

Bilag 78



N I F E S

NASJONALT INSTITUTT
FOR ERNÆRINGS- OG
SJØMATFORSKNING

Rapport

2013

Metaller og organiske miljøgifter i sjømat fra Vatsfjorden

Sylvia Frantzen og Amund Måge

**Nasjonalt institutt for ernærings-
og sjømatforskning (NIFES)**

20.03.2014

FORORD

Dette er en undersøkelse gjennomført på oppdrag fra Jakob Hatteland på bakgrunn av en bekymring for at sjømaten i Vatsfjorden skal bli forringet av forurensning fra et anlegg som demonterer utrangerte oljeplattformer i området. Vi rapporterer resultater fra analyser og sammenligner med resultater fra andre undersøkelser gjort på de samme artene i andre områder, men gjør ingen spekulasjoner om kilder i tilfeller hvor det ser ut til å kunne være forhøyede nivåer.

Prøvetakingen ble gjort av en lokal fisker og ble organisert av oppdragsgiver etter instruks utarbeidet ved NIFES. Det øvrige arbeidet med opparbeiding og analyser ble gjennomført ved NIFES. Arbeidet med opparbeiding av prøver ble gjennomført ved NIFES' prøvemottak under ledelse av Anne-Margrethe Aase. Analysene for metaller og TBT ble gjennomført ved laboratorium for grunnstoff ledet av Marita Eide Kristoffersen, og analysene for de organiske miljøgiftene ble gjennomført ved laboratorium for fremmedstoffer ledet av Annette Bjordal.

Vi takker alle som har bidratt til gjennomføringen av prosjektet.

INNHold

Forord.....	3
Innhold	4
Sammendrag.....	5
1. Innledning	7
1.1 Bakgrunn	7
1.2 Miljøgifter og mattrygghet	7
1.3 Bakgrunnsdata for de ulike artene som overvåkes	8
1.3.1 Blåskjell.....	8
1.3.2 Krabbe	8
1.3.3 Torsk.....	9
1.3.4 Brosme.....	9
2. Materiale og metoder	10
2.1 Prøveinnsamling.....	10
2.2 Prøveopparbeiding.....	10
2.3 Analyser	11
2.3.1 Metaller	11
2.3.2 Dioksiner, dl-PCB og PCB ₆	12
2.3.3 PAH.....	12
2.3.4 TBT	13
2.3.5 Fettinnhold.....	13
3. Resultater og diskusjon.....	14
3.1 Blåskjell.....	14
3.2 Krabbe	15
3.2.1 Krabbene som ble prøvetatt.....	15
3.2.2 Metaller i klokjøtt og brunmat av krabbe	16
3.2.3 Organiske miljøgifter i brunmat av krabbe	17
3.3 Torsk.....	20
3.3.1 Størrelse, kjønn og levervekt på torsken	20
3.3.1 Metaller i muskel og lever av torsk	20
3.3.2 Organiske miljøgifter i lever av torsk.....	22
3.4 Brosme	24
3.3.1 Størrelse, kjønn og levervekt på brosmene.....	24
3.3.2 Metaller i muskel og lever av brosme	24
3.3.3 Organiske miljøgifter i lever av brosme	25
4. Konklusjoner	27
5. Litteraturliste.....	27

SAMMENDRAG

Det er i 2013 utført en undersøkelse i av innholdet av miljøgifter i sjømat fra Vatsfjorden i Vindafjord kommune i Rogaland. Blåskjell og krabber ble prøvetatt ved to ulike lokaliteter, Eikanes og Raunes, mens torsk ble prøvetatt i området ved Eikanesholmen og brosme ved utløpet av Vatsfjorden mot Yrkefjorden (Vatsfjordinnngangen).

For blåskjell ble det laget samleprøver av 25 skjell fra hver av de to lokalitetene. For krabbe ble det analysert klokjøtt og brunmat av ti individuelle krabber fra hver av de to lokalitetene. Videre ble det analysert muskel- og leverprøver av ti enkeltfisk av hver av torsk og brosme.

Alle prøvene ble analysert for tungmetaller, arsen og selen mens blåskjell i tillegg ble analysert for flere metaller, tributyltinn (TBT) og polyaromatiske hydrokarboner (PAH). Brunmat av krabbe og fiskelever ble i tillegg til metaller analysert for de organiske miljøgiftene dioksiner og dioksinlignende PCB (dl-PCB), ikke-dioksinlignende PCB (PCB₆) og PAH.

Kvikksølvkonsentrasjonene i blåskjell fra de to lokalitetene var henholdsvis 0,027 og 0,024 mg/kg våtvekt, som er godt under EU og Norges øvre grenseverdi for omsetning av skjell til humant konsum på 0,5 mg/kg våtvekt, og lavt sammenlignet med generelle data fra Norskekysten. Også PAH og TBT i blåskjell viste relativt lave nivåer.

Krabber fra Vatsfjorden viste nivå av kvikksølv i klokjøtt som var høyere enn bakgrunnsnivå for kysten av Rogaland og landet for øvrig. Nivået var imidlertid under grenseverdien på 0,5 mg Hg/kg våtvekt med gjennomsnitt på 0,19 og 0,22 mg/kg våtvekt ved de to lokalitetene og maksverdier på henholdsvis 0,35 og 0,40 mg/kg våtvekt. Ellers var det relativt lave kadmiumkonsentrasjoner i krabbe fra Vatsfjorden.

Brunmat av krabber hadde ikke forhøyet nivå av sum dioksiner og dl-PCB sammenlignet med bakgrunnsnivå for kysten, med gjennomsnittskonsentrasjoner på 3,6 og 3,5 ng TE/kg våtvekt ved henholdsvis Raunes og Eikanes. Nivået av sum PCB₆ så imidlertid ut til å være noe forhøyet, med gjennomsnitt på henholdsvis 18 og 21 µg/kg våtvekt ved de to lokalitetene, sammenlignet med et bakgrunnsnivå for kysten av Rogaland på 12 µg/kg våtvekt. Fordi krabbe lett akkumulerer mye miljøgifter er det ikke grenseverdier som gjelder for miljøgifter i brunmat av krabbe, men Mattilsynet har gitt et kostholdsråd til kvinner i fruktbar alder og barn om å unngå å spise brunmat av krabbe.

Torsk viste kvikksølvkonsentrasjoner i muskel som var under grenseverdien for mattrygghet i alle prøvene, med en gjennomsnittskonsentrasjon på 0,15 mg/kg våtvekt og et spenn på 0,042 til 0,29 mg/kg våtvekt. Nivået var det samme som tidligere målt i muskel av torsk fra fjordsystemet utenfor Vatsfjorden (Ryfylke). Kvikksølvnivået i lever av torsk var imidlertid noe høyere i torsk fra Vatsfjorden (gjennomsnitt 0,15 mg/kg våtvekt) enn i torsken fra Ryfylke (gjennomsnitt 0,069 mg/kg våtvekt).

All torsken fra Vatsfjorden så nær som en hadde konsentrasjoner i lever av dioksiner og dl-PCB og PCB₆ som var høyere enn EU og Norges øvre grenseverdier som gjelder torskelever (20 ng TE/kg våtvekt for sum dioksiner og dl-PCB og 200 µg/kg våtvekt for torskelever).

Dette er ikke uvanlige nivå for vestnorske fjorder, men med gjennomsnitt på 42 ng TE/kg våtvekt for sum dioksiner og dl-PCB og 396 µg/kg våtvekt for sum PCB₆ var nivåene noe over det som ble målt i torsk fra Ryfylke og noen andre vestnorske fjorder i basisundersøkelsen. Fordi fiskelever ved tidligere undersøkelser har vist hyppige overskridelser av grenseverdiene for organiske miljøgifter ved kysten og inne i fjorder, har Mattilsynet gitt en generell advarsel mot å spise lever av selvfanger fisk i kyst- og fjordområder.

Brosme fisket i Vatsfjordinngangen hadde kvikksølvkonsentrasjoner i muskel hos to av ti fisk over grenseverdien på 0,5 mg/kg våtvekt med den høyeste på 0,71 mg/kg våtvekt. Gjennomsnittskonsentrasjonen på 0,40 mg/kg våtvekt var imidlertid under grenseverdien. Brosme har vist seg å kunne ha relativt høye nivåer av kvikksølv i muskel, og nivået i brosmene fra Vatsfjorden var på linje med tidligere analyser av brosme fra kysten av Vestlandet.

Nivået av sum dioksiner og dl-PCB samt sum PCB₆ i lever av brosme var over grenseverdiene i alle prøvene, og konsentrasjonene var høyere enn hos torsk fra Vatsfjorden. Gjennomsnittskonsentrasjon for sum dioksiner og dl-PCB var på 65 ng TE/kg våtvekt, og for sum PCB₆ var gjennomsnittet 707 µg/kg våtvekt. Vi har foreløpig ikke gode data å sammenligne med for å kunne si om dette er unormalt høye nivåer for brosme.

Ut fra resultatene i denne undersøkelsen ser Vatsfjorden ut til å være noe påvirket av kvikksølv og PCB i sjømat, men ikke på nivåer som gir grunnlag for nye kostholdsråd.

1. INNLEDNING

1.1 Bakgrunn

I Vatsfjorden i Vindafjord kommune i Rogaland har det i lang tid vært bekymring for at fjordsystemet har blitt forurenset av industriell virksomhet. Bekymringen har spesielt vært knyttet til demontering av utrangerte oljeplattformer som har pågått siden 2004. Man har blant annet vært redd for at forurensing skal føre til forringelse av sjømaten i området. Det gjennomføres et pågående overvåkingsprogram for fjordsystemet pålagt av Miljødirektoratet (Kvassnes m.fl., 2013). NIFES har imidlertid blitt bedt om å gjennomføre et overvåkningsprogram spesielt innsiktet på sjømat for å gi enda grundigere svar på om sjømaten i Vatsfjorden har forhøyet nivå av miljøgifter og om dette kan ha en betydning for mattryggheten. Derfor ble det i 2013 tatt prøver av blåskjell, krabbe, torsk og brosme i fjorden, og prøvene er analysert for ulike miljøgifter: metaller, dioksiner og dioksinlignende PCB, ikke-dioksinlignende PCB, PAH og TBT.

1.2 Miljøgifter og mattrygghet

Tungmetaller og organiske miljøgifter finnes overalt i det marine miljøet og i all slags sjømat i ulike nivåer. Miljøgiftene kan enten være langtransportert med luft- og vannstrømmer (diffuse kilder) eller de kan være sluppet ut lokalt fra kjente kilder. De kan også være til stede i bunnsedimentene som et resultat av tidligere utslipp, slik som i mange fjorder og havner.

På grunn av langtransportert forurensning fra diffuse kilder i inn- og utland vil det selv langt ute i havet fjernt fra menneskelig aktivitet finnes spor av miljøgifter i sjømat, men som oftest vil nivåene avta jo lenger bort fra kildene man kommer. I norske havområder vil det typisk være lavest konsentrasjoner i Barentshavet, noe høyere i Norskehavet og høyest i Nordsjøen og Skagerrak. Og så vil det typisk være enda høyere nivåer enn ute i havet langs kysten og inne i fjordene, der det er og har vært lokale kilder til miljøgiftforurensning.

Det er svært stor variasjon mellom ulike typer sjømat i hvor høyt nivå det er av ulike miljøgifter. Variasjonene skyldes faktorer som fettinnhold, alder, størrelse, diett, nivå i næringskjeden, om arten er stedbunden eller mer bevegelig, om den lever i tilknytning til sedimentene eller fritt i vannmassene og biologiske forskjeller i evne til å akkumulere ulike stoffer. Derfor kan noen arter ha høyt innhold av en type miljøgift mens andre har svært lavt innhold i et område med samme påvirkning.

Tabell 1. EU og Norges øvre grenseverdier for fremmedstoffer i ulike typer sjømat inkludert i denne undersøkelsen.

