FØRDEFJORDEN: BASISUNDERSØKELSE AV FREMMEDSTOFF I SJØMAT

Analyse av tungmetaller, andre grunnstoff og persistente organiske forbindelser i sjømat fra Førdefjorden 2017

Tanja Kögel (HI)

RAPPORT FRA HAVFORSKNINGEN NR. 2019-48

Tittel (norsk og engelsk):

Førdefjorden: Basisundersøkelse av fremmedstoff i sjømat

Førdefjord – A baseline study of undesirable substances

Undertittel (norsk og engelsk):

Analyse av tungmetaller, andre grunnstoff og persistente organiske forbindelser i sjømat fra Førdefjorden 2017

Analysis of heavy metals, other elements and persistent organic pollutants in seafood from the Førdefjord 2017

Rapportserie:	År - Nr.:	Dato:
Rapport fra Havforskningen	2019-48	28.11.2019
ISSN:1893-4536		

Forfatter(e):

Tanja Kögel (HI)

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

Distribusjon:

Åpen

Prosjektnr:

15225

Oppdragsgiver(e):

Mattilsynet

Oppdragsgivers referanse:

14005

Program:

Trygg og sunn sjømat

Forskningsgruppe(r):

Fremmed- og smittestoff (FRES)

Antall sider:

30

Samarbeid med

Mattilsynet

Sammendrag (norsk):
Her rapporterer vi resultatene fra en basisundersøkelse av tungmetaller, andre grunnstoff og persistente organiske forbindelser i sjømat. Datasettet er et utgangspunkt for å kunne følge utviklingen av de undersøkte fremmedstoffene, dersom et deponi av gruveavfall blir etablert.

Kadmium og bly i fiskefilet var gjennomgående under EU og Norges grenseverdier. I samleprøver av brunmat av sjøkreps var kadmium noe høyt, opp til 9,6 mg/kg. Det er ingen grenseverdi for kadmium i brunmat, og nivåene i halekjøtt ligger under grenseverdien. Bly i brunmat av sjøkreps var opp til 0,4 mg/kg i samleprøver, det er ikke grenseverdi på bly i brunmat. Bly i muskelkjøtt av sjøkreps var under grenseverdien, som er satt til 0,1 mg/kg. I torskefilet fra alle tre stasjonene var kvikksølvkonsentrasjonene for noen individer over 0,2 mg/kg, mens i brosmefilet var flertallet av individene over 0,2 mg/kg. Noen av brosmefiletene, men ingen av torskefiletene, hadde kvikksølvkonsentrasjoner over grenseverdien på 0,5 mg/kg. For sjøkreps og blåskjell var alle kvikksølvkonsentrasjoner under 0,2 mg/kg. I brosmefilet var arsen på et relativt høyt nivå, sammenlignet med brosmefilet undersøkt fra andre geografiske lokasjoner og også sammenlignet med annen fiskefilet som torsk og sei. Det er ingen grenseverdi på totalarsen i mat eller sjømat.

Nivåene på dioksiner, furaner og dl-PCB var over grenseverdien i 1/3 del av samleprøvene fra torskelever og i alle samleprøver av brosmelever. PCB_6 nivåene var ikke over grenseverdien i torskeleverprøvene, men i alle samleprøver for brosmeleverprøver. I brunmat av sjøkreps var dioksiner, furaner og dl-PCB opp til 15 ng TE/kg, høyere enn det som er vanlig i brunmat av krabbe som ofte viser et snitt rundt 5 ng TE/kg. Det samme gjelder PCB_6 som var opptil 61 mg/kg i brunmat av sjøkreps. Det er ikke grenseverdi for persistente organiske forbindelser i brunmat.

Per i dag er nivåene av fremmedstoffer i de undersøkte prøvene av sjømat stort sett relativt lave. Vi har ikke funnet prøver over grenseverdier for tungmetaller eller persistente organiske forbindelser, med unntak av kvikksølv i brosmefilet og sum dioksiner, furaner og dl-PCB og PCB_6 gjennomsnittet i brosmelever og i 1/3 del av samleprøver av torskelever. Disse overskridelser er heller arts- enn stedsspesifikke, og er vanlige observasjoner også langs norskekysten og for brosme også i åpent hav.

Sammendrag (engelsk):
Here, we report the results of a baseline study of several seafood species on the concentrations of heavy metals, other elements and persistent organic pollutants that can be toxic for seafood organisms and their consumers. The dataset is a starting point, enabling follow up studies on the development of the concentrations of the analyzed substances if a disposal site for mining waste becomes established.

