sýnin færð yfir í 50 mL pólýprópýlen rör og þau þynnt með afjónuðu vatni að 50 mL. Snefilefni í kræklingasýnunum voru mæld með ICP-MS-aðferð (e. Inductively coupled plasma mass spectrometer) og styrkur ólífrænu snefilefnanna var mældur samkvæmt faggiltum aðferðum (ISO17025) í gæðahandbók Matís. Mælingar á meginefnþáttum voru gerðar samkvæmt faggildum aðferðum Matís. Flúor var mælt hjá undirverktaka (GBA í Þýskalandi) sem framkvæmir faggiltar flúormælingar skv. Evrópskum staðli með jónavalvísu rafskauti (ISE; Ion-Selective electrode) eftir meðferð með saltsýru. Heildar niðurstöður eru sýndar í Viðauka 1.

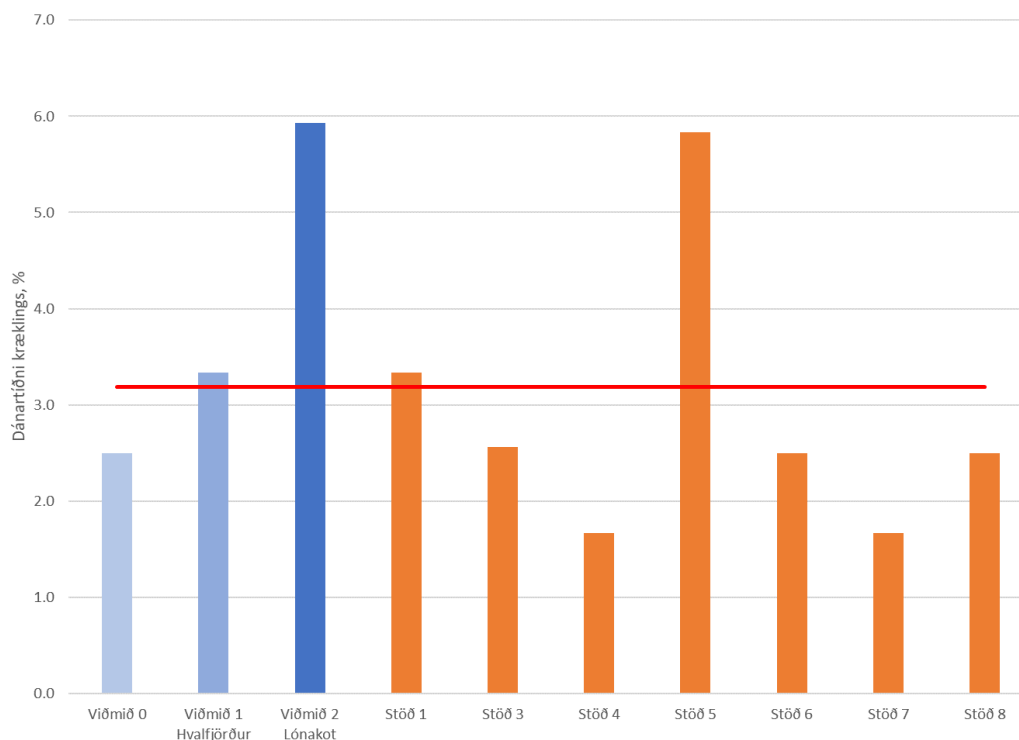
2.6. Mælingar á PAH efnum í kræklingi

Greining á PAH efnum í kræklingi fóru fram á Rannsóknastofu í lyfja- og eiturefnafræði HÍ undir stjórn Kristínar Ólafsdóttur. Sextán fjölhringa kolvatnsefni (16 EP-PAH) voru mæld í mjúkvæf kræklingasýnanna: naftalene, acenaftylene, acenaftene, fluorene, phenanthrene, anthracene, fluoranthene, pyrene, benz(a)anthracene, chrysene, benzo(b)fluoranthene, benzo(k)fluoranthene, benzo(a)pyrene, indeno(1,2,3-cd)pyrene, dibenz(a,h)anthracene og benzo(ghi)perylene. PAH efni voru úrhlotuð úr kræklingi með fituútdrætti og fitan leyst í ísóktani og hreinsuð með KOH í etanóllausn. Tríklórnaftalene var notað sem innri staðall og PCB-116 og PCB-198 sem heimtustaðlar. Gæðaeftirlit fyrir þessar efnagreiningar fólst í mælingum á sýnum af kræklingi frá Quasimeme með þekktu magni af öllum PAH efnum sem voru greind með sýnunum og nýtast þannig sem viðmiðunarsýni fyrir þessar mælingar. Nánari lýsingar og heildar niðurstöður er að finna í Viðauka 2.

3. Niðurstöður og umræður

3.1. Dánartíðni kræklinga í búrum

Í hverju búi var talinn heildarfjöldi og fjöldi dauðra einstaklinga. Mynd 4 sýnir hlutfall dauðra kræklinga í sýnunum og var dánartíðni á öllum stöðvum að meðaltali 3,2% (á bilinu 1,7 – 5,9%, staðalfrávik: 1,4). Að meðaltali voru 3,8 kræklingar dauðir af 120 einstaklingum á hverri stöð (á bilinu 2 – 7, staðalfrávik: 1,7). Þegar borið er saman hlutfallið við fyrri athuganir (frá árunum 2003, 2008 og 2018) sést að hlutfallið að þessu sinni er lægra en var 2018 en sambærilegt því sem sást 2003 og 2008 (Guðjón Atli Auðunsson o.fl., 2005; 2012). Eins og nefnt var í skýrslu með niðurstöðum frá vöktunarárinu 2018 var ekki unnt að mæla þetta hlutfall árið 2013 og var hlutfallið ekki til athugunar 1997 (Guðjón Atli Auðunsson o.fl., 2020a). Fyrri rannsóknir hafa bent til þess að dánartíðni um 10% eða lægri hjá útsettum kræklingi teljist eðlileg afföll og er því hlutfallið sem fékkst hér (3,2%) mjög ásættanlegt og ekki um áhrif frá álverinu að ræða hvað varðar lífvænleika kræklinga.



Mynd 4. Hlutfall dauðra kræklinga í búrum á rannsóknastöðvum og viðmiðum. Rauða línan sýnir meðaltalhlutfall dauðra kræklinga á öllum stöðvum eða 3,18%.

Figure 4. Proportion of dead mussels in cages of the research stations and controls. The red line shows the average number of dead mussels at all stations or 3,18%.

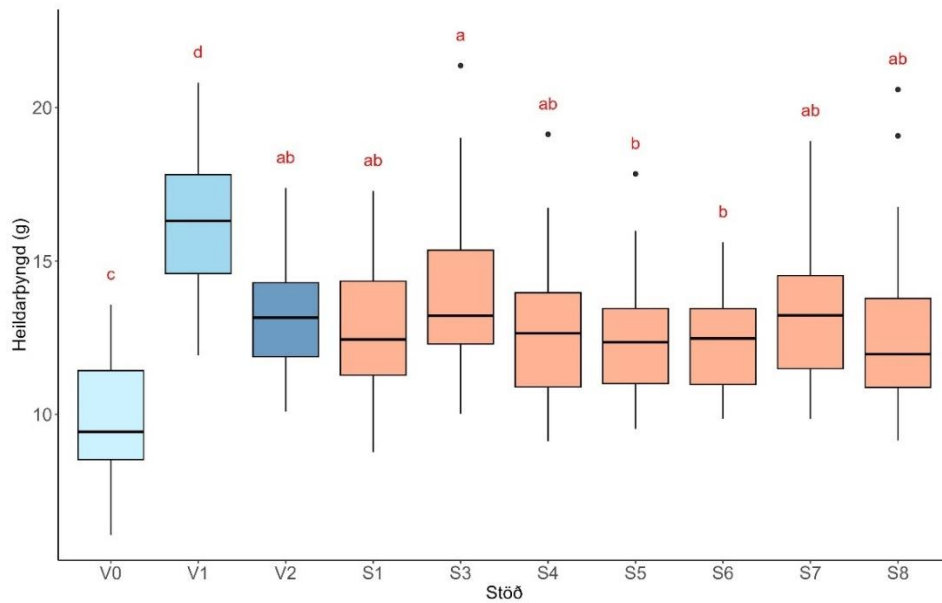
3.2. Vöxtur og holdafar krækings

Samanburður á vexti og holdafari krækings á milli stöðva var gerður með einþátta fervikagreiningu (One-way ANOVA) og TukeyHSD post-hoc próf í kjölfarið. Eftirfarandi gróf (myndir 5 – 14) eru kassarit þar sem mismunandi bókstafir tákna marktækan mun milli stöðva (ANOVA, TukeyHSD: $p < 0,05$). Neðri brún kassans er 25% hundraðsmark, þykk svört lína er miðgildi og efri brún kassans er 75% hundraðsmark. Stikurnar undir og yfir kössunum ná yfir lægsta og hæsta gildi. Fari gildi í safni yfir 1,5 sinnum interquartile range (IQR; mismunur 75% og 25% hundraðsmarka) frá 25 og 75 hundraðsmörkum, þá er um útlaga (e. outlier) að ræða og eru þau gildi sýnd sérstaklega sem punktar utan við stikurnar.

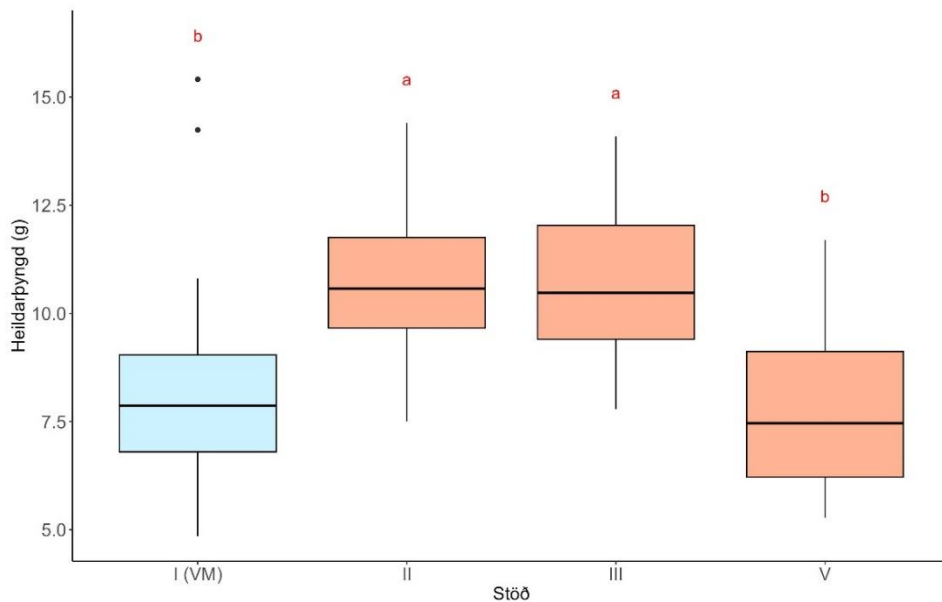
3.2.1. Heildarþyngd krækings

Marktækur munur er á heildarþyngd krækings í upphafi rannsókna (V0) og allra stöðvanna (mynd 5) í lokin, sem búast mátti við þar sem kræklingurinn á rannsóknastöðvum hafði verið rúmar 14 vikur í sjó og þeim mun eldri en kræklingurinn í upphafssýninu. Viðmið í Hvalfirði (V1) er einnig frábrugðið hinum stöðvunum þegar skoðuð er heildarþyngd en aðstæður í Hvalfirði eru aðrar en í Straumsvík sem að öllum líkindum skýrir þennan mun. Í Straumsvík er kræklingurinn fyrir opnara hafi, berskjaldaðri fyrir öldugangi og næringarefni í sjó mögulega af skornari skammti miðað Hvalfjörð. Ekki er mikill munur á heildarþyngd krækings milli rannsóknastöðva en þó er munurinn marktækur á milli stöðvar 3 og stöðva 5 og 6. Aðstæður krækings á viðmiði 2 við Lónakot (V2) virðast samanburðarhæfar við rannsóknasvæðið við Straumsvík þar sem ekki kemur fram marktækur munur á heildarþyngd krækings á V2 miðað við rannsóknastöðvarnar.

Marktækur munur er á heildarþyngd fjörukræklings á viðmiði I (I VM) og stöðvum II og III, og jafnframt er munur á milli stöðar V og stöðva II og III (mynd 6). Líkt og í fyrri rannsóknum á svæðinu reyndist erfitt að finna fjörukrækling af sömu stærð á mismunandi stöðvum sökum náttúrulegs breytileika sem skýrir þennan mun í heildarþyngd á milli stöðva.



Mynd 5. Heildarþyngd búkræklings (votvigt).
Figure 5. Total weight of caged mussels (wet weight).

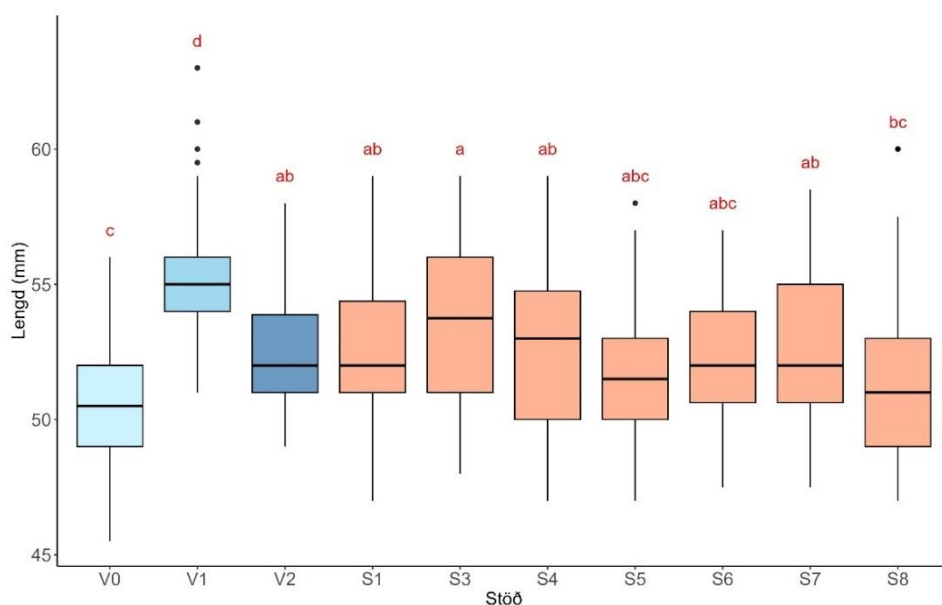


Mynd 6. Heildarþyngd fjörukræklings (votvigt).
Figure 6. Total weight of intertidal mussels (wet weight).

3.2.2 Lengd kræklinga

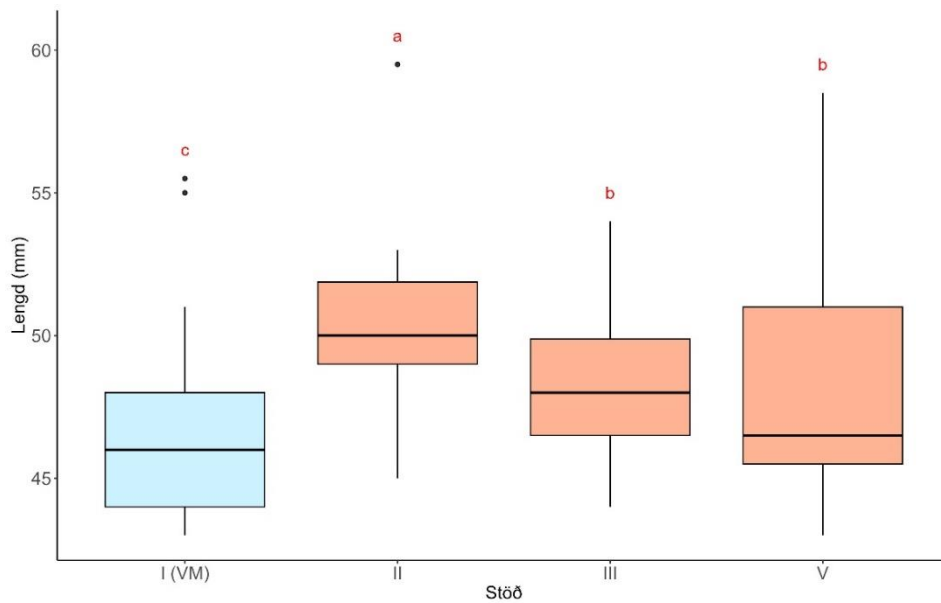
Lengd búkræklinga (mynd 7) gefur svipaðar niðurstöður og heildarþyngdin þar sem marktækur munur er augljós á milli V0 og allra stöðva fyrir utan stöðvar 5, 6 og 8. Kræklingur á viðmiði V1 í Hvalfirði er hins vegar marktækt lengri miðað við allar rannsóknastöðvar og viðmið V2 við Lónakot. Að öðru leyti er einungis marktækur munur á milli stöðva 3 og 8 þar sem kræklingur á stöð 3 reyndist lengri. Heilt yfir er lengdaraukningin yfir rannsóknatímabilið ekki mikil sem er líklegast vegna þess að fjörukræklingur lengist ekki eins mikið í samanburði við krækling fenginn af ræktarlínu (Halldór Pálmar Halldórsson og Hermann Dreki Guls, 2022) en ólíkt fyrri árum var þessum kræklingum upphaflega safnað úr fjöru við Fossá í Hvalfirði.

Marktækur munur er á lengd fjörukræklinga á milli viðmiðsins og allra stöðvanna (mynd 8) en munur sést líka á stöð II borið saman við III og V. Erfiðara var að finna krækling af viðeigandi stærð í fjöru við viðmiðið og sést munur á meðallengd kræklinganna nánar í Viðauka 1 (tafla V1-1) en mikilvægt er að safna kræklingi af samanburðarhæfri stærð fyrir efnagreiningar. Þrátt fyrir marktækan mun á stærð fjörukræklinga á milli stöðva þá er hann innan þess lengdarbils sem sóst var eftir (45 – 55 mm).



Mynd 7. Lengd búkræklinga (mm).

Figure 7. Length of caged mussels (mm).

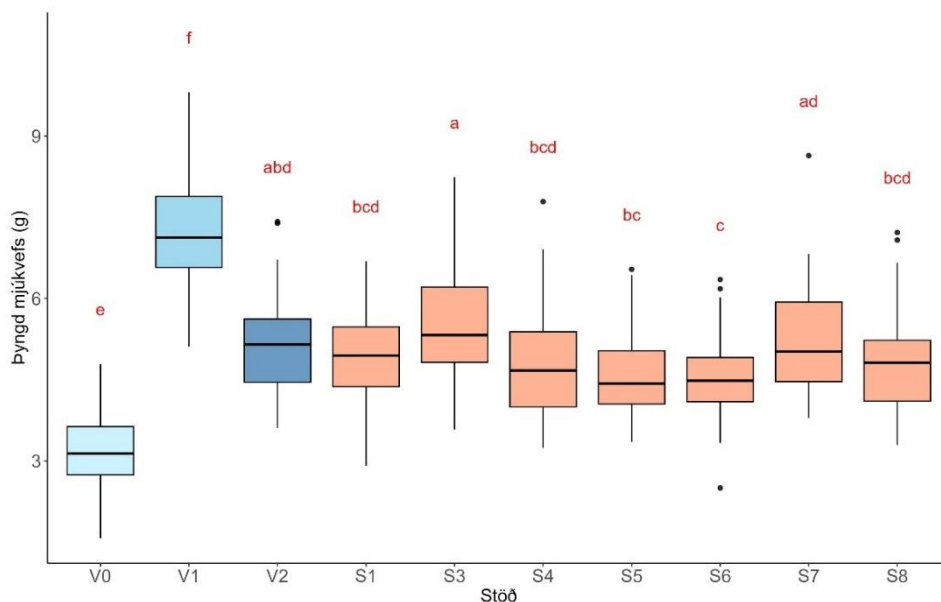


Mynd 8. Lengd fjörukræklinga (mm).
Figure 8. Length of intertidal mussels (mm).

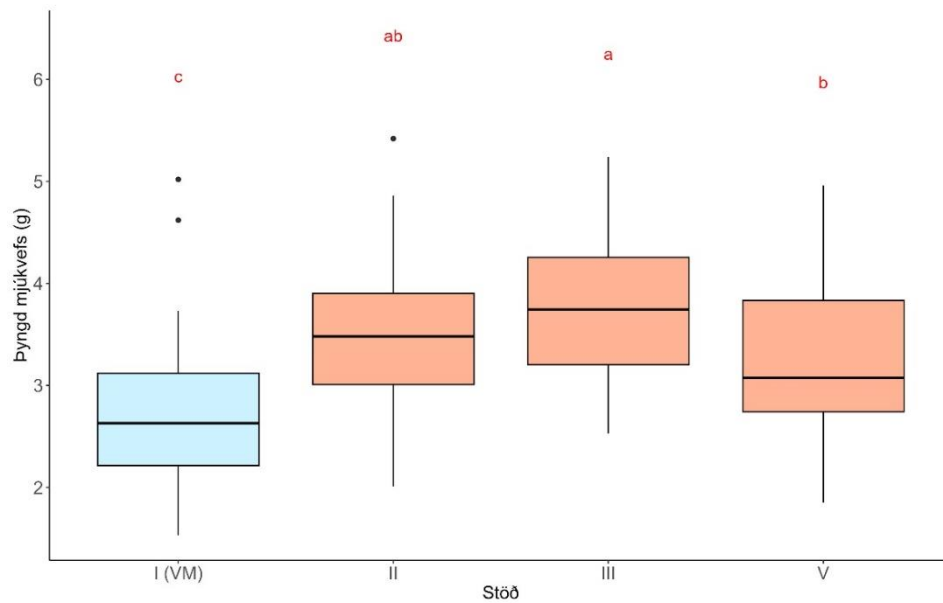
3.2.3 Þyngd mjúkvefs í kræklingi

Þyngd mjúkvefs í búrkræklingi má sjá á mynd 9. Marktækur munur er á milli V0 og allra stöðvanna og er því augljóst að útsettur kræklingur þyngdist talsvert yfir tímabilið. Kræklingur á V1 þyngdist langmest og sker sig úr og er það líklegast vegna ólíkra náttúrulegra aðstæðna í Hvalfirði eins og nefnt var áður. Kræklingur á stöð 6 hafði marktækt léttari mjúkvef borið saman við viðmið 2 við Lónakot og stöðvar 3 og 7.

Mjúkvefur í fjörukræklingi (mynd 10) var marktækt léttari á viðmiðunarstöð I (VM) borið saman við hinar stöðvarnar og munur var einnig á milli stöðva III og V.



Mynd 9. Þyngd mjúkvefs í búrkræklingi (votvigt).
Figure 9. Soft tissue weight of caged mussels (wet weight).



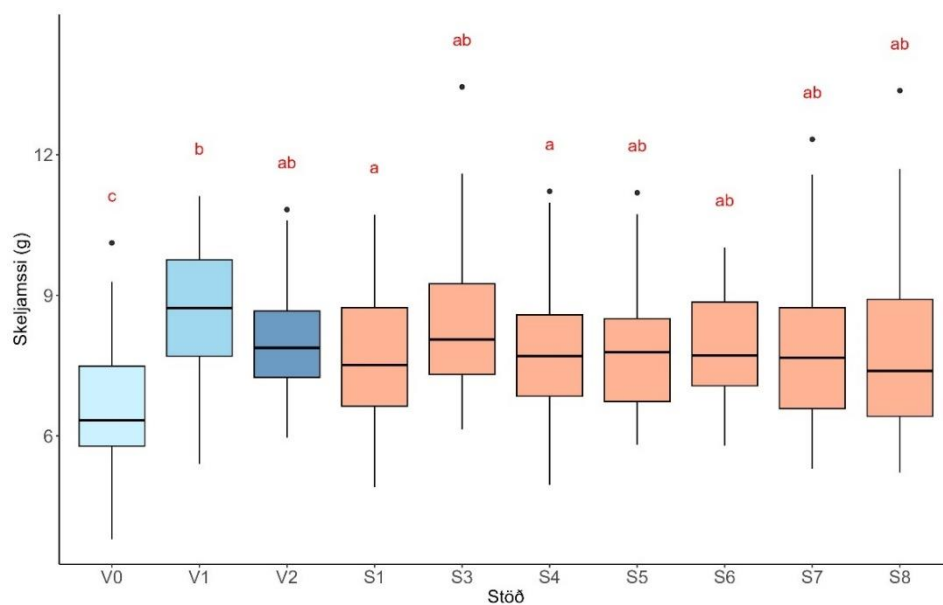
Mynd 10. Þyngd mjúkvæfs í fjörukræklingi (votvigt).