Type sjømat Inkludert i denne undersøkelsen	Fiskefilet Torsk, brosme	Fiskelever Torsk, brosme	Skjell Blåskjell	Krepsdyr Krabbe, klo
Kvikksølv (mg/kg våtvekt)	0,5		0,5	0,5
Kadmium (mg/kg våtvekt)	0,05		1,0	0,5
Bly (mg/kg våtvekt)	0,3		1,5	0,5
Sum dioksiner og furaner (ng 2005-TE/kg vv)	3,5		3,5	3,5
Sum dioksiner, furaner og dioksinlignende PCB (ng 2005-TE/kg vv)	6,5	20	6,5	6,5
Sum PCB ₆	75	200	75	75
PAH: Benzo(a)pyren (µg/kg vv)			5	
Sum 4 PAH (µg/kg vv)			30	

For å beskytte konsumenter av sjømat mot for høyt inntak av skadelige stoffer gjennom maten har EU og Norge fastsatt øvre grenseverdier for hvor høye konsentrasjoner av ulike miljøgifter ulike typer mat kan ha ved omsetning til humant konsum ([EU 1881/2006](#)). Tabell 1 viser de øvre grenseverdiene som gjelder for ulike typer sjømat som er relevant for denne undersøkelsen. Grenseverdiene er svært ulike for ulike typer sjømat blant annet fordi de naturlig akkumulerer ulike nivåer. I filet av mager fisk som torsk og brosme er det stort sett bare kvikksølv som i forurensede områder kommer opp i nivåer som nærmer seg eller overstiger grenseverdien. Fiskelever på sin side akkumulerer lett høye nivåer av organiske miljøgifter, og derfor er det satt særlig høye grenseverdier for dioksiner og dioksinlignende PCB og PCB₆ i fiskelever. Likevel skal det relativt lite til for at disse grenseverdiene overskrides i fiskelever, og Mattilsynet har gitt kostholdsråd til kvinner i fruktbar alder og barn om å unngå å spise fiskelever generelt (<http://www.matportalen.no/verktøy/advarsler/>). For befolkningen ellers har de gitt et råd om å ikke spise lever av selv fisket fisk langs kysten og i fjordene (innenfor grunnlinjen). Skjell kan akkumulere særlig metaller og PAH hvis disse er tilstede i vannet, men for blåskjell skal det likevel mye til for å oppnå konsentrasjoner over grenseverdiene. Blåskjell er en ofte brukt indikator for forurensning fordi forurensningsnivået i vannet gjerne reflekteres i blåskjellene. Krabber kan akkumulere mye miljøgifter i fordøyelseskjertelen (hepatopankreas) som sammen med rogn utgjør brunmaten i krabben. På grunn av dette gjelder grenseverdiene for krabbe bare klokjøttet. For å beskytte de mest sårbare gruppene har Mattilsynet imidlertid gitt kostholdsråd til kvinner i fruktbar alder og barn om å unngå å spise brunmaten (<http://www.matportalen.no/verktøy/advarsler/>). Klokjøtt på sin side akkumulerer svært lite miljøgifter, men klokjøttet kan oppnå forhøyet kvikksølvnivå dersom det er forhøyet kvikksølvnivå i miljøet.

Av grunner som er nevnt over reflekterer ikke nødvendigvis grenseverdiene for mattrygghet forurensningsnivå, og skal man si noe om nivået av miljøgifter er forhøyet i et område er det nødvendig å sammenligne med et bakgrunnsnivå. Gjennom ulike overvåknings- og kartleggingsprogram finnes det nå relativt solide mengder bakgrunnsdata for de fleste av artene som er analysert i denne undersøkelsen, slik at det skal være mulig å antyde om nivåene i Vatsfjorden er forhøyet eller ikke i de ulike artene. Det må imidlertid presiseres at vi likevel ikke kan spekulere i hva som er kilde til de eventuelle forhøyede nivåene.

1.3 Bakgrunnsdata for de ulike artene som overvåkes

1.3.1 Blåskjell

Blåskjell akkumulerer særlig metaller og polyaromatiske hydrokarboner (PAH) ved at de filtrerer vannet, og de er en mye brukt indikator for forurensningsnivå. Derfor har det blitt analysert mange blåskjell gjennom tidligere overvåkning, og gjennom tilsynsprogrammet for skjell som NIFES årlig gjennomfører for Mattilsynet er det skaffet mye bakgrunnsdata for nivåene av de fleste miljøgifter i blåskjell langs hele kysten (Duinker m.fl., 2012). Disse kan brukes til å sammenligne resultater fra Vatsfjorden med, i tillegg til at resultatene kan sammenlignes med Miljødirektoratets klassifiseringssystem for forurensning.

1.3.2 Krabbe

Brunmat av krabbe har en særlig evne til å akkumulere mye kadmium, i tillegg til at det i forurensede områder også kan bli relativt høye nivåer av organiske miljøgifter. I 2011/2012 ble det på oppdrag fra Mattilsynet gjennomført en kartlegging der det ble tatt prøver av krabber langs hele kysten fra Hvaler til Vesterålen (Julshamn m.fl., 2012). Disse ble analysert for en rekke metaller og ulike organiske miljøgifter. Prøvene ble tatt i områder som var antatt

lite forurenset, og et av målene var å kartlegge bakgrunnsnivå for miljøgifter i de ulike krabbene. Totalt ble det analysert både klokjøtt og brunmat av 465 krabber, og dette ga et veldig godt materiale for sammenligning når en skal vurdere om nivåene i for eksempel Vatsfjorden er forhøyet eller ikke.

1.3.3 Torsk

Torsk er en art som i likhet med blåskjell er mye brukt som forurensningsindikator, og blir derfor ofte benyttet i overvåkningssammenheng. Det er også mye data på miljøgifter i filet og lever av torsk som opp gjennom tidene har blitt lagt ut på NIFES' sjømatdatabase, [Sjømatdata](#). I 2009-2011 ble det dessuten gjennomført en stor basisundersøkelse (Julshamn m.fl., 2013b), som ga et enda bedre datagrunnlag til å sammenligne nye resultater med. Her ble i alt 4000 torsk fra både Barentshavet, Nordsjøen og en rekke fjorder og kystområder analysert for metaller i muskel og metaller og organiske miljøgifter i lever. Blant annet ble det tatt prøver av torsk fra to posisjoner i Ryfylke.

1.3.4 Brosme

For brosme finnes det mye mindre data enn for torsk, både med hensyn til innhold av miljøgifter og ellers biologi og levevis. Men det er en art som har fått økende interesse fordi den ser ut til å kunne akkumulere relativt høye konsentrasjoner av kvikksølv i forurensede områder. Blant annet ble det funnet brosme med svært høye kvikksølvnivåer i Sørfjorden og Hardangerfjorden gjennom en masteroppgave i 2009 (Kvangarsnes, 2010; Kvangarsnes m.fl., 2012), bekreftet gjennom en senere kartlegging i Hardangerfjorden (Måge m.fl., 2012). Kanskje er brosme en god indikator for om kvikksølvforurensning i et område har en effekt på sjømattrygghet. På grunn av de høye nivåene av kvikksølv i brosme fra Hardangerfjorden advarer nå Mattilsynet mot å spise brosme i størstedelen av Hardangerfjorden (se [matportalen.no](#)). De har også bestilt en større kartlegging av miljøgifter i brosme som er under gjennomføring i løpet av 2013-2015, der det vil bli analysert filet og lever av brosmes fra 55 ulike posisjoner langs kysten, i fjorder og i åpne havområder. Innen denne kartleggingen er ferdig finnes det noe data på "normalverdier" av kvikksølv i brosme som fremkom gjennom den nevnte masteroppgaven til Kristine Kvangarsnes samt det som ligger i [Sjømatdata](#), men det finnes så langt svært lite bakgrunnsdata for innholdet av miljøgifter i lever av brosme.

2. MATERIALE OG METODER

2.1 Prøveinnsamling

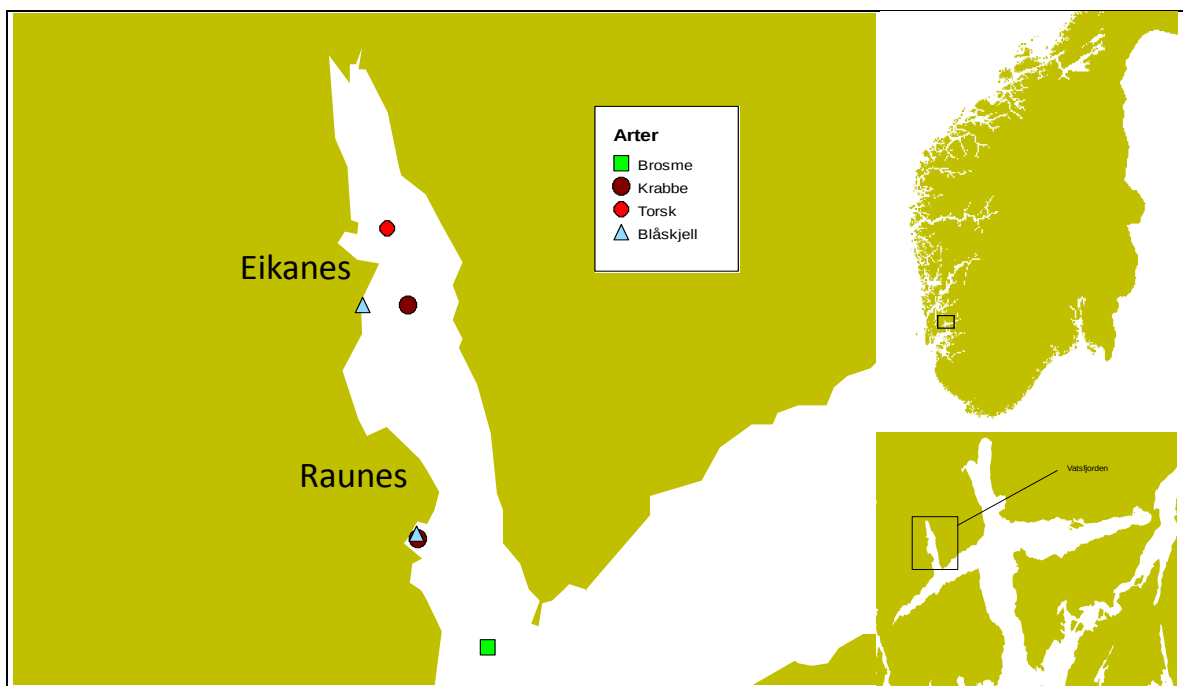
Vatsfjorden er en ca. 5 km lang fjord som munner ut i Yrkefjorden i Vindafjord kommune, nord i Boknafjordsystemet (Figur 1). Prøvetakingen ble foretatt av en lokal fisker i henhold til detaljert prøvetakingsinstruks og følgeskjema utarbeidet ved NIFES.

Blåskjell ble prøvetatt 6. oktober ved to lokaliteter: Eikanes og Raunes (Figur 1). Blåskjellene ble løsnet med rive ca. en meter under flomålet, og fra hver lokalitet ble det laget en samleprøve av minst 25 skjell i passelig spisetørrelse.

Prøvetakingen for krabbe ble også gjort ved Eikanes og Raunes (Figur 1), og fant sted 15. oktober. Krabbene ble tatt i teiner satt ved ca. 15 meters dyp, og det ble tatt ti krabber ved hver av de to lokalitetene.

Torsken ble fisket i perioden 2. til 13. juni ved Eikanesholmen i den indre delen av fjorden (Figur 1). Den ble tatt med line ved 20-25 meters dyp. Det ble samlet inn ti torsk. Brosmene ble fanget 13. juli i Vatsfjordinngangen i teine satt ved 150-200 meters dyp (Figur 1). Det ble samlet inn ti brosmer.

To samleprøver av blåskjell, og 2 x 10 krabber, 10 torsk og 10 brosmer ble frosset inn enkeltvis før de ble levert til NIFES for prøveopparbeiding og analyser.



