

# Kvikksølvinnhold i fisk og sjømat ved vraket av U864 vest av Fedje

- Nye analyser i 2009 og sammenligning med data fra perioden 2004 til 2008



Sylvia Frantzen, Amund Måge, Dag Furevik<sup>1)</sup>  
og Kåre Julshamn

1) Havforskningsinstituttet, Bergen

4. mars 2010

## Forord

Overvåkning av kvikksølv i fisk og krabbe fanget nær vraket av ubåten U864 ved Fedje gjennomføres årlig ved NIFES på oppdrag av Kystverket. 2009 var sjette året denne overvåkningen ble gjennomført.

Prøveinnsamling ble som tidligere gjort av kystfisker Helge Torsvik, koordinert ved Havforskningsinstituttet. NIFES' prøvemottak ved Elin Kronstad, Margrethe Aase, Manfred Torsvik, Vidar Fauskanger og Nargis Islam sto for registrering av prøver, filetering av fisk, koking og plukking av krabbe, samt homogenisering og frysetørking av alle prøvene. Ved laboratorium for fremmedstoffer sto Jorun Haugsnes, Tonja Lill Eidsvik, Berit Solli, Siri Bargård, Edel Erdal og Laila Sedal for kvikksølvanalysene. Vi takker alle som deltok i gjennomføringen av prosjektet i 2009.

# Innhold

<b>Sammendrag .....</b>	<b>4</b>
<b>Innledning .....</b>	<b>5</b>
<b>Materiale og metoder .....</b>	<b>7</b>
<i>Områdebeskrivelse og prøveinnsamling .....</i>	<i>7</i>
<i>Opparbeiding og analyser.....</i>	<i>7</i>
<b>Resultater .....</b>	<b>9</b>
<i>Brosme.....</i>	<i>9</i>
<i>Krabbe.....</i>	<i>11</i>
<b>Diskusjon.....</b>	<b>14</b>
<i>Brosme.....</i>	<i>14</i>
<i>Krabbe.....</i>	<i>15</i>
<i>Konklusjoner .....</i>	<i>17</i>
<b>Litteraturliste.....</b>	<b>17</b>

## Sammendrag

Det er påvist høye konsentrasjoner av kvikksølv i sedimenter ved vraket av ubåten U864 vest av Fedje. Kvikksølv fra sedimentene, og eventuelt fra selve vraket, kan lekke ut og forurense fisk og sjømat i området gjennom næringskjeden. NIFES har på oppdrag fra Kystverket overvåket kvikksølvinnholdet i sjømat fra området rundt vraket hvert år siden 2004.

Sommeren og høsten 2009 ble det tatt nye prøver av brosme og krabbe fra området ved vraket samt fire sjømil nord og fire sjømil sør for vraket. Fordi krabbefisket skjedde om høsten måtte teinene settes grunnere, og dermed lenger øst, enn tidligere år. Det ble fanget til sammen 75 brosmes og 70 krabber, og fiskefilet samt klokjøtt og brunmat av krabbe ble analysert for kvikksølv. Resultatene er presentert i sammenheng med data fra 2005-2008.

Den gjennomsnittlige kvikksølvkonsentrasjonen i fileten av brosme fanget i 2009 ved vraket av U864, fire sjømil nord og fire sjømil sør for vraket var henholdsvis 0,21, 0,35 og 0,22 mg/kg våtvekt. Kun to av de 75 analyserte brosmene viste en kvikksølvkonsentrasjon over EUs øvre grenseverdi på 0,5 mg/kg våtvekt som gjelder for de fleste fiskearter inkludert brosme. Gjennomsnittskonsentrasjonen av kvikksølv i brosmefilet var i 2009 på nivå med gjennomsnittet for hele perioden 2005-2009 på 0,27 mg/kg våtvekt. Alle år sett under ett hadde brosmene fanget ved vraket lavere kvikksølvkonsentrasjon enn de som var fanget lenger sør og nord, noe som tyder på at det er liten sammenheng mellom forurensning fra selve vraket og nivået av kvikksølv i fisk fra området. Sammenligning med en økende mengde bakgrunnsdata på kvikksølv i brosme fra kysten av Vestlandet og ellers tyder på at brosmen fanget ved vraket av U864 ikke har forhøyet nivå av kvikksølv sammenlignet med brosmen fra andre kystnære områder, men at nivået er noe høyere enn i åpne havområder.

Krabbe fanget i området nær U864 i 2009 hadde gjennomsnittskonsentrasjoner av kvikksølv i brunmat mellom 0,05 og 0,07 mg/kg våtvekt og i klokjøtt 0,11 mg/kg våtvekt ved alle tre lokaliteter. Kvikksølvkonsentrasjonene i krabbe var betydelig lavere i 2009 enn tidligere år, og i motsetning til tidligere var konsentrasjonene høyere i klokjøtt enn i brunmat. Mens det tidligere har vært funnet høyere kvikksølvkonsentrasjoner ved vraket enn ved de stasjonene som er lengst unna, viste 2009-prøvene ingen forskjeller. Lavere kvikksølvkonsentrasjoner og manglende forskjeller mellom områder i 2009 kan skyldes at krabbene denne gang ble tatt om høsten på grunnere vann og lenger øst enn tidligere, og derfor kan være mindre påvirket av kvikksølvet i sedimentene rundt vraket. Ved videre prøvetaking er det ønskelig at prøver av krabbe blir tatt i juni som tidligere. Da vil vi unngå at resultatene påvirkes av eventuelle årstidsvariasjoner, samtidig som vi sikrer at prøvene blir tatt i det området som er påvirket av kvikksølv fra vraket,

Mattilsynet har tidligere gitt et kostholdsråd som anbefaler gravide og ammende ikke å spise sjømat fra området rundt vraket. De nye analysene vurderes ikke å endre mattrygghetsbildet.

## Innledning

I februar 1945 ble den tyske ubåten U864 senket av engelskmennene like utenfor Fedje. Ubåten var på vei til Japan med en last krigsutstyr som, i følge lastepapirer, inkluderte 60-70 tonn metallisk kvikksølv lagret i jernflasker. Vraket av ubåten med den farlige lasten ble liggende på 150 meters dyp om lag tre kilometer vest for Fedje og ble oppdaget først i 2003.

Foreløpige analyser utført i 2003, verifisert gjennom en større kartlegging i 2005 (Uriansrud m. fl., 2005), viste at prøver av sediment tatt ved vraket inneholdt høye konsentrasjoner av kvikksølv. Dette bekreftet at det var kvikksølv i lasten og at noen av flaskene med kvikksølv trolig ble ødelagt under torpederingen slik at kvikksølv ble spredd til sedimentene. Siden 2005 har det vært mye fokus på hva som skal skje med vraket og sedimentene rundt. Valget har stått mellom heving av ubåten med tildekking av sedimentene eller tildekking av både ubåten og sedimentene. I desember 2006 la Kystverket fram sin innstilling som foreslo å dekke til vraket for å hindre videre utlekking av kvikksølv. Etter en høring på Stortinget våren 2007 ble det imidlertid besluttet at hevingsalternativet skulle utredes nøyere før endelig beslutning blir tatt, og i november 2008 ble det bestemt at vraket skulle heves. Et av de viktigste målene med heving eller tildekking av ubåtvraket er å sikre at eventuelle forhøyede nivåer av kvikksølv i sjømat og miljøet ellers kommer tilbake til bakgrunnsnivå. Det er derfor viktig å overvåke kvikksølvinnholdet i sjømat i området både før og etter at tiltak har blitt gjort.