Figure 10. Soft tissue weight of intertidal mussels (wet weight).

3.2.4. Skeljamassi kræklinga

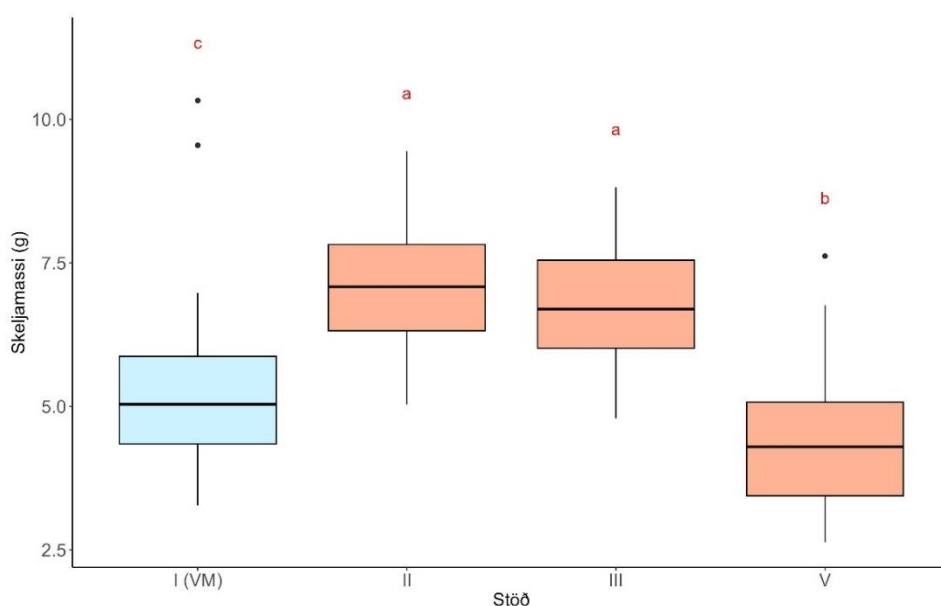
Skeljamassa búrkræklinga má sjá á mynd 11 og sést þar marktækur munur milli V0 og annarra stöðva og skeljamassi er sambærilegur á milli allra rannsóknastöðvanna. Ekki er munur á milli V2 og allra stöðva en skeljamassinn er hærri hjá kræklingi á V1 í Hvalfirði miðað við stöðvar 1 og 4.

Fjörukræklingar af stöðvum II og III höfðu marktækt meiri skeljamassa (mynd 12) en á stöðvum I (VM) og V en síðarnefnda stöðin var aftur marktækt lægri í skeljamassa miðað við I (VM) við Lónakot.



Mynd 11. Skeljamassi búrkræklinga (votvigt).

Figure 11. Shell weight of caged mussels (wet weight).



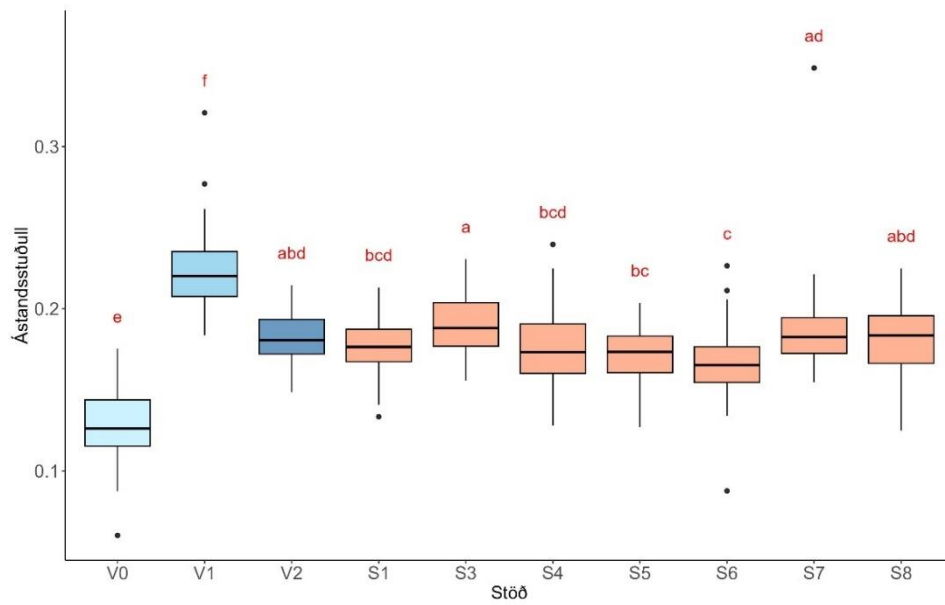
Mynd 12. Skeljamassi fjörukræklinga (votvigt).
Figure 12. Shell weight of intertidal mussels (wet weight).

3.2.5 Ástandsstuðull kræklinga

Samkvæmt ráðleggingum ICES (Hansson o.fl., 2017) er ástandsstuðull kræklinga (e. condition index) reiknaður á eftirfarandi hátt: Þyngd mjúkvæfs (g)/(lengd x breidd x hæð) x 1000. Ástandsstuðull getur gefið innsýn á almennt ástand hans en getur verið nokkuð breytilegur milli svæða og er hann helst notaður til að bera saman ástand kræklinga milli áþekkra stöðva innan sömu rannsóknar líkt og hér.

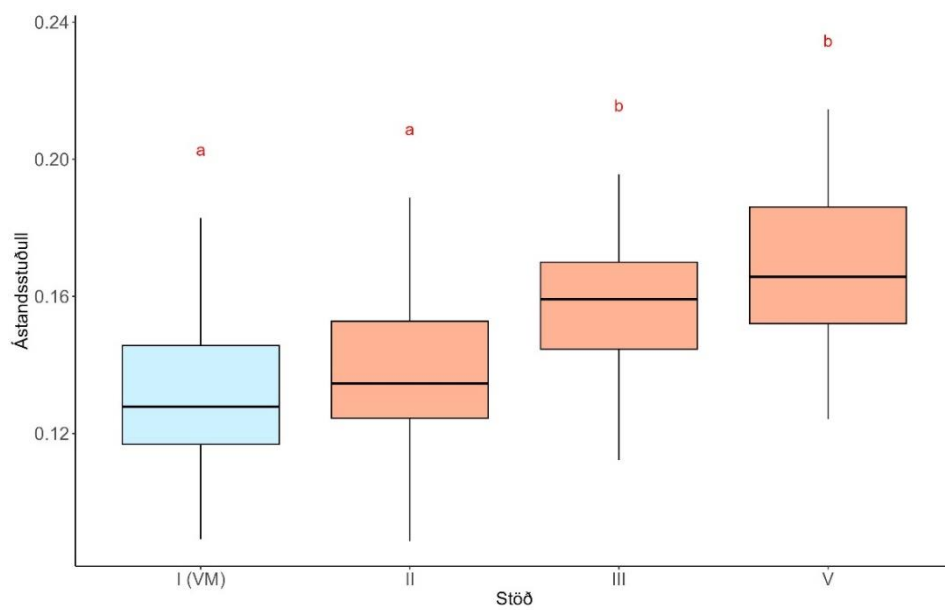
Ástandsstuðull búrkræklinga (mynd 13) hækkaði marktækt yfir rannsóknartímabilið á öllum stöðvum í samanburði við kræklinginn (V0) í upphafi rannsóknar. Viðmiðið í Hvalfirði (V1) hefur marktækt hærri ástandsstuðul miðað við rannsóknastöðvarnar og er það líklegast vegna ólíkra aðstæðna sem eru í Hvalfirði og Straumsvík. Viðmið 2 (V2) og stöðvar 3, 7 og 8 höfðu marktækt hærri ástandsstuðul en hinar stöðvarnar.

Fjörukræklingar á stöðvum III og V höfðu marktækt hærri ástandsstuðla í samanburði við stöðvar I (VM) og II (mynd 14). Náttúrulegur breytileiki í stærð, þyngd og formgerð kræklinga skýrir að líkindum þennan mun þar sem erfitt er að staðla þessa þætti við sýnatökur í fjörum á þessu svæði. Munurinn á milli fjörustöðva sást einnig í öðrum vaxtarmælingum hjá kræklingi sem endurspeglar muninn í ástandsstuðlunum.



Mynd 13. Ástandsstuðull búkræklings: Þyngd mjúkvæfs (g) / (lengd x breidd x hæð) x 1000.

Figure 13. Condition index of caged mussels: Soft tissue weight (g) / (length x width x height) x 1000.

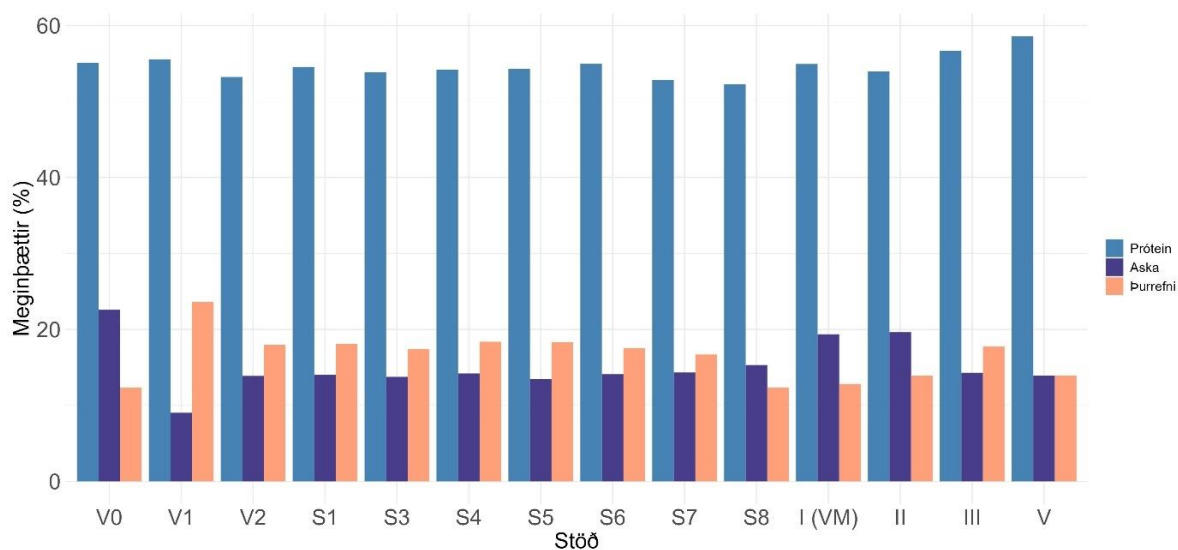


Mynd 14. Ástandsstuðull fjöruræklings: Þyngd mjúkvæfs (g) / (lengd x breidd x hæð) x 1000.

Figure 14. Condition index of intertidal mussels: Soft tissue weight (g) / (length x width x height) x 1000.

3.3. Meginþættir krækings

Meginþættir krækings (prótein, aska og þurrefni) má sjá á mynd 15. Lítil breytileiki er á milli stöðva hvað varðar próteinmagn og tiltölulega lítil breytileiki sést á öskumagni í kræklingi á stöðvunum (fyrir utan V0) þar sem öskumagn er ívið meira á stöðvum I (VM) og II sem kemur ekki á óvart þar sem um er að ræða fjörukræklinga og má því búast við meira öskumagni. Hlutfall þurrefnis er einnig ívið hærri í búrkræklingi miðað við fjörukrækling og eru slíkar niðurstöður talðar eðlilegar. Þurrefni mjúkvefs hækkar með meiri holdmassa og búrkræklingurinn hefur meiri mjúkvef og sést það vel á V1 þar sem kræklingur á viðmiði V1 í Hvalfirði sker sig úr hvað varðar heildarþyngd og þyngd mjúkvefs (mynd 5 og 9). Búrkræklingur við álverið (S1 – S8) er nokkuð einsleitur og eru gildi á prótein-, ösku- og þurrefnismagni sambærileg.



Mynd 15. Meginþættir (prótein, aska og þurrefni) krækings á öllum stöðvum.

Figure 15. Main components (protein, ash and dry weight) of mussels from all stations.

3.4. Sjósýni

3.4.1 Sjómælingar

Niðurstöður mælinga í sjó sem teknar voru í október 2023 má sjá í töflu 3. Niðurstöður efnagreininga sjósýna má sjá í töflum 4 og 5 og í Viðauka V1-6.

Tafla 3. Niðurstöður mælinga á sjó við álverið í Straumsvík og á viðmiðunarstöðvum. Mælingar gerðar í október 2023.

Table 3. Results of measurements in seawater by the aluminium smelter in Straumsvík and controls. Measurements were done in October 2023.

Stöð	Sjávarhiti (°C)	Sýrustig (pH)	Selta (psu)	O ₂ mg/L	O ₂ %	Uppleyst efni (g/L)
Viðmið 1 - Hvalfjörður	7,88	8,11	31,7	7,82	82,0	24,5
Viðmið 2 - Lónakot	8,63	8,15	32,2	7,86	83,3	24,7
Stöð 1	8,31	8,12	31,1	7,80	82,4	24,1
Stöð 3	8,30	8,12	31,5	7,78	82,4	24,3
Stöð 7	8,31	8,14	31,1	7,77	81,9	24,1
Stöð 8	8,30	8,14	31,1	7,80	82,1	24,1
Innsigling	8,44	8,16	30,4	7,71	82,2	24,5

Sjávarhiti og sýrustig var nokkuð áþekkt á öllum stöðvum en sjávarhiti á viðmiði 1 í Hvalfirði var örlítið lægri miðað við hinar stöðvarnar. Selta er ívið hærri á viðmiði 2 í Lónakoti miðað við aðrar stöðvar og seltan er lægri í innsiglingunni sem bendir til ferskvatnsáhrifa eins og við mátti búast. Mikil sveifla sást á seltunni árið 2018 sem mæld var með sírita (18,9 – 34,3 psu) (Guðjón Atli Auðunsson o.fl., 2020c) og eru gildin sem mældust núna sambærileg því sem oft kom fram yfir rannsóknatímabilið 2018. Ásamt ferskvatnsinnstreymi getur veður haft mikil áhrif á seltu og því geta miklar sveiflur og dagamunur komið fram í seltumælingum. Súrefni og uppleyst efni var einnig áþekkt milli stöðva. Líkt og með seltu má sjá sveiflu í súrefnismettun árið 2018 en gildin sem mælast hér eru sambærileg 2018 gildum og samkvæmt norskum viðmiðunarmörkum er súrefnismettun yfir 65% talin mjög góð (Molvær o.fl., 1997; Guðjón Atli Auðunsson o.fl., 2020c) en núna var hún ávallt um eða yfir 82%. Mikilvægt er að hafa í huga að aðeins er um eina mælingu að ræða yfir rannsóknatímabilið sem getur takmarkað túlkun mælinga en ætti þó að gefa góða vísbendingu um almennt ástand í sjó í grennd við álverið.

3.4.2 Ólífræn snefilefni í sjó

Tafla 4. Niðurstöður efnagreininga á ólífrænum snefilefnum í sjó við álverið í Straumsvík og á viðmiðunarstöðvum.
Table 4. Results of chemical analysis of total metals/major cations in seawater samples by the aluminium smelter in Straumsvík and controls.

Dags: 8. júlí								
		Stöð 1	Stöð 3	Stöð 7	Stöð 8	Viðmið 1 Hvalfjörður	Viðmið 2 Lónakot	Innsigling
Barín (Ba)	µg/L	5,76	2,80	3,50	6,05	7,32	6,98	4,99
Kadmín (Cd)	µg/L	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Krómi (Cr)	µg/L	0,34	0,90	0,71	0,50	0,33	0,30	0,44
Kopar (Cu)	µg/L	<0,5	<0,5	<0,5	0,59	<0,5	<0,5	<0,5
Járn (Fe)	mg/L	<0,004	<0,004	0,01	0,01	0,02	<0,004	0,004
Mangan (Mn)	µg/L	0,98	0,52	0,61	1,30	2,89	1,07	0,92
Kvikasilfur (Hg)	µg/L	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Mólybden (Mo)	µg/L	10,2	5,01	6,06	10,4	12,7	11,2	8,88
Nikkel (Ni)	µg/L	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Fosfór (P)	µg/L	<40	<40	<40	<40	<40	<40	<40
Kísill (Si)	mg/L	1,42	4,30	3,64	1,54	<0,2	0,77	2,19
Sink (Zn)	µg/L	5,65	4,16	3,34	4,18	5,83	6,51	2,99
Arsen (As)	µg/L	1,39	0,70	0,76	1,19	1,61	1,46	1,06
Vanadín (V)	µg/L	6,72	18,9	15,3	7,76	2,32	4,03	10,2
Dags: 23. ágúst								
		Stöð 1	Stöð 3	Stöð 7	Stöð 8	Viðmið 1 Hvalfjörður	Viðmið 2 Lónakot	Innsigling
Barín (Ba)	µg/L	3,03	4,28	5,43	4,68	6,64	5,93	2,07
Kadmín (Cd)	µg/L	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Krómi (Cr)	µg/L	0,83	0,76	0,61	0,43	<0,1	0,17	1,06
Kopar (Cu)	µg/L	<0,5	0,59	<0,5	<0,5	<0,5	0,90	3,01
Járn (Fe)	mg/L	<0,004	<0,004	0,01	0,01	0,02	0,005	<0,004
Mangan (Mn)	µg/L	0,56	0,53	0,50	0,76	3,71	0,76	<0,1
Kvikasilfur (Hg)	µg/L	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Mólybden (Mo)	µg/L	5,76	7,93	9,40	8,65	11,70	10,80	4,29
Nikkel (Ni)	µg/L	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Fosfór (P)	µg/L	<40	<40	<40	<40	<40	<40	<40
Kísill (Si)	mg/L	3,58	2,35	1,38	1,79	0,53	0,60	4,69
Sink (Zn)	µg/L	6,75	2,08	3,99	3,89	2,81	5,16	5,68
Arsen (As)	µg/L	0,93	1,16	1,44	1,33	2,00	1,64	0,89
Vanadín (V)	µg/L	16,3	11,0	7,39	8,75	2,56	3,22	20,5
Dags: 16. október								
		Stöð 1	Stöð 3	Stöð 7	Stöð 8	Viðmið 1 Hvalfjörður	Viðmið 2 Lónakot	Innsigling
Barín (Ba)	µg/L	6,56	5,26	4,88	5,53	7,70	6,72	2,09
Kadmín (Cd)	µg/L	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Krómi (Cr)	µg/L	0,61	0,63	0,75	0,64	0,86	0,96	1,13
Kopar (Cu)	µg/L	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	1,05	0,62	3,06
Járn (Fe)	mg/L	0,02	0,01	0,01	0,005	0,08	0,01	0,01
Mangan (Mn)	µg/L	0,83	0,46	0,44	0,40	3,08	0,89	0,83
Kvikasilfur (Hg)	µg/L	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Mólybden (Mo)	µg/L	11,5	8,89	8,22	9,63	12,8	11,4	3,73
Nikkel (Ni)	µg/L	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Fosfór (P)	µg/L	<40	<40	<40	<40	41,1	<40	40,6
Kísill (Si)	mg/L	0,91	2,20	2,35	2,07	<0,6	1,24	4,83
Sink (Zn)	µg/L	3,54	4,17	3,04	3,15	8,73	5,39	2,78
Arsen (As)	µg/L	1,73	1,40	1,36	1,51	2,03	2,02	0,88
Vanadín (V)	µg/L	5,54	9,70	11,1	10,1	2,89	4,95	19,4

Til að meta áhrif frá starfsemi álvers á yfirborðsvatn og lífríki í nágrenni þess voru rannsóknarstöðvar 1, 3, 7, 8 og “innsigling” borin saman við viðmiðunarstöðvar í Lónakoti og Hvalfirði. Gæði yfirborðsvatns voru metin út frá íslenskum umhverfismörkum í eftirfarandi málum: kopar, sink, kadmín, blý, króm, nikkel og arsenik. Enn fremur var stuðst við umhverfigæðakröfur samkvæmt reglugerð um varnir gegn mengun vatns (nr. 796/1999) sem eru til fyrir kadmín, kvikasilfur og nikkel.

Barín (Ba)

Styrkur baríns var nokkuð svipaður yfir rannsóknatímabilið með dálitlum sveiflum. Styrkur baríns í sjó í júlí var hæstur á viðmiði 1 í Hvalfirði en gildin eru sambærileg þeim sem hafa mælst áður (Guðjón Atli Auðunsson o.fl., 2020c) þó þau ná núna yfir aðeins víðari skala, 2,8 – 7,3 µg/L. Styrkur baríns í sjó í ágúst (2,07 – 6,64 µg/L) er sambærilegur styknum sem mældist í júlí á sömu stöðvum þótt um smávægilegar breytingar sé að ræða á milli mánaða þar sem styrkur baríns lækkaði örlítið á stöðvum 1, 8, viðmiði 1, viðmiði 2 og við innsiglingu en hækkaði á stöðvum 3 og 7. Í október var styrkur baríns í sjó frekar áþekkur gildum frá júlí og ágúst. Ekki eru til nein viðmiðunarmörk fyrir styrk baríns í sjó.

Króm (Cr)

Styrkur króms var hærri á stöðvum 3, 7 og 8 í júlí miðað við hinar stöðvarnar sem svipar til styrk króms í kræklingi þar sem styrkurinn var hæstur í búrkræklingi á stöð 3. Hækkun kom fram í styrk króms miðað við júlí 2018 á öllum stöðvum þar sem styrkurinn var þá á bilinu <0,10 – 0,38 µg/L en er nú 0,30 – 0,90 µg/L. Þess ber einnig að geta að styrkur króms var almennt hærri í nærumhverfi álversins (0,33 – 1,06 µg/L) samanborið við viðmiðunarstöðvar í júlí og ágúst (<0,10 – 0,33 µg/L). Styrkur króms hækkaði umtalsvert á viðmiðunum í október (0,86 – 0,96 µg/L) miðað við júlí og ágúst en öfugt við rannsóknastöðvarnar voru þar miklar sveiflur í styrk króms í sjó á milli mælinga. Heilt yfir mælist króm innan lægstu umhverfismarka einungis í ágúst á viðmiðunarstöðvum, í öllum öðrum tilfellum falla gildi króms í flokk II (0,3 – 5 µg Cr/L) skv. íslenskum umhverfismörkum sem benda til þess að lítil hættu sé á áhrifum sökum króms á svæðinu.

Kopar (Cu)

Styrkur kopars var undir greiningarmörkum á öllum stöðvum í júlí fyrir utan stöð 8 þar sem styrkurinn var rétt yfir greiningarmörkum (0,59 µg/L) og fellur það gildi þó í flokk II samkvæmt íslenskum umhverfismörkum (0,5 – 3 µg/L). Styrkur kopars hækkaði við innsiglinguna líkt og króm þar sem hann var undir greiningarmörkum (<0,05 µg/L) í júlí en mældist 3,01 µg/L í ágúst og 3,06 µg/L október sem teljast há gildi og falla undir flokk III (3 – 9 µg/L) sem bendir til þess að áhrifa sé að vænta á viðkvæmt lífríki, að líkindum af völdum hafnartengdrar starfsemi í Straumsvíkurhöfn. Styrkur kopars hækkaði einnig umtalsvert í júlí á viðmiði 2 við Lónakot (0,90 µg/L) en lækkaði aftur í október (0,62 µg/L). Koparstyrkur var undir greiningarmörkum á viðmiði 1 í Hvalfirði í júlí og ágúst en mældist 1,05 µg/L í október. Ekki er einhlít skýring á þessum sveiflum sem fram komu í koparstyrk en leiða má líkum að því að upprót af botni og/eða setagnir í sýnunum hafi haft áhrif í viðmiðunarsýnunum. Botninn á þeim stöðum er mýkri en á stöðvunum við álverið og þekkt er að styrkur kopars er hár í seti við Ísland og hærri en víða í NA-Atlantshaf (Guðjón Atli Auðunsson o.fl., 2020b).