Figur 1. Kart over Vatsfjorden som viser hvor prøvene av henholdsvis brosme (grønn firkant), krabbe (brun sirkel), torsk (rød sirkel) og blåskjell (lys blå trekant) ble tatt. Til høyre er gitt et oversiktskart over Sør-Norge og et kart som viser hvor Vatsfjorden er i forhold til resten av Vindafjorden.

2.2 Prøveopparbeiding

Ved NIFES' prøvemottak ble prøvene tint, før hver fisk og krabbe ble lengdemålt og veid. Lever fra hver fisk ble tatt ut før fisken ble filetert. 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 i tillegg til varierende mengde rogn for en stor

del består av hepatopankreas (også kalt fordøyelseskjertelen, eller levermassen). Det ble laget en samleprøve av 25 blåskjell. Totalvekten av de 25 blåskjellene ble bestemt, og hvert skjell ble lengdemålt før bløte deler ble plukket fra skallet. Deretter ble totalvekten av alle bløte deler og totalvekten av alle skallene bestemt.

Prøver av fiskemuskel fra hver fisk, klokjøtt fra hver krabbe, brunmat fra hver krabbe og samleprøvene av blåskjell ble homogenisert og frysetørket før oppslutning og analyser. Lever fra hver fisk ble bare homogenisert og ikke frysetørket før analyser.

2.3 Analyser

Blåskjell ble analysert for en lang rekke metaller, tributyltinn (TBT) og polyaromatiske hydrokarboner (PAH). Klokjøtt av krabbe og filet av torsk og brosme ble kun analysert for tungmetaller (As, Cd, Hg, Pb, Se), mens brunmat av krabbe og lever av torsk og brosme i tillegg ble analysert for dioksiner og dioksinlignende PCB (dl-PCB), ikke-dioksinlignende PCB (PCB₆) samt PAH. De prøvene som ble analysert for dioksiner og PCB ble også analysert for fettinnhold.

Tabell 2. Hvilke analyser som ble gjennomført på de ulike artene og prøvetypene.

Prøve	N	Metaller	Dioksiner, dl-PCB og PCB ₆	PAH	TBT	Fettinnhold
Blåskjell, samleprøve	2x1	x ¹		x	x	
Krabbe, klo	2x10	x				
Krabbe, brunmat	2x10	x	x	x		x
Torsk, filet	10	x				
Torsk, lever	10	x	x	x		x
Brosme, filet	10	x				
Brosme, lever	10	x	x	x		x

¹Blåskjell ble analysert for en større "pakke" av metaller enn de andre prøvene.

2.3.1 Metaller

Det ble veid inn 0,20-0,25 g frysetørket materiale fra hver muskelprøve eller opp til 0,5 g vått prøvemateriale fra hver leverprøve til bestemmelse av metaller. Før sluttbestemmelsen ble prøvene dekomponert i ekstra ren salpetersyre og hydrogenperoksid og oppvarmet i mikrobølgeovn (Milestone-MLS-1200). Målingene ble utført med bruk av Agilent 7500c induktiv koplet plasma-massespektrometer (ICPMS) med HP-datamaskin. Det ble anvendt kvantitativ ICPMS med ekstern kalibrering (standardkurve) til bestemmelse av arsen, kadmium, kvikksølv, bly, sølv, kobber, jern, kobolt, sink, selen, mangan, vanadium, strontium, barium og tinn. Det ble tilsatt gull til standardløsningene for å stabilisere kvikksølvionene, og rodium ble anvendt som intern standard for å korrigere for eventuell drift i instrumentet (Julshamn et al., 2007). Riktighet og presisjon for metallbestemmelsene har blitt bestemt ved analyser av det sertifiserte referansematerialet Tort-2 (hepatopankreas av hummer; National Research Council, Canada) og ved deltagelse i ringtester. Metoden er akkreditert for arsen, kadmium, kobber, sink, kvikksølv, bly og selen. Kvantifiseringsgrensen beregnet på tørr prøve for hvert av disse grunnstoffene er vist i tabell 3. På våt/frisk prøve blir kvantifiseringsgrensen lavere. Metoden er også kvalitetssikret for de ikke akkrediterte metallene.

Tabell 3. Kvantifiseringsgrense (LOQ) for hvert av de grunnstoffene som metoden er akkreditert for.

Element	Cu	Zn	Cd	Hg	Pb	As	Se
LOQ (mg/kg tørrvekt)	0,3	1,5	0,01	0,03	0,03	0,03	0,1

2.3.2 Dioksiner, dl-PCB og PCB₆

Opparbeiding av leverprøver og krabbebrunmat for bestemmelse av de organiske fremmedstoffene dioksiner, dioksinlignende PCB (non-orto og mono-orto PCB) og ikke-dioksinlignende PCB ble utført med en felles opprensings- og ekstraksjonsmetode. Homogenisert våt eller frysetørket prøve ble blandet med hydromatriks og tilsatt ¹³C-merkede internstandarder (27 standarder for dioksiner, furaner og dioksinlignende PCB og én standard for ikke-dioksinlignende PCB). Blandingen ble overført til en Accelerated Solvent Extractor-300 (ASE) med et lag av svovelsur kiselgel i bunnen (for nedbrytning av fett) og ekstrahert med heksan under hevet trykk og temperatur. Ekstraktet ble videre renset kromatografisk ved hjelp av PowerPrep over tre kolonner pakket med henholdsvis multilayer silica, basisk alumina og karbon. Det ble samlet opp to fraksjoner der fraksjon 1 inneholdt ikke-dioksinlignende PCB og mono-orto PCB og fraksjon 2 inneholdt dioksiner, furaner og non-orto PCB.

Dioksiner, furaner og dioksinlignende PCB ble bestemt på høyoppløsende GC-MS (HRGC-HRMS) og kvantifisert ved hjelp av isotopfortynning/intern standard. Metoden kvantifiserer til sammen syv kongenere av dioksiner (PCDD), 10 kongenere av furaner (PCDF), fire kongenere av non-orto PCB (PCB-77, 81, 126 og 169) og åtte kongenere av mono-orto PCB (PCB-105, 114, 118, 123, 156, 157, 167 og 189). Toksiske ekvivalentverdier (TE) ble beregnet ved å multiplisere konsentrasjonene med kongenernes toksiske ekvivalensfaktorer (WHO-TEF 2005; Van den Berg m.fl., 2006). Ved summering av dioksiner og dioksinlignende PCB ble konsentrasjoner mindre enn kvantifiseringsgrensen (LOQ) satt lik LOQ (upperbound LOQ). LOQ for de ulike kongenerne av dioksiner, furaner og non-orto PCB varierte mellom 0,008 og 0,4 pg/g, og for mono-orto PCB mellom 4 og 75 pg/g.

Ikke dioksinlignende PCB ble analysert på GC-MS EI og kvantifisert ved hjelp av intern standard og ettpunkts kalibreringskurve gjennom origo. Metoden kvantifiserer seks ikke-dioksinlignende PCB (PCB 28, 52, 101, 138, 153 og 180), som i sum utgjør PCB₆. Kvantifiseringsgrensen for hver enkelt av kongenerne var 0,03 µg/kg vv.

Metoden for bestemmelse av dioksiner, dl-PCB og PCB₆ er akkreditert og har blitt jevnlig prøvd ved ringtestdeltakelse med gode resultater.

2.3.3 PAH

Frysetørket prøve av blåskjell og krabbebrunmat eller våt prøve av fiskelever ble blandet med hydromatriks og tilsatt intern standard før de ble ekstrahert med en blanding av Diklormetan (DCM) og sykloheksan (1:3) ved hjelp av Accelerated Solvent Extraktor (ASE) (Temperatur 100°C og trykk 1500 psi). Innveid prøvemengde varierte mellom ca. 0,5 og 3 g avhengig av prøvetype og innhold av tørrstoff og fett. Fettet ble delvis fjernet on-line ved hjelp av kiselgel. Ekstraktene ble dampet inn på turbovap og renset ytterligere på SPE-kolonner (ENVI Chrom P). Løsemiddelet ble byttet til isooktan og prøvene konsentrert til 50 µl før de ble tilsatt recoverystandard og sluttbestemt på gasskromatograf koblet til tandem massespektrometer, GCMSMS.

Sammen med hver prøveserie ble det opparbeidet en kalibreringskurve som ble benyttet til kvantifisering. Metoden er akkreditert for følgende PAH-forbindelser i blåskjell:

Benz(a)anthracene BaA, Benzo(a)pyrene BaP, Benzo(b)fluoranthene BbF, Benzo(k)fluoranthene, Chrysene Chr, Cyclopenta(cd)pyrene, Dibenzo(ah)anthracene, Indeno(1,2,3-cd)pyrene og 5-methylchrysene. I tillegg analyseres fire forbindelser uakkreditert: Dibenzo(ae)pyrene, Dibenzo(ah)pyrene, Dibenzo(ai)pyrene og Dibenzo(al)pyrene. Kvantifiseringsgrense (LOQ) for hvert av de akkrediterte stoffene var på 0,15 ng/prøve, mens for de uakkrediterte stoffene var LOQ 0,75 ng/prøve. LOQ i

konsentrasjon får man ved å dele på innveid prøvemengde, derfor vil LOQ variere fra prøve til prøve.

2.3.4 TBT

Innveid prøvemengde ble tilsatt spikeløsning og ekstrahert med eddiksyre/metanol på rotator. Etter sentrifugering ble supernatanten tatt ut og pH ble justert før derivatisering og ekstraksjon over i heksan. Prøvene ble til slutt analysert på GCICPMS og TBT ble kvantifisert ved hjelp av isotopfortynning. LOQ for TBT var 1 µg/kg tørrvekt. Metoden er ikke akkreditert, men er validert og kvalitetssikret ved analyser av standard referansemateriale og deltakelse i ringtester med godt resultat.

2.3.5 Fettinnhold

Prinsippet for metoden for fettbestemmelse er gravimetri. Innveid prøve ble ekstrahert med etylacetat, etylacetat ble dampet av og fettene ble veid. Det er kun ikke-polart fett som blir bestemt, og metoden vil derfor for magre prøver gi en underestimering av det totale fettinnholdet. Metoden er akkreditert, og laboratoriet har deltatt i ringtester med metoden siden 1998 med godt resultat.

3. RESULTATER OG DISKUSJON

3.1 Blåskjell

Konsentrasjon av en rekke metaller analysert i samleprøver av blåskjell prøvetatt ved henholdsvis Eikanes og Raunes i Vatsfjorden i oktober 2013 er vist i Tabell 4. Tabellen viser også konsentrasjon av tributyltinn (TBT) i blåskjell. Begge prøvene hadde konsentrasjoner av både kvikksølv, kadmium og bly langt under EU og Norges grenseverdier satt for mattrygghet. Konsentrasjonen av de fleste av de analyserte metallene var dessuten på nivå med eller lavere enn gjennomsnittsnivået for dyrkede blåskjell fra hele kysten som har vært målt i mange år gjennom tilsynsprogrammet for skjell (Duinker et al. 2011). Blåskjell inneholder generelt lave nivåer av metaller i forhold til grenseverdier og sammenlignet med andre skjellarter, men brukes ofte som indikator på forurensning fordi de lett oppnår forhøyede konsentrasjoner i forurenset miljø. Nivåene funnet i denne undersøkelsen er også godt under klassifiseringsgrensene for god kjemisk tilstand, som for blåskjell er satt til 0,1 mg/kg våtvekt for kvikksølv, 1 mg/kg våtvekt for kadmium og 3 mg/kg våtvekt for bly (med 20 % tørrstoff). For flere av elementene slik som jern, kadmium og bly var nivåene høyere i blåskjellene prøvetatt lengst inne i Vatsfjorden enn i de som ble prøvetatt lenger ute.

Tributyltinn (TBT) var til stede i målbart nivå, med konsentrasjoner på 0,36 og 0,56 µg Sn/kg våtvekt ved de to lokalitetene. Også her var nivåene ikke spesielt høye sammenlignet med ”normalverdier” fra tilsynsprogrammet for skjell.