Cadmium and lead in fish filet were below EU and Norway's maximum levels in all analyzed samples. In pooled samples of Norway lobster brown meat, cadmium was somewhat high, up to 9.6 mg/kg. There is no maximum level for cadmium in brown meat, and the levels in tail meat were below the maximum level. Lead in brown meat of Norway lobster was up to 0.4 mg/kg in pooled samples, there is no maximum level for lead in brown meat. Lead in the muscle meat of Norway lobster was below the maximum level, which is set to 0.1 mg/kg. In cod fillet from all three stations, mercury levels were above 0.2 mg/kg for some individuals, for cusk fillet in most individuals. Some of the cusk filets, but none of the cod filets had mercury levels above the maximum level of 0.5 mg/kg. For Norway lobster and blue mussel, all mercury concentrations were below 0.2 mg/kg. In

cusk filet, arsenic had relatively high concentrations, as compared to cusk fillet from other areas and other fish species. There is no maximum level for total arsenic in food.

The levels of dioxins, furans and dl-PCBs were over the maximum level in 1/3 of the pooled samples of cod liver, and in all pooled samples of cusk liver. PCB_6 concentrations in the cod liver were below the maximum level, but all pooled samples of cusk liver were above. In Norway lobster brown meat, dioxins, furans, and dl-PCBs were up to 15 ng/TE/kg, higher than usual for brown crab brown meat, which is about 5 ng TE/kg. Also, PCB_6 was on a higher level, up to 61 mg/kg in brown meat of Norway lobster There is no maximum level for persistent organic pollutants in brown meat.

Today, the contamination levels of the investigated seafood species, by and large, are relatively low. The taken samples did not exceed Norway and EU's limits, except for mercury in cusk and the sum of dioxins/furans and dl-PCB and PCB_6 in cusk liver and 1/3 of cod liver samples. These concentrations are rather species than area-specific and usual along the Norwegian coastline – for cusk also in the open sea.

Innhold

1 Innledning 6
1.1 Overvåking av fremmedstoffer i sjømat 6
1.2 Bakgrunn 6
1.3 Eksisterende advarsler 6
1.4 Denne studien 6
1.5 Valg av arter 7
1.6 Undersøkte substanser 7
1.7 Grenseverdier og tolerabelt inntak 8
1.8 Studie med lignende formål 9
1.9 Medvirkende 9
2 Materiale og metoder 11
2.1 Prøveinnsamling 11
2.2 Opparbeiding 12
2.3 Praktisk analyse 13
2.3.1 *Kvantifiseringsgrenser og måleusikkerhet* 13
2.3.2 *Bestemmelse av vanninnhold* 13
2.3.3 *Bestemmelse av fettinnhold med etylacetat eller etter syrehydrolyse* 13
2.3.4 *Bestemmelse av elementer med ICP-MS* 13
2.3.5 *Bestemmelse av dioksiner, dioksinlignende PCB, ikke-dioksinlignende PCB og PBDE* 13
2.3.6 *Tallbehandling og statistiske tester* 14
2.3.7 *K-faktor* 14
3 Resultater 16
3.1 Oversikt 16
3.2 Fysiske parameter 16
3.3 Grunnstoff 18
3.3.1 *Kvikksølv* 18
3.3.2 *Bly* 18
3.3.3 *Kadmium* 18
3.3.4 *Arsen* 18
3.3.5 *Essensielle elementer* 19
3.3.6 *Andre elementer og miljøstatus* 19
3.4 Persistente organiske forbindelser 24
4 Konklusjon 27
5 Referanser 28

1 - Innledning

1.1 - Overvåking av fremmedstoffer i sjømat

Nivåene for de fleste miljøgifter i norsk sjømat er stort sett lave. Noen stoff finnes naturlig i høyere konsentrasjoner i sjømat enn i mat produsert på land, som for eksempel kvikksølv. I tillegg blir miljøgifter tilført hav, sjø og ferskvann fra blant annet industri, ved ulykker samt avrenning fra jordbruk, bostedsområder og avfallsdeponi. Konsentrasjonen av disse varierer derfor fra sted til sted. Tilførselen til norske havområder er i stor grad via langtransportert forurensning, men i enkelte kyst- og fjordområder kan det være et større bidrag fra lokale kilder. Det er stor forskjell på hvor stor del av fremmedstoffene som blir tatt opp i ulike organismer, og innholdet av fremmedstoff i mange norske fiske- og skalldyrarter er overvåket og kartlagt gjennom en rekke undersøkelser og overvåkingsprogrammer. Konsumentene av kommersielt omsatt sjømat er godt beskyttet av regelverket, som setter grenseverdier for hvor høye nivåer av miljøgifter matvarer kan ha, for lovlig omsetting. Grenseverdier som gjelder for sjømat er satt i EU, og implementert i norsk lov, for kvikksølv, kadmium, bly, dioksiner, PCB og PAH. Når det gjelder fisk og sjømat fangstet gjennom fritidsfiske til eget bruk, må fiskere og konsumenter selv ta ansvaret for at maten er trygg. For å gi fritidsfiskerne et grunnlag for vurderinger, gir Mattilsynet advarsler, dersom det blir vurdert å være risiko for helseskade ved inntak av sjømat. Alle advarslene er lagt ut på http://www.matportalen.no/verktoy/advarsler/.