Járn (Fe)

Járn reyndist undir greiningarmörkum (0,004 mg/L) á mörgum stöðvum í júlí og ágúst fyrir utan stöðvar 7, 8 (0,01 mg/L) og viðmið 1 í Hvalfirði (0,02 mg/L) og var rétt við greiningarmörk við innsiglinguna og á viðmiði 2 við Lónakot (0,005 mg/L) en þessi gildi svipa til gildanna sem mældust árið 2018 (Guðjón Atli Auðunsson o.fl., 2020c). Styrkur járns var sá sami í júlí og ágúst á stöðvum 7 og 8 (0,01 mg/L). Heilt

yfir kemur fram dálítill hækkun í október í styrk járns þar sem þá mælast öll sýni á öllum stöðvum yfir greiningarmörkum og má sjá svipuð eða hærri gildi miðað við júlí og ágúst nema á stöð 8 þar sem lækkun hefur orðið. Ekki eru til viðmiðunarmörk fyrir járnstyrk í sjó.

Mangan (Mn)

Styrkur mangans hélst nokkuð stöðugur innan stöðva yfir rannsóknatímabilið en var nokkuð breytilegur á milli stöðva í júlí þar sem bilið var 0,52 – 2,89 µg/L og var styrkurinn hæstur á viðmið 1 í Hvalfirði. Styrkur mangans er nokkuð sambærilegur því sem mældist árið 2018 en þá voru ekki tekin ekki tekin sjósýni í Hvalfirði. Styrkur mangans er enn nokkuð breytilegur milli stöðva í ágúst (<0,1 – 3,71 µg/L) en þó sambærilegur því sem sást í júlí. Líkt og með járn er set gjarnan ríkt af mangan (Guðjón Atli Auðunsson o.fl., 2020c) og má því ætla að áhrif frá seti á viðmiði 1 í Hvalfirði skýri hæstu gildin sem þar mældust. Ekki eru til viðmiðunarmörk fyrir mangan í sjó.

Mólybden (Mo)

Styrkur mólybdens var breytilegur milli stöðva í júlí (5,01 – 12,07 µg/L) en svipar til gildanna sem mældust 2018, fyrir utan stöðvar 3 og 7 þar sem styrkur mólybdens er um tvöfalt lægri en 2018. Styrkur mólybden í sjó er gjarnan á bilinu 9,3 – 10,4 µg/L (Smedley og Kinniburgh, 2017; Guðjón Atli Auðunsson o.fl., 2020c). Þó nokkur breytileiki sást á styrk mólybdens milli mánaða (júlí og ágúst) þar sem hækkun kemur fram á stöðvum 3 og 7 en lækkun á hinum stöðvunum og sérstaklega stöð 1 og við innsiglinguna þar sem gildin eru um tvöfalt lægri í ágúst miðað við júlí. Styrkur mólybdens í október svipar til gildanna í júlí og ágúst þótt hækkun hafi orðið á stöð 1 miðað við ágúst en er mjög sambærilegt því sem mældist í sjó í júlí. Lægsti styrkur mólybdens mældist í innsiglingunni í október (3,73 µg/L) sem skýrist að öllum líkindum af ferskvatnsáhrifum en þekkt er að styrkur mólybdens hækkar jafnan með aukinni seltu.

Fosfór (P)

Fosfór mældist einungis yfir greiningarmörkum (<40 µg/L) í október og þá rétt yfir mörkum á tveimur stöðum, á viðmiði 1 í Hvalfirði og við innsiglinguna (41,0 og 40,6 µg/L). Engin áhrif sjást því á styrk fosfórs í sjó í grennd við álverið í Straumsvík.

Kísill (Si)

Styrkur kísils í sjó í júlí er nokkuð breytilegur á milli stöðva og einnig töluvert hærri en styrkur kísils sem mældist 2018 þar sem bilið var þá <0,3 – 0,664 mg/L en er núna 0,77 – 4,30 mg/L (undir greiningarmörkum á viðmiði 1 í Hvalfirði). Aukinn styrkur kísils í sjó gæti verið vegna aukinna ferskvatnsáhrifa þar sem gott samband milli kísils og seltu sást á 1 m dýpi við mælingar árið 2018 (Guðjón Atli Auðunsson o.fl., 2020c). Í ágúst hefur styrkur kísils hækkað örlítið frá júlí á flestum stöðvum fyrir utan stöðvar 3, 7 og viðmið 2 við Lónakot og er enn töluvert hærri en hefur mælst áður. Styrkur kísils er nokkuð breytilegur yfir tímabilið þar sem styrkur þess hækkar og lækkar á sumum stöðvum og gildin enn töluvert hærri en mældust 2018 þar sem meðaltalið var þá um 0,4 mg/L en er hér $2,19 \pm 1,3$ mg/L yfir allt tímabilið. Styrkur kísils var hæstur í innsiglingunni í ágúst og október sem gefur til kynna mikil áhrif ferskvatns á svæðinu á styrk kísils. Ekki eru til viðmiðunarmörk fyrir styrk kísils í sjó.

Sink (Zn)

Styrkur sinks var sveiflukenndur milli stöðva yfir rannsóknartímabilið (2,08 – 8,73 µg/L). Gildin á stöðvum 3,7 og 8 féllu ávallt undir lægstu íslensku umhverfismörkum (flokkur I: <5 µg/L), en féllu ýmist

í flokk I eða II (5 – 20 µg/L) á báðum viðmiðunarstöðvum, stöð 1 og í innsiglingu og því lítil hættu á áhrifum á lífríki á svæðinu sökum sinks. Árið 2018 mældust einungis tvö gildi yfir greiningarmörkum og voru þau 6,5 µg/L (stöð 1) og 2,2 µg/L (stöð 2) sem eru svipuð gildi og mælast núna (Guðjón Atli Auðunsson o.fl., 2020c). Í samanburði við viðmiðunarstöðvarnar er ekki um áhrif að ræða í styrk sinks í sjó undan álverinu þó gildin teljist há miðað við mælingar frá 2018.

Arsen (As)

Arsen mældist á bilinu 0,70 – 1,61 µg/L í júlí sem er sambærilegt og ívið lægra en það sem mældist áður (2018). Styrkur arsens í sjó í ágúst og október er á bilinu 0,88 – 2,03 µg/L sem er sambærilegt og í júlí og mælist hæstur á viðmiðunarstöðvum yfir tímabilið sem gæti bent til áhrifa frá seltu. Styrkur arsens hefur haldist nokkuð óbreyttur yfir tímabilið og falla öll mæld gildi í flokk II miðað við íslensk umhverfismörk (0,4 – 5 µg/L). Ekkert bendir því til áhrifa frá álverinu á styrk arsens í yfirborðsvatni.

Vanadín (V)

Styrkur vanadíns var mjög breytilegur á milli stöðva þar sem bilið er 2,32 – 20,5 µg/L sem er frábrugðið því sem sást 2018 þar sem bilið var 2,03 – 3,13 µg/L. Styrkur vanadíns er einnig breytilegur milli mánaða en styrkur þess er hærri á rannsóknastöðvum borið saman við bæði viðmiðin (2,32 – 4,95 µg/L) í öllum þremur mælingunum (júlí, ágúst og október). Styrkur vanadíns var áberandi hæstur í sjó við innsiglinguna (10,2 – 20,5 µg/L) en einnig sáust há gildi við stöð 3 (18,9 µg/L) og stöð 7 (15,3 µg/L) í júlí og við stöð 1 í ágúst (16,3 µg/L). Því er ekki hægt að útiloka möguleg áhrif álversins á styrk vanadíns í sjó en styrkur þess í ferskvatni hefur þó verið mældur á bilinu 10 – 25 µg/L (Guðjón Atli Auðunsson o.fl., 2020c) og því jafnframt um möguleg ferskvatnsáhrif að ræða.

Kadmín (Cd), kvikasilfur (Hg) og nikkel (Ni)

Alls reyndust þrjú ólífræn snefilefni undir greiningarmörkum í sjósýnum á öllum stöðvum yfir allt rannsóknatímabilið, það er kadmín, kvikasilfur og nikkel. Álverið í Straumsvík uppfyllir því umhverfsgæðakröfur sem getið er til um þessi efni í reglugerð um varnir gegn mengun vatns (nr. 796/1999).

3.4.3 Næringarefni og önnur ólífræn efni í sjó

Tafla 5. Niðurstöður efnagreininga á næringarefnum og ólífrænum efnum í sjó við álverið í Straumsvík og á viðmiðunarstöðvum.

Table 5. Results of chemical analysis of nonmetallic inorganic parameters in sea samples by the aluminium factory in Straumsvík and controls.

Dags: 8. júlí								
Efni		Stöð 1	Stöð 3	Stöð 7	Stöð 8	Viðmið 1 Hvalfjörður	Viðmið 2 Lónakot	Innsigling
Ammoníak og ammoníak jónir sem N	mg/L	<0,124	<0,124	<0,124	<0,124	<0,124	<0,124	<0,124
Auðleysanlegt sýnið	mg/L	<0,0010	<0,0010	0,004	0,01	<0,0010	<0,0010	<0,0010
Heildar sýnið	mg/L	<0,0010	<0,0010	0,005	0,02	<0,0010	<0,0010	0,002
Flúoríð	mg/L	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00
Ortófosfat sem P	mg/L	<0,013	0,02	0,02	0,01	<0,013	<0,013	0,02
Klóríð	mg/L	15400	7530	9510	15500	20000	18900	14500
Nítrat sem N	mg/L	<0,800	<0,800	<0,800	<0,800	<0,800	<0,800	<0,800
Nítrít sem N	mg/L	<0,750	<0,750	<0,750	<0,750	<0,750	<0,750	<0,750
Súlfat sem SO ₄ ²⁻	mg/L	2140	1120	1380	2160	2720	2590	2030
Heildarköfnunarefni sem N	mg/L	-	-	-	-	-	-	-
Heildarfosfór sem P	mg/L	-	-	-	-	-	-	-
Dags: 23. ágúst								
Efni		Stöð 1	Stöð 3	Stöð 7	Stöð 8	Viðmið 1 Hvalfjörður	Viðmið 2 Lónakot	Innsigling
Ammoníak og ammoníak jónir sem N	mg/L	0,03	0,03	0,04	0,03	0,09	0,05	0,01
Auðleysanlegt sýnið	mg/L	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010
Heildar sýnið	mg/L	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010
Flúoríð	mg/L	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00
Ortófosfat sem P	mg/L	0,02	0,02	0,01	0,01	0,02	0,01	0,02
Klóríð	mg/L	15200	15400	19200	19300	21200	20100	10600
Nítrat sem N	mg/L	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030
Nítrít sem N	mg/L	0,0005	0,001	0,001	0,001	0,002	0,001	<0,00030
Súlfat sem SO ₄ ²⁻	mg/L	2290	2320	2810	2840	3080	2930	1700
Heildarköfnunarefni sem N	mg/L	0,10	0,10	0,12	0,13	0,15	0,13	0,09
Heildarfosfór sem P	mg/L	0,03	0,04	0,03	0,03	0,04	0,03	0,04
Dags: 16. október								
Efni		Stöð 1	Stöð 3	Stöð 7	Stöð 8	Viðmið 1 Hvalfjörður	Viðmið 2 Lónakot	Innsigling
Ammoníak og ammoníak jónir sem N	mg/L	0,02	0,01	0,02	0,02	0,01	0,02	0,004
Auðleysanlegt sýnið	mg/L	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010
Heildar sýnið	mg/L	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010
Flúoríð	mg/L	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00
Ortófosfat sem P	mg/L	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02	0,03
Klóríð	mg/L	15900	14000	14700	14300	18700	17600	7440
Nítrat sem N	mg/L	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030
Nítrít sem N	mg/L	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,001
Súlfat sem SO ₄ ²⁻	mg/L	2200	1940	2020	1970	2590	2430	1020
Heildarköfnunarefni sem N	mg/L	0,19	0,19	0,18	0,17	0,24	0,22	0,14
Heildarfosfór sem P	mg/L	0,03	0,03	0,05	0,03	0,04	0,04	0,04

Við mat á mögulegri losun næringarefna og annarra lífrænna snefilefna (Tafla 5) vegna starfsemi álversins voru rannsóknarstöðvar 1, 3, 7, 8 og “innsigling” borin saman við viðmiðunarstöðvar í Lónakoti og Hvalfirði. Af þeim næringarefnum sem hér voru mæld hafa nýlega verið sett fram viðmið fyrir nítrat (NO₃) og fosfat (PO₄³⁻) mæld að vetri í tengslum við vistfæðilega ástandsflokkun vatnshlota (Rakel Guðmundsdóttir o.fl., 2022; Sólveig R. Ólafsdóttir o.fl., 2019). Þessi fyrstu viðmiðunargildi byggja á gögnum sem til eru á Hafrannsóknastofnun en verða endurskoðuð eftir því sem meiri reynsla fæst af notkun þeirra og frekari öflun gagna (Rakel Guðmundsdóttir o.fl., 2022). Hér er fyrst og fremst stuðst við fyrirliggjandi sambærilegar mælingar sem íslensku viðmiðin byggja meðal annars á, niðurstöður vöktunarinnar frá 2018 til samanburðar og norsk umhverfismörk fyrir heildarköfnunarefni og heildarfosfór.

Ammoníak

Ammoníak er undir greiningarmörkum á öllum stöðvum í júlí en miðað við uppgefin greiningarmörk (<0,124 mg/L) eru þær mælingar ómarktækar. Ammoníak er ekki undir greiningarmörkum í ágúst og október. Styrkur ammoníaks í ágúst er sambærilegur þeim sem mældist 2018 nema við

viðmiðunarstöðvarnar þar sem styrkur þess var hærri á þeim stöðvum en mun lægri við innsiglinguna sem kemur væntanlega til vegna ferskvatnsáhrifa þar. Kerbrot geta losað frá sér köfnunarefnissambönd og getur það einnig átt við um ammoníak (Guðjón Atli Auðunsson o.fl., 2011; 2020c). Ammoníak mælist í lægri styrk í október miðað við ágúst en líkt og í mælingunum 2018 falla öll sýnin í október undir lægstu umhverfismörk í Noregi fyrir vetrarsýni ($<33 \mu\text{g/L}$). Ekki er að sjá greinilega uppsprettu ammoníaks í sjó við álverið samkvæmt þessum niðurstöðum og í samanburði við viðmiðunarstöðvar.

Sýaníð

Auðleysanlegt sýaníð (frítt sýaníð) og heildarstyrkur þess var mældur í sjósýnum þar sem vitað er að kerbrot geta losað sýaníð (Guðjón Atli Auðunsson o.fl., 2020c) en sýaníð var undir greiningarmörkum á öllum stöðvum í júlí nema á stöð 7, 8 og við innsiglingu (heildar sýaníð) þar sem styrkur þess var fjórfalt hærri á stöð 8 ($0,02 \text{ mg/L}$) miðað við stöð 7 ($0,005 \text{ mg/L}$). Líklegt má telja að um áhrif frá nýju flæðigryfjunni sé að ræða en sýaníð reyndist þó undir greiningarmörkum á öllum stöðvum í ágúst og október.

Flúoríð

Flúoríð var undir greiningarmörkum á öllum stöðvum yfir rannsóknatímabilið.

Ortófosfat

Sjósýni á stöð 1 og báðum viðmiðum eru undir greiningarmörkum fyrir ortófosfat í júlí en gildi við hinar stöðvarnar sýna $0,01 - 0,02 \text{ mg/L}$ sem er sambærilegt því sem mældist 2018 og er einnig svipað og hefur mælst áður í Faxaflóa (maí) ($0,025 \text{ mg/L}$) (Sólveg R. Ólafsdóttir, 2006; Guðjón Atli Auðunsson o.fl., 2020c). Styrkur ortófosfats er hvergi undir greiningarmörkum í ágúst og mjög áþekkur milli stöðva og svipar enn til gilda sem hafa mælst áður. Ortófosfat er mjög sambærilegt í október þó örlítið hærra en það sem mældist í júlí og ágúst þar sem gildin eru nú $0,02 - 0,03 \text{ mg/L}$ sem þó er allt sambærilegt því sem mældist 2018 (Guðjón Atli Auðunsson o.fl., 2020c).

Klóríð

Sveiflur á styrk klóríðs má sjá yfir rannsóknartímabilið. Dálítill breytileiki sést á styrk klóríðs á milli stöðva í júlí þar sem styrkur þess mælist á bilinu $7530 - 20000 \text{ mg/L}$ og má sjá hæsta styrkinn á viðmiði 1 í Hvalfirði. Styrkur klóríðs hélst nokkuð óbreyttur á flestum stöðvum í ágúst fyrir utan stöðvar 3 og 7 þar sem töluverð hækkun varð (7530 og 9510 í 15400 og 19200) en stöðvarnar eru nokkuð áþekkar hvað varðar klóríð. Lækkun sést á klóríði í október borið saman við ágúst og júlí á stöðvum 7, 8 og í innsiglingunni en gildin voru þó enn áþekk milli stöðva, fyrir utan sýnin í innsiglingunni sem voru áberandi lægst í ágúst og október sem skýrist af meiri ferskvatnsáhrifum á þeirri stöð.

Nítrat og nítrít

Bæði nítrat og nítrít mældust undir greiningarmörkum í júlí og nítrat reyndist undir greiningarmörkum yfir allt rannsóknatímabilið. Nítrít var yfir greiningarmörkum í ágúst en gildin nokkuð áþekk milli stöðva ($0,0005 - 0,001 \text{ mg/L}$). Töluverða hækkun má sjá á nítríti yfir tímabilið þar sem nítrít er nú margfalt hærra í október en mældist í ágúst eða $0,001 - 0,01 \text{ mg/L}$. Nítrít er óstöðugara efnasamband miðað við nítrat og styrkur þess er oft hverfandi þegar nægilegt súrefni er til staðar og því þegar talað er um nítrat + nítrít er meirihluti þess nítrat (Sólveig R. Ólafsdóttir, 2006; Guðjón Atli Auðunsson o.fl., 2020c). Þessi gildi eru þó undir vetrargildum nítrat+nítrít í sjó við Ísland, $0,196 \text{ mg/L}$ (Sólveig R. Ólafsdóttir, 2006).

Súlfat

Styrkur súlfats var nokkuð áþekkur á milli stöðva í júlí fyrir utan stöðvar 3 og 7 þar sem styrkirnir voru áberandi lægri (1120 og 1380 mg/L) en hækkuðu svo í ágúst og urðu sambærilegri því sem sást á öðrum stöðvum við álverið. Hæstu súlfatstyrkir mældust í öllum tilfellum á viðmiðunarstöðvunum (2430 – 3080 mg/L) og þeir lægstu í innsiglingunni í ágúst og október (1020 – 1700 mg/L) sem að líkindum endurspeglar annars vegar lítil ferskvatnsáhrif á viðmiðunarstöðvunum og mikil í innsiglingunni.

Heildarköfnunarefni og fosfór

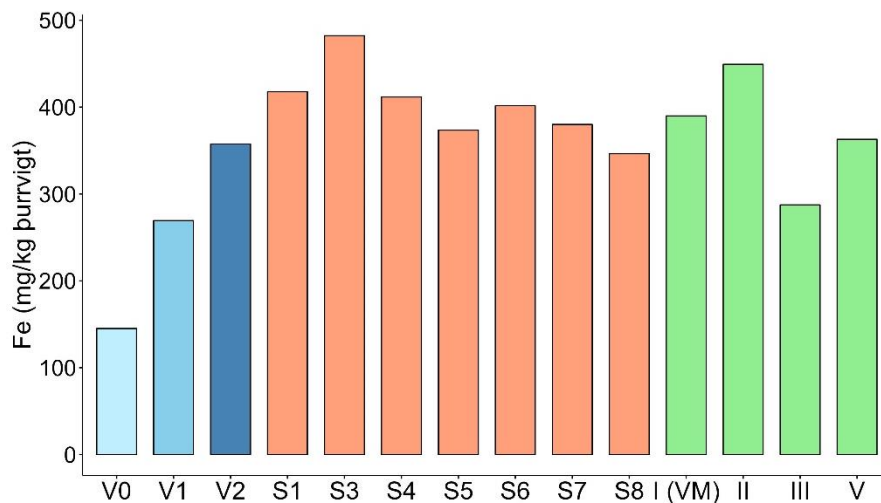
Heildarköfnunarefni og heildarfosfór var ekki greint í sjósýnum sem tekin voru í júlí. Heildarköfnunarefni mældist í nokkuð áþekktum styrk á milli stöðva í ágúst (0,09 – 0,15 mg/L) og var undir lægstu viðmiðunarmörkum Norðmanna fyrir köfnunarefni (0,25 mg/L; sumar og 0,30 mg/L; vetur) en heildarfosfór reyndist einnig í áþekktum styrk á milli stöðva en gildin falla undir flokk IV (slæmt ástand) fyrir sumarviðmið Norðmanna (0,03 – 0,06 mg/L) en í flokk III (sæmilegt ástand) ef horft er á vetrarviðmið (0,025 – 0,04 mg/L) (Molvær o.fl., 1997). Gildi köfnunarefnis og fosfórs eru þó sambærileg þeim gildum sem hafa mælst áður í Faxaflóa (Guðjón Atli Auðunsson, 2015c; Halldór Pálmar Halldórsson og Hermann Dreki Guls, 2022) en fosfór var örlítið hærri þó líklega sé um að ræða náttúrulegan styrk. Styrkur heildarköfnunarefnis í október hækkaði örlítið frá ágúst en var þó enn undir lægstu viðmiðunarmörkum í Noregi og styrkur heildarfosfórs hélst nánast óbreyttur frá ágúst til október.

3.5. Ólífræn snefilefni í kræklingi

Niðurstöður efnagreininga á ólífrænum snefilefnum í kræklingi má sjá á myndum 16 – 37 og í Viðauka 1 (V1-2, V1-3 og V1-4).

Járn (Fe)

Styrk járn má sjá á mynd 16. Örlítill hækkun sést í styrk járn í kræklingi við stöð 3 miðað við hinar stöðvarnar. Járn er mikið notað til túlkunar á niðurstöðum efnagreininga fyrir önnur efni þar sem járn finnst í miklum mæli í sjávarseti hér við Ísland og er það talið náttúrulegt (Guðjón Atli Auðunsson o.fl., 2015a; 2020b). Því er hægt að nota styrk járn til að áætla hvort styrkir annarra efna séu af náttúrulegum toga eða ekki með því að skoða fylgni þess milli efna. Styrkur járn í kræklingi í þessari rannsókn er sambærilegur því sem sást 2018 (Guðjón Atli Auðunsson o.fl., 2020a).

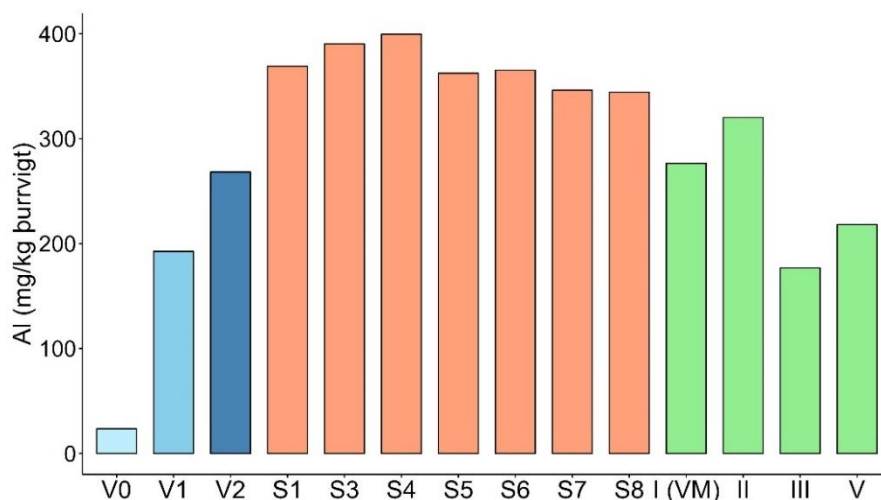


Mynd 16. Styrkur járns (Fe) í búr- og fjörukræklingi við álverið í Straumsvík og viðmiðum sýndur á þurrvigtargrunni.
Figure 16. Iron (Fe) concentrations in caged and intertidal mussels near the aluminium factory in Straumsvík, compared to control samples, shown in dry weight.