For å kunne vurdere i hvilken grad kvikksølv fra vraket og sedimentet rundt påvirker sjømattryggheten har NIFES siden 2004 årlig overvåket kvikksølvinnholdet i fisk og krabbe fra området (se bl.a. Frantzen m. fl. 2008, Måge m. fl., 2007 og Måge m. fl., 2006). Analysene har blitt gjort på de artene det har vært mulig å få med teiner i området. I 2004 ble det tatt prøver av krabbe (*Cancer pagurus*; kun brunmat), torsk (*Gadus morhua*) og lange (*Molva molva*), og fra 2005 har brosme (*Brosme brosme*) og krabbe (både brunmat og klokjøtt) vært inkludert. Av lange har kun få individer blitt tatt etter den første prøvetakingen i 2004, mens for torsk har det blitt fanget svært få individer fra og med 2007. I 2009 valgte vi å fokusere på brosme og krabbe, ettersom det er disse to artene vi nesten utelukkende har fått de siste årene.

I overvåkingen fra 2004 til 2008 har ingen gjennomsnittskonsentrasjoner av kvikksølv i noen av de undersøkte artene vært over EUs øvre grenseverdier for kvikksølv i fisk og sjømat til humant konsum, selv om noen enkeltindivider har hatt konsentrasjoner over grenseverdiene (Frantzen m. fl. 2008). I de årene overvåkingen har pågått har det imidlertid blitt funnet at innholdet av kvikksølv i brosme, torsk og krabbe er noe forhøyet i forhold til bakgrunnsnivå, basert på relativt få data fra [www.nifes.no/sjømatdata](http://www.nifes.no/sjømatdata) og Tilsynsprogrammet for skjell (Frantzen m.fl. 2007). Siden 2008 har mengden data som det er mulig å sammenligne med økt betraktelig, særlig for brosme. Kvikksølvnivået i filet av 142 brosme prøvetatt i åpent hav i ulike havområder er nå analysert, og resultatene er under bearbeiding, men har ikke blitt publisert ennå. En mastergradsoppgave er dessuten under arbeid som vil gi betydelig mer data på det generelle nivået av kvikksølv i brosme fanget kystnært på Vestlandet. I 2009 ble det gjennomført et prosjekt der fisk og sjømat fra fjordområdene rundt Bergen ble analysert for ulike miljøgifter inkludert kvikksølv, og data på kvikksølv i brosme og krabbe fra denne undersøkelsen kan også benyttes til sammenligning (Frantzen og Måge 2009).

Fram til 2007 var det ikke mulig å registrere noen økning i kvikksølvkonsentrasjonen i de overvåkede artene siden overvåkingen startet i 2004, og selv om det var noe høyere kvikksølvkonsentrasjon i brosmefilet i 2008 sammenlignet med tidligere år, er det for tidlig å si at det har skjedd en økning basert på ett års analyser. Det er nødvendig å fortsette overvåkingen av kvikksølv i fisk og krabbe fanget ved vraket for å kunne fange opp eventuelle endringer som måtte skje, for eksempel dersom mer kvikksølv skulle lekke ut.

I 2006 og 2007 ble det til sammen tatt prøver en, to og fire kilometer nord for vraket uten å registrere noen endringer med økende avstand fra vraket. Ettersom hovedstrømretningen regnes å gå fra sør mot nord kan en forklaring på den manglende forskjellen være at kvikksølv eller sediment forurenset med kvikksølv har blitt spredd nordover med strømmen. I 2008 ble det tatt prøver ved vraket, to kilometer nord og fire kilometer sør for vraket. Ved sammenligning av data fra alle de ulike årene ble det da funnet at det i brosmefilet ikke var noen forskjell i kvikksølvkonsentrasjon mellom fisk fanget ved vraket og de fanget lenger unna. I krabbe ble det derimot funnet at konsentrasjonen av kvikksølv i brunmat avtok med økende avstand fra vraket.

I 2009 ble det besluttet å ta prøver ved vraket, fire kilometer sør og fire kilometer nord for vraket. Prøver av brosmefilet samt klokjøtt og brunmat av krabbe ble analysert for kvikksølvinnhold, og resultatene er sammenlignet med resultater fra tidligere år for å se om det har skjedd noen ny utvikling.

## Materiale og metoder

### Områdebeskrivelse og prøveinnsamling

Fedje er en øykommune som ligger åpent til mot havet omlag 50 km nordvest for Bergen. Vraket av U864 ligger på 150 meters dyp omlag tre kilometer vest for Fedje, ved 60°46'N, 4°37'Ø (figur 1).

Prøvefisket ved Fedje koordineres av Havforskningsinstituttet, og som tidligere ble fisket i 2009 gjennomført av kystfisker Helge Torsvik med hans fiskebåt "Vikingfjord". Fisket ble gjennomført i juli, oktober og november 2009, og redskapen som ble brukt var teiner. Ubåten ble lokalisert ved ekkolodd, og teinelenkene ble satt så nært vraket som mulig. Ifølge et notat som beskriver fiskerimessige forhold ved Fedje blir det oppgitt at hovedstrømretning i området er fra sør mot nord, men variasjoner i strømhastighet og strømretning gjorde det utfordrende å få utstyret ned akkurat der man ønsket det.

Hvert år siden overvåkingen startet har det blitt tatt prøver av fisk og krabbe ved vraket, og i tillegg har det blitt tatt prøver i ulik avstand fra vraket hvert år (tabell 1). I 2009 ble det satt teiner ved vraket (område 0), rundt fire nautiske mil sør for vraket (område 4-1) og rundt fire nautiske mil nord for vraket (område 4-2; tabell 1; figur 1). Det ble fanget 25 brosmer ved hver av lokalitetene. Brosme ved vraket og nord for vraket ble fisket i juli, mens brosmen sør for vraket ble fisket i oktober – november.

Fisket etter krabbe foregikk i september-oktober og da går taskekrabben normalt veldig grunt. For å få krabbe ble det derfor besluttet å fange krabbe nært land på vestsiden av Fedje i østlig linje fra "fisketeine"-posisjonene (figur 1). Til sammen ble det fanget 25 krabber på grunt vann øst for område 0, 24 krabber øst for område 4-1 og 21 krabber øst for område 4-2.

**Tabell 1. X markerer hvor i området rundt U864 det ble tatt prøver av fisk og krabbe i årene 2004 til og med 2009.**

	4 n mil sør Område 4-1	Ved vraket Område 0	1 n mil nord Område 1	2 n mil nord Område 2	4 n mil nord Område 4-2
2009	X	X			X
2008	X	X		X	
2007		X		X	X
2006		X	X	X	
2005		X			
2004		X			

### Opparbeiding og analyser

Prøvene ble lagt på is og levert til NIFES' prøvemottak for opparbeiding. Hver fisk og krabbe ble lengdemålt og veid, og det ble tatt filetprøver av fisken. Krabbene ble kokt, og "pave" og gjeller ble fjernet før det ble tatt prøver av klør og brunmat fra hver krabbe. "Brunmat" er det vi kaller innmaten i overkroppen til krabben, som for en stor del består av hepatopankreas (også kalt fordøyelseskjertelen, eller levermassen).

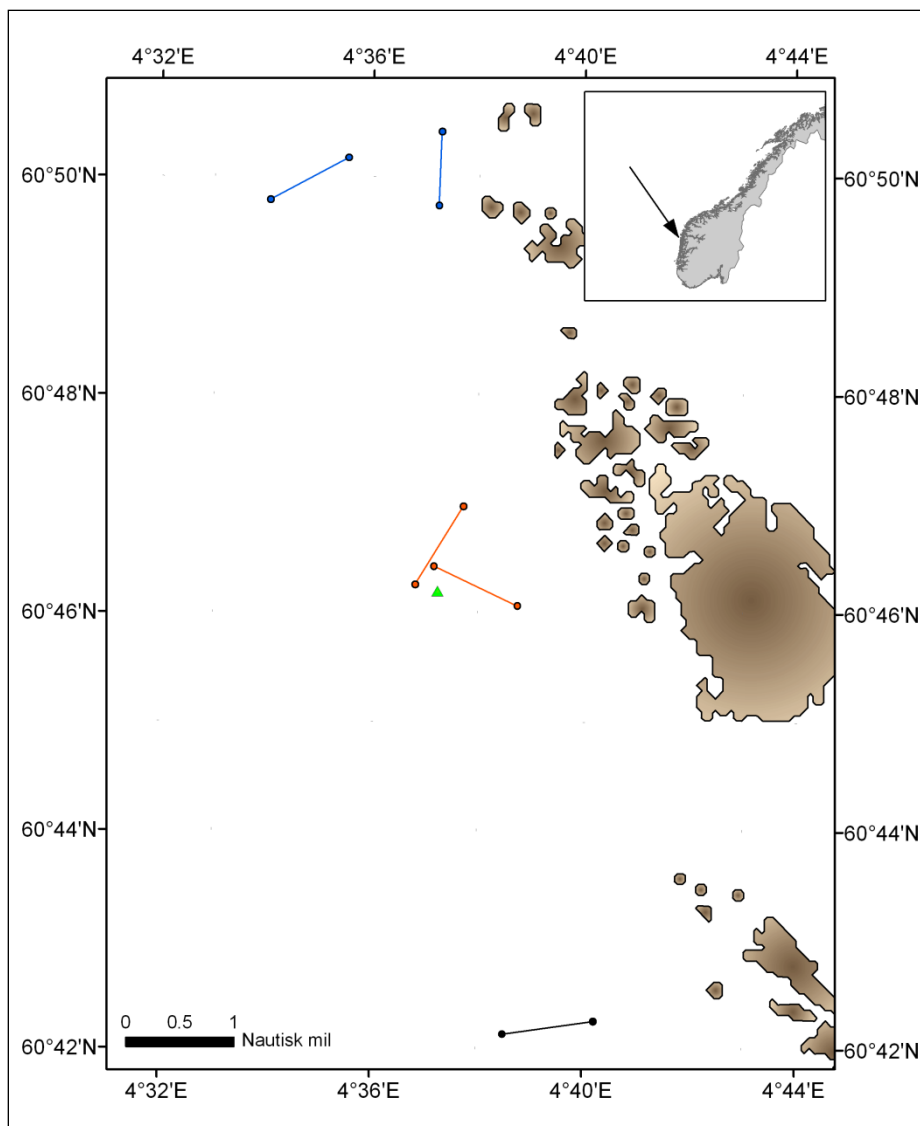
Hver prøve ble homogenisert og frysetørket før analyse for kvikksølv med ICP-MS. Før selve bestemmelsen av kvikksølv ble prøven dekomponert med syre i mikrobølgeovn slik at kvikksølvet forelå som ioner i løsning. Kvikksølvbestemmelsen med ICP-MS er en

akkreditert metode ved NIFES (NIFES metode nr. 197). Det er bare analysert for totalkvikksølv i disse undersøkelsene, ettersom det er totalkvikksølv som er grunnlag for EUs øvre grenseverdier for matvarer. Erfaringsmessig er nesten alt kvikksølv i fiskefilet metylkvikksølv, som er den giftigste formen for kvikksølv.

Variansanalyse (ANOVA) og Kruskal-Wallis ikke-parametrisk ANOVA ble gjennomført for å undersøke om det var statistisk signifikante forskjeller mellom kvikksølvkonsentrasjoner i brosme og krabbe fanget ved ulike lokaliteter og i ulike år. Fordi kvikksølvkonsentrasjonen i brosme øker betydelig med økende størrelse (se rapportene for 2007 og 2008) ble kvikksølvkonsentrasjonene (Hg) i brosme vektnormalisert før statistisk analyse:

$$Hg_{\text{norm}} = \frac{Hg}{\sqrt{\text{hel fisk vekt}}}$$

der Hg er kvikksølvkonsentrasjon i mg/kg våtvekt og hel fisk vekt er gitt i kg.



**Figur 1.** Kart over havområdet utenfor Fedje som viser hvor teinelenkene ble satt for fangst av brosme i 2009. Grønn trekant markerer hvor U864 ligger. Røde streker: Prøvetaking ved ubåtvraket (Område 0). Svarte streker: Fire sjømil sør for vraket (Område 4-1). Blå streker: Fire sjømil nord for vraket (Område 4-2).



## Resultater

### Brosme

Brosmene fanget i 2009 ved vraket av U864, fire sjømil nord for vraket og fire sjømil sør for vraket varierte i størrelse fra et gjennomsnitt på 0,84 kg sør for vraket til 1,0 kg nord for vraket (tabell 2). Ved selve vraket var brosmene i snitt 0,93 kg. Brosmene som ble fanget var altså relativt små brosmer.

Kvikksølvkonsentrasjonen i filet av de enkelte brosmene fanget i 2009 ved vraket av U864, fire sjømil nord for vraket og fire sjømil sør for vraket varierte fra 0,10 til 0,54 mg/kg våtvekt (tabell 2). To av de 75 brosmene hadde kvikksølvkonsentrasjoner over EUs øvre grenseverdi på 0,5 mg/kg våtvekt, en fanget fire mil sør og en fanget fire mil nord for vraket. Ingen av brosmene fanget ved vraket hadde konsentrasjoner av kvikksølv i filet som oversteg EUs øvre grenseverdi, og ingen av lokalitetene hadde gjennomsnittlig konsentrasjon av kvikksølv som oversteg EUs øvre grenseverdi.

Korrelasjon av kvikksølvkonsentrasjon målt i alle brosmene prøvetatt fra 2005 til 2009 mot fiskens vekt viser at kvikksølvkonsentrasjonen i filet av brosme har betydelig sammenheng med fiskens vekt (figur 2). Ved statistisk sammenligning av lokaliteter og år er dette tatt hensyn til ved å vektnormalisere dataene som vist i materiale og metoder.

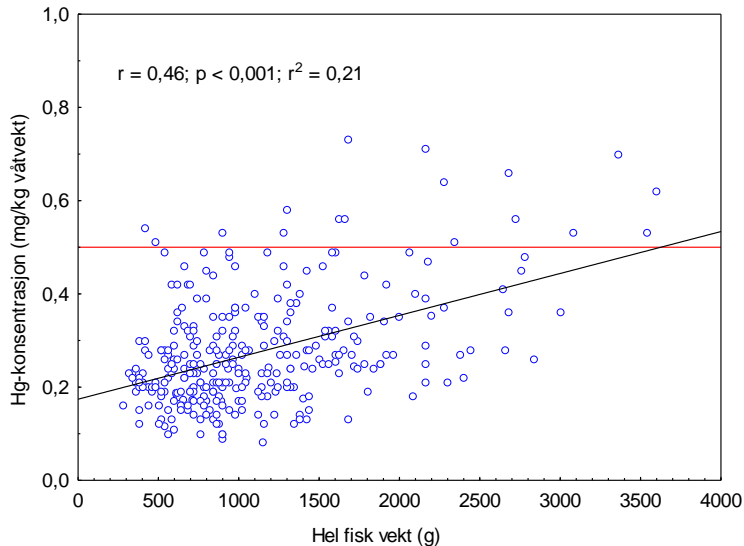
Brosmer fanget ved vraket i 2009 hadde betydelig lavere kvikksølvkonsentrasjoner enn brosmer fanget fire mil nord for vraket, men konsentrasjonene var omtrent på samme nivå fire mil sør for vraket som like ved vraket (figur 3A). Gjennomsnittlig kvikksølvkonsentrasjon i filet av brosme fanget like ved vraket, fire sjømil nord og fire sjømil sør for vraket i 2009 var

**Tabell 2. Kvikksølvkonsentrasjoner (mg/kg våtvekt) i filet av brosme fanget ved og i nærheten av vraket av ubåten U864 ved Fedje fra 2005 til 2009. Hel fisk vekt (g) og Hg er vist med gjennomsnitt, minste og største verdi. For Hg er også standardavvik (sd) gitt. Prøvene ble tatt ved vraket, 1, 2 og 4 nautiske mil (n mil) nord for vraket, samt 4 n mil sør for vraket.**

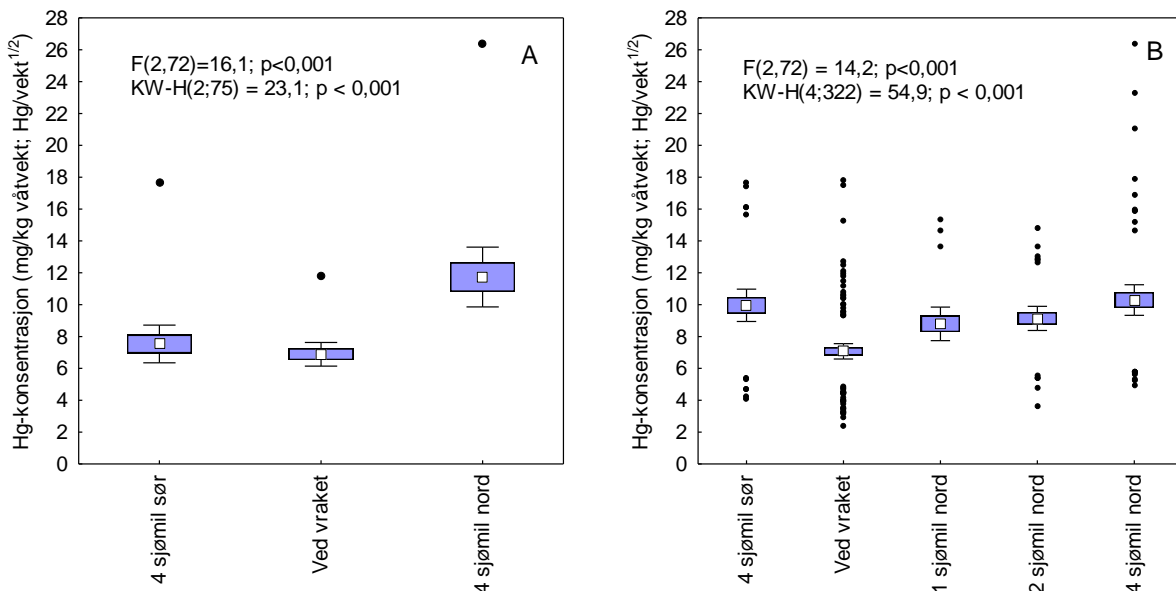
År	Lokalitet	Dato	N	Vekt (g)			Hg (mg/kg våtvekt) EU-grense: 0,5			
				snitt	min	maks	snitt	sd	min	maks
2009	Ved vraket	15.7.09	25	931	380	2640	0,21	0,08	0,11	0,41
	4 n mil nord	10.7.09	25	1036	420	1900	0,35	0,08	0,21	0,54
	4 n mil sør	22.10.09	25	837	480	1620	0,22	0,09	0,10	0,53
2008	Ved vraket	30.6.08	25	1182	340	3360	0,33	0,18	0,16	0,73
	2 n mil nord	30.6.08	25	1383	420	3600	0,39	0,12	0,14	0,62
	4 n mil sør	30.6.08	25	1290	520	2780	0,42	0,08	0,28	0,58
2007	Ved vraket	19.6.07	25	1422	540	2840	0,16	0,05	0,09	0,26
	2 n mil nord	26.6.07	22	783	320	2160	0,24	0,07	0,10	0,39
	4 n mil nord	22.6.07	25	1148	480	2440	0,25	0,10	0,14	0,64
2006	Ved vraket	12.6.06	25	964	340	2080	0,22	0,07	0,13	0,49
	1 n mil nord	13.6.06	25	1222	360	3540	0,28	0,08	0,19	0,53
	2 n mil nord	17.6.06	25	1142	280	3000	0,28	0,09	0,16	0,53
2005	Ved vraket	27.10.05	25	1007	539	2195	0,20	0,05	0,08	0,35
Alle	Alle		322				0,27	0,12	0,08	0,73

henholdsvis 0,21, 0,35 og 0,22 mg/kg våtvekt (tabell 2). Når resultater fra alle fem årene (2005-2009) ble slått sammen hadde brosmer fanget like ved vraket betydelig lavere kvikksølvkonsentrasjon enn brosmer fanget to og fire sjømil nord for vraket samt fire sjømil sør for vraket (figur 3B).

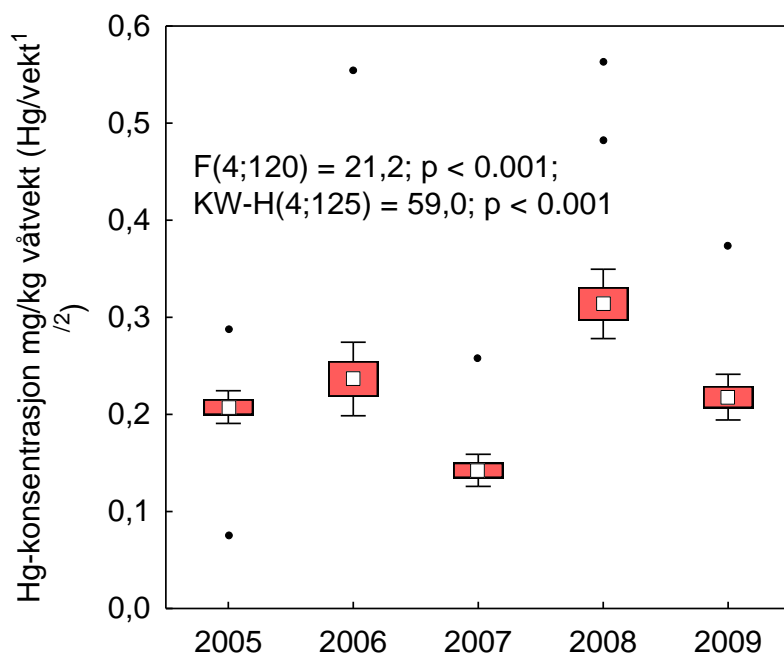
Brosme fanget i 2009 like ved vraket av U864 hadde konsentrasjoner av kvikksølv på samme nivå som i 2005 og 2006, og mellom konsentrasjonene målt i 2007 som var spesielt lave, og de målt i 2008 som var spesielt høye (figur 4).