Overvåkings og kartleggingsprogrammet «Forurensede havner og fjorder» har som formål å skaffe kunnskap om forurensende stoffer i fisk og sjømat som fangstes ved rekreasjonsfiske og til privat konsum langs Norges kyst og sikter seg inn mot områder med kjent eller potensiell forurensing.

1.2 - Bakgrunn

Førdefjorden ligger nord for Sognefjorden, 50 km innover fra Florø, mellom Bergen og Ålesund i Sogn og Fjordane. Den begynner der Brufjorden og Stavfjorden møtes på østsiden av Svanøy, og fortsetter østover til Førde hvor elven Jølstra og Jølstravannet begynner. Fjorden er 400 m dypt og 36 km lang. Fjorden er utstrakt i bruk for både oppdrett og fisking. Derfor er det av særlig interesse å følge med på sjømattrygghet. I fjorden fiskes det i dag etter breiflabb, brosme, hvitting, hyse, flyndre, kveite, lange, lyr, lysing, makrell, ørret, sild, sjøkreps, sei, torsk. Førdefjorden er vedtatt som nasjonal laksefjord i 2007, av omsyn til laksebestanden i lakseelvene Nausta og Jølstra som munner ut i Førdefjorden. Den indre og ytre fjord er delt ved en terskel ved Kvammen som ligger ca. midt i fjorden, sør for Engbøfjellet, der rutil eventuelt skal utvinnes. Eventuell deponi for gruveavfall er planlagt vest for terskelen, nedenfor Vevring og 2-3 km vest og østover.

1.3 - Eksisterende advarsler

Det er ingen advarsler mot konsum av sjømat fra Førdefjorden per i dag, annet enn generell advarsel mot å spise fiskelever og brunmat fra krabbe for gravide og ammende, som gjelder hele kysten.

1.4 - Denne studien

For å beskytte sjømatkonsumenter og verne om økosystemtjenester av miljøet bør sjømat overvåkes i forhold til endringer i konsentrasjonen av fremmedstoffer i Førdefjorden og persistente organiske forbindelser (POPs; persistent organic pollutants), hvis sjødeponi startes opp. Denne studien danner en basisundersøkelse som kan brukes som utgangspunkt for oppfølgende undersøkelser, for å overvåke om nivåene på de undersøkte stoffene endres.

Vi har analysert brosme, Atlantisk torsk, sjøkreps og blåskjell fra 2017 fra Førdefjorden for arsen (As), kadmium (Cd), krom (Cr), kobber (Cu), jern (Fe), kvikksølv (Hg), nikkel (Ni), bly (Pb), selen (Se) og sink (Zn), dioksiner, furaner, polyklorerte bifenyler (PCBer) og polybrominerte difenyletere (PBDEer, flammehemmere) fra det potensielle deponiområdet, vest fra terskelen, fra indre Førdefjorden, og fra helt ytterst i Førdefjorden.

1.5 - Valg av arter

Blåskjell (Blue mussel; *Mytilus edulis*; Linnaeus, 1758) ble valgt til dette studiet fordi den er en egnet indikator for eventuell bly- og kadmiumforurensing. Blåskjell lever utbredt langs hele kysten. Den fester seg til fast underlag med byssustråder. Blåskjell gyter fra tidlig om våren til utpå sommeren. I produktive områder kan det være flere tusen individer per kvadratmeter. I fjorder med ferskvannstilførsel finnes de ned til 15 - 20 m, mens ved kysten holder de seg til grunnere vann (www.imr.no). Blåskjell fra ikke-forurensede områder inneholder lave nivåer av de fleste miljøgifter, men fordi de lett akkumulerer ulike stoffer benyttes de ofte som forurensningsindikator.