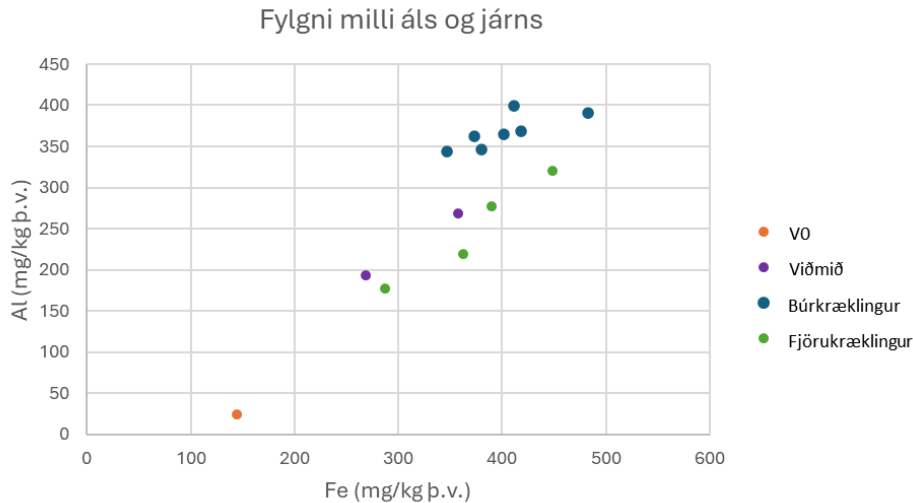
Ál (Al)

Styrk ál í kræklingi má sjá á mynd 17. Niðurstöður sýna að töluverð hækkun hefur orðið í áli í kræklingi á öllum stöðvum borið saman við upphaflegu kræklingana (V0) eins og við var að búast. Styrkur ál á rannsóknastöðvunum er hærri en bæði viðmiðin (V1 og V2) og ívið hærri en það sem mælt hefur áður 2018 og 2013 en er sambærilegt því sem mældist 2008. (Guðjón Atli Auðunsson o.fl., 2012; 2014; 2020a). Ál getur bundist setögnum eða öðrum lífrænum efnum sem liggja í botninum og því getur munur á dýpi við kræklingalagnirnar haft áhrif á styrk ál í kræklingum (Guðjón Atli Auðunsson o.fl., 2020b).

Fylgni milli ál og járns sést á mynd 18 og er greinileg fylgni þar á milli og má því ætla að styrkur ál sé fyrst og fremst af náttúrulegum toga sem rekja má til setagna. Ekki eru til viðmiðmunarmörk fyrir ál í kræklingi.



Mynd 17. Styrkur ál (Al) í búr- og fjörukræklingi við álverið í Straumsvík og viðmiðum sýndur á þurrvigtargrunni.
Figure 17. Aluminium (Al) concentrations in caged and intertidal mussels near the aluminium factory in Straumsvík, compared to control samples, shown in dry weight.

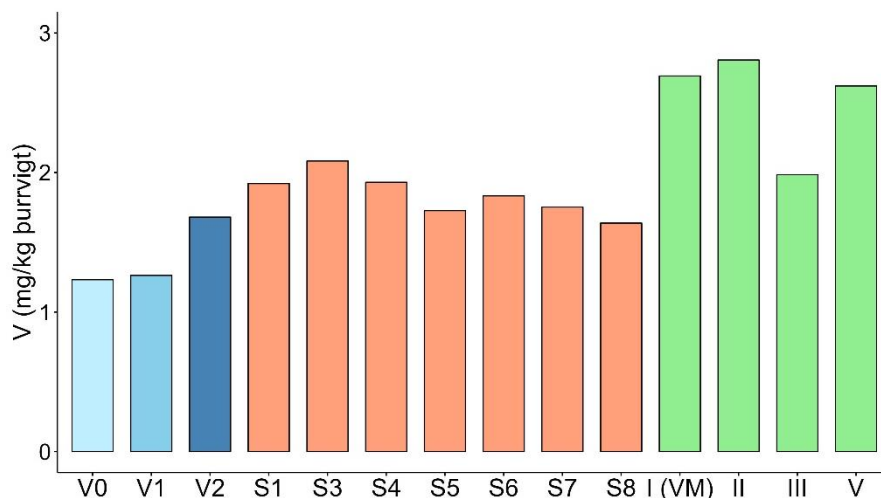


Mynd 18. Fylgni milli áls og járns í kræklingi.

Figure 18. Correlation between aluminium and iron in mussels.

Vanadín (V)

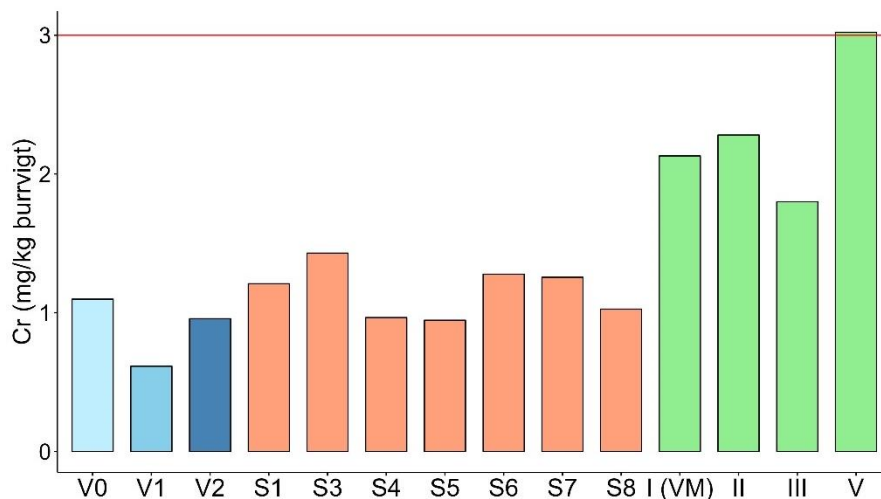
Niðurstöður fyrir efnagreiningar á vanadíni í kræklingi má sjá á mynd 19. Vanadín mældist í nokkuð áþekktum styrk á rannsóknastöðvunum (S1-S8) og á viðmiði 2 við Lónakot. Styrkur vanadíns var nánast óbreyttur yfir tíma frá upphafi rannsóknar (V0) til loka í október á viðmiði V1 í Hvalfirði og voru þau gildi ívið lægri miðað við aðrar stöðvar. Ekki eru til viðmiðunarmörk fyrir vanadín og var það ekki mælt árið 2018 en styrkur vanadíns árið 2013 var töluvert hærri á rannsóknastöðvunum þá en sést hér eða í kringum 9 mg/kg (Guðjón Atli Auðunsson, 2014). Styrkur vanadíns hér er ívið lægri en 2003 og 2008 (Guðjón Atli Auðunsson, 2014). Vanadín er í hærri styrk í fjörukræklingi miðað við búrkræklinginn en er þó lægri en styrkir sem hafa mælst 2013, 2008 og 2003. Styrkur vanadíns (0,15 – 0,36 mg/kg votvigt) er sambærilegur styrkjum sem hafa mælst nýlega í kræklingi í grennd við álver í Sunndalsfirði á vesturströnd Noregs eða 0,2 – 0,4 mg/kg votvigt (Brooks o.fl., 2023) en sjá má styrk allra málma í kræklingi í þessari rannsókn á votvigtargrunni í Viðauka 1 (tafla V1-3). Vert er þó að taka fram að ýmsir umhverfispættir geta haft áhrif á styrk snefilefna í lífverum og um er að ræða mismunandi umhverfi (Noregur og Ísland). Styrkur vanadíns í búrkræklingi á rannsóknastöðvum er áþekkur styrk þess á viðmiði 2 við Lónakot og því má segja að ekki sé um veruleg áhrif að ræða frá álverinu á styrk vanadíns í búrkræklingi.



Mynd 19. Styrkur vanadíns (V) í búr- og fjörukræklingi við álverið í Straumsvík og viðmiðum sýndur á þurrvigtargrunni.
Figure 19. Vanadinium (V) concentrations in caged and intertidal mussels near the aluminium smelter in Straumsvík, compared to control samples, shown in dry weight.

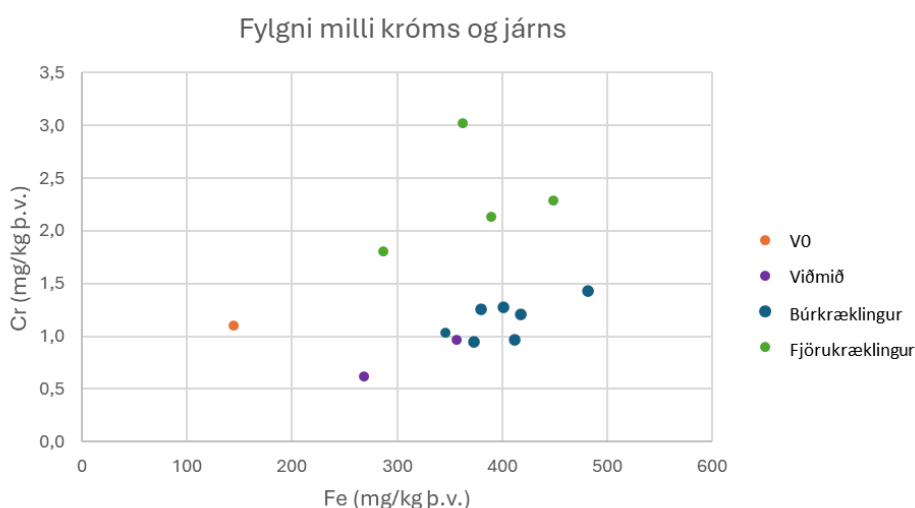
Krómi (Cr)

Styrkur króms í kræklingi er sýndur á mynd 20 og má sjá að allar stöðvar fyrir utan V eru undir lægstu viðmiðunarmörkum Norðmanna (3 mg/kg þ.v.) (Molvær o.fl., 1997). Styrkur króms í búrkræklingi virðist nokkuð áþekkur V2 við Lónakot og hefur haldist óbreyttur frá V0. Áhugavert er að sjá að styrkur króms er lægri í kræklingi á V1 miðað við hinar stöðvarnar sem gæti verið vegna botndýpisins í Hvalfirði (21 m í stað 8 m). Styrkur króms er einnig svipaður því sem hefur mælst nýlega við álver í Noregi þar sem styrkur króms í kræklingi var á bilinu 0,13 – 0,53 mg/kg votvigt og mælist 0,13 – 0,42 mg/kg votvigt við álverið í Straumsvík (Viðauki 1, tafla V1-3). Fjörukræklingur sýndi hærri styrk miðað við búrkræklinginn og er það ekki óeðlilegt þar sem króm á það til að bindast setögnum líkt og járn/ál og fjörukræklingur býr í nágrenni við botninn. Eins og sést á mynd 21 var lítil fylgni milli króms og járn (allar stöðvar teknar saman) sem bendir til að þessi krómstyrkur sé ekki náttúrulegur og því ekki hægt að útiloka áhrif frá álverinu þó um tiltölulega lítil áhrif sé að ræða. Styrkur króms er svipaður styrknum sem mældist 2018 en hafði þó hækkað á stöð V þar sem styrkurinn var undir viðmiðunarmörkum 2018. Gildi frá 2003, 2008 og 2013 eru þó svipuð því sem sést hér á stöð V.



Mynd 20. Styrkur króms (Cr) í búr- og fjörukræklingi við álverið í Straumsvík og viðmiðum sýndur á þurrvigtargrunni. Rauða línan merkir lægstu viðmiðunarmörk Norðmanna (3 mg/kg þ.v.).

Figure 20. Chromium (Cr) concentrations in caged and intertidal mussels near the aluminium smelter in Straumsvík, compared to control samples, shown in dry weight. The red line indicates the lowest quality guidelines in Norway (3 mg/kg d.w.).

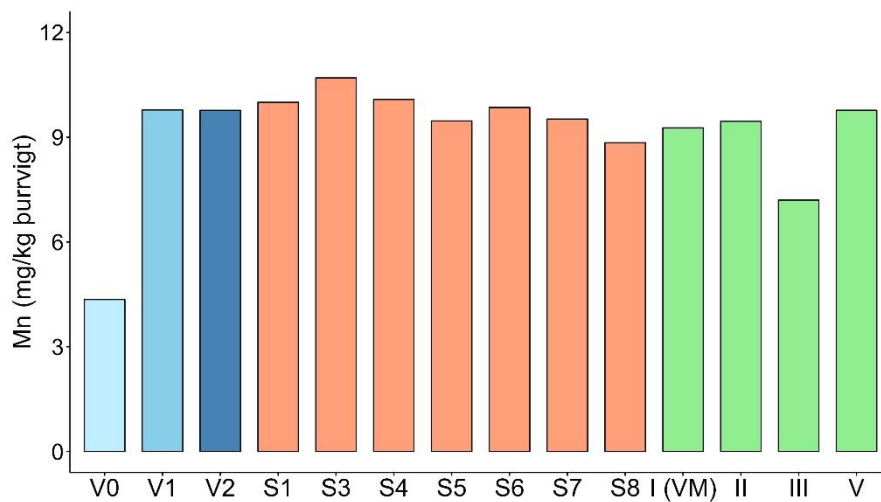


Mynd 21. Fylgni milli króms og járns í kræklingi.

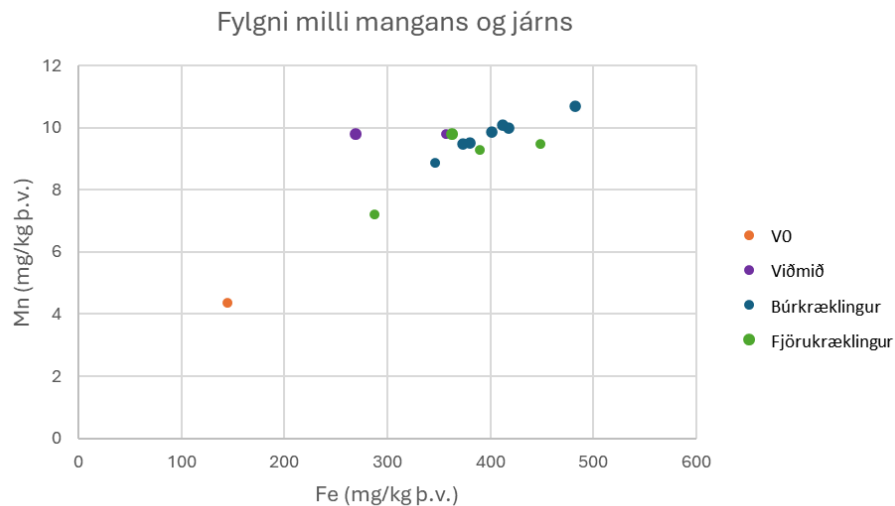
Figure 21. Correlation between chromium and iron in mussels.

Mangan (Mn)

Styrkur mangans var nokkuð áþekkur á öllum stöðvum (mynd 22) og hefur styrkur þess aukist miðað við V0. Styrkur mangans er ívið hærri en mældist við álverið 2018 og í kræklingi við álver í Noregi og var sá styrkur talinn geta valdið líffræðilegum áhrifum á krækling (Guðjón Atli Auðunsson o.fl., 2020a; Brooks o.fl., 2023). Styrkur mangans í kræklingi við rannsóknastöðvar er mjög sambærilegur styrk mangans á báðum viðmiðunarstöðvum. Líkt og járn hefur mangan tilhneigingu til þess að bindast setögnum eða öðrum lífrænum efnum og sést fylgni milli mangans og járns á mynd 23. Því er hægt að segja að ekki sé áhrifa að gæta frá álverinu hvað varðar styrk mangans.



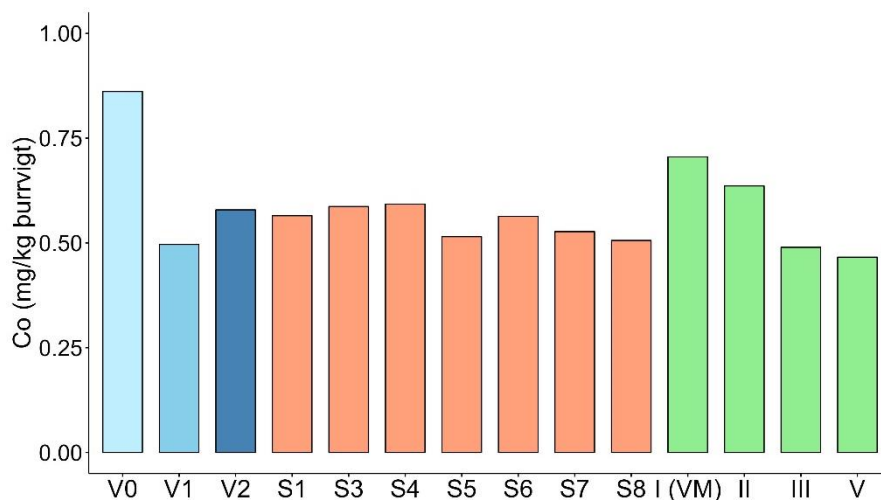
Mynd 22. Styrkur mangans (Mn) í búr- og fjörukræklingi við álverið í Straumsvík og viðmiðum sýndur á þurrvigtargrunni.
Figure 22. Manganese (Mn) concentrations in caged and intertidal mussels near the aluminium smelter in Straumsvík, compared to control samples, shown in dry weight.



Mynd 23. Fylgni milli mangans og járns í kræklingi.
Figure 23. Correlation between manganese and iron in mussels.

Kóbalt (Co)

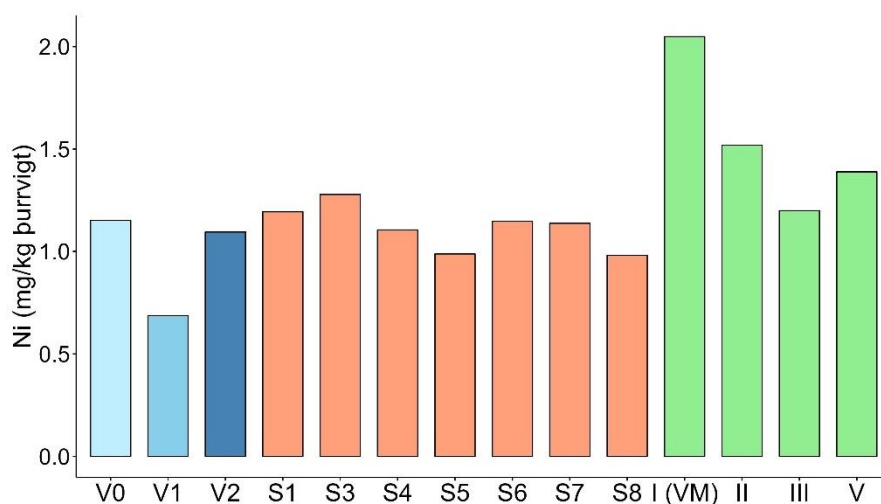
Styrk kóbalts má sjá á mynd 24 og eru engin viðmiðunarmörk til staðar fyrir kóbalt í kræklingi. Hæsti styrkur kóbalts sást í upphafi á V0 en styrkurinn er nokkuð áþekkur á milli búrkræklings og og kræklings á báðum viðmiðunarstöðvunum. Styrkur kóbalts hefur haldist nokkuð svipaður milli ára eða frá 0,3 – 0,5 mg/kg þ.v. Styrkur kóbalts er ívið hærri á stöðvum I (VM) og II miðað við hinar stöðvarnar og er hann örlítið hærri en mældist árið 2018 (Guðjón Atli Auðunsson o.fl., 2020a).



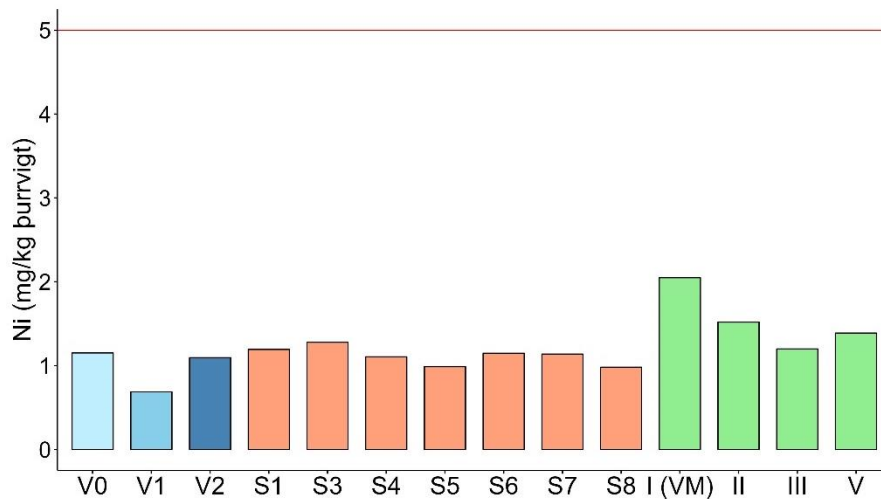
Mynd 24. Styrkur kóbalts (Co) í búr- og fjörukræklingi við álverið í Straumsvík og viðmiðum sýndur á þurrvigtargrunni.
Figure 24. Cobalt (Co) concentrations in caged and intertidal mussels near the aluminium smelter in Straumsvík, compared to control samples, shown in dry weight.

Nikkel (Ni)

Nikkelstyrkur í kræklingi sést á mynd 25 þar sem styrkur nikkels virðist óbreyttur á rannsóknastöðvum miðað við V0. Styrkur nikkels var lægstur í búrkræklingi á viðmiði í Hvalfirði (V1) og er það í samræmi við mælingar fyrri ára (Guðjón Atli Auðunsson, 2014; Guðjón Atli Auðunsson o.fl., 2020a). Eins og má sjá á mynd 26 eru öll gildi nikkels í kræklingi á öllum stöðvum vel undir lægstu viðmiðunarmörkum Norðmanna. Styrkur nikkels í kræklingi (0,14 – 0,26 mg/kg v.v.) er töluvert lægri en styrkur nikkels sem mælist í kræklingi við álver í Noregi þar sem styrkurinn var á bilinu 0,2 – 0,6 mg/kg v.v. og var sá styrkur talinn geta valdið mögulegum áhrifum í kræklingi (Brooks o.fl., 2023). Styrkur nikkels í fjörukræklingi hefur hækkað örlítið frá 2018 á stöð II en er þó ennþá vel undir viðmiðunarmörkum (mynd 26).



Mynd 25. Styrkur nikkels (Ni) í búr- og fjörukræklingi við álverið í Straumsvík og viðmiðum sýndur á þurrvigtargrunni.
Figure 25. Nickel (Ni) concentrations in caged and intertidal mussels near the aluminium smelter in Straumsvík, compared to control samples, shown in dry weight.

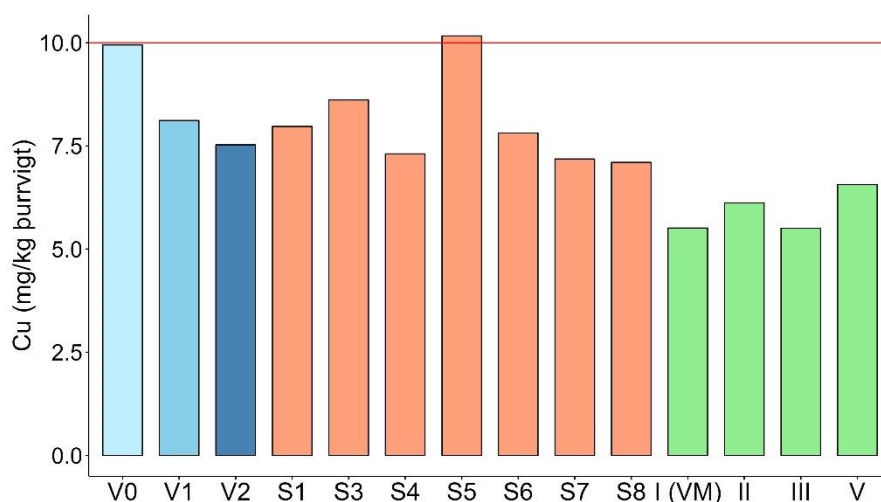


Mynd 26. Styrkur nikkels (Ni) í búr- og fjörukræklingi við álverið í Straumsvík og viðmiðum sýndur á þurrvigtargrunni ásamt lægstu viðmiðunarmörk Norðmanna (5 mg/kg þ.v.) (rauða línan).

Figure 26. Nickel (Ni) concentrations in caged and intertidal mussels near the aluminium smelter in Straumsvík, compared to control samples, shown in dry weight. The red line indicates the lowest quality guidelines in Norway (5 mg/kg d.w.).

Kopar (Cu)

Styrk kopars í kræklingi má sjá á mynd 27 og voru tvær stöðvar, V0 og S5, alveg við eða örlítið yfir lægstu viðmiðunarmörkum Norðmanna. Styrkur kopars á hinum stöðvunum er sambærilegur því sem sést hefur á fyrri árum (2003, 2008, 2013). Árið 2018 var styrkur kopars lægri í búrkræklingi en sést hér (Guðjón Atli Auðunsson o.fl., 2020a). Styrkur kopars í búrkræklingi við álverið í Straumsvík (1,20 – 1,50 mg/kg v.v.) er einnig ögn hærri en styrkur kopars í kræklingi við álver í Noregi, eða 1,0 – 1,3 mg/kg votvigt (Brooks o.fl., 2023). Ekki er hægt að útiloka áhrif álversins á styrk kopars í kræklingi og þá helst við S5 þar sem þetta gæti verið vegna nýju flæðigryfjunnar þó áhrif greinist ekki á stöð 8. Önnur óþekkt koparuppspretta gæti hafa valdið háum styrk kopars við upphafsstöðina við Fossá í Hvalfirði (V0). Koparstyrkur í fjörukræklingi núna 2023 er sambærilegur þeim sem sást 2018 og meðalstyrk kopars sem mælst hefur í fjörukræklingi í árlegri AMSUM vöktun eða $5,10 \pm 1,2$ mg/kg þ.v. (2012-2022) (ICES, 2024).

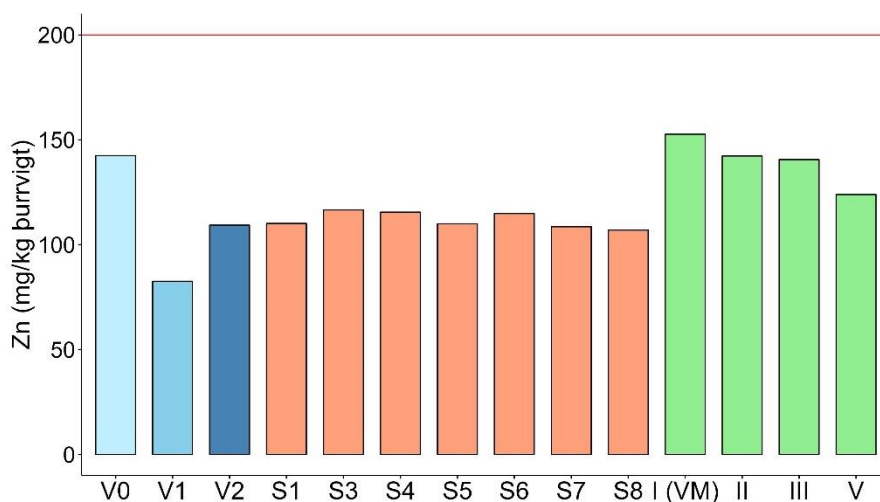


Mynd 27. Styrkur kopars (Cu) í búr- og fjörukræklingi við álverið í Straumsvík og viðmiðum sýndur á þurrvigtargrunni. Rauða línan merkir lægstu viðmiðunarmörk Norðmanna (10 mg/kg þ.v.).

Figure 27. Copper (Cu) concentrations in caged and intertidal mussels near the aluminium smelter in Straumsvík, compared to control samples, shown in dry weight. The red line indicates the lowest quality guidelines in Norway (10 mg/kg d.w.).

Sink (Zn)

Á öllum stöðvum var styrkur sinks undir lægstu viðmiðunarmörkum Norðmanna (mynd 28) og mjög áþekkur á öllum búrkræklingastöðvum (V2, S1-S8) að undanskildu viðmiði 1 í Hvalfirði sem hefur lægri styrk en það er sambærilegt því sem áður hefur sést 2018 (Guðjón Atli Auðunsson o.fl., 2020a). Styrkur sinks svipar til þess sem hefur mælst í Noregi og ívið lægri (Brooks o.fl., 2023) (Viðauki 1, V1-3). Styrkur sinks í fjörukræklingi er dálítið hærri en sátt 2018 en fjörukræklingur hefur áður sýnt hækkun frá 1997 til 2008 hvað varðar styrk sinks sem hafði svo lækkað fram til 2018 (Guðjón Atli Auðunsson o.fl., 1998; 2005; 2012; 2014; 2020a).

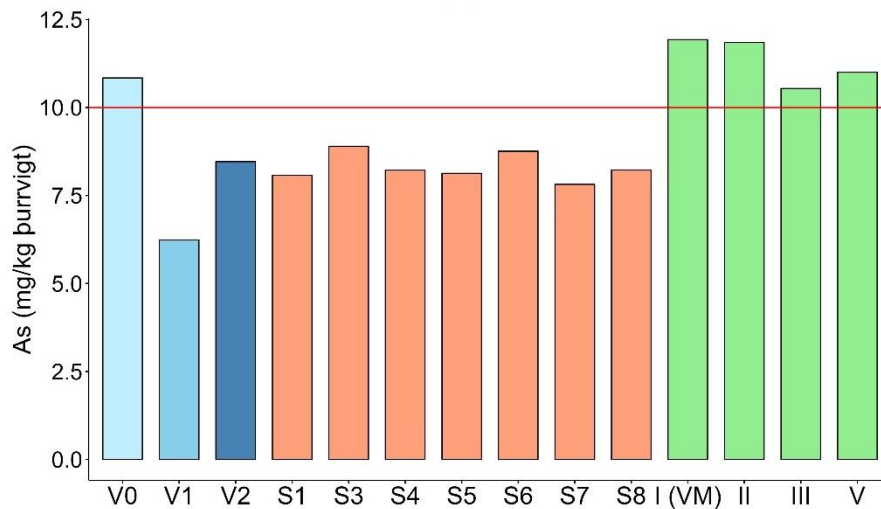


Mynd 28. Styrkur sinks (Zn) í búr- og fjörukræklingi við álverið í Straumsvík og viðmiðum sýndur á þurrvigtargrunni. Rauða línan merkir lægstu viðmiðunarmörk Norðmanna (200 mg/kg þ.v.).

Figure 28. Zinc (Zn) concentrations in caged and intertidal mussels near the aluminium smelter in Straumsvík, compared to control samples, shown in dry weight. The red line indicates the lowest quality guidelines in Norway (200 mg/kg d.w.).

Arsen (As)

Styrkur arsens í kræklingi (mynd 29) var nokkuð áþekkur á milli allra stöðva (V2 og S1-S8) líkt og styrkur sinks þar sem arsen er einnig lægst á viðmiði 1 í Hvalfirði. Allar stöðvar búrkræklinga sýna styrk sem er undir lægstu viðmiðunarmörkum Norðmanna og eru styrkir arsens hér einnig næstum helmingi lægri en hefur mælst í kræklingi við álver í Noregi (Brooks o.fl., 2023). Kræklingur í upphafi (V0) sýnir styrk sem er örlítið hærri en lægstu viðmiðunarmörk. Árið 2018 var styrkur arsens í fjörukræklingi lægri en lægstu viðmiðunarmörk (fyrir utan VI) en núna 2023 hefur orðið hækkun á styrk arsens en slíkir styrkir hafa þó sést 2008 og 2013 (Guðjón Atli Auðunsson, 2012; 2014) og eru þeir einnig sambærilegir meðalstyrk arsens í fjörukræklingi í Straumsvík frá árunum 2012 – 2022: $10,2 \pm 2,2$ mg/kg þ.v. (ICES, 2024).

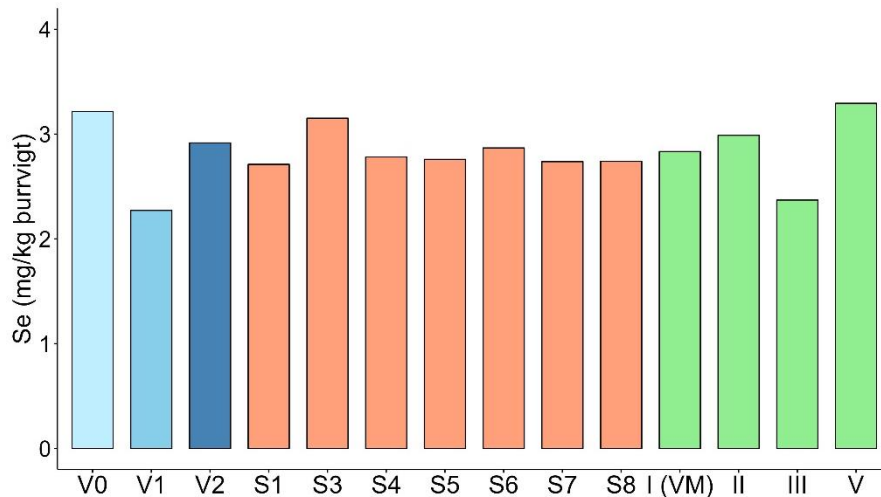


Mynd 29. Styrkur arsens (As) í búr- og fjörukræklingi við álverið í Straumsvík og viðmiðum sýndur á þurrvigtargrunni. Rauða línan merkir lægstu viðmiðunarmörk Norðmanna (10 mg/kg þ.v.).

Figure 29. Arsenic (As) concentrations in caged and intertidal mussels near the aluminium smelter in Straumsvík, compared to control samples, shown in dry weight. The red line indicates the lowest quality guidelines in Norway (10 mg/kg d.w.).

Selen (Se)

Styrk selens í kræklingi má sjá á mynd 30 og er hann nokkuð áþekkur á milli stöðva. Ekki eru til viðmiðunarmörk fyrir selen. Styrkur selens á öllum búrkræklingastöðvum er sambærilegur því sem sást árið 2018 (Guðjón Atli Auðunsson o.fl., 2020a). Selenstyrkur í fjörukræklingi í grennd við álverið sýnir áþekkan styrk og meðalstyrkur selens í fjörukræklingi við Straumsvík yfir árin 2012 – 2022 eða $3,17 \pm 0,7$ mg/kg þ.v. (ICES, 2024).



Mynd 30. Styrkur selens (Se) í búr- og fjörukræklingi við álverið í Straumsvík og viðmiðum sýndur á þurrvigtargrunni.

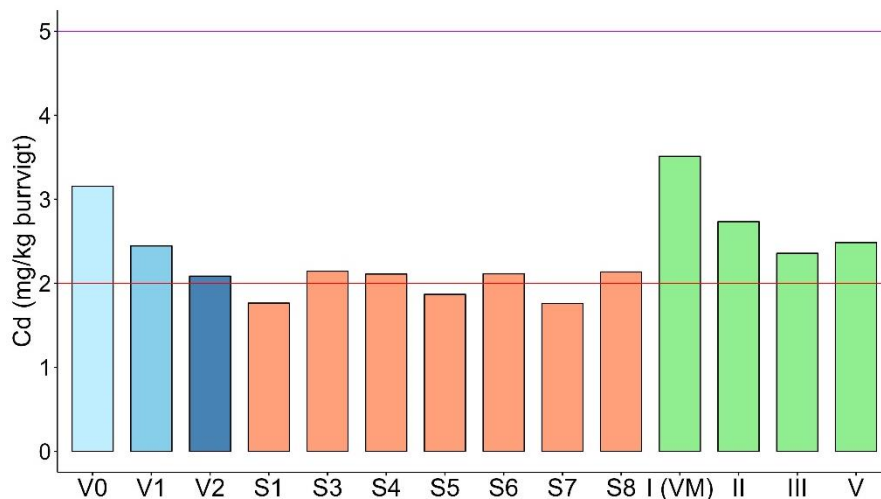
Figure 30. Concentration of selenium (Se) in caged and intertidal mussels by the aluminium smelter in Straumsvík and controls shown in dry weight.

Kadmín (Cd)

Sjá má styrk kadmíns í kræklingi á mynd 31 þar sem flest gildi falla í kringum lægstu viðmiðunarmörk Norðmanna en eru öll undir mörkum þar sem búast mætti við áhrifum (5 mg/kg þ.v.) (Molvær o.fl., 1997). Almennt er styrkur kadmíns hár við strendur Íslands vegna eldavirkni og bergrofs og eru þessar niðurstöður ekki frábrugðnar þeim sem sáust árið 2018 þótt örlítill hækkun virðist hafa orðið í styrk

kadmíns og þá helst í fjörukræklingi. Styrkur kadmíns er nokkuð áþekkur á milli búkræklinga á S1-S8 sem og með viðmiði 2 við Lónakot. Sambærilegir styrkir kadmíns hafa sést áður í kræklingi við Ísland (Guðjón Atli Auðunsson o.fl., 2015; 2020) og því lítil efi að þetta teljist náttúrulegir styrkir kadmíns í kræklingi við álverið.

Meðalstyrkur kadmíns í fjörukræklingi við Straumsvík frá árunum 2012 – 2022 er $2,37 \pm 1,0$ mg/kg þ.v. (ICES, 2024) og styrkur kadmíns í fjörukræklingi í grennd við álverið er örlítið hærri, sérstaklega við fjörustöð I (VM) en líklegast er um að ræða staðbundna og náttúrulega uppsprettu kadmíns á þeirri stöð ekki aukinn kadmínstyrk sökum álversins.

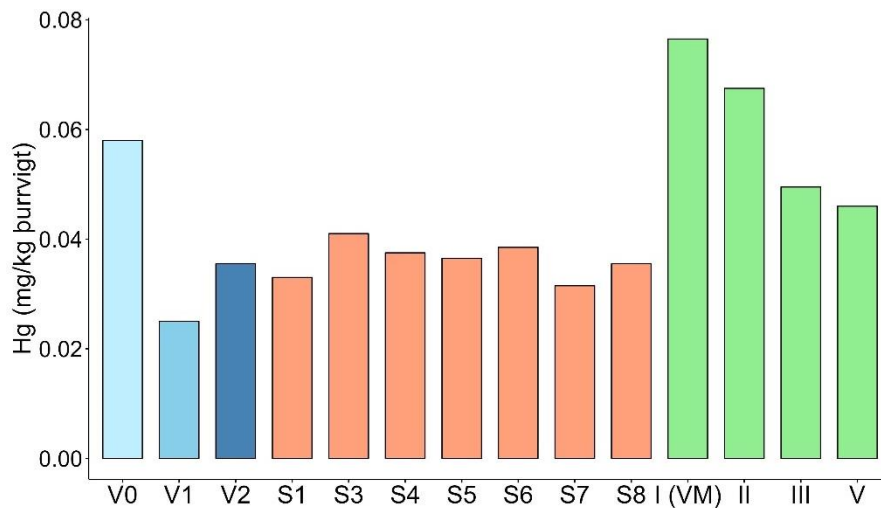


Mynd 31. Styrkur kadmíns (Cd) í bú- og fjörukræklingi við álverið í Straumsvík og viðmiðum sýndur á þurrvígtargrunni. Rauða línán merkir lægstu viðmiðunarmörk Norðmanna (2 mg/kg þ.v.) og fjólubláa línán merkir mörk sem vænta mætti áhrifa á viðkvæmt lífríki vegna mengunar (5 mg/kg þ.v.).

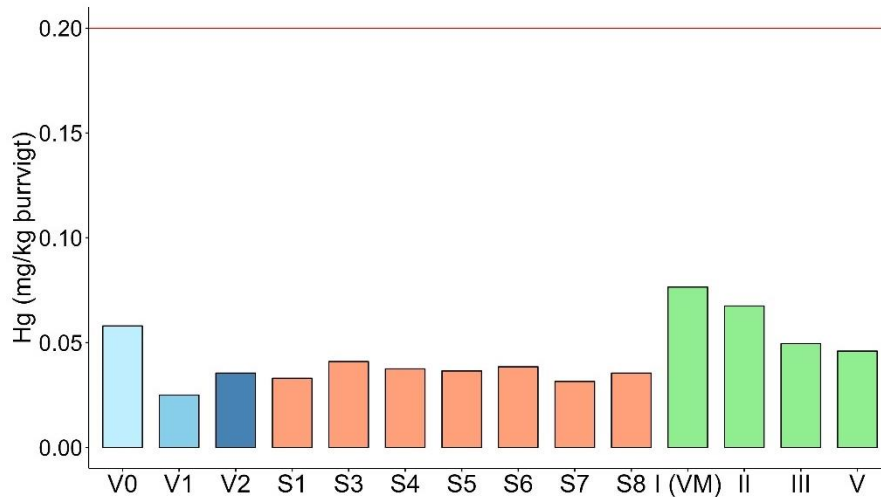
Figure 31. Concentration of cadmium (Cd) in caged and intertidal mussels by the aluminium smelter in Straumsvík and controls showed in dry weight. Red line indicates the lowest quality guidelines in Norway (2 mg/kg d.w.) and purple line indicates the guideline where you might see effects due to pollution (5 mg/kg d.w.).

Kvikasilfur (Hg)

Mynd 32 sýnir styrk kvikasilfurs í kræklingi á öllum stöðvum. Styrkur kvikasilfurs hefur lækkað í búkræklingi frá því í upphafi sem má skýra með aukinni þyngd mjúkvefs frekar en að kræklingurinn sé að losa sig við kvikasilfur og sama gildir fyrir viðmiðið í Hvalfirði þar sem kræklingur þar hefur aðeins lægri styrk og með marktækt þyngri mjúkvef en hinar stöðvarnar. Styrkur kvikasilfurs er nokkuð áþekkur á milli stöðva (S1-S8) og sambærilegur styrkjum sem hafa mælst á fyrri árum (Guðjón Atli Auðunsson o.fl., 2005; 2012; 2014; 2020a). Styrkur kvikasilfurs í kræklingi 2023 (0,004 – 0,010 mg/kg v.v.) er sambærilegur eða lægri en mælst hefur í kræklingi við álver í Noregi þar sem styrkur kvikasilfurs var á bilinu 0,006 – 0,028 mg/kg v.v. (Brooks o.fl., 2023). Styrkur kvikasilfurs í fjörukræklingi er ívið hærri en það sem mældist 2018 en er þó sambærilegur því sem greindist árin 2013 og 1997 (Guðjón Atli Auðunsson o.fl., 1998; 2014). Fjörustöðvar I (VM) og II sýna hærri kvikasilfursstyrk miðað við meðalstyrk kvikasilfurs í kræklingi við Straumsvík sem er $0,05 \pm 0,01$ mg/kg þ.v. (ICES, 2024). Styrkur kvikasilfurs í kræklingi á öllum stöðvum er þó vel undir íslenskum umhverfisgæðakröfum fyrir lífríki og lægstu viðmiðunarmörkum Norðmanna sem eru þau sömu (20 mg/kg v.v.) eins og má sjá á mynd 33.



Mynd 32. Styrkur kvikasilfurs (Hg) í búr- og fjörukræklingi við álverið í Straumsvík og viðmiðum sýndur á þurrvigtargrunni.
Figure 32. Concentration of mercury (Hg) in caged and intertidal mussels by the aluminium smelter in Straumsvík and controls showed in dry weight.

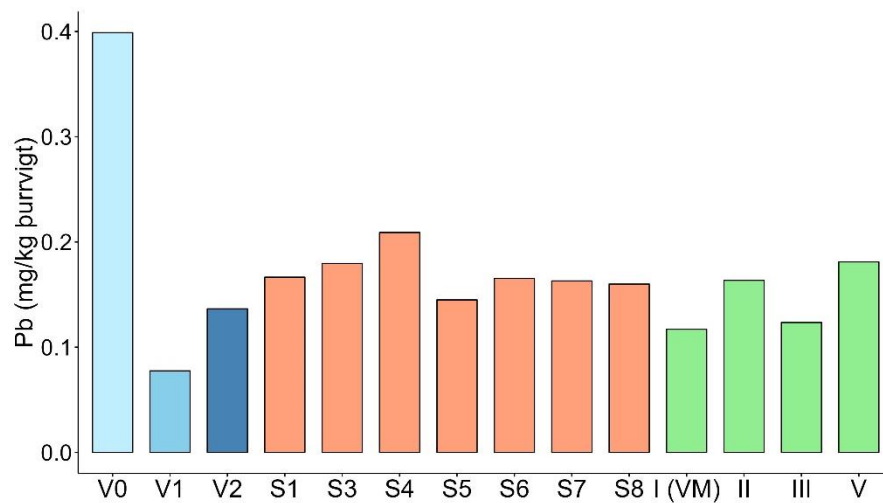


Mynd 33. Styrkur kvikasilfurs (Hg) í búr- og fjörukræklingi við álverið í Straumsvík og viðmiðum sýndur á þurrvigtargrunni ásamt íslenskum umhverfissgæðakröfum fyrir lífríki og lágstu viðmiðunarmörk Norðmanna (0,20 mg/kg þ.v.) (rauða línan).
Figure 33. Concentration of mercury (Hg) in caged and intertidal mussels by the aluminium smelter in Straumsvík and controls showed in dry weight with the Icelandic environmental quality standard and lowest quality guidelines in Norway (0,20 mg/kg d.w.) (red line).

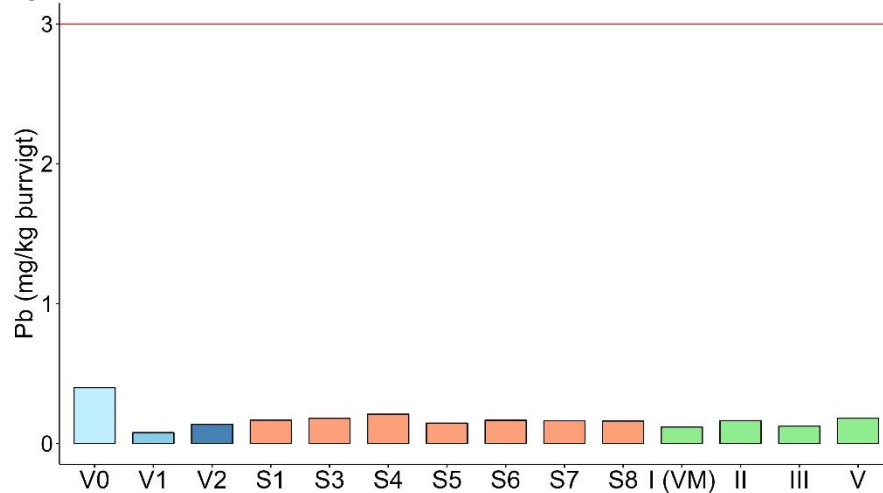
Blý (Pb)

Niðurstöður efnagreininga á styrk blýs í kræklingi má sjá á mynd 34. Styrkur blýs í búrkræklingi var hærri en viðmið 1 í Hvalfirði sem kemur líklega til vegna þýnningar hjá kræklingi í Hvalfirði sem sýndi markækt meiri vöxt og þýngri mjúkvæf miðað við hinar stöðvarnar (V2 og S1-S8). Styrkur blýs í kræklingi á V0 er nánast tvöfalt hærri miðað við aðrar stöðvar sem kemur líklega að mestu leyti til vegna líffræðilegra þátta, þ.e. kræklingurinn á eftir að taka út mikinn vöxt yfir sumarið sem veldur þýnningu blýstyrks í vef. Styrkur blýs á öllum hinum stöðvum er lægri eða áþekkur þeim sem hefur mælst á fyrri árum en þó örlítið hærri en 2018 (Guðjón Atli Auðunsson o.fl., 2020a). Blýstyrkur fjörukræklingis er einnig sambærilegur meðalstyrk blýs í kræklingi við Straumsvík frá árunum 2012 – 2022 eða $0,10 \pm 0,03$ mg/kg þ.v. (ICES, 2024). Líkt og í rannsókninni 2018 má greina áhrif frá álverinu á styrk blýs þegar

búrkræklingurinn á rannsóknasvæðinu er borinn saman við viðmiðunarstöðvar en styrkurinn er þó mjög lágur og langt undir lögstu viðmiðunarmörkum Norðmanna eins og má sjá á mynd 35.



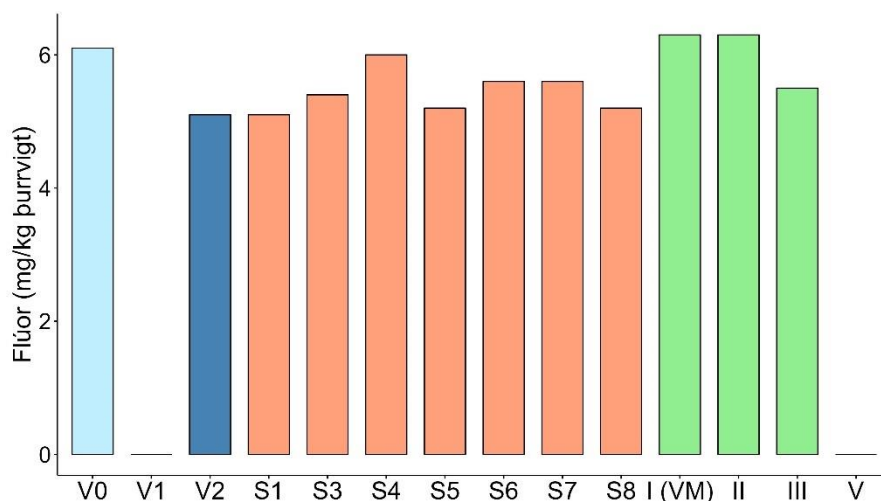
Mynd 34. Styrkur blýs (Pb) í búr- og fjörukræklingi við álverið í Straumsvík og viðmiðum sýndur á þurrvigtargrunni.
Figure 34. Concentration of lead (Pb) in caged and intertidal mussels by the aluminium smelter in Straumsvík and controls showed in dry weight.



Mynd 35. Styrkur blýs (Pb) í búr- og fjörukræklingi við álverið í Straumsvík og viðmiðum sýndur á þurrvigtargrunni ásamt lögstu viðmiðunarmörk Norðmanna (3 mg/kg þ.v.) (rauða línan).
Figure 35. Concentration of lead (Pb) in caged and intertidal mussels by the aluminium smelter in Straumsvík and controls showed in dry weight with the lowest quality guidelines in Norway (3 mg/kg d.w.) (red line).

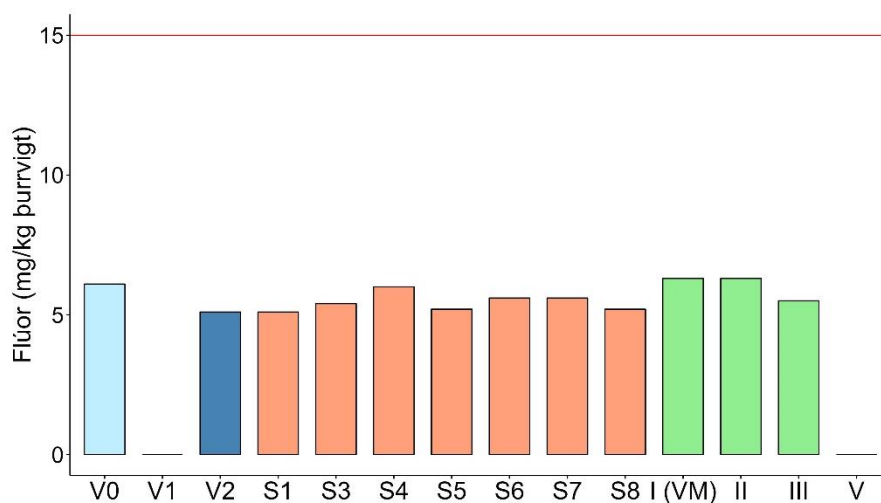
Flúor

Styrk flúors í kræklingi má sjá á mynd 36 og sýni frá V1 og V voru undir greiningarmörkum (<5) en öll gildi flúors í kræklingi voru á bilinu 5,0 – 6,3 mg/kg þ.v. Styrkur flúors í kræklingi hefur lækkað talsvert frá fyrri árum þar sem styrkur þess var ekki eins áþekkur á milli stöðva 2018 (á bilinu 3,3 – 15,7 mg/kg þ.v.) og styrkur flúors hefur mælst á bilinu 4 – 21 mg/kg frá 2003 – 2013 (Guðjón Atli Auðunsson o.fl., 2005; 2012; 2014; 2020a) og eru nú öll sýni vel undir lögstu viðmiðunarmörkum Norðmanna eins og má sjá á mynd 37. Engin áhrif eru því sýnileg á styrk flúors í sjó undan álverinu.



Mynd 36. Styrkur flúors í búr- og fjörukræklingi við álverið í Straumsvík og viðmiðum sýndur á þurrvigtargrunni. Stöðvar V1 og V voru undir greiningarmörkum (<5 mg/kg þ.v.).

Figure 36. Concentration of fluoride in caged and intertidal mussels by the aluminium smelter in Straumsvík and controls showed in dry weight. Stations V1 and V were under analytical limits (<5 mg/kg d.w.).



Mynd 37. Styrkur flúors í búr- og fjörukræklingi við álverið í Straumsvík og viðmiðum sýndur á þurrvigtargrunni ásamt lægstu viðmiðunarmörk Norðmanna (15 mg/kg þ.v.) (rauða línan). Stöðvar V1 og V voru undir greiningarmörkum (<5 mg/kg þ.v.).

Figure 37. Concentration of fluoride in caged and intertidal mussels by the aluminium smelter in Straumsvík and controls showed in dry weight with the lowest quality guidelines in Norway (15 mg/kg d.w.) (red line). Stations V1 and V were under analytical limits (<5 mg/kg d.w.).

3.6. PAH efni í kræklingi

Niðurstöður efnagreininga á PAH efnum í kræklingi má sjá í töflu 6. PAH efni geta haft bráð eitúráhrif á sjávarlífverur en slík efni geta einnig verið krabbameinsvaldandi. Flest PAH efni reyndust undir greiningarmörkum og voru aðeins fenatren, flúoranten og pýren yfir greiningarmörkum. Öll PAH efni mældust undir greiningarmörkum á stöðvum V0, V2, II og V. Styrkur flúorantens í kræklingi reyndist vel undir umhverfisgæðakröfum (30 µg/kg v.v.) og sömuleiðis styrkur bensó(a)pýrens sem reyndist undir greiningarmörkum á öllum stöðvum (Reglugerð um varnir gegn mengun vatns nr. 796/1999). Hæstan styrk PAH efna er að finna á stöð 4 en summa allra PAH efna í kræklingi á öllum rannsóknstöðvum er þó vel undir fyrstu viðmiðunarmörkum Norðmanna eða <50 µg/kg (ng/g) v.v. og eru flest öll PAH efni undir greiningarmörkum. Styrkur PAH efna hefur lækkað mikið frá 2018 þar sem meðaltal summa allra PAH efna (16PAH) var 15,5 ng/g v.v. (0,16 – 52 ng/g) samanborið við 1,28 ng/g v.v. sem er meðaltalið í ár (Guðjón Atli Auðunsson o.fl., 2020a). Þessar niðurstöður benda því ekki til mengunar af völdum PAH efna í sjó við álverið í Straumsvík.

Breyting á notkun efna gæti skýrt þá lækkun sem orðið hefur á PAH í kræklingi en unnið hefur verið að því á undanförunum árum að draga úr PAH efnum á svæðinu. Mikil breyting hefur orðið á tveimur efnum í þessu tilliti, kragasalla sem notaður er til að verja tinda á göfflum skauta og þjöppusalla sem notaður er til að fóðra ker. Notkun kragasalla dróst saman um 28% frá 2018 auk þess sem tjöruefni í kragasallanum hefur verið breytt frá 2018 og inniheldur hann í dag hverfandi magn af bensó(a)pyren. Árið 2018 innihélt 32% þjöppusalla PAH efni en alfarið var hætt að nota þjöppusalla með PAH efnum árið 2020. Nánari lýsingar á aðferðafræði PAH efnagreininga, niðurstöðum og umræðu má sjá í Viðauka 2.

Tafla 6. PAH efni og summa þeirra í kræklingi á öllum rannsóknastöðvum og viðmiðum í µg/kg votvigt.
Table 6. PAHs and their sum in mussels on all stations and controls in µg/kg wet weight.

	R23028160001	R23028160002	R23028160003	R23028160004	R23028160005	R23028160006	R23028160007	R23028160007e
	Viðmið 0	Viðmið 1 hvalfj	Ísal viðmið 2	Ísal stöð 1	Ísal stöð 3	Ísal stöð 4	Ísal stöð 5	Ísal stöð 5e
Efni	µg/kg vv	µg/kg vv	µg/kg vv	µg/kg vv	µg/kg vv	µg/kg vv	µg/kg vv	µg/kg vv
naftalene**	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
acenaftylene	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
acenaftene	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
fluorene	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
phenanthrene	< 0,5	0,68	< 0,5	0,72	0,66	1,35	0,88	0,81
anthracene	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
fluoranthene	< 0,5	0,55	< 0,5	0,70	0,67	1,14	0,85	0,76
pyrene	< 0,5	0,69	< 0,5	0,63	0,58	0,87	0,65	0,63
benz(a)anthracene	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
chrysene	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
benzo(b)fluoranthene	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	0,51	< 0,5	< 0,5
benzo(k)fluoranthene	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
benzo(a)pyrene	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
indeno(1,2,3-cd)pyrene**	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
dibenz(a,h)anthracene**	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
benzo(ghi)perylene**	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
Summa PAH efna sem greinast yfir mörkum		1,9		2,0	1,9	3,9	2,4	2,2
ΣKPAH***	< 6,5	< 6,5	< 6,5	< 6,5	< 6,5	< 6,5	< 6,5	< 6,5
% þurrvigt (pv)(frá Matis)	12,4	23,6	18,0	18,1	17,4	18,4	18,3	18,3

óhreinindi trufluðu greiningu, *krabbameinsvaldandi PAH sjá (Molvær o.fl., 1999)

	R23028160008	R23028160009	R23028160010	R23028160011	R23028160012	R23028160013	R23028160014	Kræklingur umhverfismörk
	Ísal stöð 6	Ísal stöð 7	Ísal stöð 8	Fjöruviðm 2 Lónakot	Fjöruviðm stöð II µg/kg vv	Fjörukrækl Stöð III µg/kg vv	Fjörukrækl stöð V µg/kg vv	
Efni	µg/kg vv	µg/kg vv	µg/kg vv	µg/kg vv	µg/kg vv	µg/kg vv	µg/kg vv	
naftalene**	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 30**
acenaftylene	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	
acenaftene	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	
fluorene	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	
phenanthrene	0,50	0,61	0,53	< 0,5	0,59	0,73	< 0,5	
anthracene	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	
fluoranthene	0,55	0,52	0,51	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	
pyrene	0,50	0,50	< 0,5	< 0,5	< 0,5	0,51	< 0,5	
benz(a)anthracene	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	
chrysene	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	
benzo(b)fluoranthene	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	<1*; < 5**
benzo(k)fluoranthene	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	
benzo(a)pyrene	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	
indeno(1,2,3-cd)pyrene***	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	
dibenz(a,h)anthracene***	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	
benzo(ghi)perylene**	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	
Summa PAH efna sem greinast	1,5	1,6	1,0		0,59	1,2		<50*
ΣKPAH****	< 6,5	< 6,5	< 6,5	< 6,5	< 6,5	< 6,5	< 6,5	<10*
% þurrvigt (dw)(frá Matis)	17,5	16,7	12,4	12,8	13,9	17,8	13,9	

*Norsk áhættugreining styrks PAH efna í kræklingi (ng/g vv) sjá (töflu V2-2), **Umhverfissgæðakröfur (UGK) fyrir lífverur skv. (Umhverfissráðuneytið, 1999)

óhreinindi trufluðu greiningu, *krabbameinsvaldandi PAH sjá (Molvær o.fl., 1997)

4. Heimildaskrá

- Bakke, T., Källqvist, T., Ruus, A., Breedveld, G. D. og Hylland, K. 2010. Development of sediment quality criteria in Norway. *Journal of Soils and Sediments*, 10(2), 172–178. <https://doi.org/10.1007/s11368-009-0173-y>
- Brooks, S. J., Gomes, T., Grung, M., Petersen, K. og Macken, A. 2023. An integrated biological effects assessment of the discharge water into the Sunndalsfjord from an aluminium smelter. *Science of the Total Environment*, 904. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.166798>
- Green, N. W., Schøyen, M., Øxnevad, S., Ruus, A., Høgåsen, T., Beylich, B., Håvardstun, J., Rogne, Å. K. G. og Tveiten, L. 2012. Hazardous substances in fjords and coastal waters — 2011. Levels, trends and effects. Long-term monitoring of environmental quality in Norwegian coastal waters. Long-term monitoring of Institute for Water Research. TA-2974/2012, 264 pp.
- Guðjón Atli Auðunsson, Adrianna Milewska, Joe Jephson, Halldór Pálmar Halldórsson, Hermann Dreki Guls, Ester Inga Eyjólfsdóttir og Baldur Jón Vigfússon. 2020a. Könnun á ólífrænum snefilefnum og arómatískum fjölhringasamböndum (PAH) í kræklingi við álverið í Straumsvík. Sýnataka 2018. NMÍ-skýrsla 6EM18058:3. Mars 2020.
- Guðjón Atli Auðunsson, Adrianna Milewska, Joe Jephson, Halldór Pálmar Halldórsson, Hermann Dreki Guls, Baldur Jón Vigfússon og Ester Inga Eyjólfsdóttir. 2020b. Könnun á efnabáttum í seti við Straumsvík sumarið 2018. NMÍ-skýrsla 6EM18058:1. Febrúar 2020.
- Guðjón Atli Auðunsson, Baldur Jón Vigfússon, Halldór Pálmar Halldórsson, Hermann Dreki Guls og Arnar Sveinbjörnsson. 2020c. Könnun á efnabáttum í sjó við Straumsvík sumarið og haustið 2018. NMÍ-skýrsla 6EM18058:2. Apríl 2020.
- Guðjón Atli Auðunsson, Elín Árnadóttir og Helga Halldórsdóttir. 2005. Könnun á ólífrænum snefilefnum og arómatískum fjölhringasamböndum (PAH) í kræklingi og skúfþangi við álverið í Straumsvík. Sýnataka 2003. Verkefnaskýrsla Rf 07-05. Maí 2005.
- Guðjón Atli Auðunsson, Elín Árnadóttir, Helga Halldórsdóttir, Þuríður Ragnarsdóttir og Øyvind Glømmi. 1998. Könnun á ólífrænum snefilefnum og PAH-efnum í lífríki sjávar við álverið í Straumsvík 1997. Skýrsla Rf 1-1998. Janúar 1998.
- Guðjón Atli Auðunsson. 2012. Könnun á ólífrænum snefilefnum og arómatískum fjölhringasamböndum (PAH) í kræklingi og skúfþangi við álverið í Straumsvík. Sýnataka 2008. Skýrsla NMÍ 12-01. Janúar 2012.
- Guðjón Atli Auðunsson. 2014. Könnun á ólífrænum snefilefnum og arómatískum fjölhringasamböndum (PAH) í kræklingi við álverið í Straumsvík. Sýnataka 2013. Skýrsla NMÍ 14-06. Október 2014.
- Guðjón Atli Auðunsson. 2015a. Viðtakarannsóknir 2011: setgildrur. Unnið fyrir Orkuveitu Reykjavíkur. Skýrsla NMÍ 15-02. Apríl 2015.
- Guðjón Atli Auðunsson. 2015b. Viðtakarannsóknir 2011: kræklingur. Unnið fyrir Orkuveitu Reykjavíkur. Skýrsla NMÍ 15-03. Apríl 2015.
- Guðjón Atli Auðunsson. 2015c. Viðtakarannsóknir 2011: sjór. Unnið fyrir Orkuveitu Reykjavíkur. Skýrsla NMÍ 15-04. Maí 2015.

- Halldór Pálmar Halldórsson og Hermann Dreki Guls. 2022. Viðtakarannsóknir fráveitu við meginútrásir skólphreinsistöðvanna í Reykjavík og á Kjalarnesi árið 2021. Verkefni og skýrsla unnin af Rannsóknasetri HÍ á Suðurnesjum fyrir Veitur ohf. Nr. 2022-101. Febrúar 2022, 32 bls. + 20 bls. viðauki.
- Hansson, T., Thain, J., Martínez-Gómez, C., Hylland, K., Gubbins, M. og Balk, L. 2017. Supporting variables for biological effects measurements in fish and blue mussel. ICES Techniques in Marine Environmental Sciences. No. 60. 22 bls.
- ICES. 2024. ICES Environmental database (DOME), sótt 25. apríl 2024; Contaminants and biological effects of contaminants in biota AMAP CEMP, Reporting laboratory(s) via Matis ohf. / Icelandic Food and Biotech R&D, Reykjavík, Iceland. ICES, Copenhagen.
- Molvær, J., Knutzen, J., Magnusson, J., Rygg, B., Skei, J. og Sørensen, J. 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Veiledning. Classification of environmental quality in fjords and coastal waters. A guide. Statens forurensningstilsyn, SFT. 1997.
- Rakel Guðmundsdóttir, Sólveig R. Ólafsdóttir, Steinunn Hilma Ólafsdóttir, Pamela Woods, Lilja Gunnarsdóttir, Karl Gunnarsson, Kristinn Guðmundsson og Eydís Salome Eiríksdóttir. 2022. Vistfræðileg viðmið við ástandsflokkun strandsjávar. Skýrsla nr. HV 2022-39, unnin fyrir Umhverfisstofnun. Nóvember 2022, Hafrannsóknastofnun, 41 bls.
- Reglugerð um varnir gegn mengun vatns nr. 796/1999 (með breytingum gerðar 31. okt. 2015 af reglugerð nr. 981/2015).
- Smedley, P. L. og Kinniburgh, D. G. 2017. Molybdenum in natural waters: A review of occurrence, distributions and controls. Applied Geochemistry, 84, 387–432. Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.apgeochem.2017.05.008>
- Sólveig R. Ólafsdóttir. 2006. Styrkur næringarefna í hafinu umhverfis Ísland. Hafrannsóknastofnunin. Fjölrit nr. 122.
- Sólveig R. Ólafsdóttir, Agnes Eydal, Steinunn Hilma Ólafsdóttir, Kristinn Guðmundsson og Karl Gunnarsson. 2019. Gæðapættir og viðmiðunaraðstæður strandsjávarhlota / Quality Elements and Reference Conditions of Coastal Water Bodies. Skýrsla nr. HV 2019-53, unnin fyrir Umhverfisstofnun. Ágúst 2019, Hafrannsóknastofnun, 32 bls.
- Webster, L., Russell, M., Walsham, P., Phillips, L. A., Packer, G., Scurfield, J., Dalgarno, E. J. og Moffat, C. F. 2009. An assessment of persistent organic pollutants (POPs) in wild and rope grown blue mussels (*Mytilus edulis*) from Scottish coastal waters. Journal of Environmental Monitoring, 11(6), 1169-1184.

Viðauki 1

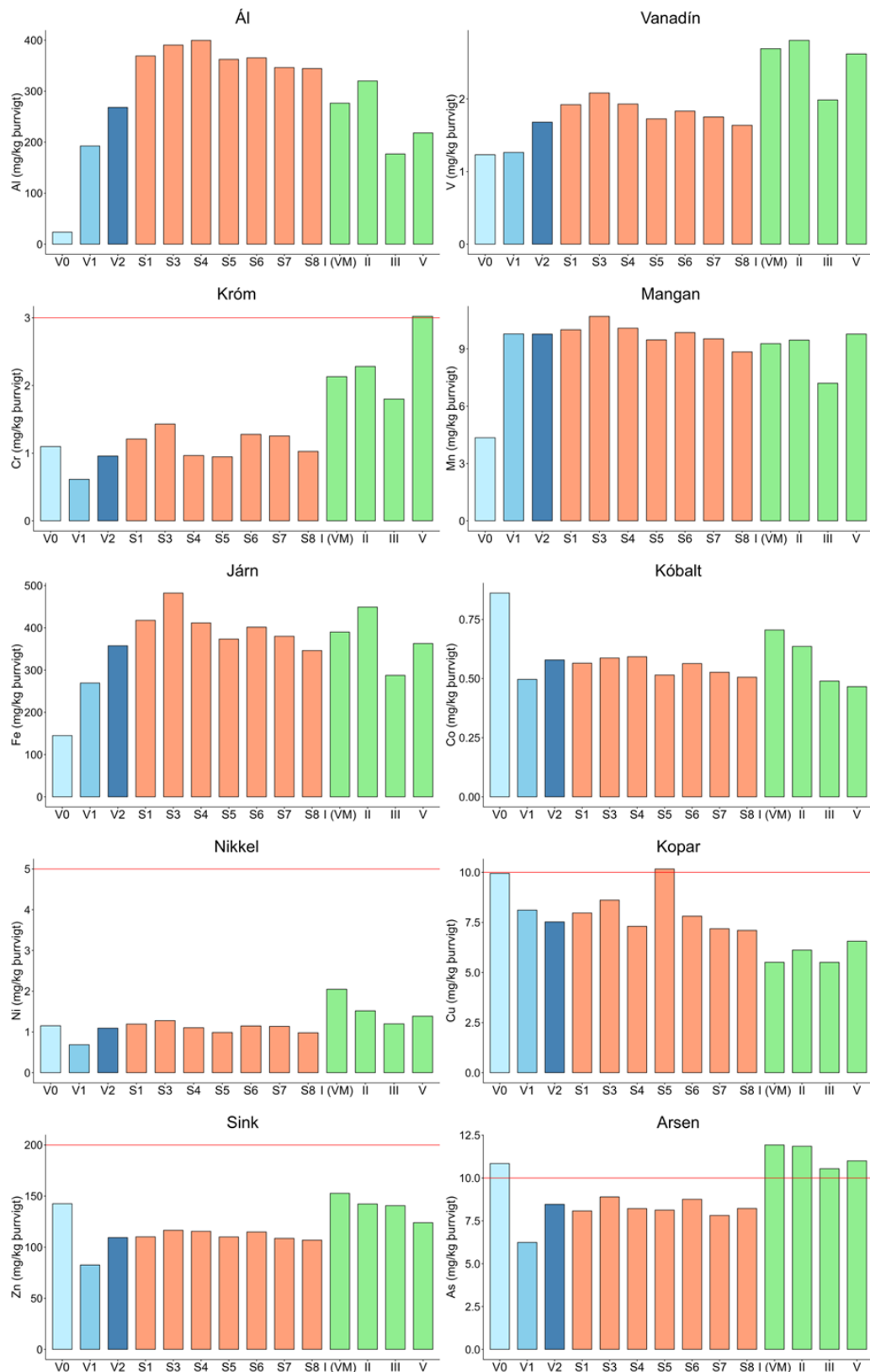
V1-1 Líffræðilegir mælipættir

Tafla V1-1. Meðaltöl líffræðilegra mælipátta kræklinga ($n = 50$) á öllum stöðvum við álverið í Straumsvík og viðmiðunarstöðvar í Hvalfirði og við Lónakot ásamt útreiknuðum ástandsstuðli ($\text{þyngd vefs}/(\text{lengd} \cdot \text{hæð} \cdot \text{breidd}) \cdot 1000$).

Table V1-1. Averages of biological measurements in mussels ($n=50$) on all stations by the aluminium smelter in Straumsvík and control stations with calculated condition index: ($\text{soft tissue weight}/(\text{length} \cdot \text{height} \cdot \text{width}) \cdot 1000$).

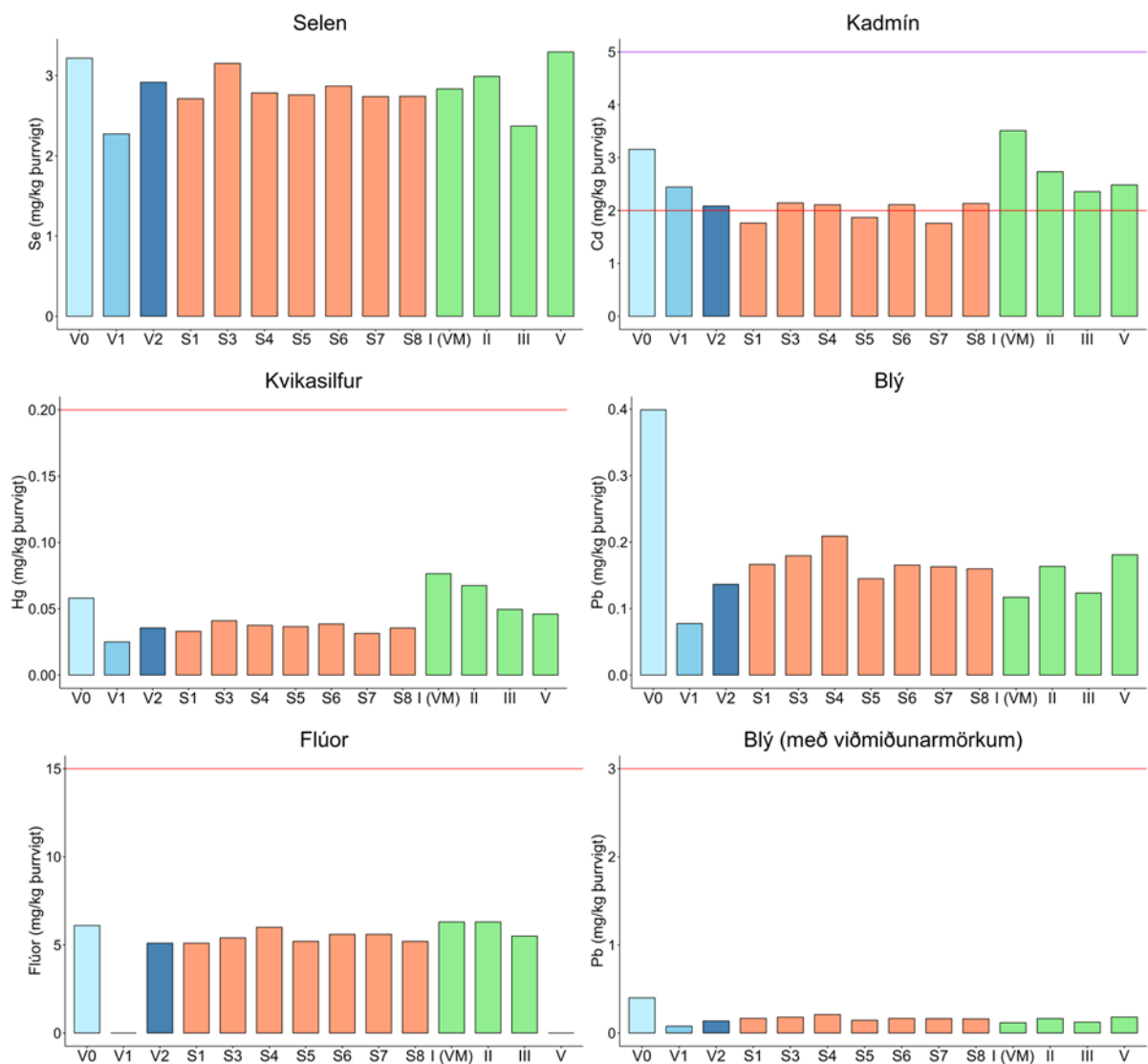
	Viðmið 0	Viðmið 1	Viðmið 2	Stöð 1	Stöð 3	Stöð 4	Stöð 5	Stöð 6	Stöð 7	Stöð 8	Fjörurækl.	Fjörurækl.	Fjörurækl.	Fjörurækl.
	Hvalfirðinu	Lónakot									Viðmið 2	Stöð II	Stöð III	Stöð V
Heildarþyngd (g)	9.87	16.1	13.3	12.8	14.0	12.7	12.5	12.5	13.3	12.7	8.07	10.7	10.6	7.72
Staðalfrávik	1.74	2.18	1.83	2.08	2.41	2.24	1.83	1.54	2.35	2.46	1.98	1.57	1.61	1.74
Lægsta gildi	6.06	11.9	10.1	8.77	10.0	9.13	9.53	9.86	9.85	9.15	4.85	7.50	7.79	5.28
Hæsta gildi	13.6	20.8	17.4	17.3	21.4	19.1	17.8	15.6	18.9	20.6	15.4	14.4	14.1	11.7
Lengd (mm)	50.6	55.4	52.5	52.4	53.4	52.4	51.8	52.0	52.6	51.5	46.6	50.3	48.2	48.2
Staðalfrávik	2.67	2.47	2.06	2.83	3.02	3.12	2.61	2.31	2.72	3.14	2.87	2.32	2.25	3.88
Lægsta gildi	45.5	51.0	49.0	47.0	48.0	47.0	47.0	47.5	47.5	47.0	43.0	45.0	44.0	43.0
Hæsta gildi	56.0	63.0	58.0	59.0	59.0	59.0	58.0	57.0	58.5	60.0	55.5	59.5	54.0	58.5
Hæð (mm)	22.2	24.6	23.6	23.4	23.2	23.3	22.9	23.1	23.6	22.8	22.3	23.0	23.5	21.4
Staðalfrávik	1.39	1.41	1.36	1.40	1.58	1.61	1.46	1.27	1.39	1.45	2.09	1.37	1.56	1.87
Lægsta gildi	20.0	21.0	21.0	20.0	20.0	20.0	20.0	21.0	21.0	21.0	19.0	20.0	20.0	18.0
Hæsta gildi	26.0	28.0	27.0	26.0	28.0	27.0	26.0	26.0	27.0	26.5	30.0	26.0	27.0	25.0
Breidd (mm)	21.9	24.0	22.6	22.9	23.4	22.4	22.5	22.5	22.6	22.4	19.6	21.3	21.3	18.9
Staðalfrávik	1.84	1.71	1.51	1.64	1.97	1.76	1.59	1.54	2.02	1.91	1.52	1.20	1.15	1.87
Lægsta gildi	18.0	20.0	19.5	19.0	20.0	19.0	19.0	20.0	18.0	19.0	17.5	19.0	18.5	15.0
Hæsta gildi	27.0	28.0	26.0	26.0	28.5	27.5	26.0	26.0	28.0	28.0	24.0	24.0	23.0	24.0
Þyngd vefs (g)	3.18	7.29	5.13	4.94	5.53	4.83	4.60	4.50	5.23	4.80	2.69	3.45	3.80	3.28
Staðalfrávik	0.73	1.12	0.83	0.84	1.07	1.01	0.70	0.75	1.00	0.88	0.71	0.69	0.72	0.74
Lægsta gildi	1.57	5.11	3.61	2.91	3.58	3.24	3.35	2.50	3.79	3.29	1.53	2.01	2.53	1.85
Hæsta gildi	4.79	9.81	7.42	6.69	8.24	7.79	6.54	6.35	8.64	7.22	5.02	5.42	5.24	4.96
Þyngd skeljar (g)	6.61	8.68	8.07	7.75	8.32	7.76	7.79	7.85	7.94	7.78	5.30	7.15	6.74	4.37
Staðalfrávik	1.27	1.37	1.22	1.45	1.54	1.45	1.37	1.14	1.67	1.81	1.35	1.07	1.03	1.12
Lægsta gildi	3.79	5.40	5.96	4.90	6.14	4.95	5.81	5.79	5.30	5.22	3.27	5.03	4.79	2.63
Hæsta gildi	10.1	11.1	10.8	10.7	13.5	11.2	11.2	10.0	12.3	13.4	10.3	9.45	8.82	7.62
Ástandsstuðull	0.13	0.22	0.18	0.18	0.19	0.18	0.17	0.17	0.19	0.18	0.13	0.14	0.16	0.16
Staðalfrávik	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03
Lægsta gildi	0.06	0.18	0.15	0.13	0.16	0.13	0.13	0.09	0.15	0.12	0.09	0.09	0.11	0.02
Hæsta gildi	0.18	0.32	0.21	0.21	0.23	0.24	0.20	0.23	0.35	0.22	0.18	0.19	0.20	0.21

V1-2 Ólífræn snefilefni í kræklingi



Mynd V1-1a. Ólífræn snefilefni í kræklingi á öllum rannsóknastöðvum og viðmiðum. Rauða línan merkir lægstu viðmiðunarmörk Norðmanna (Molvær o.fl., 1997).

Figure V1-1a. Trace metals in mussels on all stations and controls. Red line indicates the lowest quality guideline in Norway (Molvær et al., 1997).



Mynd V1-1b. Ólífræn snefilefni í kræklingi á öllum rannsóknastöðvum og viðmiðum. Rauða línan merkir lægstu viðmiðunarmörk Norðmanna og fjólubláa línan (við kadmín) merkir mörk sem vænta má sjá áhrif á viðkvæmt lífríki vegna mengunar (Molvær o.fl., 1997).

Figure V1-1b. Trace metals in mussels on all stations and controls. Red line indicates the lowest quality guideline in Norway and purple line (cadmium) indicates where you might see effects due to pollution (Molvær et al., 1997).

V1-3 Ólífræn snefilefni á þurrvigtargrunni

Tafla V1-2. Ólífræn snefilefni og meginþættir í kræklingi á þurrvigtargrunni.
Table V1-2. Trace metals and main components in mussels in dry weight.

Kræklingur - mg/kg þurrvigt

Stöð	Al	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As	Se	Cd	Hg	Pb	Flúoríð	Prótein (%)	Aska (%)	Þurrefni (%)
Viðmið 0	23.5	1.23	1.10	4.35	145	0.86	1.15	9.95	143	10.8	3.22	3.16	0.06	0.40	6.10	55.1	22.6	12.4
Viðmið 1 Hvalfjörður	193	1.26	0.61	9.78	269	0.50	0.69	8.12	82.6	6.24	2.27	2.44	0.03	0.08	<5,0	55.5	9.03	23.63
Viðmið 2 Lónakot	268	1.68	0.96	9.77	358	0.58	1.10	7.53	109	8.46	2.92	2.09	0.04	0.14	5.10	53.2	13.9	18.0
Stöð 1	369	1.92	1.21	10.0	418	0.57	1.19	7.97	110	8.08	2.71	1.76	0.03	0.17	5.10	54.5	14.0	18.1
Stöð 3	390	2.08	1.43	10.7	482	0.59	1.28	8.62	117	8.90	3.15	2.14	0.04	0.18	5.40	53.9	13.8	17.4
Stöð 4	400	1.93	0.97	10.1	412	0.59	1.11	7.31	116	8.22	2.78	2.11	0.04	0.21	6.00	54.2	14.2	18.4
Stöð 5	362	1.73	0.95	9.47	374	0.52	0.99	10.2	110	8.13	2.76	1.87	0.04	0.15	5.20	54.3	13.5	18.3
Stöð 6	365	1.83	1.28	9.86	402	0.56	1.15	7.81	115	8.76	2.87	2.11	0.04	0.17	5.60	54.9	14.1	17.5
Stöð 7	346	1.75	1.26	9.52	380	0.53	1.14	7.18	109	7.82	2.74	1.76	0.03	0.16	5.60	52.8	14.3	16.7
Stöð 8	344	1.64	1.03	8.85	346	0.51	0.98	7.10	107	8.23	2.74	2.14	0.04	0.16	5.20	52.3	15.3	12.4
Fjöruviðmið 2 Lónakot	276	2.69	2.13	9.27	390	0.71	2.05	5.51	153	11.9	2.83	3.51	0.08	0.12	6.30	54.9	19.4	12.8
Fjörurækl. Stöð II	320	2.81	2.28	9.46	449	0.64	1.52	6.12	142	11.9	2.99	2.73	0.07	0.16	6.30	53.9	19.6	13.9
Fjörurækl. Stöð III	177	1.99	1.80	7.20	287	0.49	1.20	5.51	141	10.5	2.37	2.36	0.05	0.12	5.50	56.7	14.3	17.8
Fjörurækl. Stöð V	218	2.62	3.02	9.77	363	0.47	1.39	6.56	124	11.0	3.29	2.49	0.05	0.18	<5,0	58.6	13.9	13.9

V1-4 Ólífræn snefilefni á votvigtargrunni

Tafla V1-3. Ólífræn snefilefni og meginþættir í kræklingi á votvigtargrunni.
Table V1-3. Trace metals and main components in mussels in wet weight.

Kræklingur - mg/kg votvigt

Stöð	Al	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As	Se	Cd	Hg	Pb	Prótein (%)	Aska (%)
Viðmið 0	2.91	0.15	0.14	0.54	17.9	0.11	0.14	1.23	17.6	1.34	0.40	0.39	0.01	0.05	6.81	2.79
Viðmið 1 Hvalfjörður	45.5	0.30	0.15	2.31	63.7	0.12	0.16	1.92	19.5	1.47	0.54	0.58	0.01	0.02	13.1	2.13
Viðmið 2 Lónakot	48.3	0.30	0.17	1.76	64.4	0.10	0.20	1.35	19.7	1.52	0.52	0.38	0.01	0.02	9.58	2.49
Stöð 1	66.9	0.35	0.22	1.81	75.7	0.10	0.22	1.44	20.0	1.46	0.49	0.32	0.01	0.03	9.88	2.54
Stöð 3	68.0	0.36	0.25	1.86	84.0	0.10	0.22	1.50	20.3	1.55	0.55	0.37	0.01	0.03	9.57	2.44
Stöð 4	73.4	0.35	0.18	1.85	75.7	0.11	0.20	1.34	21.2	1.51	0.51	0.39	0.01	0.04	9.43	2.47
Stöð 5	66.5	0.32	0.17	1.74	68.5	0.09	0.18	1.9	20.2	1.49	0.51	0.34	0.01	0.03	10.0	2.48
Stöð 6	64.1	0.32	0.22	1.73	70.4	0.10	0.20	1.37	20.1	1.54	0.50	0.37	0.01	0.03	7.36	2.58
Stöð 7	57.8	0.29	0.21	1.59	63.5	0.09	0.19	1.20	18.1	1.31	0.46	0.29	0.01	0.03	9.26	2.51
Stöð 8	42.6	0.20	0.13	1.09	42.9	0.06	0.12	0.88	13.2	1.02	0.34	0.26	0.00	0.02	8.75	2.56
Fjöruviðmið 2 Lónakot	35.5	0.35	0.27	1.19	50.0	0.09	0.26	0.71	19.6	1.53	0.36	0.45	0.01	0.02	6.80	2.39
Fjörurækl. Stöð II	44.6	0.39	0.32	1.32	62.5	0.09	0.21	0.85	19.8	1.65	0.42	0.38	0.01	0.02	6.92	2.57
Fjörurækl. Stöð III	31.4	0.35	0.32	1.28	51.0	0.09	0.21	0.98	25.0	1.87	0.42	0.42	0.01	0.02	7.89	1.99
Fjörurækl. Stöð V	30.4	0.36	0.42	1.36	50.5	0.06	0.19	0.91	17.3	1.53	0.46	0.35	0.01	0.03	8.15	1.94

V1-5 Viðmið og umhverfisgæðakröfur

Tafla V1-4. Norsk viðmiðunarmörk fyrir ýmis efni í kræklingi. Gildi frá Molvær o.fl., 1997.

Table V1-4. Quality guidelines from Norway for chemicals in mussels. Values from Molvær et al., 1997.

Tegund	Efni	I Umhverfisviðmið (bakgrunnsgildi): Lítill eða engin hætta á áhrifum	II Lítill mengun (moderate): Lítill hætta á áhrifum	III Nokkur mengun (markert): Áhrifa að vænta á viðkvæmt lífríki	IV Mikil mengun (sterkt): Áhrifa að vænta	V Mjög mikil mengun (meget sterkt): Ávallt áhrif – ófullnægjandi ástand
Kræklingur (þurrvgit)	Arsen (mg/kg dr.w)	< 10	10 – 30	30 – 100	100 – 200	> 200
-	Blý	< 3	3 – 15	15 – 40	40 – 100	> 100
-	Flúor	< 15	15 – 50	50 – 150	150 – 300	> 300
-	Kadmín	< 2	2 – 5	5 – 20	20 – 40	> 40
-	Kopar	< 10	10 – 30	30 – 100	100 – 200	> 200
-	Krómi	< 3	3 – 10	10 – 30	30 – 60	> 60
-	Kvikasilfur	< 0,2	0,2 – 0,5	0,5 – 1,5	1,5 – 4	> 4
-	Nikkel	< 5	5 – 20	20 – 50	50 – 100	> 100
-	Sink	< 200	200 – 400	400 – 1000	1000 – 2500	> 2500
-	Silfur	< 0,3	0,3 – 1	1 – 2	2 – 5	> 5
-	TBT	< 0,1	0,1 – 0,5	0,5 – 2	2 – 5	> 5
Kræklingur (votvgit)	Sum 16 PAHs (µg/kg ww)	< 50	50 – 200	200 – 2000	2000 – 5000	> 5000
	Sum cancer (K-PAHs)	< 10	10 – 30	30 – 100	100 – 300	> 300
	B(a)P	< 1	1 – 3	3 – 10	10 – 30	> 30

Tafla V1-5. Norsk viðmiðunarmörk fyrir ýmis efni í sjó. Gildi frá Bakke o.fl., 2010 og Molvær o.fl., 1997.

Table V1-5. Quality guidelines from Norway for chemicals in seawater. Values from Bakke et al., 2010 and Molvær et al., 1997.

Tegund	Efni	I Umhverfisvið mið (bakgrunnsgil di): Lítill eða engin hætta á áhrifum	II Lítill mengun (moderate): Lítill hætta á áhrifum	III Nokkur mengun (markert): Áhrifa að vænta á viðkvæmt lífríki	IV Mikil mengun (sterkt): Áhrifa að vænta	V Mjög mikil mengun (meget sterkt): Ávallt áhrif – ófullnægjandi ástand
Sjósýni - Bakke o.fl., 2010	Arsen (µg/L)	< 2	2 – 4,8	4,8 – 8,5	8,5 – 85	> 85
-	Blý	< 0,05	0,05 – 2,2	2,2 – 2,9	2,9 – 28	> 28
-	Kadmín	< 0,03	0,03 – 0,24	0,24 – 1,5	1,5 – 15	> 15
-	Kopar	< 0,3	0,3 – 0,64	0,64 – 0,8	0,8 – 7,7	> 7,7
-	Krómi	< 0,2	0,2 – 3,4	3,4 – 36	36 – 360	> 360
-	Kvikasilfur	< 0,001	0,001 – 0,048	0,048 – 0,071	0,071 – 0,14	> 0,14
-	Nikkel	< 0,5	0,5 – 2,2	2,2 – 12	12 – 120	> 120
-	Sink	< 1,5	1,5 – 2,9	2,9 – 6	6 – 60	> 60
Sjósýni - Molvær o.fl., 1997	Heildar köfnunarefni (µg/L): Sumar (júní – ágúst)	< 250	250 – 330	330 – 500	500 – 800	> 800
-	Heildar köfnunarefni (µg/L): Vetur (des – feb)	< 295	295 – 380	380 – 560	560 – 800	> 800
-	Heildar fosfór (µg/L): Sumar (júní – ágúst)	< 12	12 – 16	16 – 29	29 – 60	> 60
-	Heildar fosfór (µg/L): Vetur (des – feb)	< 21	21 – 25	25 – 42	42 – 60	> 60

Tafla V1-6. Íslenskar umhverfisgæðakröfur fyrir ýmis efni í sjó og í lífríki. Gildi frá Reglugerð um varnir gegn mengun vatns (nr. 796/1999).

Tafla V1-6. Icelandic environmental quality standard for chemicals in seawater and biota (Reglugerð um varnir gegn mengun vatns nr. 796/1999).

Efni	Ársmeðaltal: Annað yfirborðsvatn (µg/L)	Leyfilegur hámarksstyrkur: Annað yfirborðsvatn (µg/L)	Umhverfisgæðakröfur: Lífríki*
Kadmín og efnasambönd þess (fer eftir vatnshörku flokkum)**	0,2	≤ 0,45 (Flokkur 1) 0,45 (Flokkur 2) 0,6 (Flokkur 3) 0,9 (Flokkur 4) 1,5 (Flokkur 5)	
Kvikasilfur og efnasambönd þess		0,07	20
Nikkel og efnasambönd þess	8,6	34	
Flúoranten	0,0063	0,12	30
Fjölhringa kolvatnsefni (PAH)			
Bensó(a)pýren	$1,7 \times 10^{-4}$	0,027	5

*Umhverfisgæðakröfur fyrir lífríki vísar hér til krabbadýr og lindýra. **Gildi umhverfisgæðakrafna fyrir kadmín eru breytileg eftir hörku vatnsins sem skipt er í fimm flokka: (Flokkur 1: < 40 mg CaCO₃/l, flokkur 2: 40 til < 50 mg CaCO₃/l, flokkur 3: 50 til < 100 mg CaCO₃/l, flokkur 4: 100 til < 200 mg CaCO₃/l og flokkur 5: ≥ 200 mg CaCO₃/l), hér er miðað við flokk 4.

Tafla V1-7. Umhverfismörk fyrir málma í yfirborðsvatni til verndar lífríki (Reglugerð um varnir gegn mengun vatns nr. 796/1999).

Table V1-7. Icelandic environmental quality standard for metals in seawater (Reglugerð um varnir gegn mengun vatns nr. 796/1999).

Málmar / styrkur: µg/l	I	II	III	IV	V
Kopar	0,5	0,5-3	3-9	9-45	>45
Zink	5	5-20	20-60	60-300	>300
Kadmíum	0,01	0,01-0,1	0,1-0,3	0,3-1,5	>1,5
Blý	0,2	0,2-1	1-3	3-15	>15
Króm	0,3	0,3-5	5-15	15-75	>75
Nikkel	0,7	0,7-15	15-45	45-225	>225
Arsenik	0,4	0,4-5	5-15	15-75	>75

*Málmar í vatni: Umhverfismörk I: Mjög lítil eða engin hætta á áhrifum. Umhverfismörk II: Lítil hætta á áhrifum. Umhverfismörk III: Áhrifa að vænta á viðkvæmt lífríki. Umhverfismörk IV: Áhrifa að vænta. Umhverfismörk V: Ávallt ófullnægjandi ástand vatns fyrir lífríki/þynningarsvæði.

V1-6 Sjósýni

Tafla V1-8. Niðurstöður efnagreininga úr sjósýnum sem tekin voru í júlí 2023 við álverið í Straumsvík og á viðmiðunarstöðvum.
Table V1-8. Results from chemical analysis of seawater samples taken in July 2023 by the aluminium smelter in Straumsvík and control stations.

		Dags: 8. júlí						
Efni		Stöð 1	Stöð 3	Stöð 7	Stöð 8	Viðmið 1 Hvalfjörður	Viðmið 2 Lónakot	Innsigling
Barín (Ba)	µg/L	5,76	2,8	3,5	6,05	7,32	6,98	4,99
Kadmlín (Cd)	µg/L	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Króml (Cr)	µg/L	0,339	0,895	0,714	0,504	0,329	0,304	0,441
Kopar (Cu)	µg/L	<0,5	<0,5	<0,5	0,587	<0,5	<0,5	<0,5
Járn (Fe)	mg/L	<0,004	<0,004	0,00675	0,0131	0,0163	<0,004	0,00442
Mangan (Mn)	µg/L	0,981	0,519	0,612	1,3	2,89	1,07	0,924
Kvikasilfur (Hg)	µg/L	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Mólybden (Mo)	µg/L	10,2	5,01	6,06	10,4	12,7	11,2	8,88
Nikkel (Ni)	µg/L	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Fosfór (P)	µg/L	<40	<40	<40	<40	<40	<40	<40
Kisill (Si)	mg/L	1,42	4,3	3,64	1,54	<0,2	0,774	2,19
Sink (Zn)	µg/L	5,65	4,16	3,34	4,18	5,83	6,51	2,99
Arsen (As)	µg/L	1,39	0,702	0,76	1,19	1,61	1,46	1,06
Vanadín (V)	µg/L	6,72	18,9	15,3	7,76	2,32	4,03	10,2
Ammoníak og ammoníak jónir sem NH ₄	mg/L	<0,160	<0,160	<0,160	<0,160	<0,160	<0,160	<0,160
Ammoníak og ammoníak jónir sem N	mg/L	<0,124	<0,124	<0,124	<0,124	<0,124	<0,124	<0,124
Auðleysanlegt sýnið	mg/L	<0,0010	<0,0010	0,0036	0,0096	<0,0010	<0,0010	<0,0010
Heildar sýnið	mg/L	<0,0010	<0,0010	0,0046	0,016	<0,0010	<0,0010	0,0023
Flúoríð	mg/L	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00
Ortófosfat sem P	mg/L	<0,013	0,024	0,022	0,014	<0,013	<0,013	0,015
Ortófosfat	mg/L	<0,040	0,072	0,069	0,042	<0,040	<0,040	0,047
Kloríð	mg/L	15400	7530	9510	15500	20000	18900	14500
Nítrat	mg/L	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00
Nítrat sem N	mg/L	<0,800	<0,800	<0,800	<0,800	<0,800	<0,800	<0,800
Nítrít	mg/L	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00
Nítrít sem N	mg/L	<0,750	<0,750	<0,750	<0,750	<0,750	<0,750	<0,750
Súlfat sem SO ₄ ²⁻	mg/L	2140	1120	1380	2160	2720	2590	2030

Tafla V1-9. Niðurstöður efnagreininga úr sjósýnum sem tekin voru í ágúst 2023 við álverið í Straumsvík og á viðmiðunarstöðvum.

Table V1-9. Results from chemical analysis of seawater samples taken in August 2023 by the aluminium smelter in Straumsvík and control stations.

		Dags: 23. ágúst						
Efni		Stöð 1	Stöð 3	Stöð 7	Stöð 8	Viðmið 1 Hvalfjörður	Viðmið 2 Lónakot	Innsigling
Barín (Ba)	µg/L	3,03	4,28	5,43	4,68	6,64	5,93	2,07
Kadmlín (Cd)	µg/L	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Króml (Cr)	µg/L	0,831	0,763	0,607	0,431	<0,1	0,169	1,06
Kopar (Cu)	µg/L	<0,5	0,592	<0,5	<0,5	<0,5	0,9	3,01
Járn (Fe)	mg/L	<0,004	<0,004	0,00714	0,00513	0,0219	0,00482	<0,004
Mangan (Mn)	µg/L	0,561	0,528	0,495	0,762	3,71	0,763	<0,1
Kvikasilfur (Hg)	µg/L	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Mólybden (Mo)	µg/L	5,76	7,93	9,4	8,65	11,7	10,8	4,29
Nikkel (Ni)	µg/L	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Fosfór (P)	µg/L	<40	<40	<40	<40	<40	<40	<40
Kisill (Si)	mg/L	3,58	2,35	1,38	1,79	0,527	0,596	4,69
Sink (Zn)	µg/L	6,75	2,08	3,99	3,89	2,81	5,16	5,68
Arsen (As)	µg/L	0,933	1,16	1,44	1,33	2	1,64	0,894
Vanadín (V)	µg/L	16,3	11	7,39	8,75	2,56	3,22	20,5
Ammoníak og ammoníak jónir sem NH ₄	mg/L	0,032	0,031	0,039	0,033	0,085	0,052	0,013
Ammoníak og ammoníak jónir sem N	mg/L	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010
Auðleysanlegt sýnið	mg/L	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010
Heildar sýnið	mg/L	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010
Flúoríð	mg/L	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00
Ortófosfat sem P	mg/L	0,018	0,018	0,0094	0,01	0,015	0,013	0,024
Ortófosfat	mg/L							
Kloríð	mg/L	15200	15400	19200	19300	21200	20100	10600
Nítrat	mg/L							
Nítrat sem N	mg/L	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030
Nítrít	mg/L							
Nítrít sem N	mg/L	0,00047	0,00052	0,0013	0,0011	0,0019	0,00087	<0,00030
Súlfat sem SO ₄ ²⁻	mg/L	2290	2320	2810	2840	3080	2930	1700
Heildarköfnunarefni sem N	mg/L	0,098	0,1	0,12	0,13	0,15	0,13	0,089
Heildarfosfór sem P	mg/L	0,033	0,036	0,032	0,034	0,041	0,032	0,036

Tafla V1-10. Niðurstöður efnagreininga úr sjósynum sem tekin voru í október 2023 við álverið í Straumsvík og á viðmiðunarstöðvum.

Tafla V1-10. Results from chemical analysis of seawater samples taken in october 2023 by the aluminium smelter in Straumsvík and control stations.

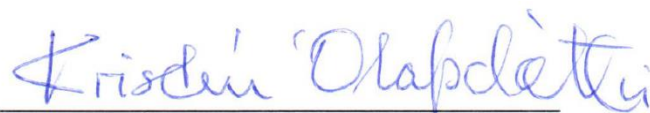
Dags: 16.október								
Efni		Stöð 1	Stöð 3	Stöð 7	Stöð 8	Viðmið 1 Hvalfjörður	Viðmið 2 Lónakot	Innsigling
Barín (Ba)	µg/L	6,56	5,26	4,88	5,53	7,7	6,72	2,09
Kadmín (Cd)	µg/L	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Króm (Cr)	µg/L	0,61	0,631	0,748	0,642	0,863	0,963	1,13
Kopar (Cu)	µg/L	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	1,05	0,618	3,06
Járn (Fe)	mg/L	0,0207	0,00791	0,0088	0,00467	0,0758	0,013	0,00655
Mangan (Mn)	µg/L	0,826	0,46	0,436	0,398	3,08	0,893	0,831
Kvikasilfur (Hg)	µg/L	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Mólybden (Mo)	µg/L	11,5	8,89	8,22	9,63	12,8	11,4	3,73
Nikkel (Ni)	µg/L	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Fosfór (P)	µg/L	<40	<40	<40	<40	41,1	<40	40,6
Kísill (Si)	mg/L	0,912	2,2	2,35	2,07	<0,6	1,24	4,83
Sink (Zn)	µg/L	3,54	4,17	3,04	3,15	8,73	5,39	2,78
Arsen (As)	µg/L	1,73	1,4	1,36	1,51	2,03	2,02	0,88
Vanadín (V)	µg/L	5,54	9,7	11,1	10,1	2,89	4,95	19,4
Ál (Al)	µg/L	20,9	16,7	17,5	17,5	57,6	14,4	14,8
Kalsíum (Ca)	mg/L	343	274	258	276	381	353	117
Kóbalt (Co)	µg/L	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,0534	<0,05	<0,05
Blý (Pb)	µg/L	0,438	0,399	0,346	<0,3	0,722	1,15	1,06
Magnesium (Mg)	mg/L	1030	822	774	829	1160	1060	342
Kalíum (K)	mg/L	352	282	264	283	396	363	119
Natríum (Na)	mg/L	9400	7530	7090	7560	10600	9630	3150
Strontín (Sr)	µg/L	7230	5760	5410	5790	8080	7440	2380
Ammoníak og ammoníak jónir sem NH ₄	mg/L							
Ammoníak og ammoníak jónir sem N	mg/L	0,023	0,014	0,021	0,017	0,014	0,017	0,0035
Auðleysanlegt sýnið	mg/L	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010
Heildar sýnið	mg/L	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010
Fluoríð	mg/L	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00
Ortófosfat sem P	mg/L	0,019	0,021	0,019	0,021	0,025	0,019	0,031
Ortófosfat	mg/L							
Klóríð	mg/L	15900	14000	14700	14300	18700	17600	7440
Nítrat	mg/L							
Nítrat sem N	mg/L	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030
Nítrít	mg/L							
Nítrít sem N	mg/L	0,0068	0,0051	0,0061	0,0056	0,013	0,0067	0,0013
Súlfat sem SO ₄ ²⁻	mg/L	2200	1940	2020	1970	2590	2430	1020
Heildarköfnunarefni sem N	mg/L	0,19	0,19	0,18	0,17	0,24	0,22	0,14
Heildarfósór sem P	mg/L	0,03	0,032	0,052	0,03	0,044	0,035	0,039

Viðauki 2 – PAH mælingar

**PAH-efni (Fjölarómatísk kolvatnsefni) í kræklingi frá Ísal haustið 2023. Verknr:
1896 (RLE 233814)**

Rannsóknastofu í lyfja- og eiturefnafræði

24 janúar. 2024



Kristín Ólafsdóttir, Ph.D., deildarstjóri

Inngangur:

Eftirfarandi eru niðurstöður efnagreininga á 16 PAH-efnum (fjölarómatískum kolvatnsefnum) í 14 sýnum af kræklingi sem bárust vegna umhverfisvöktunar við Straumsvík haustið 2023. Sýnin bárust 7. desember frá Mátis, þar sem sýnin voru einsleituð og frostþurrkuð. Kræklingnum var safnað af Halldóri P. Halldórssyni.

Greining:

Kræklingur

Úrhlutun: Öll glervara var þvegin með acetón/hexan blöndu fyrir úrhlutun sýna. Úrhlutuð voru u.þ.b. 2-3 g af hverju frostþurrkuðu sýni en 3,5 g af viðmiðunarsýni (maukuðu votsýni), sem var sýni af kræklingi frá quasimeme (QPH091MS) með þekktu magni allra 16 efnanna. Vatni og heimtustöðlum (PCB-116 og PCB-198) var fyrst bætt í frostþurrkuð sýnin sem næst voru úrhlutuð með acetón/hexan blöndu og svo hexan /dietyleter /isoprópanól blöndu. Úrhlutuð fita var síðan leyst í 0,5-1 ml af ísóóktani sem innihélt innri staðal (TCN).

Hreinsun: Sýnin voru hreinsuð með KOH í etanóllaun og greind með gasgreini.

Gasgreinir: Thermo Scientific Trace 1300 (súla HP-5MS, 25 m, 0.200 mm i.d., 0.33 µm film) með massaskynjara ISQ LT og sjálfvirkum innsprautara frá Thermo. Forritið Chromeleon frá Thermo var notað við úrvinnslu gagna. Í töflu V2-5, má sjá massajónir sem notaðar voru við greiningu efnanna.

Staðlar: Til magnagreiningar voru notaðir staðlar af 16 PAH-efnum þynntir í isooctani með viðbættum TCN innri staðli.

Staðlar voru keyptir sem uppleyst efni frá Accustandard, USA. Sjö staðlablöndur voru útbúnar á styrkbilinu 2,5-500 pg/µl (ng/ml) og innihéldu m.a.: naftalene, acenaftylene, acenaftene, fluorene, phenantrene, antracene, fluoranthene, pyrene, benzo(a)antracene, chrysene, benzo(b)fluoranthene, benzo(k)fluoranthene, benzo(a)pyrene, indeno(1,2,3-cd)pyrene, dibenzo(a, h)anthracene, benzo(ghi)perylene. Auk þess voru notaðir staðlarnir PCB-116 og PCB-198 (heimtustaðlar) og TCN (Tetrachloronaphthalene, innri staðall).

Heimtur: Heimtustöðlunum PCB-116 og PCB-198 var bætt í sýnin við upphaf úrhlutunar en þessi efni finnast ekki svo neinu nemi í náttúrunni. Heimtur reyndust á bilinu 80-100%, og voru styrkir leiðréttir með tilliti til heimtna.

Blanksýni: Þrjú blanksýni voru greind með sýnunum á sama hátt og sýnin. Í blanki eru til staðar öll efni og áhöld sem notuð eru við greininguna og ef efnin greinast í blönkum er sá bakgrunnur dreginn frá öllum sýnum.

Greiningarmörk og óvissa: Þurrvigt kræklingssýnanna var fengin frá Matís. Greiningarmörk (LOD) eru áætluð við u.þ.b. 0,5 -5 ng/g votvigtar (sjá töflu V2-3). Óvissa magngreininga er um $\pm 20\%$.

Gæðapróf: Sýni af kræklingi frá Quasimeme (evrópskri stofnun sem stendur fyrir samanburðarprófunum á mengunarefnum í sjávarlífverum, sjó og seti úr sjó, sjá www.quasimeme.org) með þekktu magni allra 16 efnanna voru greind með sýnunum. Mældur styrkur í viðmiðunarsýninu ásamt fráviki frá réttu gildi er sýndur í töflu V2-4.

Niðurstöður:

Einungis fjögur PAH efni greindust yfir greiningarmörkum í kræklingssýnunum (Tafla V2-1). Efnin phenanthrene, fluoranthen og pyrene greindust í flestum sýnum yfir greiningamörkum en benz(b)fluoranthen einungis í einu sýni, stöð 4, þar sem hin efnin voru sýnu hæst. Önnur efni voru undir greiningamörkum í kræklingnum. Heildarmagn þessara fjögurra efna var svipað í öllum sýnum eða á bilinu 1,0-3,9 $\mu\text{g/kg}$ (=ng/g) vv. Styrkur benzo(a)pyrens var í öllum tilfellum undir 0,5 $\mu\text{g/kg}$ vv. Samanlagður styrkur allra efna var vel undir 50 $\mu\text{g/kg}$ vv eða bakgrunnsgildum skv. norskum stöðlum (Green o.fl., 2012), sjá töflu V2-2.

Tafla V2-1. PAH efni í kræklingi frá ÍSAL 2023 µg/kg votvigt.

	R23028160001	R23028160002	R23028160003	R23028160004	R23028160005	R23028160006	R23028160007	R23028160007e
	Viðmið 0	Viðmið 1 hvalfj	Ísal viðmið 2	Ísal stöð 1	Ísal stöð 3	Ísal stöð 4	Ísal stöð 5	Ísal stöð 5e
Efni	µg/kg vv	µg/kg vv	µg/kg vv	µg/kg vv	µg/kg vv	µg/kg vv	µg/kg vv	µg/kg vv
naftalene**	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
acenaftylene	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
acenaftene	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
fluorene	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
phenanthrene	< 0,5	0,68	< 0,5	0,72	0,66	1,35	0,88	0,81
anthracene	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
fluoranthene	< 0,5	0,55	< 0,5	0,70	0,67	1,14	0,85	0,76
pyrene	< 0,5	0,69	< 0,5	0,63	0,58	0,87	0,65	0,63
benz(a)anthracene	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
chrysene	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
benzo(b)fluoranthene	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	0,51	< 0,5	< 0,5
benzo(k)fluoranthene	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
benzo(a)pyrene	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
indeno(1,2,3-cd)pyrene**	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
dibenz(a,h)anthracene**	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
benzo(ghi)perylene**	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
Summa PAH efna sem greinast yfir mörkum		1,9		2,0	1,9	3,9	2,4	2,2
ΣKPAH***	< 6,5	< 6,5	< 6,5	< 6,5	< 6,5	< 6,5	< 6,5	< 6,5
% Þurrvigt (pv)(frá Matis)	12,4	23,6	18,0	18,1	17,4	18,4	18,3	18,3

óhreinindi trufluðu greiningu, *krabbameinsvaldandi PAH sjá (Molvær o.fl., 1999)

	R23028160008	R23028160009	R23028160010	R23028160011	R23028160012	R23028160013	R23028160014	Kræklingur umhverfismörk
	Ísal stöð 6	Ísal stöð 7	Ísal stöð 8	Fjöruviðm 2 Lónakot	Fjöruviðm stöð II	Fjörurækli Stöð III	Fjörurækli stöð V	
Efni	µg/kg vv	µg/kg vv	µg/kg vv	µg/kg vv	µg/kg vv	µg/kg vv	µg/kg vv	
naftalene**	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	
acenaftylene	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	
acenaftene	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	
fluorene	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	
phenanthrene	0,50	0,61	0,53	< 0,5	0,59	0,73	< 0,5	
anthracene	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	
fluoranthene	0,55	0,52	0,51	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	
pyrene	0,50	0,50	< 0,5	< 0,5	< 0,5	0,51	< 0,5	
benz(a)anthracene	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	
chrysene	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	
benzo(b)fluoranthene	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	
benzo(k)fluoranthene	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	
benzo(a)pyrene	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	
indeno(1,2,3-cd)pyrene***	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	
dibenz(a,h)anthracene***	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	
benzo(ghi)perylene**	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	
Summa PAH efna sem greinast	1,5	1,6	1,0		0,59	1,2		<50*
ΣKPAH****	< 6,5	< 6,5	< 6,5	< 6,5	< 6,5	< 6,5	< 6,5	<10*
% Þurrvigt (dw)(frá Matis)	17,5	16,7	12,4	12,8	13,9	17,8	13,9	

*Norsk áhættugreining styrks PAH efna í kræklingi (ng/g vv) sjá (töflu V2-2), **Umhverfisgæðakröfur (UGK) fyrir lífverur skv. (Umhverfissráðuneytið, 1999)

óhreinindi trufluðu greiningu, *krabbameinsvaldandi PAH sjá (Molvær o.fl., 1997)

Tafla V2-2. Norsk áhættugreining styrks PAH efna í kræklingi (µg/kg votvigt) (Green o.fl., 2012).

	mörk	mörk summu	mörk summu PAH efna (án naftalens)
	benzo(a)pyrens	KPAH	
Flokkur I: bakgrunnur	<1	<10	< 50
Flokkur II: gott ástand, lítil hættu	1-3	10-30	50-200
Flokkur III: einhver áhrif við langvarandi útsetningu	3-10	30-100	200-2000
Flokkur IV: slæmt ástand: áhrif á lífverur eftir stutta útsetningu	10-30	100-300	2000-5000
Flokkur V: mjög slæmt ástand: bráð áhrif	>30	>300	>5000

Umræða:

Mjög lítið af PAH efnum greindust í sýnunum. Oft er naftalen undanskilið í samlagningu PAH efna vegna þess að styrkur þess er mjög breytilegur í umhverfinu sbr. viðmiðunarmörk Norðmanna (Green o.fl., 2012). Vegna þessa breytilega styrks voru magngreiningarmörk (LOQ) áætluð hærri en staðalfrávik gera ráð fyrir. Að þessu sinni greindist meira eða jafnmikið naftalen í öllum þremur blönkun en greindist í sýnunum.

Önnur efni í sýnunum voru að magni flest nokkuð lægri en greindist 2018, nema helst fyrstu 6 efnin í töflu V2-1, sem voru sambærileg að styrk (Guðjón Atli Auðunsson o.fl., 2020a). Seinni 10 efnin í töflunni greinast nú mun lægri en þá. Sýnin eru öll vel undir viðmiðunarmörkum sem sett eru í Noregi (Molvær o.fl., 1997) fyrir bakgrunnsástand hvað PAH efni (Tafla V2-2) varðar sem verður að teljast mjög ásættanlegt.

Á ómenguðu svæði í Skotlandi (Webster o.fl., 2009) var heildarmagn PAH efna í kræklingi um 9 µg/kg votvigt um sumar og 22 µg/kg votvigt um vetur. Skv. norskum stöðlum myndi Straumsvík flokkast undir *Class I: insignificant pollution*, þar sem heildarmagn 15 PAH efna (EPA16 – naftalen) er undir 250 µg/kg þurrvigtar eða um 50 µg/kg votvigtar (Green o.fl., 2012).

Tafla V2-3. PAH efni í blönkum og greiningarmörk í kræklingi*.

Efni	bl 1	bl 2	bl 3				þurrvigt		votvigt	votvigt	áætluð
	ng alls	ng alls	ng alls	meðaltal	3 x stdev	10 x stdev	LOD	LOQ			
							m.v. 2,5 g	m.v. 2,5 g	m.v. 20%	m.v. 20%	LOQ
									þurrvigt	þurrvigt	ng/g votvigt
naftalene	13,9	17,8	13,2	15,0	7,46	24,9	2,98	9,95	0,60	1,99	< 5
acenaftylene	0,50	0,49	0,59	0,53	0,17	0,6	0,07	0,23	0,01	0,05	< 0,5
acenaftene	2,32	1,86	2,34	2,17	0,81	2,7	0,32	1,08	0,06	0,22	< 0,5
fluorene	3,54	2,45	3,49	3,16	1,85	6,2	0,74	2,47	0,15	0,49	< 0,5
phenanthrene	10,40	6,54**	10,24	10,32	0,34	1,1	0,14	0,45	0,03	0,09	< 0,5
anthracene	0,39	0,30	0,53	0,41	0,35	1,2	0,14	0,47	0,03	0,09	< 0,5
fluoranthene	0,89	0,52	0,83	0,75	0,59	2,0	0,24	0,79	0,05	0,16	< 0,5
pyrene	0,85	0,56	0,81	0,74	0,47	1,6	0,19	0,62	0,04	0,12	< 0,5
benz(a)anthracene	0,04	0,04	0,31	0,13	0,46	1,5	0,18	0,62	0,04	0,12	< 0,5
chrysene	0,15	0,21	0,30	0,22	0,22	0,7	0,09	0,30	0,02	0,06	< 0,5
benzo(b)fluoranthene	0,11	0,10	0,22	0,14	0,21	0,7	0,08	0,27	0,02	0,05	< 0,5
benzo(k)fluoranthene	0,03	0,14	0,20	0,12	0,26	0,9	0,10	0,35	0,02	0,07	< 0,5
benzo(a)pyrene	0,14	0,30	0,27	0,23	0,25	0,8	0,10	0,34	0,02	0,07	< 0,5
indeno(1,2,3-cd)pyrene	0,05	0,25	0,19	0,16	0,32	1,1	0,13	0,42	0,03	0,08	< 2
dibenz(a,h)anthracene	0,36	0,99	0,00	0,45	1,50	5,0	0,60	2,01	0,12	0,40	< 2
benzo(ghi)perylene	0,81	0,48	0,13	0,48	1,02	3,4	0,41	1,36	0,08	0,27	< 2

*Greiningarmörk eru metin út frá þreföldu staðalfrávik blanka, en magngreiningarmörk út frá tíuföldu staðalfrávik blanka og óhreinindum í sýnum.

**útgildi

Tafla V2-4. PAH efni í viðmiðunarsýni af kræklingi frá Quasimeme (ng/g votvigt).

PAH-efni	Quasimeme heiti	ng/g grunnur	mælt magn	rétt magn	Z **	votvigt LOQ
naftalene	QPH091BT	votvigt	-0,40	1,42		< 6
acenaftylene	QPH091BT	votvigt	0,44	0,42	0,12	< 0,5
acenaftene	QPH091BT	votvigt	1,33	1,37	-0,12	< 0,5
fluorene	QPH091BT	votvigt	1,32	1,34	-0,05	< 0,5
phenanthrene	QPH091BT	votvigt	19,6	20,2	-0,19	< 0,5
anthracene	QPH091BT	votvigt	4,05	4,08	-0,05	< 0,5
fluoranthene	QPH091BT	votvigt	16,9	17,2	-0,13	< 0,5
pyrene	QPH091BT	votvigt	4,19	4,40	-0,30	< 0,5
benz(a)anthracene	QPH091BT	votvigt	1,39	1,35	0,14	< 0,5
chrysene	QPH091BT	votvigt	2,19	2,00	0,51	< 0,5
benzo(b)fluoranthene	QPH091BT	votvigt	3,58	3,72	-0,23	< 0,5
benzo(k)fluoranthene	QPH091BT	votvigt	1,38	1,29	0,32	< 0,5
benzo(a)pyrene	QPH091BT	votvigt	2,57	2,54	0,06	< 0,5
indeno(1,2,3-cd)pyrene	QPH091BT	votvigt	0,82	0,79	0,14	< 2
dibenz(a,h)anthracene	QPH091BT	votvigt	0,16	0,14	0,22	< 2
benzo(ghi)perylene	QPH091BT	votvigt	2,70	2,76	-0,13	< 2
**Z score á að vera < +/- 2 (reiknað magn-rétt magn)/heildaróvissa						
Óvissan er fengin með samanburðarprófum frá fjölda rannsóknastofa,						
hún er svo margfölduð með réttu gildi efnisins og þannig fengin heildaróvissa						

Tafla V2-5. Jónir notaðar við magnákvörðun og staðfestingu við massagreiningu PAH efna.

Efni	Magngreiningar-jón	Staðfestingar-jón
naftalene	128	127
acenaftylene	152	153
acenaftene	153	154
fluorene	166	165
phenanthrene	178	176
anthracene	178	176
fluoranthene	202	200
pyrene	202	200
benz(a)anthracene	228	226
chrysene	228	226
benzo(b)fluoranthene	252	250
benzo(k)fluoranthene	252	250
benzo(a)pyrene	252	250
indeno(1,2,3-cd)pyrene	276	274
dibenz(a,h)anthracene	278	276
benzo(ghi)perylene	276	274
TCN	265,9	263,9
PCB-116	325,9	327,9
PCB-198	429,8	427,9