Konsentrasjon av polyaromatiske hydrokarboner (PAH) er vist i Tabell 5. For de aller fleste av de analyserte PAH-forbindelsene var nivået under bestemmelsesgrensen (LOQ). Det er per i dag to ulike grenseverdier for PAH som gjelder skjell til humant konsum, den ene gjelder den særlig kreftfremkallende Benzo(a)pyren, som ikke ble funnet i målbare nivåer her. Den

Tabell 4. Konsentrasjoner (mg/kg våtvekt) av analyserte metaller i samleprøver av blåskjell fra henholdsvis Eikanes og Raunes. Konsentrasjon (µg/kg våtvekt) av tributyltinn (TBT) er også vist. Gjeldende øvre grenseverdier (EU og Norge) er gitt for kadmium, kvikksølv og bly.

Grunnstoff (mg/kg vv)	Eikanes	Raunes	Grenseverdi (mg/kg vv) ¹
Ag*	0,004	0,004	
As	2,1	1,7	
Ba*	0,75	0,11	
Cd	0,15	0,086	1,0
Co*	0,11	0,058	
Cu	1,1	1,1	
Fe*	110	25	
Hg	0,027	0,024	0,5
Mn*	3,7	2	
Mo*	0,09	<0,09	
Pb	0,24	0,11	1,5
Se	0,32	0,38	
Sn*	0,01	0,005	
Sr*	6,0	4,8	
V*	0,28	0,11	
Zn	15	14	
TBT* (µg Sn/kg vv)	0.36	0.56	

¹EU's øvre grenseverdi for omsetning av skjell til humant konsum, som også gjelder i Norge.

Tabell 5. Konsentrasjoner av de analyserte PAH-forbindelsene, samt sum PAH-4, som er lowerbound-summen av de fire førstnevnte forbindelsene. Øvre grenseverdier (EU og Norge) som gjelder for skjell er gitt for benzo(a)pyren og Sum PAH-4.

PAH-forbindelse (µg/kg vv)	Eikanes	Raunes	Grenseverdi ¹
Benz(a)anthracene	<0,15	0,17	
Benzo(a)pyrene	<0,15	<0,15	5,0
Benzo(b)fluoranthene	0,47	0,38	
Chrysene	0,51	0,57	
Sum PAH-4²	0,98	1,1	30
Benzo(c)fluorene	<0,15	<0,15	
Benzo(ghi)perylene	0,29	<0,15	
Benzo(j)fluoranthene	<0,15	<0,15	
Benzo(k)fluoranthene	<0,15	<0,15	
Cyclopenta(cd)pyrene	0,24	0,18	
Dibenz(ah)anthracene	<0,15	<0,15	
Indeno(1,2,3,-cd)pyrene	<0,15	<0,15	
5-methylchrysene	<0,15	<0,15	
Dibenzo(a,e)pyrene*	<0,75	<0,75	
Dibenzo(a,h)pyrene*	<0,75	<0,75	
Dibenzo(a,i)pyrene*	<0,75	<0,75	
Dibenzo(a,l)pyrene*	<0,75	<0,75	

¹EU og Norges øvre grenseverdi som gjelder konsum av blant annet skjell til humant konsum.

²Sum PAH-4 er lowerbound-summen av benzo(a)pyrene, benz(a)anthracene, benzo(b)fluoranthene og chrysene. Lowerbound vil si at konsentrasjoner under kvantifiseringsgrensen (LOQ) er satt lik 0.

andre gjelder summen av fire ulike PAH (Sum PAH-4), som består av Benz(a)anthracene, Benzo(a)pyrene, Benzo(b)fluoranthene og Chrysene. Sum PAH-4 var 0,98 og 1,1 µg/kg våtvekt ved de to lokalitetene, noe som er ca. 1/30 av grenseverdien på 30 µg/kg våtvekt. PAH er forbindelser som blant annet finnes i olje, men også i forbrenningsprodukter fra eksos, brann, røyking av mat og lignende. Mens fisk generelt akkumulerer svært lite PAH-forbindelser i både muskel og lever, der stoffene skilles fort ut etter en hendelse som for eksempel oljesøl, har skalldyr som blåskjell en større evne til å akkumulere disse forbindelsene. Derfor er PAH blåskjell en god indikator på kronisk PAH-forurensning.

3.2 Krabbe

3.2.1 Krabbene som ble prøvetatt

De tjue taskekrabbene som ble prøvetatt ved Eikanes og Raunes i Vatsfjorden 13. oktober 2013 var alle hunner (Tabell 6). Skallbredden varierte fra 15 til 19 cm ved Eikanes og fra 15 til 18 cm ved Raunes. Det var ikke betydelig forskjell i størrelsen på krabbene fra de to lokalitetene, med en gjennomsnittlig skallbredde ± SD på 16,6 ± 1,6 cm ved Eikanes og 16,0 ± 1,0 cm ved Raunes.

Tabell 6. Skallbredde (cm), vekt (g) og kjønnssammensetning (andel hunner, %) for krabbene som ble prøvetatt ved henholdsvis Eikanes og Raunes i oktober 2013 for bestemmelse av miljøgifter. Gjennomsnitt $\pm$ standardavvik (SD), minste og største verdi er vist.

Eikanes, N=10			Raunes, N=10	
	Snitt $\pm$ SD	Min-maks	Snitt $\pm$ SD	Min-maks
Skallbredde (cm)	16,6 $\pm$ 1,6	14,7 - 18,8	16,0 $\pm$ 1,0	14,8 - 17,8
Vekt (g)	639 $\pm$ 164	450 - 843	580 $\pm$ 105	450 - 790
Andel hunner %	100		100	

3.2.2 Metaller i klokjøtt og brunmat av krabbe

Resultat av analyser for tungmetaller, arsen og selen i krabber prøvetatt ved Eikanes og Raunes 13. oktober 2013 er vist i Tabell 7. Gjennomsnittlig kvikksølvkonsentrasjon i klokjøtt av krabber fanget ved Eikanes var $0,19 \pm 0,08$ mg/kg våtvekt, og ved Raunes $0,22 \pm 0,11$ mg/kg våtvekt. Konsentrasjonene var alle under EU og Norges øvre grenseverdi som gjelder kvikksølv i klokjøtt av krabbe, på 0,5 mg/kg våtvekt. Nivået var likevel betydelig høyere enn gjennomsnittlig kvikksølvinnhold i klokjøtt av 465 krabber prøvetatt langs hele kysten fra Hvaler til Vesterålen i 2011/2012, på $0,095 \pm 0,054$ mg/kg våtvekt (Julshamn m.fl., 2012). Også for krabber fra områder utenfor kysten av Rogaland (Sola, Rennesøy, Karmøy), var gjennomsnittskonsentrasjonen av kvikksølv i klokjøtt av krabbe rundt dette nivået ($0,092 \pm 0,047$ mg/kg våtvekt, N=30). Kvikksølvnivået i krabbeklokjøtt var det samme som NIVA fant i krabber tatt ved Vats i 2011, men høyere enn det som ble funnet i 2010 og 2009 ved samme stasjon (Kvassnes m.fl., 2013). Nivået fra denne undersøkelsen var også høyere enn det som ble funnet ved Metteneset og Raunes i 2011.

Brunmat av krabber fra Vatsfjorden hadde lavere konsentrasjoner av kvikksølv enn klokjøtt av krabbe (Tabell 7), med gjennomsnitt $\pm$ SD på $0,072 \pm 0,028$ mg/kg våtvekt ved Eikanes og $0,086 \pm 0,034$ mg/kg våtvekt ved Raunes. Dette er på samme nivå eller muligens litt høyere enn det som har blitt funnet i brunmat av krabber fanget langs hele kysten, der gjennomsnittskonsentrasjon $\pm$ SD av 457 prøver var på $0,067 \pm 0,041$ mg/kg våtvekt ($0,069 \pm 0,043$ mg/kg våtvekt for Rogaland) (Julshamn m.fl., 2012). Ved tidligere overvåking i Vatsfjorden har det blitt målt tilsvarende eller noe lavere konsentrasjoner i brunmat, mellom 0,05 og 0,07 mg/kg våtvekt (Kvassnes m.fl., 2013).

Tabell 7. Konsentrasjon av tungmetallene kvikksølv, kadmium og bly samt selen og arsen i klokjøtt og brunmat av taskekrabber fra Vatsfjorden. Gjennomsnitt $\pm$ standardavvik, minste og største verdi er vist for hver av de to lokalitetene Eikanes og Raunes. Grenseverdien¹ er gitt for Hg, Pb og Cd.

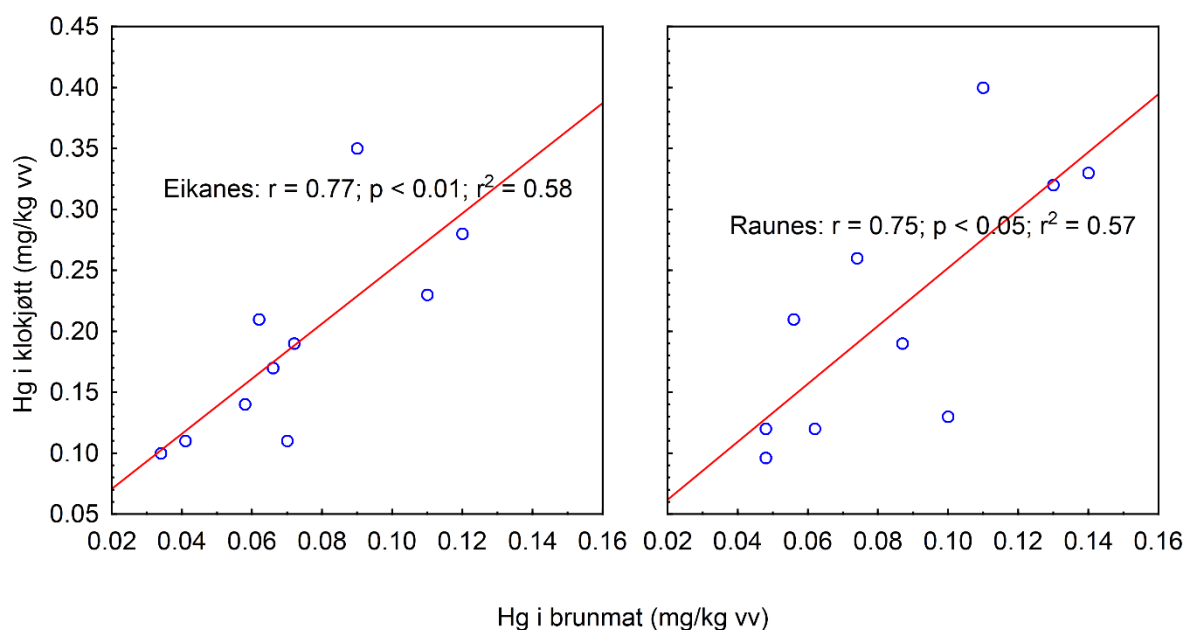
Metaller i krabbe	Eikanes, N=10		Raunes, N=10		Grenseverdi ¹
mg/kg vv	Snitt $\pm$ SD	Min - maks	Snitt $\pm$ SD	Min - maks	
Hg, klo	0,19 $\pm$ 0,08	0,10 - 0,35	0,22 $\pm$ 0,11	0,096 - 0,40	0,5
Hg, brunmat	0,072 $\pm$ 0,028	0,034 - 0,12	0,086 $\pm$ 0,034	0,048 - 0,14	
Pb, klo	0,009 $\pm$ 0,003	<0,007 - 0,018	0,011 $\pm$ 0,004	<0,005 - 0,018	0,5
Pb, brunmat	0,043 $\pm$ 0,010	0,026 - 0,060	0,043 $\pm$ 0,025	0,015 - 0,10	
Cd, klo	0,027 $\pm$ 0,030	0,005 - 0,10	0,020 $\pm$ 0,013	0,004 - 0,043	0,5
Cd, brunmat	0,52 $\pm$ 0,40	0,19 - 1,5	0,44 $\pm$ 0,16	0,22 - 0,67	
As, klo	35 $\pm$ 10	21 - 50	28 $\pm$ 8	15 - 40	
As, brunmat	26 $\pm$ 4	18 - 32	21 $\pm$ 6	13 - 29	
Se, klo	1,2 $\pm$ 0,2	0,86 - 1,7	1,2 $\pm$ 0,3	0,70 - 1,7	
Se, brunmat	1,2 $\pm$ 0,4	0,80 - 1,9	1,2 $\pm$ 0,5	0,004 - 1,8	

¹EU og Norges øvre grenseverdi som gjelder omsetning klokjøtt av krabbe til humant konsum.

Det var en klar sammenheng mellom kvikksølvkonsentrasjon i brunmat og klokjøtt av taskekrabber (Figur 2), men ingen sammenheng mellom kvikksølvkonsentrasjon og størrelse på krabbene.

For kadmium i krabbe ble det funnet lavere konsentrasjoner i Vatsfjorden enn det som er funnet i krabbe langs norskekysten (Julshamn m.fl., 2012). Her er det bare relevant å sammenligne med krabber fra Sør-Norge, på grunn av mye høyere nivå av kadmium i krabber nord for Bodø. For enkelhets skyld har vi derfor sammenlignet med de 30 krabbene som ble prøvetatt utenfor kysten av Rogaland. Mens krabbene fra Vatsfjorden i denne undersøkelsen viste gjennomsnittskonsentrasjoner i klokjøtt på $0,020 \pm 0,013$ og $0,027 \pm 0,030$ mg/kg våtvekt, hadde 30 krabber fra Rogalandskysten gjennomsnittskonsentrasjoner $\pm$ SD av kadmium i klokjøtt på $0,097 \pm 0,100$ mg/kg våtvekt. For brunmat hadde krabber fra Vatsfjorden gjennomsnittskonsentrasjoner på $0,52 \pm 0,40$ og $0,44 \pm 0,16$ mg/kg våtvekt, mens krabbene fra kysten av Rogaland hadde konsentrasjoner på $1,4 \pm 1,4$ mg/kg våtvekt. Den tidligere overvåkingen fra Vatsfjorden viste noe høyere kadmiumkonsentrasjoner i brunmat enn det vi fant i denne undersøkelsen, med 0,7 - 1,8 mg/kg våtvekt (2011-2012). Resultatene viser forøvrig at det er store forskjeller i kadmiumkonsentrasjon fra krabbe til krabbe.

De øvrige metallene som ble analysert, bly, arsen og selen viste samme nivå som det som ble funnet langs norskekysten i 2011/2012 (Julshamn m.fl., 2012), som må kunne karakteriseres som bakgrunnsnivå.



Figur 2. Korrelasjon mellom kvikksølvkonsentrasjon (mg/kg våtvekt) i brunmat og klokjøtt hos krabber fanget ved henholdsvis Eikanes og Raunes i Vatsfjorden.

3.2.3 Organiske miljøgifter i brunmat av krabbe

3.2.3.1 Dioksiner og dioksinlignende PCB

Konsentrasjoner av dioksiner og dioksinlignende PCB (dl-PCB) i brunmat av krabbe fisket ved Eikanes og Raunes i Vatsfjorden er vist i Tabell 8. Gjennomsnittsnivå $\pm$ SD av sum dioksiner og dl-PCB var $3,6 \pm 1,6$ ng TE/kg våtvekt ved Eikanes og $3,5 \pm 1,2$ ng TE/kg våtvekt ved Raunes, og de høyeste målte konsentrasjonene i enkeltkrabber fra de to stasjonene var henholdsvis 6,8 og 6,1 ng TE/kg våtvekt. Krabbe akkumulerer ofte relativt mye

miljøgifter i fordøyelseskjertelen, som utgjør største delen av brunmaten. På grunn av dette og at dette er en mattype med lavt inntak er det ikke grenseverdier som gjelder for miljøgifter i brunmat. Grenseverdien som gjelder sum dioksiner og dl-PCB i det meste av sjømat inkludert klokjøtt av krabbe er på 6,5 ng TE/kg våtvekt. Én krabbe i denne undersøkelsen hadde en konsentrasjon over denne grensen, mens gjennomsnittsnivået for begge stasjonene lå under dette nivået. Gjennomsnittsnivået i krabber fanget langs hele kysten i 2011/2012 var på $3,6 \pm 2,7$ ng TE/kg våtvekt, med et spenn fra 0,6 til 29 ng TE/kg våtvekt (Julshamn m.fl., 2012). For lokalitetene i Rogaland var det et gjennomsnitt på 3,3 ng TE/kg våtvekt. Gjennomsnittsnivået av sum dioksiner og dl-PCB i brunmat av krabbe fra Vatsfjorden var altså ikke forhøyet sammenlignet med det vi må kunne kalle "bakgrunnsnivå" for norskekysten og kysten utenfor Rogaland.

For summen av dioksiner og furaner (sum dioksin) er det satt en grenseverdi på 3,5 ng TE/kg våtvekt for annen sjømat enn brunmat av krabbe. Konsentrasjonen av sum dioksin i brunmat av krabbe viste gjennomsnittskonsentrasjoner ved Eikanes og Raunes på henholdsvis $2,0 \pm 0,6$ og $1,7 \pm 0,6$ ng TE/kg våtvekt, og høyeste verdi ved de to lokalitetene var på henholdsvis 2,8 og 3,0 ng TE/kg våtvekt. Det var altså ingen krabber som viste konsentrasjoner av sum dioksin høyere enn 3,5 ng TE/kg våtvekt. Også for sum dioksin var nivået svært likt "bakgrunnsnivået" for hele kysten, der det ble funnet et gjennomsnittsnivå på $2,1 \pm 1,5$ ng TE/kg våtvekt (gjennomsnitt for Rogaland 1,9 ng TE/kg våtvekt) (Julshamn m.fl. 2012). Med andre ord er det ikke grunnlag for å si at brunmat av krabbe fra Vatsfjorden har forhøyet nivå av dioksiner i forhold til andre områder der det ikke er spesifikke forurensningskilder.

Tabell 8. Konsentrasjon i brunmat av krabbe av sum dioksiner (PCDD), sum furaner (PCDF), sum non-orto PCB, sum mono-orto PCB, sum mono- og non-orto PCB (sum dl-PCB), sum dioksiner og furaner (PCDD/F), samt summen av både dioksiner, furaner og dl-PCB (sum PCDD/F+dl-PCB). Resultat er gitt som gjennomsnitt $\pm$ standardavvik, minste og største verdi for de to lokalitetene Eikanes og Raunes.

Krabbe, brunmat	Eikanes, N=10		Raunes, N=9	
ng 2005 - TE/kg våtvekt ¹	Snitt $\pm$ SD	Min - maks	Snitt $\pm$ SD	Min - maks
Sum PCDD	$0,96 \pm 0,23$	0,58 - 1,3	$0,76 \pm 0,20$	0,46 - 1,1
Sum PCDF	$1,0 \pm 0,4$	0,44 - 1,7	$0,92 \pm 0,45$	0,29 - 1,9
Sum non-ortho PCB	$1,6 \pm 1,0$	0,53 - 3,7	$1,7 \pm 0,7$	0,86 - 3,0
Sum mono-ortho PCB	$0,10 \pm 0,06$	0,043 - 0,25	$0,11 \pm 0,05$	0,070 - 0,20
Sum PCDD/F	$2,0 \pm 0,6$	1,0 - 2,8	$1,7 \pm 0,6$	0,75 - 3,0
Sum dl-PCB	$1,7 \pm 1,0$	0,58 - 3,9	$1,8 \pm 0,7$	0,93 - 3,2
Sum PCDD/F+dl-PCB	$3,6 \pm 1,6$	1,6 - 6,8	$3,5 \pm 1,2$	1,8 - 6,1

¹Upperbound LOQ, det vil si konsentrasjoner under kvantifiseringsgrensen (LOQ) er satt lik LOQ.

3.2.3.2 Ikke-dioksinlignende PCB (PCB₆)

Med hensyn til ikke-dioksinlignende PCB i brunmat av krabbe, så var gjennomsnittskonsentrasjonen av sum PCB₆ ved Eikanes og Raunes henholdsvis 18 ± 13 µg/kg våtvekt og 21 ± 8 µg/kg våtvekt (Tabell 9). Maksverdiene ved de to lokalitetene var henholdsvis 44 og 32 µg/kg våtvekt. Dette er lavere enn EU og Norges grenseverdi på 75 µg/kg våtvekt som gjelder for sum PCB₆ i fisk og sjømat inkludert klokjøtt av krabbe, men som ikke gjelder brunmat av krabbe. I den store krabbekartleggingen fra 2011/2012 ble det målt gjennomsnittskonsentrasjoner ved 47 lokaliteter mellom $4,1 \pm 2,2$ og 52 ± 22 µg/kg våtvekt, og verdiene funnet i denne undersøkelsen ligger et sted midt i dette. Det var imidlertid enkeltlokaliteter som trakk opp gjennomsnittet, og det er kanskje mest naturlig å sammenligne med de tre Rogalandslokalitetene, der gjennomsnittskonsentrasjonen av sum PCB₆ var på 12 µg/kg våtvekt. Det ser altså ut til at nivået av sum PCB₆ i brunmat av krabbe i Vatsfjorden i denne undersøkelsen var noe høyere enn bakgrunnsnivå for kysten av Rogaland. I overvåkingen som tidligere har vært gjennomført i Vatsfjorden ble det rapportert om ikke

detekterbart nivå av sum PCB₇ (sum PCB₆ + PCB-118) i brunmat av krabbe, men dette skyldes nok at bestemmelsesgrensene i analysemetoden som ble benyttet, (LOQ = 10 µg/kg for hver kongener) var mye høyere enn de som ble benyttet her. Dette gjør at det ikke er mulig å sammenligne resultatene fra denne undersøkelsen med den tidligere overvåkingen fra Vatsfjorden.

Med hensyn til kongenersammensetningen av de ikke-dioksinlignende PCBene (sum PCB₆) så var det tre ulike kongene som dominerte. PCB-153 viste de høyeste konsentrasjonene, fulgt av PCB-138 og 180 (Tabell 9). Tilsvarende kongenersammensetning ble funnet i krabbekartleggingen langs kysten i 2011/2012 (Julshamn m.fl. 2012).

Tabell 9. Konsentrasjon av ikke-dioksinlignende PCB, med de seks enkeltkongenerne analysert og summen av disse (Sum PCB₆). Gjennomsnitt ± standardavvik (SD), minste og største verdi er gitt.

PCB	Eikanes, N=10	Raunes; N=9		
(µg/kg vv)	Snitt ± SD	Min - maks	Snitt ± SD	Min - maks
PCB-28	0,40 ± 0,22	0,20 - 1,0	0,34 ± 0,14	0,20 - 0,60
PCB-52	0,069 ± 0,021	0,050 - 0,10	0,053 ± 0,017	0,030 - 0,090
PCB-101	0,90 ± 1,12	0,30 - 4,0	0,91 ± 0,49	0,20 - 2,0
PCB-138	5,1 ± 3,9	1,0 - 13	6,0 ± 2,2	4,0 - 9,0
PCB-153	8,9 ± 6,5	3,0 - 21	10 ± 4	6,0 - 16
PCB-180	2,4 ± 1,7	0,50 - 6,0	3,0 ± 1,1	2,0 - 5,0
Sum PCB ₆	18 ± 13	5 - 44	21 ± 8	13 - 32
Sum PCB ₇ ¹	20 ± 14	6.2 - 50	23 ± 9	14 - 36

¹Sum PCB₆ pluss PCB-118 som er dioksinlignende.

3.2.3.3 Polyaromatiske hydrokarboner (PAH)

Av alle de PAH-forbindelsene det ble analysert for, var det fire ulike som ble målt i kvantifiserbare mengder i brunmat av krabbe (Tabell 10). Alle andre PAH-forbindelser som ble analysert hadde kun konsentrasjoner under bestemmelsesgrensene. Benzo(a)anthracene ble funnet i fem prøver, med opp til 0,29 µg/kg våtvekt, benzo(j)fluoranthene ble funnet i en krabbe fra Eikanes, med 0,7 µg/kg våtvekt, og chrysene ble funnet i to prøver fra hver lokalitet, med opp til 0,6 µg/kg våtvekt. Benzo(a)pyrene ble funnet i en krabbe fra Raunes med en konsentrasjon på 5,5 µg/kg våtvekt. Summen av konsentrasjonen av fire ”indikator-PAH” (summen av benzo(a)pyrene, benz(a)anthracene, benzo(b)fluoranthene og chrysene; sum PAH-4) varierte fra 0 til 0,83 µg/kg våtvekt ved Eikanes og fra 0 til 0,55 µg/kg våtvekt ved Raunes. EU og Norge har satt grenseverdier for benzo(a)pyrene og sum PAH-4 som kun gjelder for røkt fisk og røkte fiskeprodukter og ferske skjell, og altså ikke for brunmat av

Tabell 10. Konsentrasjon i brunmat av krabbe av PAH - forbindelser der det ble funnet kvantifiserbare nivåer samt sum PAH⁴. Minste og største verdi er gitt, og antall prøver høyere enn eller lik LOQ er gitt i parentes.

	Eikanes, N=10	Raunes, N=10
PAH - forbindelse (µg/kg vv)	Min - maks (# >= LOQ)	Min - maks (# >= LOQ)
Benz(a)anthracene	<0,2 - 0,23 (2)	<0,2 - 0,29 (3)
Benzo(a)pyrene	<0,2	<0,2 - 5,5 (1)
Benzo(j)fluoranthene	<0,2 - 0,7 (1)	<0,2
Chrysene	<0,2 - 0,6 (2)	<0,2 - 0,43 (2)
Sum PAH ⁴ ¹	0 - 0,83 (2)	0 - 5,5 (4)

¹ Sum PAH-4 er lowerbound - summen av benzo(a)pyrene, benz(a)anthracene, benzo(b)fluoranthene og chrysene. Lowerbound vil si at konsentrasjoner under kvantifiseringsgrensen (LOQ) er satt lik 0.

krabbe. Disse grenseverdiene er 5,0 µg/kg våtvekt for benzo(a)pyrene og 30 µg/kg våtvekt for sum PAH-4. Bortsett fra en enkelt krabbe med forhøyet nivå av Benzo(a)pyren i brunmat, var det svært lave nivåer av PAH-forbindelser i krabbe fra Vatsfjorden, noe som også har blitt funnet ved tidligere overvåking i Vatsfjorden (Kvassnes m.fl. 2013).

3.3 Torsk

3.3.1 Størrelse, kjønn og levervekt på torsk

De ti torskene som ble prøvetatt i Vatsfjorden varierte i vekt fra 0,81 til 4,6 kg, og lengde fra 44 til 80 cm (Tabell 11). Fire av disse var hunner og resten hanner. Det var også svært varierende levervekt på fisken, fra 4,7 til 218 g. Leverindeks, som er levervekt i forhold til fiskens vekt, varierte fra 0,58-6,4 med et gjennomsnitt ± SD på $2,4 \pm 1,7$. Dette svarte godt til resultater fra torsk prøvetatt i juni ved basisundersøkelsen (Julshamn m.fl., 2013b).

Tabell 11. Lengde (cm), vekt (g), levervekt (g), fettinnhold i lever (g/100 g) og kjønn (% hunner) av ti torsk prøvetatt ved Eikanesholmen i Vatsfjorden. Gjennomsnitt ± SD, minste og største verdi er gitt.

Torsk, N=10	Snitt ± SD	Min - maks
Hel fisk lengde (cm)	63 ± 12	44 - 80
Hel fisk vekt (g)	2789 ± 1266	809 - 4463
Levervekt (g)	76 ± 65	4,7 - 218
Leverindeks ¹	2,4 ± 1,7	0,58 - 6,4
Fettinnhold i lever (g/100 g)	46 ± 11	27 - 60
Kjønn (andel hunner, %)	40	

¹Leverindex = 100 x levervekt/hel fisk vekt

3.3.1 Metaller i muskel og lever av torsk

Kvikksølvnivået i muskel av de ti analyserte torskene viste et gjennomsnitt ± SD på $0,15 \pm 0,08$ mg/kg våtvekt, med et spenn fra 0,042 til 0,29 mg/kg våtvekt. Ingen av fiskene viste kvikksølvkonsentrasjoner over EU og Norges øvre grenseverdi på 0,5 mg/kg våtvekt. I henhold til Miljødirektoratets "gamle" klassifiseringssystem var gjennomsnittskonsentrasjonen av kvikksølv i torskemuskel i tilstandsklasse II "moderat forurenset" (0,1-0,3 mg/kg våtvekt). Konsentrasjonene var noe høyere enn bakgrunnsnivå for Nordsjøen på $0,11 \pm 0,07$ mg/kg våtvekt, som ble målt i den store basisundersøkelsen for torsk (Julshamn m.fl., 2013a; Julshamn m.fl., 2013b). I basisundersøkelsen ble det også undersøkt en del torsk fra fjorder på Vestlandet, der gjennomsnittskonsentrasjon av kvikksølv i muskel varierte fra 0,086 mg/kg våtvekt i Fensfjorden og 0,19 mg/kg våtvekt i Hardangerfjorden. Torsk fanget ved to ulike lokaliteter i Ryfylke i basisundersøkelsen hadde kvikksølvkonsentrasjon på $0,13 \pm 0,06$ mg/kg våtvekt i muskel. Det var som forventet en klar sammenheng mellom størrelse på fisken og kvikksølvnivå (Figur 3), og når vi sammenligner med data fra basisundersøkelsen for torsk var ikke kvikksølvnivået i denne undersøkelsen høyere i forhold til fiskens størrelse sammenlignet med annen fjordtorsk fra Ryfylkeområdet.

Gjennomsnittskonsentrasjonene av kvikksølv i torskemuskel målt i denne undersøkelsen var noe høyere enn det som ble funnet i overvåkingen i Vatsfjorden for 2012 (Kvassnes), der konsentrasjonene i samleprøver fra to lokaliteter i Vatsfjorden varierte fra 0,087 til 0,13 mg/kg våtvekt.

I lever av torsk var gjennomsnittskonsentrasjonen av kvikksølv den samme som i filet, med $0,15 \pm 0,05$ mg/kg våtvekt, og en variasjon fra 0,10 til 0,24 mg/kg våtvekt (Tabell 12). Det er ingen grenseverdi for kvikksølv som gjelder lever av torsk. Nivået som ble funnet her var

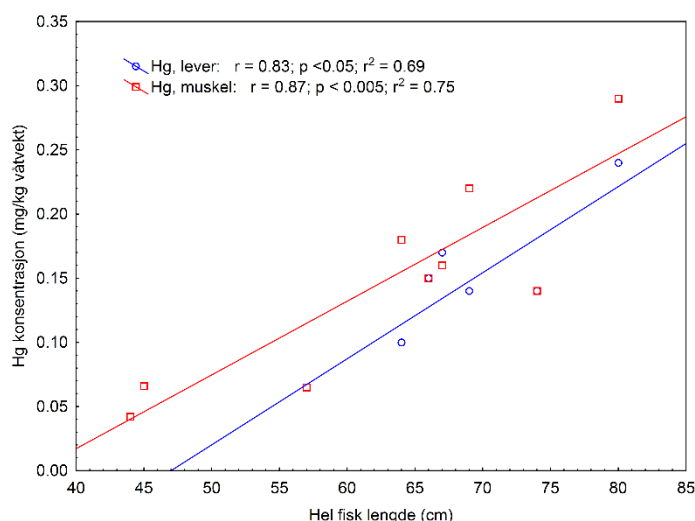
høyere enn hos lever av torsk prøvetatt i Ryfylke i forbindelse med basisundersøkelsen ($0,069 \pm 0,047$ mg/kg våtvekt), og høyere enn det som ble målt i Nordsjøen ($0,051 \pm 0,031$ mg/kg våtvekt), men lavere enn nivåene som ble målt i Hardangerfjorden ($0,18 \pm 0,17$ mg/kg våtvekt) og Sognefjorden ($0,17 \pm 0,04$ mg/kg våtvekt). Kvikksølvnivået i torskelever målt i denne undersøkelsen var betydelig høyere enn det som ble målt i 2012 i den pågående miljøovervåkingen i Vatsfjorden, der kvikksølvnivået i torskelever varierte mellom 0,025 og 0,055 mg/kg våtvekt.

Kvikksølvnivået i torskelever prøvetatt i Vatsfjorden for denne undersøkelsen ser altså ut til å være forhøyet i forhold til bakgrunnsnivå for torsk fra Nordsjøen, og muligens også i forhold til andre områder i Ryfylke. Det er imidlertid også av betydning at kvikksølvkonsentrasjonen i torskelever ser ut til å variere i forhold til tid på året, med høyere kvikksølvkonsentrasjon i lever av torsk om sommeren enn om vinteren, sannsynligvis på grunn av magrere lever. I denne undersøkelsen ble prøvene tatt om sommeren, i juni. Torskeprøvene fra Ryfylke i basisundersøkelsen ble tatt både i februar og juni (med høyest konsentrasjon i de som ble tatt i juni), mens prøvene fra Vatsfjorden i tidligere overvåking som også viste lave konsentrasjoner ble tatt om vinteren.

Tabell 12. Konsentrasjoner (mg/kg våtvekt) av ulike metaller i henholdsvis muskel og lever av 10 torsk prøvetatt ved Eikanes i Vatsfjorden. Gjennomsnitt $\pm$ SD, minste og største verdi er gitt.

Torsk			Lever; N=7		
Muskel; N=10					
Metall (mg/kg vv)	Snitt $\pm$ SD	Min - maks	Grense - verdi ¹	Snitt $\pm$ SD	Min - maks
Hg	$0,15 \pm 0,08$	0,042 - 0,29	0,5	$0,15 \pm 0,05$	0,10 - 0,24
Pb	$0,006 \pm 0,003$	<0,004 - 0,014	0,03		<0,02 - 0,65
Cd	$0,0012 \pm 0,0006$	<0,0006 - 0,0020	0,05	$0,037 \pm 0,020$	0,017 - 0,063
As	$3,5 \pm 2,3$	1,6 - 9,4		$5,0 \pm 1,7$	3,2 - 7,2
Se	$0,23 \pm 0,04$	0,17 - 0,30		$0,97 \pm 0,29$	0,68 - 1,5

¹EU og Norges øvre grenseverdi som gjelder muskel av fisk til humant konsum.



Figur 3. Lineær sammenheng mellom kvikksølvkonsentrasjon i torsk fra Vatsfjorden og fiskens lengde. Røde punkter og rød linje markerer kvikksølv i muskel og blå punkter og blå linje markerer kvikksølv i lever.

Muskel og lever av torsk viste stort sett svært lave konsentrasjoner av bly og kadmium, og nivåene var langt under grenseverdiene som gjelder muskel (Tabell 12). Alle leverprøvene så nær som én hadde blykonsentrasjoner under bestemmelsesgrensen, men den ene hadde relativt høyt nivå, 0,65 mg/kg våtvekt. Det er ingen grenseverdi for bly som gjelder torskelever. Arsenkonsentrasjonene både i filet og lever av torsk var på nivå med eller lavere

enn det som ble målt i Nordsjøen og Ryfylke i basisundersøkelsen (Julshamn m.fl., 2013a; Julshamn m.fl., 2013b). Selen er et positivt næringsstoff og vil ikke bli diskutert nærmere.

3.3.2 Organiske miljøgifter i lever av torsk

3.3.2.1. Dioksiner og dioksinlignende PCB

Torskeleverprøvene hadde en gjennomsnittskonsentrasjon $\pm$ SD av summen av dioksiner og dl-PCB på 42 ± 18 ng TE/kg våtvekt (Tabell 13). Dette er over det dobbelte av grenseverdien på 20 ng TE/kg våtvekt som gjelder sum dioksiner og dl-PCB i torskelever. Lever fra 9 av 10 torsk hadde nivåer over denne grenseverdien. Det er imidlertid ikke så uvanlig at torsk fanget langs norskekysten og inne i fjorder overskrider grenseverdien for sum dioksiner og dl-PCB i lever. I basisundersøkelsen for torsk ble det funnet gjennomsnittskonsentrasjoner over grenseverdien i alle de vestlandsfjordene der det ble tatt prøver: Borgundfjorden: 70 ± 71 ng TE/kg våtvekt, Sognefjorden: 41 ± 33 ng TE/kg våtvekt, Fensfjorden: 24 ± 18 ng TE/kg våtvekt, Hardangerfjorden: 34 ± 27 ng TE/kg våtvekt og Ryfylke 29 ± 11 ng TE/kg våtvekt (Julshamn m.fl., 2013b). Torsken fra denne undersøkelsen så ut til å ha høyere konsentrasjoner enn torsken fra Ryfylke som ble analysert i basisundersøkelsen, men forskjellene var ikke statistisk signifikante. Nivået av dioksiner og dl-PCB i torsk fra Vatsfjorden var relativt høyt i sammenligning med andre fjorder på Vestlandet.

Nivået var ellers høyt sammenlignet med torsk fra Nordsjøen i basisundersøkelsen, selv om også den viste relativt høyt nivå, med gjennomsnitt $\pm$ SD på 21 ± 10 ng TE/kg våtvekt.

En undersøkelse for Mattilsynet i 2009 av miljøgifter i torskelever fra 15 forurensede fjorder og havner viste imidlertid nivåer betydelig høyere enn det som har blitt målt i Vatsfjorden, men dette var som sagt fjorder og havner med kjente forurensningsproblemer (Nilsen m.fl., 2011).

Det er på grunnlag av tidligere undersøkelser gitt en advarsel fra Mattilsynet om å unngå å spise torskelever fra selvfanger fisk fisket innenfor grunnlinjen, det vil si langs kysten og inne i fjordene (matportalen.no). Funnene i denne undersøkelsen skulle derfor ikke gi grunnlag for nye advarsler.

Tabell 13. Konsentrasjon (ng 2005-TE/kg våtvekt) i torskelever av sum dioksiner (PCDD), sum furaner (PCDF), sum non-orto PCB, sum mono-orto PCB, sum mono- og non-orto PCB (sum dl-PCB), sum dioksiner og furaner (PCDD/F), samt summen av både dioksiner, furaner og dl-PCB (sum PCDD/F+dl-PCB). Resultat er gitt som gjennomsnitt $\pm$ standardavvik, minste og største verdi.

Torsk, lever, N=10

ng 2005-TE/kg vv ¹	Snitt $\pm$ SD	Min - maks	Grenseverdi ²	Antall over grenseverdi
Sum PCDD	$2,8 \pm 0,9$	1,2 - 4,6		
Sum PCDF	$3,2 \pm 1,6$	0,89 - 5,7		
Sum non-ortho PCB	34 ± 15	9,5 - 60		
Sum mono-ortho PCB	$2,4 \pm 1,4$	0,24 - 4,6		
Sum PCDD+PCDF	$5,9 \pm 2,4$	2,1 - 10		
Sum dl-PCB	36 ± 17	9,7 - 65		
Sum total	42 ± 18	12 - 70	20	9

¹Upperbound LOQ, det vil si konsentrasjoner under kvantifiseringsgrensen (LOQ) er satt lik LOQ.

²EU og Norges øvre grenseverdi som gjelder konsum av fiskelever til human konsum.

3.3.2.2 Ikke-dioksinlignende PCB

Med hensyn til de ikke-dioksinlignende PCBene i lever av torsk fra Vatsfjorden, så varierte summen av seks ikke-dioksinlignende PCB (Sum PCB₆) fra 42 til 738 µg/kg våtvekt, med et gjennomsnitt ± SD på 396 ± 236. Åtte av de ti leverprøvene hadde konsentrasjoner av Sum PCB₆ som var over 200 µg/kg våtvekt, som er grenseverdien som er satt for denne summen. Det var de samme fiskene som hadde høyt innhold av PCB₆ som hadde høyt innhold av dioksiner og dl-PCB, og det var en lineær sammenheng mellom de to summene ($r^2 = 0,98$, $p < 0,001$). Gjennomsnittskonsentrasjonen av sum PCB₆ var høyere enn det som i basisundersøkelsen ble funnet for Ryfylke (209 ± 163 µg/kg våtvekt), Fensfjorden (144 ± 105 µg/kg våtvekt) og Sognefjorden (292 ± 273 µg/kg våtvekt), men lavere enn det som ble funnet for Hardangerfjorden (463 ± 820 µg/kg våtvekt) og Borgundfjorden (847 ± 971 µg/kg våtvekt) (Julshamn m.fl., 2013b). Forskjellene var imidlertid i liten grad statistisk signifikante på grunn av store variasjoner.

Nivået av PCB₆ i lever av torsk fra Vatsfjorden var betydelig høyere enn det som ble observert i Nordsjøen i basisundersøkelsen, der gjennomsnitt ± SD var 138 ± 72 µg/kg våtvekt.

Ved sammenligning med den overvåkingen som tidligere har vært gjennomført i Vatsfjorden er det nødvendig å sammenligne Sum PCB₇, det vil si Sum PCB₆ + PCB-118. Denne summen har lenge vært vanlig å bruke som en indikator på PCB-forurensning ved miljøovervåking, og Miljødirektoratet har tilstandsklasser for denne summen i torskelever. Summen av PCB₇ som ble funnet i torskelever i denne undersøkelsen var 449 ± 266 µg/kg våtvekt (Tabell 14), og svarte til det som ble funnet i overvåkingen i 2012, der de fant en konsentrasjon ved Vats på 434 µg/kg og ved Raunes 468 µg/kg (Kvassnes m.fl., 2013). Ute i Yrkefjorden, ved Mettenes, fant de en konsentrasjon på hele 647 µg/kg. Året før fant de imidlertid svært lave nivåer, <70 µg/kg i alle prøvene, og året før der ble det ikke analysert torskeleverprøver.

Ifølge Miljødirektoratets tilstandsklassifisering for PCB₇ i torskelever tilsvarer lever av torsk fra denne undersøkelsen tilstandsklasse I, ”lite eller ikke forurenset”. Tilstandsklasse I går opp til 500 µg/kg våtvekt.

Tabell 14. Konsentrasjon av ikke-dioksinlignende PCB i lever av torsk fra Vatsfjorden, med de seks enkeltkongenerne analysert og summen av disse (Sum PCB₆). Sum PCB₇ er også vist. Gjennomsnitt ± standardavvik (SD), minste og største verdi er gitt, samt EU og Norges øvre grenseverdi og antall prøver som overskrider denne.

Torsk, lever, N=10	Mean ± Std.Dev.	Minimum - Maximum	Grenseverdi¹	Antall > grenseverdi
PCB-28	4.7 ± 3.3	0.60 - 11		
PCB-52	9.8 ± 7.8	0.70 - 29		
PCB-101	41 ± 31	3.0 - 110		
PCB-138	114 ± 70	11 - 210		
PCB-153	180 ± 105	21 - 350		
PCB-180	48 ± 28	6.0 - 95		
Sum PCB₆	396 ± 236	42 - 738	200	8
Sum PCB₇²	449 ± 266	47 - 838		

¹EU og Norges øvre grenseverdi som gjelder Sum PCB₆ i lever av fisk til humant konsum.

²Sum PCB₆ + PCB-118, en dioksinlignende PCB.

3.3.2.3 Polyaromatiske hydrokarboner

Av PAH - forbindelser var det en av torskene som hadde en konsentrasjon av Benzo(a)pyren på 0,87 µg/kg våtvekt. Alle andre PAH - forbindelser var under LOQ på 0,5 - 2,5 i alle torskeleverprøvene.

3.4 Brosme

3.3.1 Størrelse, kjønn og levervekt på brosmene

De ti brosmene som ble fisket i Vatsfjordinngangen varierte i vekt fra 2,3 til 7,5 kg, med et gjennomsnitt $\pm$ SD på $5,4 \pm 1,7$ kg (Tabell 15). Halvparten var hunner og halvparten hanner.

Tabell 15 Lengde (cm), vekt (g), levervekt (g), fettinnhold i lever(g/100 g) og kjønn (% hunner) av 10 brosmer prøvetatt ved Eikanes i Vatsfjorden. Gjennomsnitt $\pm$ SD, minste og største verdi er gitt.

Brosme, N=10	Mean $\pm$ Std.Dev.	Minimum Maximum
Hel fisk lengde (cm)	75.2 $\pm$ 8.5	56 - 85
Hel fisk vekt (g)	5431 $\pm$ 1741	2331 - 7455
Lever vekt (g)	175 $\pm$ 98	52 - 298
Leverindeks ¹	3,3 $\pm$ 1,6	0,70 – 5,9
Fettinnhold i lever (g/100 g)	61 $\pm$ 9	44 - 72
Kjønn (% hunner)	50	

¹Leverindex = 100 x levervekt/hel fisk vekt

3.3.2 Metaller i muskel og lever av brosme

De ti brosmene prøvetatt i Vatsfjordinngangen hadde en gjennomsnittlig $\pm$ SD kvikksølvkonsentrasjon i muskel på $0,40 \pm 0,17$ mg/kg våtvekt med en variasjon fra 0,18 til 0,71 mg/kg våtvekt. To av brosmene hadde konsentrasjoner av kvikksølv over grenseverdien på 0,5 mg/kg våtvekt som gjelder for kvikksølv i filet av de fleste fiskearter til humant konsum. Kvikksølvnivået var betydelig høyere i brosmene enn i torsken fra Vatsfjorden, men det er ikke uvanlig for brosme å ha kvikksølvkonsentrasjoner på dette nivået. En masteroppgave gjennomført i 2009 viste gjennomsnittlige kvikksølvkonsentrasjoner i brosmer fra kysten av Vestlandet mellom 0,37 og 0,49 mg/kg våtvekt og utenfor kysten av Sørlandet 0,38 og 0,44 mg/kg våtvekt (Kvangarsnes, 2010; Kvangarsnes m.fl., 2012). I Hardangerfjorden har det blitt målt betydelig høyere konsentrasjoner av kvikkølv i brosme (Måge m.fl., 2012).

En større kartlegging er under arbeid på oppdrag fra Mattilsynet for å få mer kunnskap om innholdet av miljøgifter, særlig kvikksølv, i brosme, lange og annen dypvannsfisk fra norske fjorder og kystområder, samt fra havområdene der det kommersielle fisket er størst.

Tabell 16. Konsentrasjoner (mg/kg våtvekt) av ulike metaller i henholdsvis muskel og lever av 10 brosmer prøvetatt ved utløpet av Vatsfjorden. Gjennomsnitt $\pm$ SD, minste og største verdi er gitt.

Brosme	Muskel, N=10		Grenseverdi ¹	Antall > grenseverdi	Lever, N=10	
	Snitt $\pm$ SD	Min - Maks			Snitt $\pm$ SD	Min - Maks
Hg	0,40 $\pm$ 0,17	0,18 - 0,71	0,5	2	0,21 $\pm$ 0,18	0,057 - 0,58
Pb		<0,006	0,03	0		<0,02 - 0,025
Cd		<0,001	0,05	0	0,051 $\pm$ 0,043	0,022 - 0,17
As	4,1 $\pm$ 3,1	0,84 - 11			3,6 $\pm$ 1,6	1,8 - 7,0
Se	0,44 $\pm$ 0,041	0,37 - 0,50			2,1 $\pm$ 0,8	0,87 - 3,5

¹EU og Norges øvre grenseverdi som gjelder muskel av fisk til humant konsum.

Resultatene så langt har bekreftet at brosme kan ha relativt høye kvikksølvkonsentrasjoner i mange områder.

Konsentrasjonene av kvikksølv i lever av brosme var lavere enn i muskel, med et gjennomsnitt $\pm$ SD på $0,21 \pm 0,18$ mg/kg våtvekt. Det er ikke grenseverdier som gjelder for kvikksølv i lever av fisk, og for brosme er det ikke så veldig mye data å sammenligne med, men gjennomsnittsverdier på $0,27$ og $0,51$ mg/kg våtvekt har vært målt i norske kystområder (Kvangarsnes Kvangarsnes m.fl., 2012). I Sørfjorden og Hardangerfjorden, som er svært påvirket av kvikksølv, var kvikksølvkonsentrasjonene i brosme mye høyere i lever enn i muskel, noe vi tolker som pågående påvirkning.

For bly og kadmium var nivåene i alle muskelprøvene av brosme lavere enn kvantifiseringsgrensene og dermed langt under grenseverdiene (Tabell 16). For bly i lever var det bare to prøver som viste kvantifiserbare konsentrasjoner, $0,021$ og $0,025$ mg/kg våtvekt. Konsentrasjonene av kadmium i lever varierte fra $0,022$ til $0,17$ mg/kg våtvekt, med et gjennomsnitt $\pm$ SD på $0,051 \pm 0,043$ mg/kg våtvekt. Dette var høyere enn torskeprøvene, men ellers har vi lite data å sammenligne med. Det er helt normalt at kadmiuminnhold i lever av fisk er høyere enn i muskel, da kadmium gjerne akkumuleres i lever. Det er ikke grenseverdier som gjelder metaller i fiskelever.

3.3.3 Organiske miljøgifter i lever av brosme

3.3.3.1 Dioksiner og dioksinlignende PCB

Lever av de ti brosmene fra Vatsfjordinggangen hadde en konsentrasjon av summen av dioksiner og dl-PCB som varierte fra 44 til 111 ng TE/kg våtvekt med et gjennomsnitt $\pm$ SD på 65 ± 18 ng TE/kg våtvekt (Tabell 17). Gjennomsnittsverdien var mer enn tre ganger grenseverdien på 20 ng TE/kg våtvekt som gjelder for fiskelever, og nivået var høyere enn hos torsk fra Vatsfjorden. Vi har foreløpig ikke data på dioksiner og dl-PCB i brosmelever fra andre områder å sammenligne med for å kunne si om nivåene vi har funnet i denne undersøkelsen er uvanlig høye eller ikke, men den kartleggingen som er under arbeid for Mattilsynet vil gi mye mer data som vil kunne brukes som sammenligningsgrunnlag i fremtiden.

Tabell 17. Konsentrasjon (ng 2005 - TE/kg våtvekt) i brosmelever av sum dioksiner (PCDD), sum furaner (PCDF), sum non - orto PCB, sum mono - orto PCB, sum mono- og non-orto PCB (sum dl-PCB), sum dioksiner og furaner (PCDD/F), samt summen av både dioksiner, furaner og dl-PCB (sum PCDD/F+dl - PCB). Resultat er gitt som gjennomsnitt $\pm$ standardavvik, minste og største verdi.

Brosme, lever, N=10				Antall >
ng 2005-TE/kg vv ¹	Snitt $\pm$ SD.	Min - maks	Grenseverdi ¹	grenseverdi
Sum PCDD	9.1 ± 2.8	4.7 - 15		
Sum PCDF	10 ± 2.6	6.7 - 16		
Sum non-ortho PCB	42 ± 12	30 - 74		
Sum mono-ortho PCB	3.4 ± 1.0	2.3 - 5.9		
Sum PCDD+PCDF	19 ± 5.2	11 - 30		
Sum dl-PCB	45 ± 13	33 - 80		
Sum total	65 ± 18	44 - 111	20	10

¹Upperbound LOQ, det vil si konsentrasjoner under kvantifiseringsgrensen (LOQ) er satt lik LOQ.

²EU og Norges øvre grenseverdi som gjelder summen av dioksiner og dl-PCB i fiskelever til humant konsum.

3.3.3.2 Ikke-dioksinlignende PCB

Konsentrasjon av sum PCB₆ i brosmelever varierte fra 352 til 994 µg/kg våtvekt, med et gjennomsnitt ± SD på 707 ± 200 µg/kg våtvekt (Tabell 18). Som for dioksiner og dl-PCB var dette langt over grenseverdien, som er 200 µg/kg våtvekt for sum PCB₆ i fiskelever. Som for dioksiner og dl-PCB har vi ikke gode data å sammenligne med når det gjelder PCB₆ i brosmelever, men dette vil forandre seg når vi har ferdigstilt den store kartleggingen av miljøgifter i brosme som gjennomføres i løpet av 2013-2015.

Det er interessant at brosme ikke bare akkumulerer høye nivåer av kvikksølv, men at de også ser ut til å kunne akkumulere enda høyere nivåer av både dioksiner og PCB i lever enn det vi finner i lever av torsk. Trolig er det forskjeller i biologi og levevis som gjør at brosme akkumulerer mer miljøgifter enn det torsken gjør.

Tabell 18. Konsentrasjon i torskelever av ikke - dioksinlignende PCB, med de seks enkeltkongenerne analysert og summen av disse (Sum PCB₆). Sum PCB₇ er også vist. Gjennomsnitt ± standardavvik (SD), minste og største verdi er gitt, samt EU og Norges øvre grenseverdi og antall prøver som overskrider denne.

Brosme, lever, N=10				Antall >
µg/kg vv	Snitt ± SD	Min - Maks	Grenseverdi ¹	grenseverdi
PCB - 28	8.8 ± 2.9	4.0 - 15		
PCB - 52	15 ± 5.7	6.0 - 22		
PCB - 101	58 ± 26	23 - 110		
PCB - 138	210 ± 64	95 - 290		
PCB - 153	336 ± 93	180 - 480		
PCB - 180	79 ± 27	43 - 130		
Sum PCB 6	707 ± 200	352 - 994	200	10
Sum PCB 7	779 ± 214	411 - 1076		

¹EU og Norges øvre grenseverdi som gjelder konsum av fiskelever til humant konsum.

3.3.3.3 Polyaromatiske hydrokarboner

Ingen av brosmeleverne hadde kvantifiserbare mengder av noen av de analyserte PAH - forbindelsene.

4. KONKLUSJONER

Blåskjell viste lave konsentrasjoner av de analyserte miljøgiftene sammenlignet med generelle data fra Norskekysten.

Krabber fra Vatsfjorden viste nivå av kvikksølv i klokjøtt som var høyere enn bakgrunnsnivå for kysten av Rogaland og landet for øvrig, men under EU og Norges øvre grenseverdi.

Brunmat av krabber hadde ikke forhøyet nivå av dioksiner og dl-PCB sammenlignet med bakgrunnsnivå for kysten, mens nivået av sum PCB₆ så ut til å være noe forhøyet.

Torsk viste kvikksølvkonsentrasjoner i muskel som var under EU og Norges grenseverdi for mattrygghet i alle prøvene, og nivået var det samme som tidligere målt i muskel av torsk fra fjordsystemet utenfor Vatsfjorden (Ryfylke). Kvikksølvnivået i lever av torsk var imidlertid noe høyere i torsk fra Vatsfjorden enn i torsken fra Ryfylke.

Nesten all torsken fra Vatsfjorden hadde konsentrasjoner av dioksiner og dl-PCB og PCB₆ i lever som var høyere enn grenseverdiene som gjelder torskelever. Dette er ikke unormalt for vestnorske fjorder, men nivåene var muligens noe høyere enn det som ble målt i torsk fra Ryfylke i basisundersøkelsen.

Brosme fisket i Vatsfjordinngangen hadde kvikksølvkonsentrasjoner i muskel hos to av ti fisk over grenseverdien, men gjennomsnittet var under grenseverdien. Nivået var på linje med tidligere analyser av brosme fra kysten av Vestlandet.

Nivået av dioksiner og dl-PCB samt sum PCB₆ i lever av brosme var over grenseverdiene i alle prøvene, og konsentrasjonene var høyere enn hos torsk fra Vatsfjorden. Foreløpig har vi ikke gode data å sammenligne med for å kunne si om dette er unormalt høye nivåer for brosme.

Ut fra resultatene i denne undersøkelsen ser Vatsfjorden ut til å være noe påvirket av kvikksølv og PCB i sjømat, men ikke på nivåer utover det som er funnet i tidligere undersøkelser i andre Vestlandsfjorder. For fiskelever fra kyst- og fjordstrøk er det allerede en generell advarsel mot inntak, og for brunmat av krabbe er det en gjeldende advarsel som gjelder kvinner i fruktbar alder og barn.

5. LITTERATURLISTE

Duinker, A., B. T. Lunestad, C. S. Svanevik og K. Julshamn (2012). Tilsynsprogrammet for skjell 2011- Fremmedstoffer (tungmetaller og organiske miljøgifter i skjell og tungmetaller i snegler) og mikroorganismer. NIFES, Bergen. http://www.nifes.no/publikasjoner/rapporter/index.php?page_id=&article_id=4036&lang_id=1

Julshamn, K., A. Duinker, B. M. Nilsen, K. Nedreaas og A. Maage (2013a). "A baseline study of metals in cod (*Gadus morhua*) from the North Sea and coastal Norwegian waters, with focus on mercury, arsenic, cadmium and lead." *Marine Pollution Bulletin* 72(1): 264-273.

Julshamn, K., B. M. Nilsen, A. Duinker, S. Frantzen, S. Valdersnes, K. Nedreaas og A. Måge (2013b). Basisundersøkelse fremmedstoffer i torsk (*Gadus morhua*). Sluttrapport. NIFES, Bergen. 28 s. http://www.nifes.no/publikasjoner/rapporter/index.php?page_id=&article_id=4194&lang_id=1

Julshamn, K., B. M. Nilsen, S. Valdersnes og S. Frantzen (2012). Årsrapport 2011. Mattilsynets program: Fremmedstoffer i villfisk med vekt på kystnære farvann: Delrapport I: Undersøkelser av miljøgifter i taskekrabbe. NIFES, Bergen. 52. http://www.nifes.no/publikasjoner/rapporter/index.php?page_id=&article_id=4042&lang_id=1

Kvangarsnes, K. (2010). Kvikksølv i brosme fiska langs den norske kyststraumen - samanlikning med brosme fiska nær U-864 utanfor Fedje og frå dei opne havområda. Master of science, Universitetet i Bergen. 89

Kvangarsnes, K., S. Frantzen, K. Julshamn, L. J. Sætre, K. Nedreaas og A. Maage (2012). "Distribution of mercury in a gadoid fish species, tusk (*Brosme brosme*), and its implication for food safety." Journal of Food Science and Engineering 2: 603-615.

Kvassnes, A. J. S., A. Hobæk, G. Borgersen, J. Gitmark og T. M. Johnsen (2013). Årsrapport for miljøovervåking rundt AF Miljøbase Vats for 2012. NIVA, 101 s. + vedlegg.

Måge, A., O. Bjelland, P. A. Olsvik, B. M. Nilsen og K. Julshamn (2012). Miljøgifter i fisk og fiskevarer 2011: Kvikksølv i djupvassfisk og skaldyr frå Hardangerfjorden samt miljøgifter i marine oljer. NIFES, Bergen. 31 s. http://www.nifes.no/publikasjoner/rapporter/index.php?page_id=&article_id=4154&lang_id=1

Nilsen, B. M., S. Frantzen og K. Julshamn (2011). Fremmedstoffer i villfisk med vekt på kystnære farvann. En undersøkelse av innholdet av dioksiner og dioksinlignende PCB i torskelever fra 15 fjorder og havner langs norskekysten 2009. NIFES, Bergen. 77 s.

Van den Berg, M., L. Birnbaum, M. Denison, M. De Vito, W. Farland, M. Feeley, H. Fiedler, H. Hakansson, A. Hanberg, L. Haws, M. Rose, S. Safe, D. Schrenk, C. Tohyama, A. Tritscher, J. Tuomisto, M. Tysklind, N. Walker og R. Peterson (2006). "The 2005 World Health Organization reevaluation of human and Mammalian toxic equivalency factors for dioxins and dioxin-like compounds." Toxicological sciences 93(2): 223-241.