Sjøkreps (Norway lobster; *Nephrops norvegicus*; Linnaeus, 1758; også kjent som langoustine) er en nær slektning av vanlig hummer , men er betydelig mindre og slankere med lange smale klør. Den lever på myk bunn av mudder eller leire og sand , hvor den graver hull ned i sedimentet. Den er altetende og tar krepsdyr, bløtdyr og børstemark, så vel som åtsler. Den forekommer i Middelhavet og Nordøst-Atlanteren, fra Marokko til Troms, og rundt Island og Storbritannia. Arten lever på 20–800m dyp. Vi har undersøkt sjøkreps fordi det er en sjømat art som fiskes av lokalbefolkningen, og den tette kontakten til sedimentet vil bidra til at den speiler forholdene der. Voksne sjøkreps er stedbundne og vil derfor speile lokale forhold. Brunmaten vil akkumulere kadmium og organiske persistente substanser som dioksiner, PCB og PAH, dersom det forekommer i høyere konsentrasjoner. Norge setter ikke kvoter for eget sjøkrepsfiske, men det fastsettes en EU-kvote i norsk sone i Nordsjøen. EU satte i 2016 minstemålet ned fra 40 mm ryggskjoldlengde (tilsvarer 13 cm totallengde) til 32 mm.

Torsk (Atlantic cod; *Gadus morhua*; Linnaeus, 1758) er samlet med tanke på sammenligning med andre fjorder. Torsk i fjorder (kysttorsk) har mer lokalt oppholdssted og er mindre (sjeldent over 20 kg og 1 m) enn de torskebestandene som finnes i åpent hav i Nordsjøen (nordsjøtorsk) eller Barentshavet (nordatlantisk torsk). Torsk spiser krepsdyr, skjell og fisk og har mager filet, rundt 1% fett. Det finnes ikke fangstkvote og sikre fangsttall for kysttorsk sør for 62° N, minstemålet er 40 cm. Dette gjelder også fritidsfisket (www.imr.no.). Den magre torskefileten har generelt lave nivåer av miljøgifter, men kan ha forhøyet kvikksølvnivå i forurensede områder (Kögel, Maage et al. 2016). Likevel skal det mye forurensning til, før kvikksølvnivåene i torskefilet er over grenseverdien for mattrygghet. Torsk lagrer fett i leveren, som derfor kan akkumulere høye nivåer av organiske miljøgifter. Både filet og lever av torsk er mye brukte forurensningsindikatorer.

Brosme (Cusk; *Brosme brosme*; Ascanius, 1772) er en dypvannsfisk. Den lever nokså stasjonært ved bunnen på 100 – 1000 m dyp i Nordvest- og Nordøst-Atlanteren, inklusive dype områder i Norskerenna, på eggakanten, langs kysten og i de norske fjordene. Den gyter fra april til august og spiser fisk og krepsdyr (www.imr.no). Brosme er i likhet med torsk mager fisk. Tidligere undersøkelser har vist at den generelt har høyere nivå av kvikksølv i fileten enn andre magre fiskeslag som torsk, sei og hyse (Nilsen, Frantzen et al. 2011). Brosme har også generelt høyere nivåer av organiske miljøgifter i leveren enn torsk.

Se også https://www.hi.no/hi/temasider/arter .

1.6 - Undersøkte substanser

Arsen forekommer naturlig og er knyttet til gruvedrift. Det er brukt i trekonserveringsmidler, farger og mange industrielle prosesser, og har vært brukt som pesticid. Uorganisk arsen (arsenikk) er mer giftig enn organiske former og er kreftfremkallende og skader nervesystemet, huden, blodkar, hjerte og lunger. Fisk inneholder høye nivå av arsen, men mesteparten av arsenet i fisk og krabbe er organisk arsenobetain, som er lite giftig (Vandermeersch, Lourenco et al. 2015).

Bly fins naturlig i miljøet og i produkter som maling og batteri. Tidligere var det tilsatt i bensin. Gruvedrift og smelteverk har ført til høyere forekomster av bly i visse havner og fjordsystem. Mennesker blir eksponert for bly hovedsakelig gjennom mat og forurenset luft. Bly er skadelig for nerver og hjernen. Fiskefilet oppkonsentrerer lite bly og betyr lite for inntaket av bly gjennom kosten, men konsentrasjonene kan være høyere i skjell.

Kadmium fins naturlig i jordskorpen og er knyttet til sinkproduksjon fra metallindustri og gruvedrift. Kadmium blir også

langtransportert via luft og havstrømmer. Typiske bruksområder er som stabilisator og pigment i plastprodukt, i galvanisering og i batteri. Kadmium er kreftfremkallende, forstyrrer hormonsystemet og kan gi nyreskade og beindeformiteter. Kadmium blir oppkonsentrert i lever og nyre hos fisk og i fordøyelseskjertel av skalldyr. Vi finner stort sett lite kadmium i fiskefilet, men brunmat fra krabbe kan ha høye nivå.

Kvikksølv: Kilder er vulkansk aktivitet og annen avgassing fra jordens overflate, metallindustri, gullutvinning og forbrenningsprosesser. Det er observert en global økning av kvikksølv i havvann siden den industrielle revolusjonen. