KVIKKSØLV I SJØMAT VED U-864

Resultater fra overvåkning i 2021

Sylvia Frantzen, Amund Måge og Monica Sanden (HI)





RAPPORT FRA HAVFORSKNINGEN NR. 2023-23

Tittel (norsk og engelsk):

Kvikksølv i sjømat ved U-864

Mercury in seafood at U-864

Undertittel (norsk og engelsk):

Resultater fra overvåkning i 2021

Results from monitoring in 2021

Rapportserie:	År - Nr.:	Dato:
Rapport fra havforskningen	2023-23	03.05.2023

ISSN:1893-4536

Forfatter(e):

Sylvia Frantzen, Amund Måge og Monica Sanden (HI)

Forskningsgruppeleder(e): Monica Sanden (Fremmed- og smittestoff (FRES))
Godkjent av: Forskningsdirektør(er): Gro-Ingunn Hemre
Programleder(e): Livar Frøyland

Distribusjon:

Åpen

Prosjektnr:

15224

Oppdragsgiver(e):

Kystverket

Oppdragsgivers referanse:

3260BHPM

Program:

Trygg og sunn sjømat

Forskningsgruppe(r):

Fremmed- og smittestoff (FRES)

Antall sider:

34

Sammendrag (norsk):

Den tyske ubåten U-864 hadde store mengder kvikksølv om bord, da den ble topedert og senket vest av Fedje i 1945. Vraket ligger på omlag 150 m dyp og sjøbunnen rundt er sterkt forurenset av metallisk kvikksølv. På vegne av Kystverket overvåker Havforskningsinstituttet årlig innholdet av kvikksølv i sjømat fisket rundt vraket samt ved referanselokaliteter fire nautiske mil nord og sør for vraket. I 2021 analyserte vi filet av 66 brosmer (*Brosme brosme*) og klokjøtt og innmat av 69 taskekrabber (*Cancer pagurus*) for totalkvikksølv. Filet av én brosme prøvetatt ved vraket og fire prøvetatt fire nautiske mil sør for vraket hadde kvikksølvkonsentrasjoner over grenseverdien satt for mattrygghet i EU og Norge. I løpet av perioden overvåkningen har foregått til nå (2005-2021) har til sammen 75 av 1259 brosmer, 6,0 %, hatt kvikksølvnivå over grenseverdien som gjelder mattrygghet. Disse har vært nokså jevnt fordelt mellom vrakområdet og referanselokalitetene lenger nord og sør. Filet av brosme prøvetatt i 2021 nær vraket av U-864 hadde relativt lavt kvikksølvnivå sammenlignet med flere tidligere år, også når kvikksølvnivået var justert for fiskens størrelse. Klokjøtt av krabber hadde et kvikksølvnivå godt under grenseverdien for mattrygghet, og nivået var lavere fire mil sør for vraket sammenlignet med ved vraket og fire mil nord for vraket. I innmat av krabbe var det høyest konsentrasjoner av kvikksølv ved vraket, lavere fire nautiske mil nord og aller lavest fire nautiske mil sør for vraket. Dette har også blitt observert tidligere hos krabbe. Det finnes ikke mattrygghetsgrenseverdier som gjelder for innmat av krabbe. Gjennomsnittlig kvikksølvnivå i krabber fanget ved vraket av U-864 var på nivå med flere tidligere år, som 2017 og 2019. Det er ikke grunnlag for å fastslå at det har vært en økning i perioden overvåkingen har pågått, det vil si fra 2006 for kokte krabber og fra 2017 for rå krabber. Resultater av bestemmelse av andre metaller i krabbe er for første gang tatt med i denne rapporten. Arsen, kadmium og selen viste relativt høye nivåer sammenlignet med det som tidligere er målt i krabbe fisket andre steder ved kysten, og det er mulig at dette skyldes forurensning fra ubåtvraket. Men det er ikke mulig å fastslå det sikkert basert på disse resultatene. Det var imidlertid ingen prøver av klokjøtt som hadde konsentrasjoner av kadmium eller bly over grenseverdiene som gjelder for disse tungmetallene i klokjøtt. Heller ikke for disse stoffene er det grenseverdier som gjelder brunmat, men kadmiumnivået i brunmat av taskekrabbe er generelt høyt også ellers langs kysten, og Mattilsynet advarer folk flest mot å spise for mye brunmat av krabber, mens gravide, ammende og barn anbefales å unngå brunmaten helt.

Sammendrag (engelsk):

The German submarine U-864 carried a large amount of mercury in its hull, when it was torpedoed and sunk west of the island Fedje off the Norwegian west coast in 1945. The wreck is located at around 150 m depth and the surrounding seabed is heavily polluted with metallic mercury. On behalf of the Norwegian Coastal Administration, the Institute of Marine Research annually monitors the content of mercury in seafood caught around the wreck as well as at reference sites four nautical miles north and south of the wreck. In 2021, we analysed fillet of 66 tusk (*Brosme brosme*) and claw meat and brown meat or hepatopancreas of 69 edible crabs (*Cancer pagurus*) for total mercury. Fillet of one tusk sampled at the wreck site and four sampled four nautical miles south of the wreck had mercury concentrations above the maximum level set for food safety in EU and Norway. During the monitoring period (2005-2021) a total of 75 out of 1259 tusk, 6.0%, have exhibited mercury levels above the maximum level set for food safety. These have been fairly evenly distributed between the wreck area and the reference sites further north and south. Fillet of tusk sampled in 2021 near the wreck of U-864 had relatively low mercury levels compared with several earlier years, also when the mercury level was adjusted for fish size. Claw meat of crab had a mercury level well under maximum levels for food safety, and the mercury level was lower four miles south of the wreck compared with at the wreck site and four nautical miles north of the wreck. In brown meat and hepatopancreas, concentrations of mercury were highest at the wreck site, lower four nautical miles north of the wreck and lowest of all four nautical miles south of the wreck. This has also been observed previously in crab. There is no maximum level for food safety applying to hepatopancreas or brown meat of crab. Average mercury concentrations in crab caught at the site of the wreck of U-864 were at the same level as in several previous years, such as 2017 and 2019. There is no reason to conclude that there has been any increase during the monitoring period, that is from 2006 for boiled crabs and from 2017 for raw crabs. Results from determination of other metals (arsenic, cadmium, lead and selenium) in crab were for the first time included in this report. Arsenic, cadmium and selenium showed relatively high levels compared to what previously has been measured in crab caught along the Norwegian coast, and it is possible that this is due to pollution from the wreck. The evidence for this is, however, not conclusive. No samples of claw meat had concentrations of cadmium or lead exceeding the maximum levels applying to these heavy metals in claw meat of crab. There are no maximum levels applying to brown meat, but the cadmium level in brown meat of edible crab is generally high also elsewhere on the coast, and the Norwegian Food Safety Authority is advising most people against eating too much brown meat of crab, while the recommendation for pregnant and breastfeeding women and children is to avoid the brown meat altogether.

Innhold

1 Innledning 5

2 Materiale og metoder 7

2.1 Prøveinnsamling 7

2.2 Opparbeiding og analyse 8

2.3 Databehandling og statistikk 8

3 Resultater og diskusjon 10

3.1 Brosme 10

3.2 Krabbe 12

3.2.1 *Sammenligning av lokaliteter* 13

3.2.2 *Utvikling over tid* 14

3.2.3 *Andre målte metaller og halvmetaller* 15

4 Konklusjoner 21

Referanser 22

5 Vedlegg 24

1 - Innledning

Den 9. februar 1945 ble den tyske ubåten U-864 torpedert og senket av den britiske ubåten HMS «Venturer» vest av Fedje. Ubåten var på vei til Japan med en last krigsutstyr, og det er estimert at 67 tonn metallisk kvikksølv kan ha vært lagret i jernflasker i kjølen. Vrakdelene av ubåten og den farlige lasten ble liggende på rundt 150 meters dyp om lag tre kilometer vest for Fedje, og ble lokalisert først i 2003. Analyser utført i 2003, verifisert gjennom en større kartlegging i 2005 og i 2013 (Uriansrud et al. 2005; Solhjell and Lunne 2013), viste at prøver av sedimenter tatt ved vraket inneholdt høye konsentrasjoner av kvikksølv. De høyeste kvikksølvkonsentrasjonene i sedimentet er funnet nærmest vraket, innenfor en radius på ca. 100 meter, og nivåene avtar gradvis med økende avstand fra vraket.

Alt kvikksølv er giftig, men uorganisk kvikksølv er mindre giftig enn organisk kvikksølv og blir i mindre grad tatt opp i biota. Den vanligste organiske formen av kvikksølv er metylkvikksølv som kan bli dannet ved metylering, både i sedimenter og i vannsøylen. Et tidligere forsøk har vist at det er liten grad av metylering i sediment tatt like ved vraket (Kystverket 2015).

For å kunne vurdere i hvilken grad kvikksølv fra ubåtvraket og sedimentet rundt påvirker sjømattryggheten har Havforskningsinstituttet (før 01.01.2018: NIFES) overvåket kvikksølvinnholdet i fisk og krabbe fra området årlig siden 2004 (Måge et al. 2006; Måge et al. 2007; Frantzen et al. 2008; Frantzen et al. 2010; Frantzen et al. 2011; Frantzen et al. 2012; Haldorsen et al. 2013; Frantzen and Måge 2016; Frantzen et al. 2018a; Frantzen et al. 2014; Frantzen and Maage 2015; Frantzen et al. 2019a,b; Frantzen et al., 2020; Frantzen et al., 2021). Kvikksølvanalysene har hvert år siden 2009 blitt utført på prøver av brosme (*Brosme brosme*) og taskekrabbe (*Cancer pagurus*). Nivåene blir vurdert opp mot grenseverdien for mattrygghet som norske og europeiske matmyndigheter har satt for totalkvikksølv i fiskefilet og i klokjøtt av krabbe (EU, 2020; Forskrift 3. juli 2015 nr. 870 om visse forurensende stoffer i næringsmidler). Det er ingen grenseverdi som gjelder for fiskelever eller for brunmat eller hepatopankreas av krabbe, og ikke en egen grenseverdi som gjelder for metylkvikksølv. Så langt har overvåkingen vist at kun enkelte brosmer og ingen krabber har hatt kvikksølvnivå i filet over grenseverdien for mattrygghet.

Overvåkningen viser ellers at det er noe forhøyede nivåer av kvikksølv i brunmat av taskekrabbe fanget i vrakområdet, men ikke i klokjøtt av krabbe og muskel av brosme. Dette skyldes sannsynligvis at kvikksølvet i sedimentet i liten grad er metylkvikksølv, som er den formen som tas lettest opp i muskelvev (Bloom 1992). Metallisk kvikksølv fra sedimentet kan likevel inntas og være i fordøyelseskjertelen til krabben før det eventuelt skilles ut. I 2014 og 2018 ble krabbeprøvene analysert for metylkvikksølv, og analysene viste at 100 % av kvikksølvet i både kokt og rått klokjøtt var i form av metylkvikksølv (Frantzen and Maage 2015; Frantzen et al., 2019a). I brunmat og hepatopankreas varierte imidlertid andelen metylkvikksølv mye, og en del enkeltkrabber hadde relativt lav andel metylkvikksølv trolig fordi de inneholdt metallisk kvikksølv. At kvikksølv i brunmat/hepatopankreas av krabbene stammer fra vraket og sedimentet rundt har blitt bekreftet ved analyse for stabile kvikksølvisotoper, gjennomført i et samarbeidsprosjekt med Universitetet i Gent (Rua-Ibarz et al. 2016; Dumont, 2019). Her fant vi at brunmat av krabbene fisket nærmest vraket hadde en sammensetning av kvikksølvisotoper mer likt metallisk kvikksølv fra vraket og en prøve tatt av sedimentet rundt vraket, enn de krabbene som var fisket fire nautiske mil nord og fire nautiske mil sør for vraket.

I muskel av brosme finnes nesten alt kvikksølv i form av metylkvikksølv, mens leveren også inneholder uorganisk kvikksølv i ulik grad, og det er vanlig å finne høyere andel uorganisk kvikksølv i lever i områder forurenset av kvikksølv. Undersøkelser fra 2015 viste at det ikke var uvanlig mye uorganisk kvikksølv i lever av brosme fisket nær de forurensede sedimentene rundt ubåtvraket (Frantzen and Måge 2016). Lever og filet av brosme prøvetatt i 2015 ble også analysert for stabile kvikksølvisotoper, og dette arbeidet viste at brosme fra området ved U-864 ikke har annerledes isotopsammensetning enn brosme prøvetatt andre steder langs kysten av Vestlandet eller i Skagerrak (Rua-Ibarz et al. 2019). Disse resultatene støtter de tidligere antakelsene om at brosme i svært liten grad akkumulerer det metalliske kvikksølvet i sedimentet rundt ubåtvraket, hverken i filet eller lever.

Siden 2017 har krabbe blitt opparbeidet både på den vanlige måten med koking og uten koking. Resultatene tydet på

at hepatopankreas av krabber som ikke var kokt (og ikke frysetørket) hadde høyere nivå av totalkvikksølv, men ikke av metylkvikksølv, enn brunmat av krabber som var kokt. Dette kunne igjen tyde på at koking medfører tap av uorganisk/metallisk kvikksølv fra hepatopankreas. I 2019 fant vi ikke forskjell i kvikksølvnivå mellom kokte og rå krabber, men det var store individuelle forskjeller og lavt prøveantall.

I 2021 ble det igjen tatt prøver av og analysert krabbe og brosme ved vraket samt fire nautiske mil sør for vraket og fire nautiske mil nord for vraket. I denne rapporten er i tillegg til kvikksølv, resultater for kadmium, bly, arsen og selen også presentert for 2021 og tidligere år.