**Figur 2.** Korrelasjon mellom kvikksølvkonsentrasjon (mg/kg våtvekt) og vekt (g) av brosmer prøvetatt i området ved og rundt vraket av U864 i perioden 2005 til 2009. Den røde horisontale linjen markerer EUs øvre grenseverdi for kvikksølv i fisk til humannt konsum.



**Figur 3.** Variasjon i kvikksølvkonsentrasjon (mg/kg våtvekt), vektnormalisert) i filet av brosmer prøvetatt ved ulike lokaliteter nær vraket av U864 (ved vraket, 1, 2 og 4 nautiske mil nord for vraket og 4 nautiske mil sør for vraket) i A) 2009 og B) 2005-2009. Gjennomsnitt, standardfeil og 95 % konfidensintervall er vist, og spesielt høye og lave verdier i hver gruppe er vist som prikker over og/eller under boksplottet. Resultat av enveis variansanalyse og Kruskal-Wallis ikke-parametrisk variansanalyse er vist.



**Figur 4.** Variasjon mellom år i kvikksølvkonsentrasjon (Hg vektnormalisert) i filet av brosmer prøvetatt like ved vraket av U864 i perioden 2005 - 2009. Gjennomsnitt, standardfeil og 95 % konfidensintervall er vist, og særlig høye og lave verdier i hver gruppe er vist som prikker over og/eller under boksplottet. Resultat av enveis variansanalyse og Kruskal-Wallis ikke parametriske variansanalyse er vist.

## Krabbe

Krabbene som ble fanget i 2009 ved vraket av U864, fire sjømil nord for vraket og fire sjømil sør for vraket varierte i størrelse fra 212 til 754 g, og gjennomsnittsvekten varierte fra 375 g ved vraket til 505 g fire mil sør for vraket (tabell 3).

Kvikksølvkonsentrasjonene i krabbene varierte fra 0,01 til 0,25 mg/kg våtvekt i brunmat og fra 0,05 til 0,25 mg/kg våtvekt i klokjøtt. Ingen av krabbene fanget i 2009 hadde konsentrasjoner av kvikksølv som oversteg EUs øvre grenseverdi for krepsdyr på 0,5 mg/kg våtvekt. Grenseverdien gjelder imidlertid kun for klokjøtt og ikke for brunmat av krabbe.

Når alle krabbeprovne fra overvåkingen fra 2005 til 2009 ble inkludert, var det ingen positiv sammenheng mellom krabbens vekt og kvikksølvkonsentrasjon verken i klokjøtt eller brunmat (figur 5). For brunmat kan det se ut som om det var en svak negativ sammenheng mellom kvikksølvkonsentrasjonen og krabbevekten, men det var ikke tilfelle før prøvene fra 2009 ble inkludert (se rapporten for 2008), og trolig skyldes det prøvene fra 2009 der krabben var relativt stor, men med lavt innhold av kvikksølv.

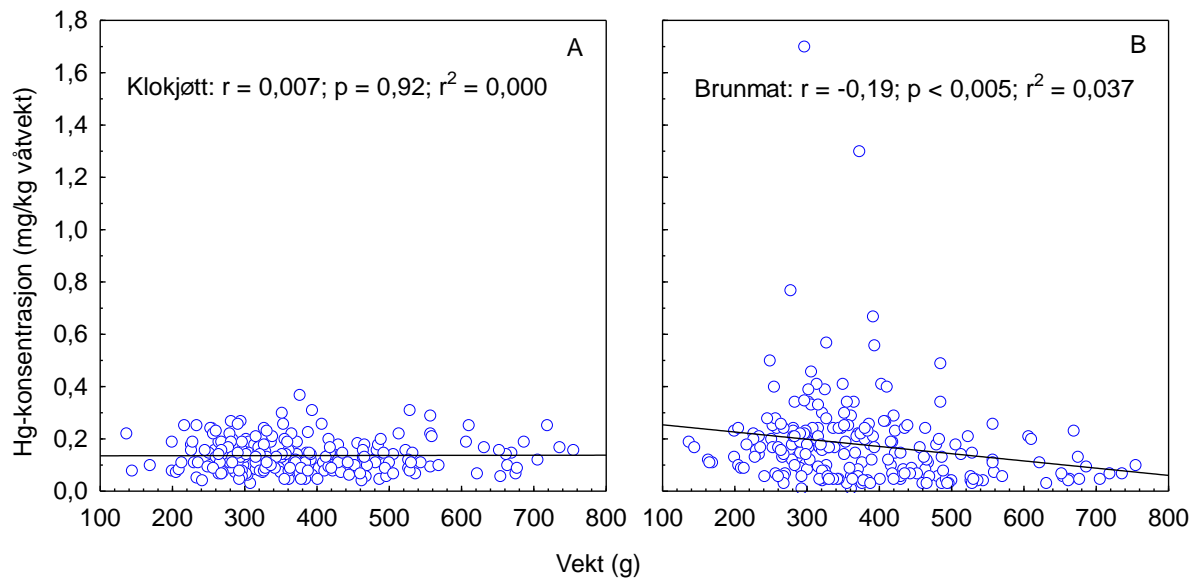
Kvikksølvkonsentrasjonene i krabbe fanget i 2009 var lavere enn tidligere år, og forskjellen var størst for brunmat (tabell 3). Mens gjennomsnittskonsentrasjonen i brunmat av krabbe fanget ved vraket var 0,07 mg/kg våtvekt i 2009, varierte den mellom 0,19 og 0,29 mg/kg våtvekt i årene 2005 til 2008. Gjennomsnittskonsentrasjonen i klokjøtt av krabbe fanget ved vraket var 0,11 mg/kg våtvekt i 2009 og mellom 0,13 og 0,18 mg/kg våtvekt i årene 2005 til 2008.

I 2009 var det ingen vesentlig forskjell i kvikksølvkonsentrasjon mellom de krabbene som ble fanget ved vraket og de som ble fanget fire mil i henholdsvis sørlig og nordlig retning fra vraket (tabell 3). Når prøvene for alle årene var inkludert var kvikksølvkonsentrasjonen i brunmat høyest i krabber fanget ved vraket og lavest i krabbene fanget fire mil sør for vraket

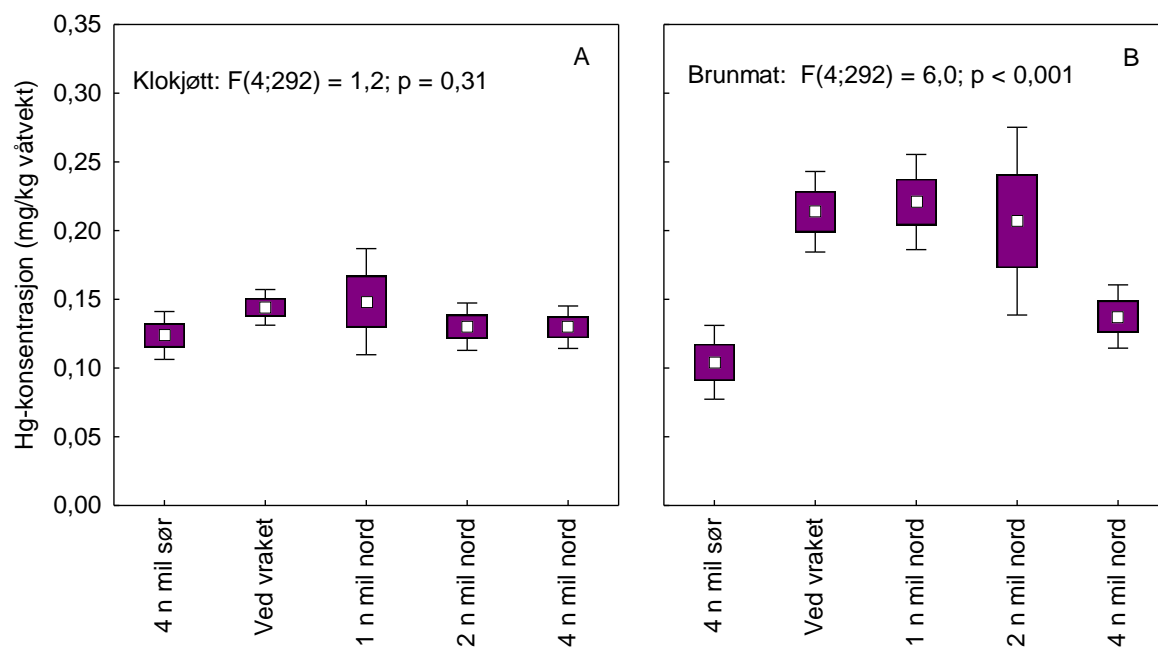
(figur 6B). Det var en avtakende trend i kvikksølvkonsentrasjon nordover fra vraket, med betydelig høyere konsentrasjon ved vraket enn fire mil nord for vraket. For klokjøtt var det ikke noen betydelig forskjell mellom lokalitetene (figur 6A).

**Tabell 3. Kvikksølvkonsentrasjoner (Hg, mg/kg våtvekt) i brunmat og klokjøtt av krabbe fanget ved og i nærheten av vraket av ubåten U864 ved Fedje fra 2004 til 2008. Krabbevekt (g) og Hg er vist med gjennomsnitt, minste og største verdi. For Hg er også standardavvik (sd) gitt. Prøvene ble tatt ved vraket, 1, 2 og 4 nautiske mil (n mil) nord for vraket, samt 4 n mil sør.**

Organ	Vekt (g)							Hg (mg/kg våtvekt) EU-grense: 0,5 (gjelder kun klo)			
	År	Lokalitet	Dato	N	snitt	min	maks	snitt	Sd	min	maks
Brunmat	2009	Ved vraket	16.11.09	25	375	212	531	0,07	0,05	0,01	0,26
		4 n mil nord	16.11.09	21	457	260	718	0,05	0,02	0,03	0,12
		4 n mil sør	16.11.09	24	505	316	754	0,05	0,02	0,03	0,10
	2008	Ved vraket	30.6.08	23	314	217	463	0,26	0,17	0,08	0,77
		2 n mil nord	30.6.08	18	373	144	675	0,21	0,10	0,09	0,49
		4 n mil sør	30.6.08	17	368	209	685	0,18	0,09	0,06	0,34
	2007	Ved vraket	19.6.07	25	326	168	485	0,29	0,23	0,11	1,3
		2 n mil nord	20.6.07	22	377	162	621	0,24	0,33	0,05	1,7
		4 n mil nord	21.6.07	24	333	137	558	0,16	0,06	0,06	0,29
	2006	Ved vraket	17.6.06	25				0,19	0,07	0,06	0,34
		1 n mil nord	13.6.06	24				0,22	0,08	0,04	0,41
		2 n mil nord	17.6.06	25				0,18	0,06	0,08	0,33
2005	Ved vraket	27.10.05	25	350	199	486	0,26	0,12	0,09	0,56	
2004	Ved vraket	16.1.04	24				0,20	0,10	0,08	0,50	
Alle	Alle		297				0,18	0,16	0,01	1,7	
Klo	2009	Ved vraket		25	375	212	531	0,11	0,05	0,05	0,22
		4 n mil nord		21	457	260	718	0,11	0,06	0,05	0,25
		4 n mil sør		24	505	316	754	0,11	0,04	0,05	0,17
	2008	Ved vraket	30.6.08	23	314	217	463	0,16	0,06	0,07	0,26
		2 n mil nord	30.6.08	18	362	5	675	0,14	0,06	0,06	0,30
		4 n mil sør	30.6.08	17	368	209	685	0,14	0,07	0,04	0,29
	2007	Ved vraket	19.6.07	25	326	168	485	0,13	0,06	0,03	0,27
		2 n mil nord	20.6.07	23	387	229	621	0,14	0,07	0,07	0,31
		4 n mil nord	21.6.07	22	342	137	558	0,14	0,06	0,06	0,27
	2006	Ved vraket	17.6.06	25				0,15	0,10	0,04	0,60
		1 n mil nord	13.6.06	24				0,15	0,09	0,05	0,45
		2 n mil nord	17.6.06	25				0,12	0,05	0,05	0,21
	2005	Ved vraket	27.10.05	25	350	199	486	0,18	0,06	0,08	0,37
	Alle	Alle		297				0,14	0,07	0,03	0,60



Figur 5. Korrelasjon mellom kvikksølvkonsentrasjon (mg/kg våtvekt) og krabbenes vekt (g) for A) klokkjøtt og B) brunmat av taskekrabbe prøvetatt ved vraket av U864 i perioden 2005 til 2009.



Figur 6. Kvikksølvkonsentrasjon (mg/kg våtvekt) i A) klokkjøtt og B) brunmat av taskekrabbe (*Cancer pagurus*) prøvetatt i ulike avstander fra vraket av U864 i perioden 2005-2009. Boksplottene angir middelerverdi  $\pm$  standardfeil og 95 % konfidensintervall. Resultat av enveis ANOVA er vist.

## Diskusjon

### **Brosme**

I løpet av de fem årene med overvåkning av kvikksølv i fisk og krabbe nær vraket av U864 ved Fedje har filet av totalt 17 enkeltindivider av brosme oversteget EUs øvre grenseverdi for kvikksølv i fisk til humant konsum, og gjennomsnittskonsentrasjonen av alle 322 brosmene som har vært analysert er 0,27 mg/kg våtvekt. Ingen gjennomsnittskonsentrasjoner for noen stasjon har noen gang oversteget EUs øvre grenseverdi på 0,5 mg/kg våtvekt. For å kunne svare på om kvikksølvkonsentrasjonen i filet av brosme fanget ved ubåtvraket er påvirket av kvikksølv fra vraket eller sedimentet rundt er det et vesentlig spørsmål om disse konsentrasjonene er spesielt høye i forhold til bakgrunnsnivået, enten det gjelder bakgrunnsnivå for brosme fanget i åpne havområder uten lokale forurensningskilder eller bakgrunnsnivå for brosme fanget langs kysten av Vestlandet.

Konsentrasjonene målt i området rundt Fedje er høyere enn data som hittil er publisert på Sjømatdata ([www.nifes.no/sjømatdata](http://www.nifes.no/sjømatdata)). I 1997 og 2005 ble det funnet gjennomsnittskonsentrasjoner på 0,08 og 0,15 mg/kg våtvekt. I 2008 ble det imidlertid, i forbindelse med Sjømatdata ([www.nifes.no/sjømatdata](http://www.nifes.no/sjømatdata)), samlet inn et stort antall prøver av brosme ved ulike posisjoner i åpne havområder, og av disse er nå 142 filetprøver analysert, men ennå ikke publisert. Gjennomsnittskonsentrasjonene av kvikksølv for seks ulike posisjoner varierte fra 0,08 mg/kg våtvekt sør for Bjørnøya til 0,30 mg/kg våtvekt nordvest i Nordsjøen. Konsentrasjonene ved Fedje er altså høyere enn det som er funnet ved de fleste av posisjonene i åpent hav, men ikke høyere enn ved posisjonen vest i Nordsjøen.

Sammenligner vi med andre resultater på brosme fanget ved kysten og i fjordene, finner vi at konsentrasjonene i brosme fanget nær ubåtvraket ikke er spesielt høye. Ved Storegga, Stordal og Sykkylven har kvikksølvkonsentrasjoner i samleprøver av brosmen blitt målt til 0,34, 0,29 og 0,36 mg/kg våtvekt uten at det var forhøyet kvikksølvinnhold i sedimentene (Berge et al. 2007). Kvikksølvkonsentrasjon i samleprøver av brosme fra fjordområdene rundt Bergen prøvetatt i 2009 varierte fra 0,17 til 0,50 mg/kg våtvekt, med et totalt gjennomsnitt på 0,33 mg/kg våtvekt (Frantzen og Måge 2009). Den nordligste stasjonen, Askøy – Meland, var den stasjonen som lå nærmest Fedje. Der var kvikksølvkonsentrasjonene i de to samleprøvene i gjennomsnitt 0,31 mg/kg våtvekt. Og ved stasjonen Sotra Nord – Askøy var det en gjennomsnittlig kvikksølvkonsentrasjon på 0,36 mg/kg våtvekt. Disse områdene er antatt å være noe påvirket av forurensning fra Bergen havn eller annen aktivitet i områdene rundt Bergen. Brosmer prøvetatt på dypt vann utenfor Bergen havn i 2007 hadde konsentrasjoner i to samleprøver på 0,72 og 0,85 mg/kg våtvekt (Måge og Frantzen 2008).

Foreløpige resultater fra en mastergradsoppgave (Kvangarsnes, under arbeid) viser at brosme fanget vest for Sotra hadde høyere kvikksølvkonsentrasjoner enn brosme fra området nær ubåtvraket. Flere resultater fra denne mastergradsoppgaven vil bli tilgjengelig i løpet av året, og da vil vi ha data på kvikksølvinnholdet i brosme fra ulike steder langs kysten av Vestlandet der det ikke er kjente forurensningskilder for kvikksølv, og som altså må kunne betraktes som bakgrunnsnivå for området.

Så langt ser det imidlertid ut til at brosme ved vraket av U864 ikke har spesielt høye konsentrasjoner av kvikksølv sammenlignet med andre områder langs kysten, der det kan være andre forurensningskilder. Selv om brosme regnes for å være en relativt stasjonær fiskeart, vandrer den trolig mellom oppvekstområde og gyteområde, og hvor fisken har oppholdt seg tidligere i livet vil også ha betydning for innholdet av kvikksølv. Derfor kan

brosme også i andre områder være påvirket av kvikksølv fra ubåten, samtidig som nivået i brosmen nær ubåten ikke er spesielt høyt sammenlignet med andre steder langs kysten.

Dersom de to stasjonene fire sjømil nord og fire sjømil sør for vraket regnes som referansestasjoner synes det helt klart at brosmen fanget like ved vraket ikke har forhøyet innhold av kvikksølv, ettersom brosmene fanget ved vraket faktisk hadde noe lavere kvikksølvkonsentrasjon i filet enn de som ble fanget lenger sør og nord. Ettersom gjennomsnittlig strømmretning også er nordgående skulle man forvente å finne høyere konsentrasjoner i brosmen fire sjømil nord for vraket enn fire sjømil sør. Dette gjorde vi i 2009, men ikke når man ser på dataene for alle årene fra 2005 til og med 2009. Hvorfor det tilsynelatende er lavere konsentrasjon av kvikksølv i filet av brosmen fanget like ved vraket sammenlignet med fire mil sør og nord for vraket kan ikke så lett forklare.

Resultatene viste at gjennomsnittlig kvikksølvkonsentrasjon i brosmene fanget i 2009 var på samme nivå som gjennomsnittet for alle målingene fra 2005 til og med 2009. I 2008 ble det funnet særlig høye konsentrasjoner og i 2007 ble det funnet spesielt lave konsentrasjoner. Trolig skyldes disse variasjonene noe annet enn hendelser i forhold til sediment og ubåtvrak. Kvikksølvkonsentrasjonen i fisk kan variere med faktorer som alder, størrelse, årstid og diett. Det var en positiv korrelasjon mellom størrelse og kvikksølvkonsentrasjon i brosmen fra Fedje, og dataene ble normalisert for vekt når det ble gjort sammenligninger av både år og de ulike lokalitetene rundt vraket.

## **Krabbe**

Krabbe fanget i området ved vraket av U864 i 2009 hadde ikke forhøyede konsentrasjoner av kvikksølv sammenlignet med bakgrunnsverdier, med gjennomsnittskonsentrasjoner i brunmat mellom 0,05 og 0,07 mg/kg våtvekt og i klokjøtt på 0,11 mg/kg våtvekt. Dette året var det imidlertid forholdsvis lave kvikksølvkonsentrasjoner i krabbe sammenlignet med gjennomsnittet for de 297 krabbene analysert i hele perioden 2005-2009 på 0,18 mg/kg våtvekt i brunmat og 0,14 i klokjøtt. Forklaringen på at nivået var noe lavere i 2009 kan være at krabbefisket dette året foregikk om høsten på grunnere vann, ettersom krabben på den tiden oppholder seg grunnere.

Krabben ble altså i 2009 fisket både senere på året og i et litt annet område enn der det har vært fisket tidligere. Betydelig lavere kvikksølvkonsentrasjon kan derfor skyldes naturlige årstidsvariasjoner i fødetilgang eller fysiologi, eller at krabben fanget på grunt vann ikke er påvirket av kvikksølvet ved vraket på samme måte som de som blir fisket ved selve vraket og på dypt vann sør og nord for vraket. Selv om det er kjent at krabbe vandrer fra dypere til grunnere vann om høsten, har ikke nødvendigvis de krabbene som ble fisket på grunnere vann i 2009 kommet fra det området der sedimentene har blitt forurenset av kvikksølv fra U864. I fremtidig overvåkning bør fisket etter krabbe i området rundt vraket av U864 skje på samme tid på året og i samme område som tidligere, det vil si i juni på dypt vann.

Konsentrasjonen av kvikksølv i brunmat av krabbe ved vraket av U864 i hele overvåkningsperioden 2005 – 2009 er likevel forholdsvis høy sammenlignet med andre områder. Brunmat av noen få krabber analysert for Sjømatdata og Mattilsynet har vist gjennomsnittskonsentrasjoner på henholdsvis 0,08 og 0,05 mg/kg. Krabber fanget i Bergensområdet i 2009 viste konsentrasjoner av kvikksølv i brunmat i området 0,03 til 0,11 mg/kg våtvekt, med et gjennomsnitt på 0,05 mg/kg våtvekt (Frantzen og Måge 2009). For brunmat var kvikksølvnivået i krabber fra Fedje til og med høyere enn i krabber prøvetatt i Bergen havn i 2007, der gjennomsnittskonsentrasjonen i brunmat var på 0,08 mg/kg våtvekt (Måge og Frantzen 2008).

Når det gjelder klokjøtt av krabbe var gjennomsnittskonsentrasjonen av kvikksølv i hele perioden 2005-2009 på 0,14 mg/kg våtvekt, som er bare litt høyere enn verdier registrert i Sjømatdata med gjennomsnitt på 0,13 mg/kg våtvekt og i Mattilsynets tilsynsprogram med 0,11 mg/kg våtvekt. Også i Bergensområdet i 2009 var konsentrasjonene av kvikksølv i klokjøtt fra krabbe i gjennomsnitt 0,11 mg/kg våtvekt.

Det ser ut til at krabbe generelt fanget i andre områder har høyere kvikksølvkonsentrasjoner i klokjøtt enn i brunmat, mens krabbe fra området rundt ubåten altså har høyest kvikksølvkonsentrasjon i brunmat. Dette kan forklares med at metallothionein i ulike organer i brunmaten, særlig hepatopankreas, binder tungmetaller og verner annet vev mot giftvirkningen av tungmetallene. De bundne tungmetallene kan så skilles ut slik at det ikke blir inkorporert i muskelvevet, som er det klokjøttet består av. Så når kvikksølvnivået i miljøet er høyt vil mest sannsynlig konsentrasjonen i brunmaten bli høyere mens konsentrasjonen i muskelvev holder seg nokså konstant eller øker langsomt.

For krabbe har vi imidlertid også dårlig sammenligningsgrunnlag for å se om konsentrasjonene av kvikksølv er forhøyet i forhold til bakgrunnsverdier. Det er stort behov for en basisundersøkelse for å kartlegge det generelle nivået av kvikksølv i krabbe langs hele kysten.

I motsetning til for brosme og klokjøtt av krabbe, er det for brunmat av krabbe en klar trend at kvikksølvkonsentrasjonen avtar med økende avstand fra vraket, noe som tyder på at kvikksølv i brunmat av krabbe fanget ved vraket er påvirket av kvikksølv som stammer fra vraket. Dette er ikke uventet da det er kjent at det er nokså høy konsentrasjon av kvikksølv i sedimentet ved vraket, etter at noen av flaskene ble ødelagt under torpederingen. Det at krabbe lever av bunndyr, og trolig holder seg i et relativt begrenset område, bidrar til at kvikksølvkonsentrasjonen i krabbe i større grad reflekterer kvikksølvkonsentrasjonen i sedimentet. Brosme er en relativt stasjonær fisk, men man må allikevel forvente at den oppholder seg mye kortere tid på ett sted enn det krabbe gjør og vil ha en tendens til å svømme inn og ut av vrakområdet, i tillegg til at den vandrer mellom oppvekst- og gyteområder. Trolig har brosme også en diett bestående både av fisk og bunndyr, mens krabbe stort sett lever av det den finner på bunnen. Det er derfor ikke uventet at konsentrasjonen av kvikksølv i krabbe i større grad reflekterer nivået i sedimentet på stedet den er fanget enn det konsentrasjonen i brosme eller annen fisk gjør.

Siden det i 2009 kun ble tatt prøver av brosme og krabbe vil det ikke bli diskutert tidligere resultater for andre arter her. For en diskusjon om resultater for lange og torsk, se rapporten for 2008 (Frantzen et al., 2008).



## Konklusjoner

Konsentrasjonene av kvikksølv i brosme og krabbe fra området rundt vraket av ubåten U864 er stort sett under EUs øvre grenseverdi for humant konsum på 0,5 mg/kg våtvekt. I 2009 hadde to av 75 brosmes som ble analysert kvikksølvkonsentrasjoner like over grenseverdien. I hele perioden fra 2005 til 2009 har 17 av totalt 322 brosmes hatt kvikksølvkonsentrasjoner over grenseverdien.

Etter hvert som mer bakgrunnsdata på kvikksølvinnhold i brosme fra området blir tilgjengelig, ser det i økende grad ut til at konsentrasjonene er høyere enn det som finnes i åpne havområder i Norskehavet og Barentshavet, men ikke spesielt høy for å være langs kysten av Vestlandet.

Ettersom konsentrasjonen av kvikksølv i brosmefilet var høyere fire sjømil sør og nord for vraket enn ved vraket kan vi ikke fastslå at de forhøyede verdiene vi finner i fileten har sin bakgrunn i forurensing fra vraket eller sedimentene rundt.

Kvikksølvkonsentrasjonen i brosmefilet i 2009 var lik gjennomsnittet for hele perioden prøvetakingen av brosme har pågått, fra 2005 til 2009.

I 2009 var konsentrasjonene av kvikksølv i krabbeprøvene lavere enn tidligere i perioden med overvåkning rundt vraket. Dette kan skyldes at krabbene ble tatt på grunnere vann i 2009 enn tidligere fordi de ble fisket om høsten. Ved videre overvåkning i området bør vi forsøke så godt det lar seg gjøre å fange krabbene om sommeren.

Data fra tidligere års overvåkning viser at kvikksølvkonsentrasjonen i brunmat av krabbe ser ut til å avta med økende avstand fra vraket. Dette, og det at kvikksølvkonsentrasjonen i brunmat var høyere enn i klokjøtt, tyder på at krabbe tar opp i seg kvikksølv fra de forurensede sedimentene rundt U864 og at det her er en lokal påvirkning.

Det er ikke noe i dataene som tyder på at tilførselen av kvikksølv fra vraket eller sedimentene rundt har økt i årene overvåkingen har foregått, ettersom kvikksølvinnholdet i krabbebrunmat har vært stabilt siden 2004.

## Litteraturliste

Berge, J.A., Schlabach, M., Hareide, N.R. 2007. Kartlegging av brommerte flammehemmere, klor- og bromorganiske forbindelser, kvikksølv og metylkvikksølv i fjorder nær Ålesund. NIVA-rapport 982, 2007. 102 s.

Frantzen, S., Lunestad, B.T., Måge, A., Nilsen, B., Julshamn, K. 2008. Årsrapport 2007 Mattilsynet. Tilsynsprogrammet for skjell 2007 fremmedstoffer (tungmetaller og organiske miljøgifter i skjell og tungmetaller i snegler og krabbe) og mikroorganismer. NIFES-rapport 51 s.

Frantzen, S. og Måge, A. 2009. Utvidet kostholdsrådsundersøkelse Bergen Byfjord 2009. NIFES-rapport 44 s.

Frantzen, S., Måge, A., Furevik, D., Julshamn, K. 2008. Kvikksølvinnhold i fisk og sjømat ved vraket av U864 vest av Fedje – nye analyser i 2008 og sammenligning med data fra perioden 2004 til 2007. NIFES-rapport 20 s.

Måge, A. og Frantzen S. 2008. Kostholdsrådsundersøkelse II Bergen Byfjord 2007. NIFES-rapport 38 s.

Måge, A., Julshamn, K., Storaker, A. og Furevik, D. 2006. Kvikksølvinnhold i fisk og sjømat ved søkkt ubåt (U864) vest av Fedje- Nye analysar 2006 – Samanlikning med data frå 2004 og 2005. NIFES-rapport. 15 sider.

Måge, A., Vågenes, L., Frantzen, S., Julshamn, K. og Furevik D., 2007. Kvikksølvinnhold i fisk og sjømat ved søkkt ubåt (U864) vest av Fedje- Nye analysar 2007 – Samanlikning med data frå 2004 til 2006. Rapport til Kystverket. 17 sider.

Uriansrud, F., Skei, J. og Stenstrøm, P., 2005. Miljøovervåkning, strømundersøkelser, sedimentkartlegging og miljørisikovurdering knyttet til Fase 1, kartlegging og fjerning av kvikksølvforurensing ved U864. NIVA-rapport 5092-2005, 61 s.