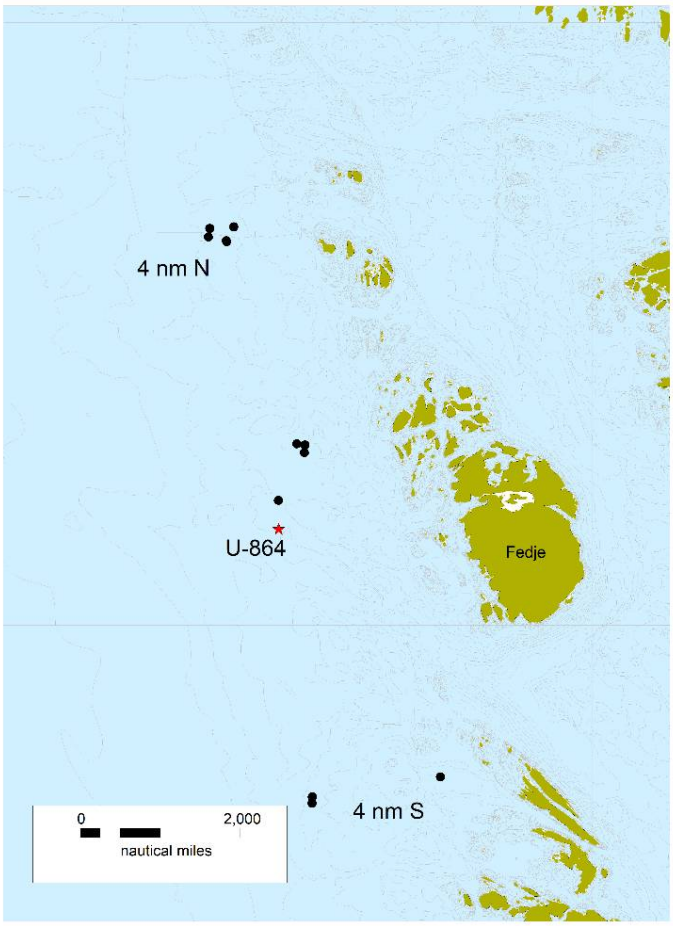
2 - Materiale og metoder

2.1 – Prøveinnsamling

Vraket av U-864 ligger i to deler på rundt 150 meters dyp om lag tre kilometer vest for øya Fedje, ved 60°46' N, 4°37' Ø. Prøvetakingen av brosme og krabbe ble gjennomført i perioden 18.-23. mai 2021 av Havforskningsinstituttets teknikere om bord på M/K Vikingfjord (H-1-A). Prøvene ble tatt med dypvannteiner i lenker satt i området ved vraket, mellom 4 nautiske mil sørøst for vraket (4 nm S) og mellom 2,3 og 4 nautiske mil nordvest for vraket (4 nm N) (Figur 1). I kartet er posisjonene for hver teinelenke tegnet inn.

Målet var å få tatt 25 brosmer og 30 krabber fra hver posisjon. Dette året fikk vi det ønskede antallet brosmer ved vraket og nord for vraket, men bare 16 brosmer ved den sørlige lokaliteten (Tabell 1). Det var større problemer med å få det ønskede antallet krabber. Av krabber fikk vi det ønskelige 30 krabber ved den sørlige lokaliteten, mens ved vraket og 4 nm N fikk vi henholdsvis 20 og 19 krabber.

Brosmene ble frosset ned ved -20°C like etter prøvetaking og oppbevart i frossen tilstand frem til opparbeiding ved prøvemottaket i Bergen. Krabbene ble delvis opparbeidet i felt på Fedje, for å unngå å fryse de inn før opparbeiding.



Figur 1. Map of the area near Fedje where tusk and crab were sampled 19-23 May 2021. The black points represent the positions where the pot lines were picked up.

Tabell 1. Total number of individuals caught of tusk (Brosme brosme) and edible crab (Cancer pagurus), respectively, during sampling in May 2021. The samples were taken at the site of the U-864 wreck, four nautical miles south (4 nm S) and four nautical miles north (4 nm N) of the wreck.

Sampling area	Tusk	Edible crab, raw treatment	Edible crab, boiled
Wreck site U-864	25	10	10
4 nm S	16	20	10
4 nm N	25	10	9

2.2 - Opparbeiding og analyse

Taskekrabbene ble kjønnsbestemt og veid, og bredden på ryggskjoldet ble målt. Levende krabber ble enten kokt i vann eller avlivet ved stikking (Tabell 1). Fra krabbene som ble avlivet ved stikking, ble ryggskjoldet åpnet, vann fikk renne av, og deretter ble så mye som mulig av hepatopankreas plukket ut ved hjelp av en pinsett. Fra de kokte krabbene ble ryggskjoldet åpnet, og brunmaten (hepatopankreas, bindevev og evt. innrogn) ble tatt ut. Hepatopankreas og brunmat ble deretter frosset ned (-20°C) og senere tint og homogenisert ved prøvemottaket i Bergen. Klørne av både kokte og rå krabber ble tatt av og frosset ved -20°C. I prøvemottaket ble klørne tint og deretter ble kjøttet i klørne plukket ut og homogenisert. Krabbeprøvene ble ikke frysetørket, men analysert i våt tilstand. Tørrstoff ble i stedet bestemt i en alikvot av det homogeniserte prøvematerialet som ble tørket i varmeskap ved 104°C, og veid før og etter.

Hver fisk ble tint, lengdemålt og veid, og skinnfrie fileter ble skåret ut og homogenisert. De homogeniserte prøvene av brosmefilet ble frysetørket før kvikksølvanalyse, og tørrstoffinnholdet ble bestemt ved å veie prøvene før og etter frysetørking.

For metallanalyse ble litt av det homogeniserte prøvematerialet først dekomponert med syre i mikrobølgeovn slik at kvikksølvet forelå som ioner i løsning. Deretter ble metallene kvikksølv (totalkvikksølv), kadmium, bly, arsen og selen kvantifisert med induktivt koblet plasma-massespektrometer (ICPMS). Metoden ble beskrevet i detalj av Julshamn et al. (2007) og en mer oppdatert versjon ble beskrevet av Moxness Reksten et al., (2020).

Laboratoriene og analysemetodene for bestemmelse av totalkvikksølv og tørrstoff er akkreditert i henhold til ISO 17025.

2.3 - Databehandling og statistikk

Alle resultater for kvikksølv er i utgangspunktet presentert som konsentrasjoner i våt prøve, det vil si mengde kvikksølv per kilo våtvekt av det vevet som er tatt ut til analyse. Det er det som er kvikksølvkonsentrasjonen. For prøver analysert i frysetørket prøve vil det si at konsentrasjonen i det analyserte materialet regnes tilbake til våt prøve ved hjelp av tørrstoffinnholdet:

$$\text{Hg (vv)} = \frac{Hg(tv)\,x\,t\,ørrstoff\,\%}{100}$$

Fordi vanninnholdet i krabbeprøvene kan variere mye og påvirke konsentrasjonene av kvikksølv, ble all statistisk analyse for krabbene gjennomført med kvikksølvkonsentrasjoner analysert i vått materiale og omregnet til tørr prøve.

$$\text{Hg (tv)} = \frac{100\,x\,Hg(vv)}{tørrstoff\,\%}$$

For brosme har størrelse mye å si for kvikksølvkonsentrasjonen, og for å se om det har vært en reell utvikling over tid som ikke er knyttet til ulik størrelse på fisken, er det brukt lengdenormalisering ved hjelp av kovariansanalyse

(ANCOVA). Ved ANCOVA sammenlignet vi log-transformerte kvikksølvkonsentrasjoner mellom år med fiskens lengde som kovariat.

Statistiske beregninger ble gjort i programvaren Statistica 13.

3 - Resultater og diskusjon

3.1 - Brosme

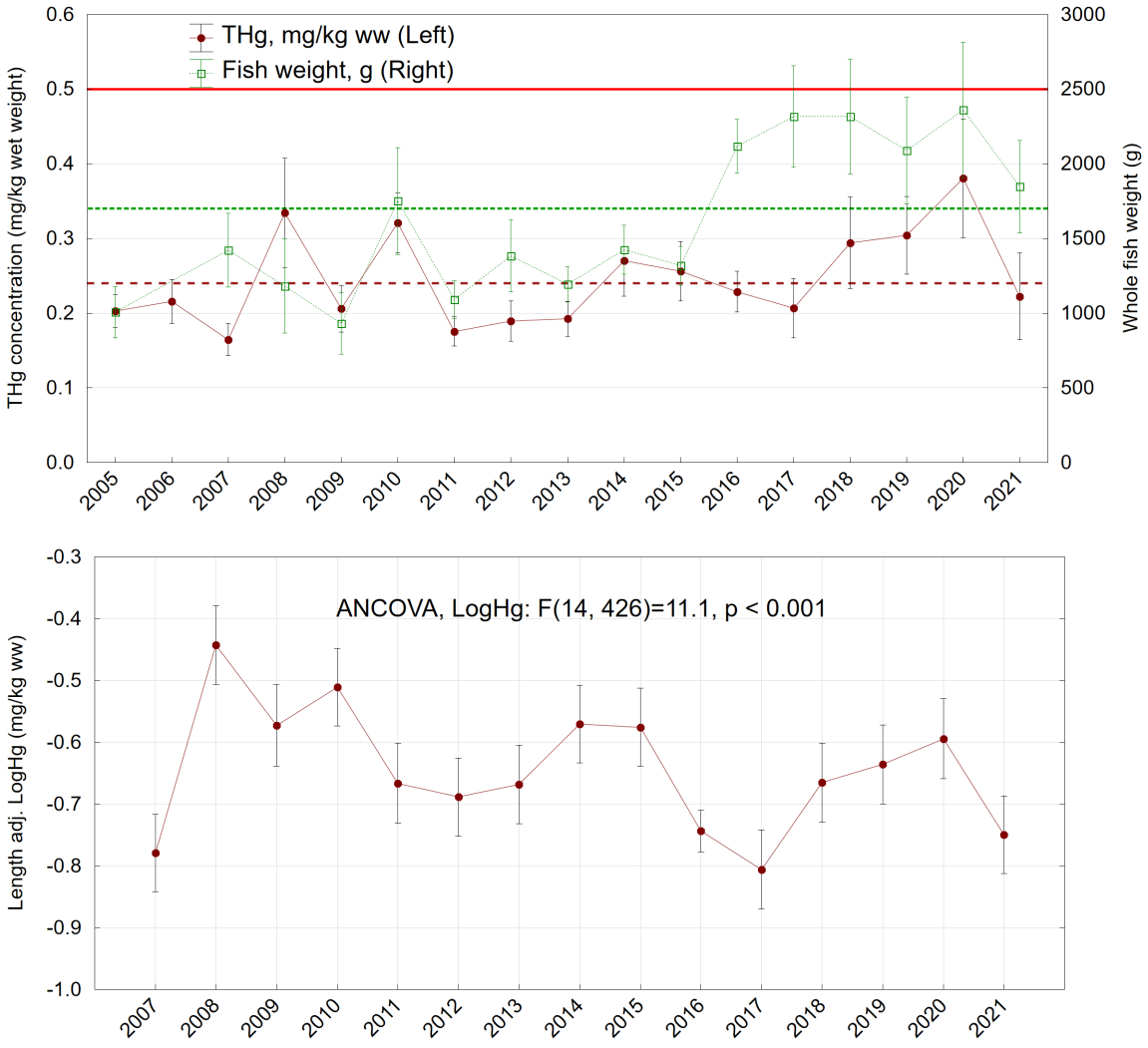
Brosme fisket i 2021 ved vraket av U-864, fire nautiske mil nord for vraket (4 nm N) og fire nautiske mil sør for vraket (4 nm S) varierte i lengde fra 25,0 til 73,5 cm og i vekt fra 149 til 4325 g (Tabell 2). Gjennomsnittsvekt av fisken prøvetatt ved de tre lokalitetene var relativt lik, fra 1527 g ved den nordligste lokaliteten til 1930 g 4 nm S. I 2021 var fisken noe mindre enn i 2016-2020, og like over langtidsmiddelet for hele perioden (Figur 2). Det at størrelsen på fisken varierer fra år til år gjør direkte sammenligning mellom år utfordrende, siden kvikksølvkonsentrasjonen i fisk generelt øker med størrelse.

Gjennomsnittlig konsentrasjon av totalkvikksølv (heretter omtalt som kvikksølv) i filet av brosme fanget i 2021 ved vraket, 4 nm N og 4 nm S var henholdsvis 0,22, 0,28 og 0,37 mg/kg våtvekt (Tabell 2). Én fisk prøvetatt ved vraket og fire fra 4 nm S hadde kvikksølvkonsentrasjoner over grenseverdien på 0,5 mg/kg våtvekt som gjelder ved omsetning av fisk som mat (EU, 2020; Forskrift 3. juli 2015 nr. 870 om visse forurensende stoffer i næringsmidler).

Gjennomsnittskonsentrasjonen av kvikksølv i fisk prøvetatt ved vraket var i 2021 under langtidsmiddelet for hele overvåkingsperioden (Figur 2). Størrelsen på fisken var også mindre i 2021 enn i 2016-2020, men gjennomsnittsvekten var like over langtidsmiddelet. Når fiskens lengde ble justert for ved hjelp av kovariansanalyse (ANCOVA), var kvikksølvnivået i 2021 lavere enn i 2018 - 2020 (Figur 2). Det lengdejusterte kvikksølvnivået i 2021 var også blant de laveste som er målt og på nivå med 2016. Det ser altså ut til at kvikksølvnivåene i brosmemuskel, uavhengig av fiskens størrelse, svinger opp og ned i perioder på to til tre år, og at det ikke er noen økning i perioden overvåkningen har pågått. Når fiskens størrelse er tatt hensyn til, later det heller til å være en svakt nedadgående trend i kvikksølvnivå hos brosme prøvetatt nær vraket av U-864.

Tabell 2. Fish weight (g), length (cm) and total mercury concentration (THg, mg/kg ww) in fillet of tusk (Brosme brosme) sampled in May 2021 at the wreck site (U-864), four nautical miles south (4 nm S) and four nautical miles north (4 nm N) of the wreck. The results are given as mean ± standard deviation, minimum and maximum values (number of samples > 0.5 mg/kg ww, EU and Norway's maximum level).

Sampling site	**N**	**Fish weight (g) Mean ± SD (Min – max)**	**Fish length (cm) Mean ± SD (Min – max)**	**THg (mg/kg ww) Mean ± SD (Min – max)**
U-864	25	1848 ± 751 (608 - 3524)	54.4 ± 7.2 (41.0 – 67.0)	0.22 ± 0.14 (0.081 - 0.61) (1)
4 nm N	25	1527 ± 746 (689 - 3371)	51.3 ± 7.3 (41.5 – 68.5)	0.28 ± 0.13 (0.11 – 0.50) (0)
4 nm S	16	1930 ± 1336 (149 - 4325)	53.0 ± 15.2 (25.0 – 73.5)	0.37 ± 0.26 (0.064 – 0.98) (4)

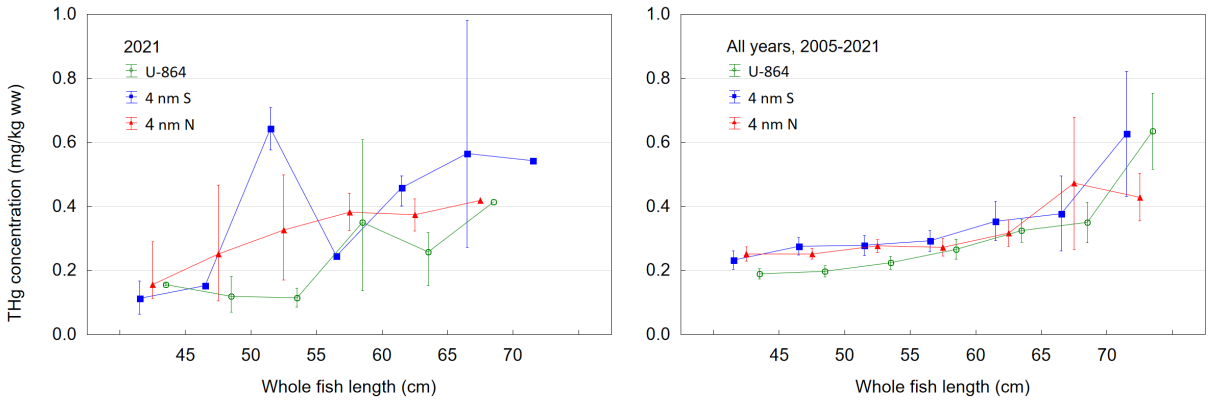


Figur 2. Year to year variation in total Imercury (THg) concentrations (mg/kg wet weight, ww) in fillet of tusk (Brosme brosme) caught near the wreck of U-864. Top: Concentration of THg (mg/kg ww, left) and fish weight (g, right) every year from 2005-2021. For each year, mean ± 95% confidence intervals are given. The long term mean values (2005-2021) are shown as dotted horizontal lines for THg (maroon) and for fish weight (green). EU and Norway's maximum level for THg is marked with a continuous red line. Bottom: Length adjusted Log_{10} Hg (Least square means) per year (2007-2021) obtained by ANCOVA with fish length as covariate. ANCOVA results are shown.

Gjennomsnittlig kvikksølvinnhold i brosmefilet i 2021 var høyere ved den sørligste lokaliteten enn ved vraket og nord for vraket (Tabell 2). Når kvikksølvkonsentrasjonen var gruppert etter størrelse var det ingen betydelig forskjell mellom lokalitetene (Figur 3 venstre). Men når alle dataene fra alle årene ble inkludert, var det særlig i de mindre størrelsesgruppene av fisk noe lavere kvikksølvkonsentrasjon ved vraket enn ved begge de to andre lokalitetene (Figur 3 høyre). En mulig forklaring på dette kan være at kvikksølv ved vraket i liten grad er metylert, noe som tidligere har vært vist gjennom metyleringsforsøk (Kystverket, 2015). Det er ikke blitt gjort tilsvarende metyleringsforsøk med sediment prøvetatt fire nautiske mil nord og sør for vraket. En annen mulig forklaring kan være at tilgjengelige byttedyr ved vraket er forskjellig fra de som er tilgjengelig ved de to andre lokalitetene, noe som igjen kan skyldes de spesielle forholdene ved vraket og det forurensede sedimentet.

Tidligere har vi vist at kvikksølvnivåene i brosme fra området ved vraket av U-864, samt 4 nm nord og sør for vraket, ikke er høyere enn andre steder langs kysten mot Nordsjøen. Dette gjelder fremdeles. Se for øvrig rapportene for 2018

og 2016 for en mer utfyllende diskusjon (Frantzen et al., 2018; Frantzen et al., 2019b).



Figur 3. Total mercury concentration (THg, mg/kg ww) in fillet of tusk (Brosme brosme) at different length intervals (<45, 45-50, 50-55, 55-60, 60-65, 65-70 and >70 cm), caught at three different sites: at the wreck of U-864, four nautical miles south (4 nm S) and four nautical miles north (4 nm N) of U-864. Left: Year 2021 only, median, minimum and maximum values shown. Right: All years 2009-2021, means ± 95% confidence intervals are given.

3.2 - Krabbe

Krabbene fisket i 2021 hadde skallbredde fra 124 til 173 mm og veide fra 293 til 990 g (Tabell 3). De krabbene som ble prøvetatt 4 nm sør for vraket og ble kokt, var gjennomsnittlig noe større enn krabbene i de andre gruppene, med gjennomsnittsvekt over 600 g og snittbredde over 15 cm.

Konsentrasjonen av totalkvikksølv i klokjøtt av krabbe prøvetatt i 2021 varierte fra 0,02 til 0,35 mg/kg våtvekt (Tabell 3). Ingen prøver var altså over grenseverdien på 0,5 mg/kg våtvekt som gjelder for omsetning av klokjøtt til humant konsum. Gjennomsnittskonsentrasjonen var høyest i klokjøtt av kokte krabber prøvetatt både ved vraket og 4 nm N, med 0,137 mg/kg våtvekt begge steder. Nivået i klokjøtt var lavest i krabber prøvetatt 4 nm S og ikke kokt, med et snitt på 0,059 mg/kg våtvekt. Kvikksølvkonsentrasjonen i hepatopankreas av rå krabber varierte fra 0,029 til 1,0 mg/kg våtvekt (Tabell 3), og gjennomsnittsnivået for de tre lokalitetene varierte fra 0,069 mg/kg våtvekt ved 4 nm S til 0,34 mg/kg våtvekt ved vraket. I hepatopankreas av rå krabber var det lavere gjennomsnittlig kvikksølvkonsentrasjon sør for vraket enn ved vraket og 4 nm nord for vraket, og høyere gjennomsnitt ved vraket også i forhold til 4 nm N. Også i brunmat av kokte krabber var gjennomsnittskonsentrasjonen ved vraket høyere enn både 4 nm S og 4 nm N.

Gjennomsnittskonsentrasjonene av kvikksølv i klokjøtt og hepatopankreas av krabber prøvetatt ved vraket og ikke kokt, på henholdsvis 0,118 og 0,340 mg/kg våtvekt, var i samme område som i tidligere år da krabbene også ble analysert rå (vedleggstabell A6).

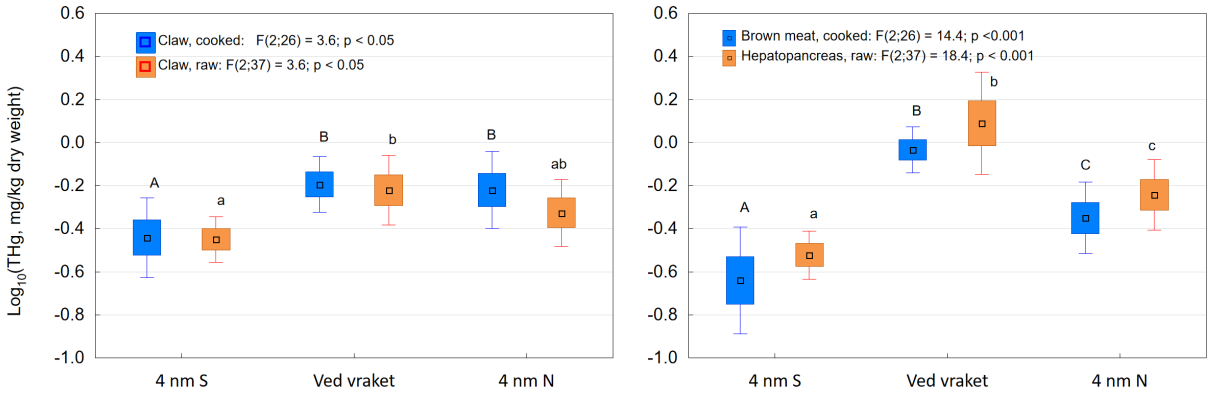
I 2021 var det nesten ingen sammenheng mellom størrelse (skallbredde) på krabbene og kvikksølvkonsentrasjon (Figur A1). Ved lokaliteten 4 nm S var det en forholdsvis svak, men signifikant positiv korrelasjon mellom kvikksølvkonsentrasjon (tørrvekt) i innmat (rå og kokte slått sammen) og skallbredde (r^2=0,20, p<0,05).

Tabell 3. Crab size (weight, g, and carapace width, mm) and total mercury concentrations (THg, mg/kg wet weight) of raw edible crab (Cancer pagurus) caught in 2021 at the wreck site of U-864, four nautical miles south (4 nm S) and four nautical miles north (4 nm N) of the wreck. THg concentrations are given for hepatopancreas (hep) and claw meat of raw crabs and brown meat (BM) and claw meat of cooked crabs. Results are given as means ± standard deviations, minimum and maximum values.

Area	Treatment	N	Weight (g) Mean ± SD (Min – max)	Carapace width (mm) Mean ± SD (Min – max)	THg BM/hep (mg/kg ww) Mean ± SD (Min – max)	THg claw (mg/kg ww) Mean ± SD (Min – max)
U-864	Raw	10	499.3 ± 73.4 (420 – 642)	143 ± 6.2 (134 – 153)	0.340 ± 0.256 (0.17 - 1.0)	0.118 ± 0.042 (0.040 - 0.18)
4 nm S	Raw	20	589.4 ± 167.7 (378 – 982)	146.4 ± 11.2 (135 – 167)	0.069 ± 0.027 (0.029 - 0.12)	0.059 ± 0.042 (0.020 - 0.21)
4 nm N	Raw	10	523.1 ± 155.2 (395 – 895)	141.7 ± 14.5 (124 – 173)	0.161 ± 0.117 (0.038 - 0.43)	0.095 ± 0.087 (0.031 - 0.30)
U-864	Cooked	10	447.7 ± 134.9 (293 – 694)	139.7 ± 9.6 (130 – 153)	0.184 ± 0.076 (0.089 - 0.35)	0.137 ± 0.065 (0.045 - 0.23)
4 nm S	Cooked	10	612.9 ± 110.5 (388 – 848)	151.9 ± 8.5 (135 – 166)	0.037 ± 0.021 (0.012 - 0.086)	0.079 ± 0.044 (0.028 - 0.16)
4 nm N	Cooked	9	576.0 ± 201.6 331 – 990)	148.0 ± 15.2 (126 – 173)	0.082 ± 0.044 (0.018 - 0.15)	0.137 ± 0.098 (0.044 - 0.35)

3.2.1 - Sammenligning av lokaliteter

En del av variasjonen mellom prøver, lokaliteter og år skyldes ulikt vanninnhold i prøvene. Omregnet til kvikksølvkonsentrasjon i tørr prøve var det i 2021 signifikante forskjeller mellom lokalitetene for både klokjøtt og innmat fra både rå og kokte krabber (Figur 4). I både hepatopankreas av rå og brunmat av kokte krabber var det signifikant høyere totalkvikksølvnivå ved vraket enn 4 nm N og 4 nm S. I tillegg hadde krabber tatt 4 nm N signifikant høyere konsentrasjoner i hepatopankreas og brunmat enn krabber fisket 4 nm S. For klokjøtt av kokte krabber var det signifikant høyere kvikksølvnivå både ved vraket og 4 nm N enn 4 nm S, mens for klokjøtt av rå krabber var det bare signifikant høyere ved vraket enn 4 nm S. Dette stemmer til dels med sammenligningen gjort i forrige rapport, da det ble tatt med resultater fra alle årene overvåkingen har pågått (Frantzen et al., 2021). Årets overvåking viser imidlertid tydeligere forskjeller.



Figur 4. Comparison of dry weight total mercury concentrations (THg, mg/kg dry weight) in crab (Cancer pagurus) tissue between different localities; at the wreck of U-864 ("ved vraket"), four nautical miles north of the wreck (4 nm N) and four nautical miles south of the wreck (4 nm S). Results are given for claw meat of raw and cooked crabs and for hepatopancreas of raw crabs and brown meat of cooked crabs. Boxplots show means, standard errors and 95% confidence intervals of log 10 transformed concentrations. Results of one-way ANOVA are shown for each tissue/treatment type, and different letters above the boxes indicate significant differences between groups.

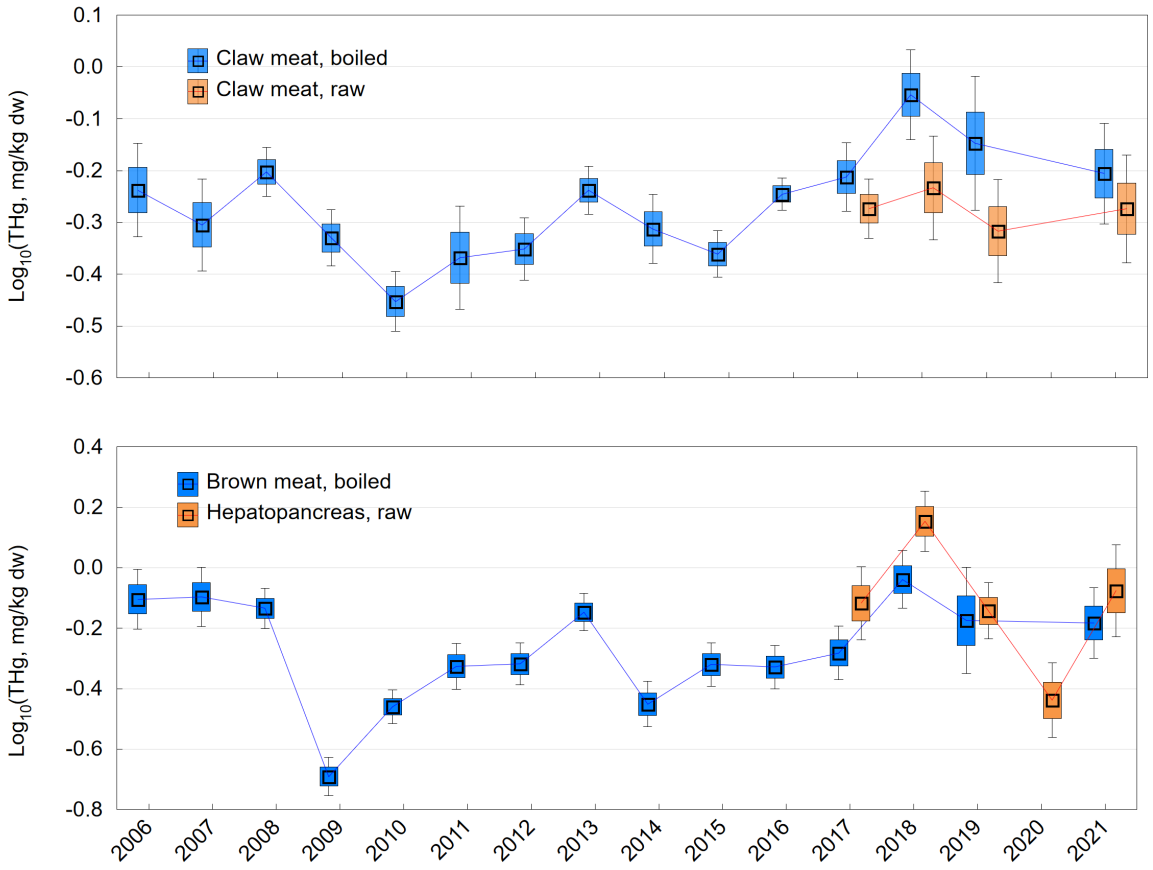
Til sammen tyder dette og resultater fra overvåking over mange år (se fjorårets rapport Frantzen og Måge 2021) på at krabber som er fanget både i området ved vraket og så langt som fire nautiske mil nord for vraket har forhøyet kvikksølvnivå, mens krabber fanget fire nautiske mil sør for vraket er upåvirket. Ved vraket skyldes det forhøyede nivået klart kvikksølvforurensning fra ubåtvraket, mens det er uvisst om det forhøyede nivået ved den nordlige lokaliteten også kan stamme fra andre kilder. Dersom noe av kvikksølvet fra sedimentet rundt U-864 har spredd seg til lokaliteten 4 nm N, kan dette skyldes utlekking fra det forurensede sedimentet og spredning med strømmen, som under utredninger knyttet til heving/tildekking av vraket har blitt vist ved modellering (Laugesen et al., 2008). Selv om mengden kvikksølv i sedimentet nødvendigvis vil være mye lavere så langt unna vraket, kan mengden biotilgjengelig kvikksølv være like stor. Resultater av analyse for stabile kvikksølvisotoper i 2014 viste at brunmat av krabber prøvetatt både sør og nord for ubåtvraket hadde en annen isotopsammensetning enn de som ble tatt ved vraket, noe som tyder på at kvikksølvet kom fra andre kilder (Rua-Ibarz et al., 2016). Det kan imidlertid være vanskeligere å spore med isotopanalyse kvikksølv som har blitt omdannet til metylkvikksølv, blant annet fordi metylering er en av prosessene som påvirker isotopsammensetningen og fordi kvikksølv fra vraket bare vil utgjøre en del av den totale kvikksølvbelastningen. Det kan altså ikke utelukkes at noe forhøyet kvikksølvnivå i krabber prøvetatt fire nautiske mil nord for U-864 kan stamme fra vraket.

3.2.2 - Utvikling over tid

Fordi det var små og ikke signifikante forskjeller i totalkvikksølvkonsentrasjon mellom områdene ved vraket og nord for vraket (særlig i klokjøtt), har vi valgt å slå sammen resultatene for de to lokalitetene for å se på utviklingen i kvikksølvnivå i krabbe over tid (Figur 5). Tidligere er det dessuten vist at de to lokalitetene viser samme trend (Frantzen m.fl. 2020). Utviklingen over tid i kvikksølvkonsentrasjon i krabber fra disse to lokalitetene samlet er vist som log-transformerte tørrvekts-konsentrasjoner. For rå krabber er det bare resultater fra og med 2017, mens tidsserien for kokte krabber går tilbake til 2006. De årene klør fra både kokte og rå krabber ble analysert, var det noe lavere konsentrasjoner i de rå enn i de kokte klørne, som diskutert tidligere (Frantzen et al., 2020), men i 2021 var det liten og ikke signifikant forskjell mellom rå og kokte klør. Som oftest, men ikke alltid, var det høyere kvikksølvkonsentrasjon i hepatopankreas av rå krabber enn i brunmat av kokte krabber.

Kvikksølvnivået i klokjøtt og hepatopankreas av rå krabber prøvetatt i 2021 var betydelig høyere enn i 2020 og på nivå med 2017 (Figur 5). Nivået har gått opp og ned siden vi begynte å analysere rå krabber i 2017, men det er ingen økning eller nedgang i perioden. Nivået i de kokte krabbene prøvetatt i 2021 var også på nivå med eller litt høyere enn i 2017. De kokte krabbene har generelt hatt høyere konsentrasjoner av kvikksølv fra 2018 og fremover enn i perioden fra 2010 og frem til 2017. Dette kan muligens være en effekt av endringer i prøvebehandlingsmetodikk. Før 2018 ble alle prøvene frysetørket, noe som kan ha ført til noe tap av kvikksølv. Det ville derfor ikke være riktig å konkludere med at det har vært en økning.

Noe av variasjonen fra år til år kan skyldes prøvetakingstidspunkt. I 2018, 2019 og 2021 ble prøvene tatt sent i mai eller tidlig i juni, og da var kvikksølvnivået relativt høyt. En forklaring på det forholdsvis lave kvikksølvnivået i 2020 kan være tidlig prøvetaking, allerede tidlig i mai, mens prøvene de siste foregående årene ble tatt enten sent i mai eller i juni. Mye tyder på at det er store variasjoner fra år til år både i vandringsmønster, når krabbene begynner å spise og hvor mye krabbene har fått i seg av det forurensede sedimentet.



Figur 5. Concentrations (mg/kg dry weight, dw) of total mercury (THg) from 2006-2021 analysed in A) claw meat and B) brown meat of raw (orange) and boiled (blue) crabs captured at the site of U-864 and 4 nautical miles north of the wreck. Concentrations are given as log_{10} transformed values, and mean, standard errors and 95% confidence intervals are given. From 2018 on, samples were not freeze dried before analysis, and dry matter was determined by drying at 104°C.

3.2.3 - Andre målte metaller og halvmetaller

Når vi analyserer for kvikksølv ved bruk av ICPMS, blir det i metoden samtidig analysert for tungmetallene kadmium og bly, samt halvmetallene arsen og selen. Siden det er kvikksølv som er hovedfokuset i overvåkingen rundt U-864, har ikke disse resultatene blitt presentert tidligere. De akkumulerte data kan være av interesse og derfor gir vi denne gangen er en kort presentasjon av resultatene også for de andre elementene i krabbe.

Arsen

Arsen er et halvmetall (metalloid) som er relativt giftig i uorganisk form (arsenikk), men lite giftig når stoffet er organisk bundet som arsenobetain (EFSA, 2009). Det finnes ikke noen grenseverdi som gjelder for arsen i sjømat, og den lite giftige forbindelsen arsenobetain er den arsenformen som vi vanligvis finner mest av i sjømat. Skalldyr og annen sjømat kan ha naturlig høye konsentrasjoner av arsen, for det meste i form av arsenobetain. Ved ICPMS-analyse, som her, blir dette målt som totalt arsen, og vi finner noen ganger svært høye nivåer av totalarsen i skalldyr som reker og krabbe. Det er også store geografiske forskjeller, og reker og torsk fra Barentshavet har høyere arsennivå enn reker og torsk fra Nordsjøen (Frantzen et al. 2022). Dette skyldes trolig naturlige forhold og ikke forurensning. Vraket av U-864 er ikke en åpenbar kilde til arsenforurensning. Arsen er i liten grad brukt i konvensjonelle våpen, og i sin kartlegging av fisk og annen sjømat nær dumpefelt for ammunisjon konkluderte FFI med at ammunisjon dumpet etter andre verdenskrig trolig ikke var en kilde til forhøyet arsennivå i sjømat (Johnsen, 2021). Det finnes imidlertid kjemiske våpen som inneholder store mengder arsen.

Gjennomsnittlige konsentrasjoner av totalarsen (alle år) i brunmat av kokte krabber og i hepatopankreas av rå krabber fanget ved vraket var henholdsvis 33,1 og 60,3 mg/kg våtvekt, og det var altså klart høyere nivåer i rå enn i kokte krabber (Tabell 4). Mens det var betydelig forskjell i arsennivået i innmat av rå krabber fanget ved vraket og de fanget lenger unna vraket, viste kokte krabber liten forskjell. Omregnet til tørr prøve, var det ikke betydelig forskjell mellom lokalitetene. Konsentrasjonen av arsen i brunmat av kokte krabber var høyere enn gjennomsnittet for kysten, målt i kartleggingsprogrammet i 2011/2012 (N= 457, snitt 19,4 mg/kg våtvekt; Julshamn et al., 2012). Klokjøtt har høyere arsennivå enn innmat (Tabell 4). Klokjøtt av kokte og rå krabber hadde gjennomsnittskonsentrasjoner av arsen ved vraket (alle år) på henholdsvis 54,5 og 70,1 mg/kg våtvekt, og konsentrasjonene i klokjøtt var gjennomgående høyere hos rå enn hos kokte krabber. Klokjøtt av rå krabber fisket ved vraket hadde høyere arsennivå enn krabber fisket 4 nm N og 4 nm S. For de kokte krabbene varierte det fra år til år hvilke krabber som hadde høyest arsennivå i klokjøtt. I kartleggingen langs norskekysten i 2011 ble det målt et gjennomsnitt på 30 mg/kg våtvekt i klokjøtt av kokte krabber (Julshamn et al., 2012a), betydelig lavere enn det vi finner ved U-864 i tilsvarende prøver behandlet på samme måte. Organismer har store naturlige variasjoner i arsennivå, blant annet på grunn av variasjon i ernæringsstatus, og det er store variasjoner i krabbe både ved U-864 og ellers langs kysten. Arsen i form av arsenobetain tas opp gjennom maten og skilles ut igjen etter kort tid (Amlund et al., 2006). Dermed har dyr gjerne høyere arsennivå jo mer den har spist, noe vi har sett hos blant annet sild (Frantzen et al., 2015). De høyeste arsennivåene som vi har målt i enkeltkrabber prøvetatt ved U-864 er imidlertid ekstreme, med opp til over 500 mg/kg våtvekt i den aller høyeste prøven og over 300 mg/kg i tre prøver. Til sammenligning er den høyeste arsenkonsentrasjonen registrert i Sjømatdata (sjomatdata.hi.no) på 240 mg/kg, målt i lever av en torsk fra Barentshavet. De ekstreme verdiene er målt i helt ulike typer prøver, både klør, innmat, kokte, ikke kokte, frysetørkede og ikke frysetørkede. Det kan dermed se ut som om det kan være forhøyet arsennivå i enkelte krabber prøvetatt ved U-864, men årsaken er ikke åpenbar og vi kan ikke utelukke at det skyldes naturlig variasjon.

Tabell 4. Total arsenic concentrations (mg/kg wet weight) in hepatopancreas and claw meat of raw crabs and in brown meat and claw mat of cooked crabs sampled at the wreck site of U-864 and 4 nautical miles (nm) north (N) and south (S) of the wreck, respectively. Results are given for 2021 and for all years combined, as mean, median (med) minimum (min) and maximum (max) values.

Arsenic		Hepatopancr (raw)		Claw, raw		Brown meat (cooked)		Claw, cooked	
mg/kg ww	Area	N	mean (med) min - max	N	mean (med) min - max	N	mean (med) min - max	N	mean (med) min - max
2021	U-864	10	59.2 (58) 37 - 87	10	65.9 (52) 28 - 127	10	39.9 (37) 17 - 66	10	58.2 (55) 17 - 101
	4 nm N	10	38.4 (36) 15 - 64	10	44.4 (51) 9.0 - 93	9	31.1 (33) 7.7 - 70	9	39.6 (36) 8.2 - 88
	4 nm S	20	34.4 (32) 17 - 64	20	27.6 (26) 11 - 55	10	24.2 (24) 11 - 37	10	33.9 (36) 17 - 48
All years	U-864	78	60.3 (50) 9.9 - 315	71	70.1 (60) 4.3 - 333	367	33.1 (27) 2.1 - 163	363	54.5 (46) 2.7 - 219
	4 nm N	69	49.3 (43) 9.8 - 183	69	55.2 (54) 8.8 - 133	276	31.3 (26) 1.1 - 350	277	51.2 (44) 0.17 - 521
	4 nm S	82	44.8 (33) 12 - 132	82	34.6 (32) 0.016 - 86	267	24.1 (22) 5.8 - 111	268	35.9 (30) 6.1 - 129

Det er som nevnt ikke satt grenseverdier for arsen i sjømat. Arsen finnes i ulike former, og i sjømat som oftest i form av arsenobetain, som regnes som en ikke-giftig forbindelse (EFSA, 2009). Den giftigste formen av arsen er uorganisk arsen. I kartleggingsprogrammet for krabbe (Julshamn et al., 2012a) ble ni prøver av klokjøtt med høyt innhold av totalarsen, også analysert for uorganisk arsen. Konsentrasjonen av totalarsen i disse prøvene varierte fra <0,003 til 0,055 mg/kg våtvekt, som utgjorde mindre enn 0,1 % av det totale arseninnholdet. Det indikerer at selv om det er høyt nivå av arsen, så kan dette være arsenobetain som ikke er giftig og som ikke har betydning for mattrygghet, eller eventuelt andre organiske arsenformer som man har mye mindre kunnskap om effektene av. For å vite helt sikkert at krabber ved U-864 ikke likevel inneholder forhøyet nivå av den giftigste formen, uorganisk arsen, burde ideelt sett noen av disse også ha vært analysert for uorganisk arsen og andre organiske arsenformer.

Arsennivået i klokjøtt av rå krabber var signifikant korrelert med kvikksølvnivået, både alle lokalitetene sett under ett (r = 0,47; Tabell A7) og hver lokalitet for seg (r fra 0,34 til 0,64; Figur A1). Dårligst korrelasjon var det ved vraket, der et par krabber med særlig høye arsennivåer i klokjøtt ikke hadde tilsvarende høye kvikksølvnivåer. Arsen i klokjøtt var også signifikant positivt korrelert med selen (r = 0,49; Tabell A7). Det var ingen sammenheng mellom arsenkonsentrasjon i klokjøtt eller hepatopankreas og krabbenes skallbredde (Tabell A7, A8).

I hepatopankreas viste arsenkonsentrasjonen positiv korrelasjon med både kvikksølv, selen og kadmium (Tabell A8), og korrelasjonen mellom arsen og kadmium var spesielt god (r = 0,73).

Kadmium
Kadmium er et giftig tungmetall som akkumuleres i liten grad i muskel av fisk og skalldyr og i større grad i lever og nyrer hos fisk og i hepatopankreas hos virvelløse dyr som skjell og krabber (VKM, 2015). Det var derfor ikke uventet at krabber prøvetatt ved U-864 også hadde mye høyere kadmiumkonsentrasjoner i hepatopankreas og brunmat enn i klokjøtt (Tabell 5).

Krabbene prøvetatt ved U-864 i 2021 hadde gjennomsnittlig kadmiumkonsentrasjon ved vraket i hepatopankreas og brunmat på henholdsvis 21,4 og 12,3 mg/kg våtvekt, mens gjennomsnittskonsentrasjonene for klokjøtt av rå og kokte krabber var henholdsvis 0,010 og 0,030 mg/kg våtvekt. Konsentrasjonene av kadmium i klokjøtt var i alle prøver fra 2021 godt innenfor grenseverdien på 0,5 mg/kg våtvekt som bare gjelder klokjøtt av krabber og ikke brunmat eller hepatopankreas. Nivået av kadmium i brunmat og hepatopankreas var imidlertid langt høyere enn den grenseverdien som bare gjelder for klokjøtt, og det er tidligere vist for krabber fisket andre steder langs kysten at hyppig konsum av brunmat kan føre til overskridelser av den tolerable inntaksgrensen for kadmium. Mattilsynet advarer gravide og ammende og barn mot å spise brunmat av krabbe og andre voksne anbefales å være forsiktig med dette (Matportalen.no).

Kadmiumnivået var generelt høyere i hepatopankreas av rå krabber enn i brunmat av kokte krabber, mens klokjøtt av kokte krabber hadde høyere kadmiumnivå enn klokjøtt av rå krabber. Det er vist at koking av krabber medfører lekkasje av kadmium ut av hepatopankreas og over i kokevannet, med en påfølgende kontaminering av klokjøttet (Wiech et al., 2017, Wiech et al., 2020). Dersom krabbene har vært fryst og tint før koking, ville effekten ha vært enda større.

De målte konsentrasjonene i hepatopankreas og brunmat sammenslått for alle år var omtrent det samme som for 2021 alene, mens klokjøtt særlig av kokte krabber hadde mye høyere konsentrasjoner når alle år var slått sammen (Tabell 5). Tidligere ble krabbene prøvetatt i overvåkingen ved U-864 frosset ned etter prøvetaking og senere tint og kokt, som trolig forklarer hvorfor klokjøtt av kokte krabber hadde høyere kadmiumkonsentrasjoner tidligere. Siden klokjøtt generelt har lave kadmiumkonsentrasjoner og er påvirket av prøvebehandling, er bare konsentrasjonene i hepatopankreas (og brunmat) tatt med i den videre diskusjonen.

Det var høyere gjennomsnittlig kadmiumnivå i hepatopankreas og brunmat av krabber prøvetatt ved vraket enn de prøvetatt 4 nm N og 4 nm S, både i 2021 og alle år under ett (Tabell 5). Det var imidlertid store variasjoner, og det aller høyeste gjennomsnittlige kadmiumnivået ble målt ved 4 nm N i 2018 og var 32,7 mg/kg våtvekt.

Det er tidligere vist at kadmiumnivået i krabber prøvetatt fra Salten og nordover gjennomgående er høyere enn i krabber prøvetatt sør for Salten (Julshamn et al., 2012b, Wiech et al., 2020). Sammenlignet med tidligere undersøkelser fra andre områder, ser det ut til at konsentrasjonene av kadmium i krabbe prøvetatt ved U-864 samt både 4 nm N og 4 nm S, er på nivå med områdene nord for Salten. Gjennomsnittsnivået i hepatopankreas av rå krabber prøvetatt ved Sotra i 2015-2016 var 5,4 mg/kg våtvekt med variasjon blant enkeltkrabber fra 4,0 til 30 mg/kg (Wiech m.fl., 2020). I Vesterålen var gjennomsnittet i hepatopankreas 16 mg/kg våtvekt. I brunmat av kokte (fryste og tinte) krabber målt i 2011 var gjennomsnitt for lokalitetene sør for Salten mellom 0,55 og 4,8 mg/kg våtvekt, noe lavere enn det som er målt ved U-864 i 2021 og alle år sammenslått (Julshamn et al., 2012b). Nord for Salten var gjennomsnittskonsentrasjonene mellom 6,7 og 25 mg/kg våtvekt. Tilsvarende konsentrasjoner som er målt ved U-864 og nord for Salten er også tidligere målt i krabber fra Skottland, den engelske kanal og i Frankrike (Davies et al., 1981; Falconer et al., 1986; Barrento et al., 2009a, Barrento et al., 2009c, b).

Det var ingen sammenheng mellom kadmiumnivå i krabbene og størrelse på krabbene (Tabell A7). Kadmiumkonsentrasjonen i hepatopankreas var positivt korrelert med kvikksølv, arsen og selen (Tabell A8). Ved vraket var det en svakere korrelasjon med kvikksølv enn ved den nordlige og den sørlige lokaliteten (Figur A1), noe som kan tilskrives de enkeltkrabbene fanget ved vraket som hadde svært høye kvikksølvkonsentrasjoner i hepatopankreas. De hadde ikke høy konsentrasjon av kadmium i tillegg.

En eventuell kadmiumforurensning kan stamme fra ulike kilder, og finnes blant annet i korrosjonsbeskyttende maling. Det er imidlertid ikke sannsynlig at det skyldes ammunisjon, bortsett fra eventuelt fra maling utenpå ammunisjonen (Johnsen, 2021).

Tabell 5. Cadmium concentrations (mg/kg wet weight) in hepatopancreas and claw meat of raw crabs and in brown meat and claw mat of cooked crabs sampled at the wreck site of U-864 and 4 nautical miles (nm) north (N) and south (S) of the wreck, respectively. Results are given for 2021 and for all years combined, as mean, median (med) minimum (min) and maximum (max) values.

Cadmium	Area	Hepatopan		Claw, raw		Brown meat		Claw cooked	
mg/kg ww		N	mean (med) min - max	N	mean (med) min - max	N	mean (med) min - max	N	mean (med) min - max
2021	U-864	10	21.4 (14) 8.37 - 60.6	10	0.010 (0.008) 0.005 - 0.02	10	12.3 (12) 5.0 - 20	10	0.030 (0.017) 0.006 - 0.10
	4 nm N	10	13.1 (13) 4.34 - 24.5	10	0.010 (0.008) 0.004 - 0.03	9	7.95 (7.4) 1.8 - 18	9	0.050 (0.016) 0.005 - 0.25
	4 nm S	20	9.27 (7.8) 1.4 - 30	20	0.007 (0.006) 0.002 - 0.02	10	2.63 (2.2) 0.48 - 6.4	10	0.056 (0.024) 0.003 - 0.28
All years	Ved vraket	78	20.2 (19) 1.4 - 74	71	0.019 (0.011) <0.002 - 0.16 (8)	367	9.8 (7.8) 0.13 - 52	363	0.22 (0.13) 0.006 - 5.6
	4 nm N	69	19.2 (17) 3.1 - 102	69	0.077 (0.014) <0.002 - 0.53 (1)	276	8.7 (7.4) 0.44 - 39	277	0.20 (0.12) <0.001 - 2.6 (2)
	4 nm S	82	13.6 (9.3) 0.85 - 52	82	0.028 (0.012) <0.001 - 0.19 (4)	267	5.8 (4.1) 0.21 - 55	268	0.17 (0.10) 0.003 - 2.5

Bly

Bly er et giftig tungmetall som vi generelt finner lite av i norsk sjømat (se Bly (Pb) | Stoff | hi.no). Bly kan være en bestanddel i ammunisjon, og mulig forhøyet blynivå i brunmat av trollkrabbe (0,16 mg/kg) og i filet og lever av brosme (0,12 og 0,071 mg/kg) er funnet nær et dumpefelt for ammunisjon vest av Øygarden (Johnsen, 2021).

I krabbe prøvetatt ved U-864 samt 4 nm sør og nord for vraket, hadde brunmat og hepatopankreas noe høyere konsentrasjoner av bly enn klokjøtt (Tabell 6). Mange av klokjøttprøvene hadde konsentrasjoner lavere enn analysemetodens bestemmelsesgrense (limit of quantification – LOQ). Gjennomsnittlig blykonsentrasjon i hepatopankreas og klokjøtt av rå krabber fanget ved vraket i 2021 var på henholdsvis 0,108 og 0,022 mg/kg våtvekt. Alle klokjøttprøvene hadde konsentrasjoner langt under 0,5 mg/kg våtvekt, grenseverdien som gjelder ved omsetning av krabbe som mat, og som bare gjelder for klokjøtt.

Det var små forskjeller mellom kokte og rå krabber og ikke høyere konsentrasjoner ved vraket sammenlignet med lokalitetene 4 nm N og 4 nm S. Tilsvarende konsentrasjoner som vi har målt i brunmat av krabbe nær U-864, ble også funnet ved flere andre lokaliteter under den store kartleggingen i 2011/2012 (Julshamn m.fl. 2012). I løpet av hele perioden overvåkingen ved U-864 har foregått har likevel noen enkeltkrabber hatt forhøyet blynivå i innmaten; til sammen 30 krabber (3 %) har hatt konsentrasjoner i brunmat over 0,3 mg/kg våtvekt. 13 av disse ble tatt ved vraket, 13 nord for vraket og fire sør for vraket. Tilsvarende andel av hepatopankreas-prøvene av rå krabber har hatt

konsentrasjoner over 0,3 mg/kg våtvekt.

Konsentrasjonen av bly i hepatopankreas var svakt positivt korrelert med konsentrasjonen av selen (Tabell A8). Det var ingen sammenheng mellom blynivå og verken kvikksølv, arsen eller kadmium når alle lokalitetene var slått sammen. Ved 4 nm N var det imidlertid positiv korrelasjon mellom blykonsentrasjon og både kvikksølv, arsen og kadmium (ikke vist).

Tabell 6 Lead concentrations (mg/kg wet weight) in hepatopancreas and claw meat of raw crabs and in brown meat and claw mat of cooked crabs sampled at the wreck site of U-864 and 4 nautical miles (nm) north (N) and south (S) of the wreck, respectively. Results are given for 2021 and for all years combined, as mean, median (med) minimum (min) and maximum (max) values.

	Lead		**Hepatopancr (raw)**		**Claw, raw**		**Brown meat (cooked)**		**Claw, cooked**	
mg/kg ww	**Area**		**N**	**mean (med) min - max**	**N**	**mean (med) min - max**	**N**	**mean (med) min - max**	**N**	**mean (med) min - max**
2021	U-864		10	0.11 (0.095) 0.054 - 0.23	10	0.022 (0.020) 0.013 - 0.043 (1)	10	0.091 (0.085) 0.035 - 0.15	10	0.021 (0.020) 0.011 - 0.033 (3)
	4 nm N		10	0.11 (0.073) 0.024 - 0.25	10	0.017 (0.019) 0.011 - 0.021 (4)	9	0.036 (0.026) 0.011 - 0.09	9	(0.020) <0.010 - 0.021 (8)
	4 nm S		20	0.17 (0.11) 0.016 - 0.50	20	0.020 (0.020) <0.010 - 0.041 (10)	10	0.064 (0.045) <0.020 - 0.17 (1)	10	(0.020) <0.010 - 0.028 (6)
All years	U-864		78	0.095 (0.080) <0.020 - 0.26 (1)	71	0.019 (0.020) 0.007 - 0.043 (30)	367	0.108 (0.084) 0.006 - 1.1	363	0.016 (0.014) <0.004 - 0.24 (19)
	4 nm N		69	0.114 (0.098) 0.022 - 0.44	69	(0.020) <0.006 - 0.092 (36)	276	0.111 (0.093) 0.006 - 0.60 (4)	277	0.017 (0.015) 0.003 - 0.072 (30)
	4 nm S		82	0.133 (0.073) 0.016 - 0.89	82	(0.020) <0.005 - 0.15 (44)	267	0.089 (0.070) 0.011 - 0.41 (4)	268	0.016 (0.014) <0.003 - 0.079 (37)

Selen

Selen er et grunnstoff som blir bestemt sammen med kvikksølv, arsen, kadmium og bly, men det er et essensielt grunnstoff og regnes ikke som et fremmedstoff eller miljøgift. Ved svært høye konsentrasjoner kan imidlertid også selen være giftig. Selen er kjent for å danne bindinger med kvikksølv og slik hemme gifteffekten av kvikksølv, samtidig som giftigheten av selen reduseres (Ralston et al., 2008). Trolig er opptak og utskillelse av selen regulert i organismen, og selen kan ha en rolle i avgiftning og utskillelse av kvikksølv hos fisk.

Gjennomsnittlig selenkonsentrasjon i krabbe prøvetatt ved U-864 i alle år under ett, varierte fra 1,14 mg/kg til 3,65 mg/kg våtvekt (Tabell 7). De høyeste konsentrasjonene ble målt i hepatopankreas av rå krabber, mens de laveste ble målt i klokjøtt av rå krabber. I 2021 var det høyest konsentrasjon ved vraket og lavest 4 nm S, men for alle år til sammen er det ingen forskjell. Selennivået i kokt brunmat var på nivå med eller noe høyere enn gjennomsnittsverdien i krabber langs hele norskekysten målt i kartleggingen i 2011/2012, på 1,27 mg/kg våtvekt (Julshamn m.fl. 2012).

Selenkonsentrasjonen i hepatopankreas var positivt korrelert med både kvikksølv, arsen, kadmium og bly, men viste ingen sammenheng med krabbenes størrelse (Tabell A8). I klokjøtt var nivået av selen positivt korrelert med kvikksølv og arsen (Tabell A7).

Tabell 7. Selenium concentrations in hepatopancreas and claw meat of raw crabs and in brown meat and claw mat of cooked crabs sampled at the wreck site of U-864 and 4 nautical miles (nm) north (N) and south (S) of the wreck, respectively. Results are given for 2021 and for all years combined, as mean, median (med) minimum (min) and maximum (max) values.

Selenium		Hepatopancr (raw)		Claw, raw		Brown meat (cooked)		Claw, cooked	
mg/kg ww	Area	N	mean (med) min - max	N	mean (med) min - max	N	mean (med) min - max	N	mean (med) min - max
2021	U-864	10	3.45 (3.0) 2.04 - 5.2	10	1.51 (1.5) 0.71 - 2.4	10	2.32 (2.2) 1.62 - 3.6	10	1.38 (1.4) 0.71 - 1.9
	4 nm N	10	2.58 (2.0) 0.63 - 4.7	10	1.18 (1.1) 0.39 - 2.3	9	1.42 (1.0) 0.60 - 2.9	9	1.21 (1.0) 0.44 - 3.1
	4 nm S	20	2.49 (2.4) 0.96 - 4.8	20	0.96 (0.90) 0.40 - 1.8	10	1.25 (1.1) 0.81 - 2.0	10	1.22 (1.1) 0.66 - 2.2
All years	U-864	78	3.45 (3.1) 0.56 - 8.1	71	1.55 (1.5) 0.35 - 3.1	367	2.02 (1.9) 0.33 - 5.7	363	1.43 (1.4) 0.30 - 4.6
	4 nm N	69	3.65 (3.5) 0.62 - 11	69	1.48 (1.5) 0.31 - 2.6	276	1.84 (1.8) 0.13 - 4.5	277	1.37 (1.3) 0.006 - 3.8
	4 nm S	82	3.15 (2.4) 0.89 - 14	82	1.14 (1.0) 0.06 - 2.1	267	1.54 (1.4) 0.42 - 5.3	268	1.22 (1.1) 0.25 - 3.1

Samvariasjon mellom ulike metaller

Det var positive korrelasjoner mellom konsentrasjonene av metallene kvikksølv, arsen, kadmium og selen i krabbenes hepatopankreas (Tabell A7 og A8). Det vil si at krabber med relativt høyt nivå av et av disse grunnstoffene, også hadde høyt nivå av de andre grunnstoffene. Unntak gjaldt de krabbene som hadde ekstra høyt kvikksølvnivå, og som vi tidligere har antatt har fått i seg metallisk kvikksølv; disse hadde ikke tilsvarende høye konsentrasjoner av de andre grunnstoffene (Figur A1). Den positive korrelasjonen gjaldt for krabber ved alle de tre lokalitetene, og ser ut til å være uavhengig av forurensningen fra U-864. Selv om nivåene av enkelte av metallene var høyere enn det som har vært målt ved tidligere undersøkelser av krabbe fra norskekysten, betyr ikke disse resultatene nødvendigvis at arsen, kadmium og selen i disse krabbene stammer fra ubåtvraket.

Samvariasjonen mellom ulike metaller i hepatopankreas av krabbe kan muligens forklares biologisk. Metaller i hepatopankreas av krepsdyr og andre marine dyr er i stor grad bundet til et protein som kalles metallothionein (Wang and Rainbow, 2010). Metallothionein kan binde opp mange ulike uønskede metaller som en avgiftningsmekanisme, eller regulere opptaket av essensielle metaller. Høye nivåer av enkelte metaller i miljøet stimulerer til økt produksjon av metallothionein. Samtidig kan opptaket av noen metaller være høyere jo mer metallothionein det er, og slik kan konsentrasjonen av ulike metaller øke samtidig. Azad et al. (2019) hadde ellers to mulige forklaringer på positive korrelasjoner mellom kvikksølv og selen i fisk: 1) Det aktive opptaket av selen øker for å motvirke giftigheten av kvikksølv, eller 2) mye av kvikksølvet blir tatt opp fra byttedyr i en form der det allerede er bundet til selen.

4 - Konklusjoner

Av i alt 66 brosmer analysert i 2021, hadde fem fisk (7,6 %) kvikksølvnivå i filet over grenseverdien for mattrygghet på 0,5 mg/kg våtvekt; én var fisket ved vraket og fire var fisket fire nautiske mil sør for vraket. Gjennomsnittskonsentrasjonene for alle de analyserte brosmene var under grenseverdien ved alle de tre lokalitetene. I løpet av perioden overvåkningen har foregått til nå (2005-2021) har til sammen 75 av 1259 brosmer, 6,0 %, hatt kvikksølvnivå over grenseverdien som gjelder mattrygghet. Disse har vært nokså jevnt fordelt mellom vrakområdet og referanselokalitetene lenger nord og sør.

Det var ingen forskjell i kvikksølvnivå mellom brosme prøvetatt ved vraket og de to lokalitetene fire nautiske mil nord og fire nautiske mil sør for vraket, og kvikksølvnivået var heller ikke forhøyet sammenlignet med bakgrunnsnivå for kysten av Vestlandet.

Filet av brosme prøvetatt i 2021 nær vraket av U-864, hadde relativt lavt kvikksølvnivå sammenlignet med flere tidligere år, også når kvikksølvnivået var justert for fiskens størrelse.

Ingen taskekrabber fisket i 2021 eller tidligere ved vraket av U-864 eller fire nautiske mil nord eller sør for vraket, hadde kvikksølvnivåer i klokjøtt over EU og Norges grenseverdi på 0,5 mg/kg våtvekt. Det er ingen grenseverdi for mattrygghet som gjelder for brunmat av kokte eller hepatopankreas av rå krabber.

Hepatopankreas av rå krabber og brunmat av kokte krabber hadde betydelig høyere kvikksølvkonsentrasjoner ved vraket enn fire nautiske mil nord og sør for vraket, og fire mil nord for vraket var det dessuten høyere kvikksølvnivå enn fire mil sør for vraket. I klokjøtt var det mindre tydelige forskjeller, men konsentrasjonene var vesentlig lavere fire mil sør for vraket enn ved vraket.

Gjennomsnittsnivået av totalkvikksølv i rå krabber prøvetatt i 2021 var høyere enn tilsvarende i 2020, lavere enn i 2018 og på nivå med 2017 og 2019. Det er ikke noe som tyder på at det har vært noen økning i kvikksølvnivå hos krabber ved U-864 i perioden overvåkingen har foregått, det vil si fra 2006 for kokte krabber og fra 2017 for rå krabber.

Resultater av bestemmelse av andre metaller i krabbe er for første gang tatt med i denne rapporten. Arsen, kadmium og selen viste relativt høye nivåer sammenlignet med det som er målti krabbe tidligere, andre steder ved kysten, og det er mulig, men ikke grunnlag for å fastslå, at dette skyldes forurensning fra ubåtvraket.

Referanser

Amlund, H., Francesconi, K.A., Bethune, C., Lundebye, A.K. and Berntssen, M.H.G. (2006). Accumulation and elimination of dietary arsenobetaine in two species of fish, Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) and Atlantic cod (*Gadus morhua* L.). Environmental Toxicology and Chemistry 25(7): 1787-1794.

Azad, A.M., Frantzen, S., Bank, M.S., Nilsen, B.M., Duinker, A., Madsen, L. and Maage, A. (2019). Effects of geography and species variation on selenium and mercury molar ratios in Northeast Atlantic marine fish communities. Science of the Total Environment 652: 1482-1496. 10.1016/j.scitotenv.2018.10.405.

Barrento, S., Marques, A., Teixeira, B., Anacleto, P., Carvalho, M.L., Vaz-Pires, P. and Nunes, M.L. (2009a). Macro and trace elements in two populations of brown crab *Cancer pagurus*: Ecological and human health implications. Journal of Food Composition and Analysis 22(1): 65-71.

Barrento, S., Marques, A., Teixeira, B., Carvalho, M.L., Vaz-Pires, P. and Nunes, M.L. (2009b). Accumulation of elements (S, As, Br, Sr, Cd, Hg, Pb) in two populations of *Cancer pagurus*: Ecological implications to human consumption. Food and Chemical Toxicology 47(1): 150-156.

Barrento, S., Marques, A., Teixeira, B., Carvalho, M.L., Vaz-Pires, P. and Nunes, M.L. (2009c). Influence of season and sex on the contents of minerals and trace elements in brown crab (*Cancer pagurus*, Linnaeus, 1758). Journal of Agricultural and Food Chemistry 57(8): 3253-3260.

Davies, I.M., Topping, G., Graham, W.C., Falconer, C.R., Mcintosh, A.D. and Saward, D. (1981). Field and experimental studies on cadmium in the edible crab *Cancer pagurus*. Marine Biology 64(3): 291-297.

Dumont, L. (2019). High-precision mercury isotopic analysis in an environmental context. Department of Chemistry, Atomic and Mass Spectrometry. Ghent, Belgium, Gent University. Master of Science**:** 76 s.

EFSA (2009). EFSA panel on contaminants in the food chain (CONTAM); Scientific opinion on arsenic in food. EFSA Journal 2009 7(10): 199 s.

Falconer, C.R., Davies, I.M. and Topping, G. (1986). Cadmium in edible crabs (*Cancer pagurus* L.) from Scottish coastal waters. Science of the Total Environment 54: 173-183.

Frantzen, S., Boitsov, S., Dehnhard, N., Duinker, A., Grøsvik, B.E., Heimstad, E., Hjermann, D., Jensen, H., Jensen, L.K., Leiknes, Ø., Nilsen, B.M., Routti, H., Schøyen, M. and Skjerdal, H.K. (2022). Forurensning i de norske havområdene - Barentshavet, Norskehavet og Nordsjøen - Rapport fra Overvåkingsgruppen 2021. Rapport fra havforskningen . 2022-3. 87 s. https://www.hi.no/templates/reporteditor/report-pdf?id=54784&25976793

Frantzen, S., Maage, A., Duinker, A., Julshamn, K. and Iversen, S.A. (2015). A baseline study of metals in herring (*Clupea harengus*) from the Norwegian Sea, with focus on mercury, cadmium, arsenic and lead. Chemosphere 127: 164-170. http://dx.doi.org/10.1016/j.chemosphere.2015.01.037

Frantzen, S., Måge, A. and Sanden, M. (2019a). Kvikksølv i sjømat ved U-864: Resultater fra overvåkning i 2018. Rapport fra Havforskningen . 2019-38. 26. http://hdl.handle.net/11250/2635987

Frantzen, S., Måge, A. and Sanden, M. (2020). Kvikksølv i sjømat ved U-864 - Resultater fra overvåkning i 2019. Rapport fra Havforskningen . 2020-33. 23 s. https://www.hi.no/templates/reporteditor/report-pdf?id=36962&68857658

Frantzen, S., Måge, A. and Sanden, M. (2021). Kvikksølv i sjømat ved U-864 — Resultat fra overvåkning i 2020. Rapport fra Havforskningen . 2021-37. https://www.hi.no/hi/nettrapporter/rapport-fra-havforskningen-2021-37

Frantzen, S., Otterå, H.M., Heldal, H.E. and Måge, A. (2018). Kvikksølvinnhold i fisk og annen sjømat ved vraket av U-864 vest av Fedje - Resultater fra fast overvåkning og ekstra prøvetaking i 2016. Rapport fra Havforskningen. 8-2018.

36.https://www.hi.no/hi/nettrapporter/rapport-fra-havforskningen/2018/rapport_fra_havforskningen_fedje_2016_endelig

Frantzen, S., Sanden, M. and Måge, A. (2019b). Kvikksølvinnhold i sjømat ved vraket av U-864 vest av Fedje - Resultater fra fast overvåkning i 2017. Rapport fra Havforskningen . 2019-9. 34 pp.

Johnsen, A. (2021). Påvirkes fisk og skalldyr av dumpet ammunisjon? - en undersøkelse i fire dumpefelt for krigsetterlatenskaper. FFI-rapport. 21/01396. 39 s. + vedlegg. https://publications.ffi.no/nb/item/asset/dspace:7168/21-01396.pdf

Julshamn, K., Måge, A., Norli Skaar, H., Grobecker, K., Jorheim, L. and Fecher, P. (2007). Determination of arsenic, cadmium, mercury, and lead by inductively coupled plasma/mass spectrometry in foods after pressure digestion: NMKL Interlaboratory Study. Journal of AOAC International 90: 844-456.

Julshamn, K., Nilsen, B.M., Valdersnes, S. and Frantzen, S. (2012a). Årsrapport 2011. Mattilsynets program: Fremmedstoffer i villfisk med vekt på kystnære farvann: Delrapport I: Undersøkelser av miljøgifter i taskekrabbe. 52 s. http://nifes.no/report/arsrapport-fremmedstoffer-i-villfisk-2011-delrapport-1-undersokelser-av-miljogifter-i-taskekrabbe/

Julshamn, K., Nilsen, B.M., Valdersnes, S. and Frantzen, S. (2012). Årsrapport 2011. Mattilsynets program: Fremmedstoffer i villfisk med vekt på kystnære farvann: Delrapport I: Undersøkelser av miljøgifter i taskekrabbe. 52 s. http://nifes.no/report/arsrapport-fremmedstoffer-i-villfisk-2011-delrapport-1-undersokelser-av-miljogifter-i-taskekrabbe/

Kystverket (2015). Oppsummering av metyleringsforsøk på kvikksølvforurensede sedimenter ved U-864. 2015-8063. 58 s.

Laugesen, J., Møskeland, T., Østbøll, H., Brautaset, A.B., Reible, D., Skyllberg, U., Palermo, M., Teeter, A., Skei, J., Eek, E., Kleiv, R.A. and Jersak, J. (2008). Salvage of U-864 - Supplementary studies - Study No. 11: Assessment of future spreading of mercury for the capping alternative. 23916-11 Revision No. 1. 74 s.

Moxness Reksten, A., Bøkevoll, A., Frantzen, S., Lundebye, A.-K., Kögel, T., Kolås, K., Aakre, I. and Kjellevold, M. (2020). Sampling protocol for the determination of nutrients and contaminants in fish and other seafood – The EAF-Nansen Programme. MethodsX 7: 101063. https://doi.org/10.1016/j.mex.2020.101063 .

Ralston, N.V.C., Ralston, C.R., Blackwell, J.L. and Raymond, L.J. (2008). Dietary and tissue selenium in relation to methylmercury toxicity. NeuroToxicology 29(5): 802-811. https://doi.org/10.1016/j.neuro.2008.07.007 .

VKM (2015). Risk assessment of dietary cadmium exposure in the Norwgian population. Opinion of the Panel on Contaminants of the Norwegian Scientific Committee for Food Safety. VKM Report. 2015:12. 90 s. + vedlegg. https://vkm.no/risikovurderinger/allevurderinger/risikovurderingavkadmiuminntakframatidennorskebefolkningen.4.2994e9

Wang, W.X. and Rainbow, P.S. (2010). Significance of metallothioneins in metal accumulation kinetics in marine animals. Comparative Biochemistry and Physiology C-Toxicology & Pharmacology 152(1): 1-8. 10.1016/j.cbpc.2010.02.015.

Wiech, M., Frantzen, S., Duinker, A., Rasinger, J.D. and Maage, A. (2020). Cadmium in brown crab *Cancer pagurus*. Effects of location, season, cooking and multiple physiological factors and consequences for food safety. Science of the Total Environment 703: 134922. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134922 .

Wiech, M., Vik, E., Duinker, A., Frantzen, S., Bakke, S. and Måge, A. (2017). Effects of cooking and freezing practices on the distribution of cadmium in different tissues of the brown crab (*Cancer pagurus*). Food Control 75: 14-20. http://dx.doi.org10.1016/j.foodcont.2016.12.011 .

5 - Vedlegg

*Tabell A1. Kvikksølvkonsentrasjoner (Hg, mg/kg våtvekt) i filet av brosme (*Brosme brosme*) fanget ved og i ulik avstand fra vraket av ubåten U-864 ved Fedje fra 2005 til 2020. Hel fisk vekt (g) og Hg (mg/kg våtvekt) er vist for hvert år og stasjon med gjennomsnitt, minste og største verdi.*

År	Lokalitet	Dato		Vekt (g)			Hg (mg/kg våtvekt) EU-øvre grenseverdi: 0,5			
			N	snitt	min	maks	snitt	min	maks	# > 0.5
2021	Ved vraket	18.05.2021	25	1848	608	3524	0.22	0.081	0.61	1
	4 n mil nord	18.05.2021	25	1527	689	3371	0.28	0.11	0.50	0
	4 n mil sør	23.05.2021	16	1930	149	4325	0.37	0.064	0.98	4
2020	Ved vraket	01.05.2020	25	2360	631	5370	0.38	0.085	0.86	6
	4 n mil nord	01.-02.05.2020	25	1998	763	3765	0.36	0.092	0.57	1
	4 n mil sør	02.-06.05.2020	25	2013	475	4703	0.39	0.062	0.94	5
2019	Ved vraket	06.-07.06.2019	35	2089	679	3932	0.30	0.074	0.53	2
	4 n mil nord	06.-07.06.2019	25	2477	736	4332	0.36	0.15	0.64	3
	4 n mil sør	08.06.2019	15	1886	647	3633	0.33	0.13	0.53	2
2018	Ved vraket	23.05.2018	25	2317	651	4050	0.29	0.082	0.71	3
	4 n mil nord	25.05.2018	25	2705	1681	3888	0.39	0.20	1.1	3
	4 n mil sør	25.05.2018	20	2192	1206	3442	0.33	0.20	0.55	1
2017	Ved vraket	15.06.2017	25	2317	1230	4085	0.21	0.11	0.47	
	4 n mil nord	21.06.2017	25	2775	1571	4268	0.25	0.042	0.53	1
	4 n mil sør	16.06.2017	19	2539	802	4595	0.26	0.050	0.44	
2016	Ved vraket	12.05.2016	47	2292	848	4952	0.26	0.090	0.72	5
		15.08.2016	25	1739	901	2741	0.21	0.11	0.39	
		09.09.2016	20	2179	375	4576	0.18	0.055	0.78	1
	4 n mil nord	15.08.2016	25	2536	1109	5117	0.23	0.10	0.47	
	4 n mil sør	15.08.2016	25	3784	1452	7539	0.44	0.14	1.3	9
2015	Ved vraket	04.07.2015	25	1318	931	2204	0.26	0.11	0.44	
	4 n mil nord	04.07.2015	25	1573	960	2164	0.24	0.15	0.41	
	4 n mil sør	04.07.2015	25	1791	834	4004	0.24	0.099	0.57	1
2014	Ved vraket	01.06.2014	25	1424	850	2112	0.27	0.11	0.69	1
	4 n mil nord	01.06.2014	25	1310	757	2270	0.25	0.13	0.38	
	4 n mil sør	01.06.2014	25	1554	885	2260	0.23	0.070	0.49	
2013	Ved vraket	30.05.2013	25	1194	656	1708	0.19	0.084	0.32	
	4 n mil nord	29.05.2013	25	1033	434	2036	0.25	0.15	0.34	
	4 n mil sør	31.05.1013	25	1401	462	4035	0.27	0.11	0.56	1
2012	Ved vraket	21.06.2012	25	1384	528	3029	0.19	0.10	0.32	
	4 n mil nord	21.06.2012	25	1307	451	2395	0.24	0.15	0.42	
	4 n mil sør	21.06.2012	25	1548	680	2274	0.25	0.16	0.48	1
2011	Ved vraket	10.06.2011	25	1090	391	1660	0.18	0.10	0.28	

År	Lokalitet	Dato		Vekt (g)			Hg (mg/kg våtvekt) EU-øvre grenseverdi: 0,5			
	4 n mil nord	10.06.2011	25	963	449	1707	0.22	0.11	0.37	
	4 n mil sør	10.06.2011	25	1472	551	2321	0.29	0.12	0.59	2
2010	Ved vraket	20.05.2010	25	1751	451	3540	0.32	0.14	0.46	
	4 n mil nord	20.05.2010	25	1751	605	5053	0.36	0.15	0.60	4
	4 n mil sør	20.05.2010	25	1893	644	3209	0.27	0.13	0.80	2
2009	Ved vraket	15.07.2009	25	931	380	2640	0.21	0.11	0.41	
	4 n mil nord	10.07.2009	25	1036	420	1900	0.35	0.21	0.54	1
	4 n mil sør	22.10.2009	25	837	480	1620	0.22	0.10	0.53	1
2008	Ved vraket	30.06.2008	25	1182	340	3360	0.33	0.16	0.73	5
	2 n mil nord	30.06.2008	25	1383	420	3600	0.39	0.14	0.62	5
	4 n mil sør	30.06.2008	25	1290	520	2780	0.42	0.28	0.58	2
2007	Ved vraket	19.06.2007	25	1422	540	2840	0.16	0.09	0.26	
	2 n mil nord	26.06.2007	22	783	320	2160	0.24	0.10	0.39	1
	4 n mil nord	22.06.2007	25	1148	480	2440	0.25	0.14	0.64	
2006	Ved vraket	12.06.2006	25	964	340	2080	0.22	0.13	0.49	
	1 n mil nord	13.06.2006	25	1222	360	3540	0.28	0.19	0.53	1
	2 n mil nord	17.06.2006	25	1142	280	3000	0.28	0.16	0.53	1
2005	Ved vraket	27.10.2005	25	1007	539	2195	0.20	0.08	0.35	

Tabell A2. Kvikksølvkonsentrasjoner (mg/kg våtvekt) i filet av brosme fanget i området rundt U-864, der resultater er slått sammen for alle lokalitetene. For hvert år og totalt er gjennomsnitt, antall prøver (N) minste (min) og største (maks) verdi, standardavvik (SD), median samt 25 % og 75 % kvartiler (Q25 og Q75) vist.

År	**Hg filet (mg/kg ww)**							
	Snitt	**N**	**Min**	**Maks**	**SD**	**Q25**	**Median**	**Q75**
2005	0.20	25	0.082	0.35	0.05	0.18	0.20	0.24
2006	0.26	75	0.130	0.53	0.08	0.20	0.24	0.29
2007	0.22	72	0.088	0.64	0.08	0.16	0.21	0.25
2008	0.38	75	0.140	0.73	0.13	0.28	0.36	0.48
2009	0.26	75	0.100	0.54	0.10	0.17	0.24	0.34
2010	0.32	75	0.130	0.80	0.13	0.23	0.30	0.39
2011	0.23	75	0.100	0.59	0.09	0.15	0.22	0.27
2012	0.23	75	0.096	0.48	0.08	0.17	0.23	0.26
2013	0.24	75	0.084	0.56	0.09	0.17	0.22	0.29
2014	0.25	75	0.070	0.69	0.09	0.18	0.23	0.30
2015	0.25	75	0.099	0.57	0.10	0.18	0.23	0.28
2016	0.27	142	0.055	1.3	0.19	0.16	0.21	0.30
2017	0.24	69	0.042	0.53	0.11	0.16	0.21	0.31
2018	0.34	70	0.082	1.1	0.16	0.26	0.30	0.39
2019	0.33	65	0.074	0.64	0.12	0.25	0.33	0.39
2020	0.38	75	0.062	0.94	0.17	0.29	0.40	0.47
2021	0.28	66	0.063	0.98	0.18	0.14	0.22	0.41
2005-2021	0.28	1259	0.042	1.3	0.14	0.18	0.24	0.34

*Tabell A3. Kvikksølvkonsentrasjoner (Hg, mg/kg våtvekt) i klokjøtt av kokt krabbe (*Cancer pagurus*) fanget ved og i nærheten av vraket av U-864 ved Fedje fra 2005 til 2019. Skallbredde og Hg er gitt ved gjennomsnitt, minste og største verdi.*

Klokjøtt				**Skallbredde (cm)**			**Hg (mg/kg våtvekt) EU-grense: 0,5**		
År	**Lokalitet**	**Dato**	**N**	**snitt**	**min**	**maks**	**snitt**	**min**	**maks**
2021	Ved vraket	18.05.2021	10	14,0	13.0	15.3	0.137	0.045	0.23
	4 n mil nord	19.05.2021	9	14.8	12.6	17.3	0.137	0.044	0.35
	4 n mil sør	23.05.2021	10	15.1	13.5	16.6	0.079	0.028	0.16
2019	Ved vraket	05.06.2019	6	12.5	10.2	14.3	0.159	0.10	0.29
	4 n mil nord	05.06.2019	12 (9)	12.7	10.5	14.5	0.167	0.070	0.28
	4 n mil sør	08.06.2019	15	15.3	13.3	17.5	0.126	0.041	0.26
2018	Ved vraket	23.05.2018	9	14.6	12.1	17.7	0.185	0.089	0.26
	4 n mil nord	26.05.2018	14	13.9	10.6	16.6	0.246	0.12	0.39
	4 n mil sør	24.05.2018	15	14.1	12.0	16.5	0.116	0.053	0.23
2017	Ved vraket	15.06.2017	11	13.7	11.5	15.7	0.141	0.090	0.22
	4 n mil nord	22.06.2017	10	14.5	13.2	16.7	0.146	0.082	0.22
	4 n mil sør	16.06.2017	15	15.1	12.9	17.2	0.103	0.029	0.17

Klokjøtt				Skallbredde (cm)			Hg (mg/kg våtvekt) EU-grense: 0,5		
2016	Ved vraket	12.05.2016	48	13.6	11.1	17.2	0.096	0.046	0.26
		15.08.2016	25	13.8	11.8	16.6	0.114	0.031	0.27
		09.09.2016	27	13.1	11.6	15.3	0.151	0.073	0.40
	4 nm nord	04.08.2016	23	15.0	12.7	16.9	0.084	0.040	0.15
	4 nm sør	13.08.2016	23	13.6	10.4	17.1	0.070	0.026	0.15
2015	Ved vraket	04.07.2015	25	13.5	10.8	16.5	0.082	0.032	0.14
	4 n mil nord	04.07.2015	24	14.0	10.5	17.2	0.084	0.033	0.16
	4 n mil sør	04.07.2015	25	13.7	10.0	16.7	0.079	0.031	0.20
2014	Ved vraket	01.06.2014	25	14.2	11.3	17.9	0.074	0.024	0.14
	4 n mil nord	01.06.2014	25	14.4	12.0	16.9	0.094	0.019	0.29
	4 n mil sør	01.06.2014	24	14.4	12.0	18.0	0.075	0.019	0.18
2013	Ved vraket	05.06.2013	25	13.6	11.4	16.5	0.10	0.045	0.19
	4 n mil nord	29.05.2013	25	13.6	11.4	17.2	0.12	0.033	0.21
	4 n mil sør	05.06.2013	25	14.1	11.7	16.5	0.10	0.037	0.20
2012	Ved vraket	18-21.06.12	25	14.0	10.8	18.0	0.11	0.032	0.32
	4 n mil nord	18-21.06.12	25	14.2	11.1	17.0	0.11	0.039	0.27
	4 n mil sør	18-21.06.12	25	14.4	11.6	17.6	0.10	0.046	0.21
2011	Ved vraket	10.06.11	25	13.6	10.5	16.7	0.15	0.039	0.48
	4 n mil nord	10.06.11	25	12.8	10.7	15.4	0.085	0.002	0.18
	4 n mil sør	10.06.11	24	14.0	10.7	16.6	0.097	0.034	0.18
2010	Ved vraket	20.05.10	25	14.3	10.8	17.5	0.07	0.02	0.17
	4 n mil nord	20.05.10	25	13.3	10.3	18.9	0.07	0.02	0.23
	4 n mil sør	20.05.10	25	14.2	11.3	16.2	0.06	0.02	0.18
2009	Ved vraket		25	14.7	13.0	17.0	0.11	0.05	0.22
	4 n mil nord		21	14.5	11.7	17.1	0.11	0.05	0.25
	4 n mil sør		24	15.2	12.7	17.4	0.11	0.05	0.17
2008	Ved vraket	30.06.08	23	13.5	12.0	16.0	0.16	0.07	0.26
	2 n mil nord	30.06.08	18	14.0	12.0	17.0	0.14	0.06	0.30
	4 n mil sør	30.06.08	17	13.9	12.0	16.5	0.14	0.04	0.29
2007	Ved vraket	19.06.07	25	13.8	11.0	17.0	0.13	0.03	0.27
	2 n mil nord	20.06.07	23	14.1	12.0	17.0	0.14	0.07	0.31
	4 n mil nord	21.06.07	22	14.1	11.0	18.0	0.14	0.06	0.27
2006	Ved vraket	17.06.06	25				0.15	0.04	0.60
	1 n mil nord	13.06.06	24				0.15	0.05	0.45
	2 n mil nord	17.06.06	25				0.12	0.05	0.21
2005	Ved vraket	27.10.05	25				0.18	0.08	0.37

*Tabell A4, Kvikksølvkonsentrasjoner (Hg, mg/kg våtvekt) i brunmat av krabbe (*Cancer pagurus*) fanget ved og i nærheten av vraket av ubåten U-864 ved Fedje og kokt, fra 2004 til 2021. Krabbevekt (g) og Hg er vist med gjennomsnitt, minste og største verdi.*

Brunmat				**Vekt (g)**			**Hg (mg/kg våtvekt)**		
År	**Lokalitet**	**Dato**	**N**	**snitt**	**min**	**maks**	**snitt**	**min**	**maks**
2021	Ved vraket	18.05.2021	10	448	293	694	0.184	0.089	0.35
	4 n mil nord	19.05.2021	9	576	331	848	0.082	0.018	0.15
	4 n mil sør	23.05.2021	10	613	388	990	0.037	0.012	0.086
2019	Ved vraket	05.06.2019	6	325	200	450	0.29	0.10	0.72
	4 n mil nord	05.06.2019	9	329	200	500	0.14	0.075	0.24
	4 n mil sør	08.06.2019	15	572	350	1100	0.063	0.024	0.14
2018	Ved vraket	23.05.2018	9	550	273	1004	0.24	0.10	0.40
	4 n mil nord	26.05.2018	14	426	190	667	0.20	0.098	0.34
	4 n mil sør	24.05.2018	15	469	266	778	0.12	0.043	0.28
2017	Ved vraket	15.06.2017	11	403	245	719	0.16	0.11	0.25
	4 n mil nord	22.06.2017	10	500	345	780	0.059	0.031	0.10
	4 n mil sør	16.06.2017	15	544	332	851	0.061	0.024	0.11
2016	Ved vraket	12.05.2016	57	292	108	633	0.23	0.067	0.64
	Ved vraket	15.08.2016	25	385	164	652	0.14	0.016	0.27
	Ved vraket	09.09.2016	28	302	165	480	0.42	0.11	2.6
	4 nm nord	04.08.2016	24	462	261	808	0.077	0.033	0.17
	4 nm sør	13.08.2016	25	357	140	715	0.069	0.033	0.10
2015	Ved vraket	04.07.2015	25	334	148	554	0.21	0.042	2.4
	4 n mil nord	04.07.2015	24	374	170	671	0.15	0.075	0.24
	4 n mil sør	04.07.2015	25	358	145	635	0.090	0.039	0.20
2014	Ved vraket	01.06.2014	25	394	218	818	0.065	0.016	0.17
	4 n mil nord	01.06.2014	25	395	247	632	0.11	0.012	0.22
	4 n mil sør	01.06.2014	25	423	235	1026	0.077	0.019	0.44
2013	Ved vraket	05.06.2013	25	339	159	515	0.21	0.099	0.39
	4 n mil nord	29.05.2013	25	349	199	742	0.21	0.059	0.44
	4 n mil sør	05.06.2013	25	431	247	788	0.12	0.042	0.28
2012	Ved vraket	18-21.06.12	25	395	205	689	0.17	0.056	0.33
	4 n mil nord	18-21.06.12	25	387	182	636	0.18	0.050	0.54
	4 n mil sør	18-21.06.12	25	427	249	742	0.13	0.049	0.33
2011	Ved vraket	10.06.11	25	386	182	634	0.17	0.040	0.70
	4 n mil nord	10.06.11	25	308	183	457	0.13	0.050	0.24
	4 n mil sør	10.06.11	25	385	164	704	0.16	0.031	0.34
2010	Ved vraket	20.05.10	23	343	136	578	0.09	0.04	0.20
	4 n mil nord	20.05.10	24	272	155	417	0.12	0.04	0.21
	4 n mil sør	20.05.10	22	371	200	577	0.06	0.03	0.13

Brunmat				Vekt (g)			Hg (mg/kg våtvekt)		
2009	Ved vraket	16.11.09	25	375	212	531	0.07	0.01	0.26
	4 n mil nord	16.11.09	21	457	260	718	0.05	0.03	0.12
	4 n mil sør	16.11.09	24	505	316	754	0.05	0.03	0.10
2008	Ved vraket	30.06.08	23	314	217	463	0.26	0.08	0.77
	2 n mil nord	30.06.08	18	373	144	675	0.21	0.09	0.49
	4 n mil sør	30.06.08	17	368	209	685	0.18	0.06	0.34
2007	Ved vraket	19.06.07	25	326	168	485	0.29	0.11	1.3
	2 n mil nord	20.06.07	22	377	162	621	0.24	0.05	1.7
	4 n mil nord	21.06.07	24	333	137	558	0.16	0.06	0.29
2006	Ved vraket	17.06.06	25				0.19	0.06	0.34
	1 n mil nord	13.06.06	24				0.22	0.04	0.41
	2 n mil nord	17.06.06	25				0.18	0.08	0.33
2005	Ved vraket	27.10.05	25	350	199	486	0.26	0.09	0.56
2004	Ved vraket	16.1.04	24				0.20	0.08	0.50

*Tabell A5. Kvikksølvkonsentrasjoner i krabbe (*Cancer pagurus*) fanget i området rundt U-864 og kokt, der resultater er slått sammen for alle lokalitetene. For hvert år 2005-2021 og totalt er gjennomsnitt, antall prøver (N) minste (min) og største (maks) verdi, standardavvik (SD), median samt 25 % og 75 % kvartiler (Q25 og Q75) vist for henholdsvis klokjøtt og innmat av kokte krabber.*

År	Hg innmat								Hg klo							
	Mean	N	Min	Max	SD	Q25	Median	Q75	Mean	N	Min	Max	SD	Q25	Median	Q75
2005	0.26	25	0.090	0.56	0.12	0.17	0.24	0.34	0.177	25	0.083	0.37	0.065	0.14	0.17	0.20
2006	0.198	74	0.040	0.41	0.073	0.15	0.19	0.24	0.138	74	0.040	0.60	0.084	0.090	0.12	0.16
2007	0.229	71	0.053	1.70	0.24	0.14	0.19	0.24	0.139	70	0.033	0.31	0.063	0.089	0.12	0.18
2008	0.221	58	0.059	0.77	0.14	0.13	0.19	0.26	0.146	58	0.041	0.30	0.064	0.084	0.14	0.19
2009	0.057	70	0.010	0.26	0.034	0.040	0.050	0.06	0.110	70	0.050	0.25	0.045	0.080	0.10	0.13
2010	0.089	69	0.030	0.21	0.048	0.050	0.080	0.12	0.069	75	0.020	0.23	0.039	0.040	0.060	0.080
2011	0.153	75	0.031	0.70	0.095	0.089	0.14	0.21	0.110	74	0.002	0.48	0.077	0.066	0.092	0.13
2012	0.160	75	0.049	0.54	0.092	0.084	0.14	0.21	0.106	74	0.032	0.32	0.059	0.061	0.086	0.14
2013	0.181	75	0.042	0.44	0.085	0.12	0.17	0.22	0.110	75	0.033	0.21	0.043	0.077	0.10	0.13
2014	0.078	73	0.012	0.22	0.049	0.042	0.066	0.12	0.081	75	0.019	0.29	0.052	0.045	0.069	0.11
2015	0.152	74	0.039	2.4	0.27	0.079	0.11	0.17	0.082	74	0.031	0.20	0.038	0.051	0.074	0.10
2016	0.201	159	0.016	2.6	0.24	0.081	0.15	0.25	0.103	146	0.026	0.40	0.055	0.065	0.090	0.13
2017	0.092	36	0.024	0.25	0.057	0.044	0.13	0.13	0.092	36	0.024	0.25	0.057	0.044	0.074	0.13
2018	0.178	38	0.043	0.40	0.087	0.11	0.17	0.25	0.180	38	0.053	0.39	0.093	0.095	0.15	0.24
2019	0.132	30	0.024	0.72	0.132	0.055	0.10	0.17	0.147	33	0.041	0.29	0.071	0.10	0.19	0.13
2021	0.102	29	0.012	0.35	0.081	0.037	0.086	0.15	0.117	29	0.028	0.35	0.074	0.060	0.10	0.16
Alle	0.158	1031	0.010	2.6	0.162	0.071	0.13	0.20	0.114	1030	0.002	0.60	0.066	0.067	0.10	0.14

*Tabell A6. Kvikksølvkonsentrasjoner i krabbe (*Cancer pagurus*) fanget i området rundt U-864 og behandlet rå, der resultater er slått sammen for alle lokalitetene. For hvert år og totalt er gjennomsnitt, antall prøver (N) minste (min) og største (maks) verdi, standardavvik (SD), median samt 25 % og 75 % kvartiler (Q25 og Q75) vist for hepatopankreas og klokjøtt av rå krabber.*

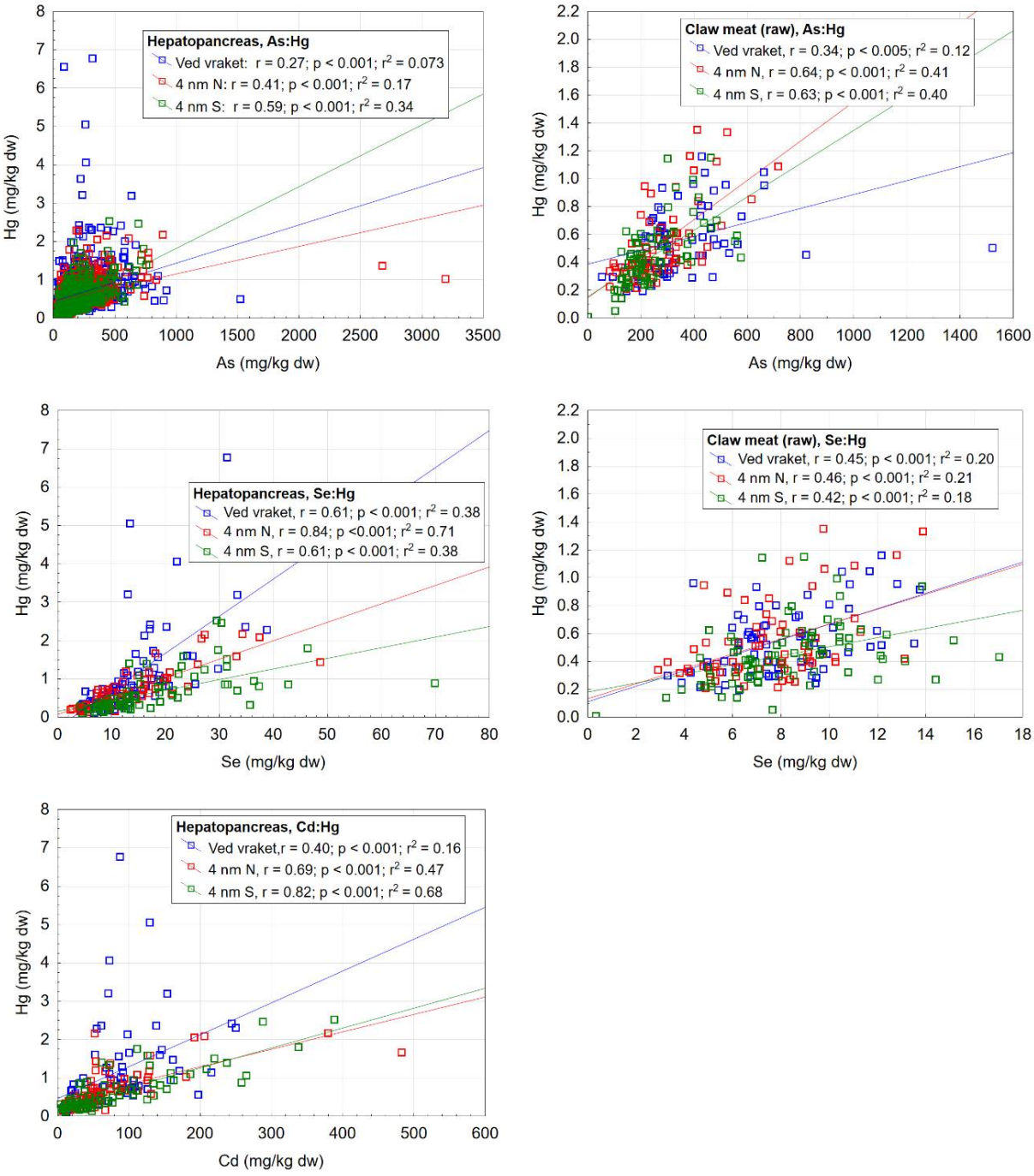
År	Hg hepatopankreas								Hg klo, rå							
	Mean	N	Min	Max	SD	Q25	Median	Q75	Mean	N	Min	Max	SD	Q25	Median	Q75
2016	12	5	0.32	26	11	0.56	15	17	.	.	.	.	.	.	.	.
2017	0.25	39	0.023	1.3	0.19	0.20	0.22	0.29	0.094	39	0.002	0.22	0.045	0.068	0.086	0.12
2018	0.33	41	0.077	0.96	0.20	0.18	0.31	0.40	0.11	41	0.036	0.50	0.08	0.070	0.093	0.14
2019	0.17	29	0.031	0.49	0.10	0.10	0.16	0.23	0.10	27	0.032	0.22	0.06	0.047	0.079	0.13
2020	0.11	75	0.023	1.1	0.13	0.053	0.069	0.13	0.077	75	0.004	0.25	0.045	0.041	0.070	0.11
2021	0.16	40	0.029	1.0	0.18	0.061	0.10	0.21	0.083	40	0.020	0.30	0.061	0.040	0.066	0.099
Alle	0.44	229	0.023	25.7	2.25	0.069	0.16	0.25	0.090	222	0.002	0.50	0.058	0.048	0.077	0.12

Tabell A7. Korrelasjon mellom ulike grunnstoffer (As, Cd, Hg, Pb, Se, mg/kg tørrvekt, dw) målt i klokjøtt (rå), samt skallbredde og hel vekt av krabber prøvetatt ved vraket av U-864, 4 nautiske mil nord og 4 nautiske mil sør for U-864 i perioden 2016-2021. r og p-verdi er vist, og korrelasjonen er signifikant når p<0.05.

Variable	Hg dw	As dw	Cd dw	Pb dw	Se dw	Hel vekt	Bredde
Hg dw	1.0000	**0.4675**	0.0791	-0.0618	0.3573	**0.1771**	**0.1761**
	p= ---	**p<0.001**	p=0.292	p=0.411	p<0.001	**P<0.05**	**P<0.05**
As dw	**0.4675**	1.0000	-0.0367	**-0.1684**	**0.4884**	-0.0832	-0.0684
	P<0.001	p= ---	p=0.626	**P<0.05**	**p<0.001**	p=0.268	p=0.363
Cd dw	0.0791	-0.0367	1.0000	**0.1774**	0.1146	-0.0459	-0.0050
	p=0.292	p=0.626	p= ---	**P<0.05**	p=0.127	p=0.542	p=0.947
Pb dw	-0.0618	**-0.1684**	**0.1774**	1.0000	0.0922	**0.3003**	**0.4508**
	p=0.411	**P<0.05**	**P<0.05**	p= ---	p=0.219	**p<0.001**	**P<0.001**
Se dw	**0.3573**	**0.4884**	0.1146	0.0922	1.0000	0.0239	0.1084
	p<0.001	**p<0.001**	p=0.127	p=0.219	p= ---	p=0.751	p=0.149
Hel vekt	**0.1771**	-0.0832	-0.0459	**0.3003**	0.0239	1.0000	**0.8175**
	P<0.05	p=0.268	p=0.542	**p<0.001**	p=0.751	p= ---	**P<0.01**
Bredde	**0.1761**	-0.0684	-0.0050	**0.4508**	0.1084	**0.8175**	1.0000
	P<0.05	p=0.363	p=0.947	**P<0.001**	p=0.149	**P<0.01**	p= ---

Tabell A8. Korrelasjon mellom ulike grunnstoffer (As, Cd, Hg, Pb, Se, mg/kg tørrvekt) målt i hepatopankreas, samt skallbredde og hel vekt av krabber prøvetatt ved vraket av U-864, 4 nautiske mil nord og 4 nautiske mil sør for U-864 i perioden 2016-2021. r og p-verdi er vist, og korrelasjonen er signifikant når p<0.05

Variable	Hg dw	As dw	Cd dw	Pb dw	Se dw	Hel vekt	Bredde
Hg dw	**1.0000**	**0.4872**	**0.4215**	0.0553	**0.5861**	0.0605	-0.0045
	p= ---	**P<0.001**	**P<0.001**	p=0.512	**P<0.001**	p=0.473	p=0.958
As dw	**0.4872**	1.0000	**0.7254**	0.0793	**0.5608**	-0.0037	-0.0424
	P<0.001	p= ---	**P<0.01**	p=0.346	**P<0.001**	p=0.965	p=0.615
Cd dw	**0.4215**	**0.7254**	1.0000	0.0816	**0.4720**	0.0265	0.0001
	P<0.001	**P<0.01**	p= ---	p=0.333	**P<0.001**	p=0.753	p=0.999
Pb dw	0.0553	0.0793	0.0816	1.0000	**0.2033**	0.1527	**0.2361**
	p=0.512	p=0.346	p=0.333	p= ---	**P<0.05**	p=0.069	**P<0.01**
Se dw	**0.5861**	**0.5608**	**0.4720**	**0.2033**	1.0000	0.0878	0.0840
	P<0.001	**P<0.001**	**P<0.001**	**P<0.05**	p= ---	p=0.297	p=0.319
Hel vekt	0.0605	-0.0037	0.0265	0.1527	0.0878	1.0000	**0.7974**
	p=0.473	p=0.965	p=0.753	p=0.069	p=0.297	p= ---	**P<0.01**
Bredde	-0.0045	-0.0424	0.0001	**0.2361**	0.0840	**0.7974**	1.0000
	p=0.958	p=0.615	p=0.999	**P<0.01**	p=0.319	**P<0.01**	p= ---



Figur A1. Korrelasjoner mellom kvikksølv (Hg) og henholdsvis arsen (As), selen (Se) og kadmium (Cd) i hepatopankreas (venstre) og klokjøtt (høyre), av krabbe opparbeidet uten koking. Resultat er vist for hver av lokalitetene; ved vraket av U-864 (blå), 4 nautiske mil nord (4 nm N, rød) og sør (4 nm S, grønn).

HAVFORSKNINGSINSTITUTTET

Postboks 1870 Nordnes
5817 Bergen
Tlf: 55 23 85 00
E-post: post@hi.no
www.hi.no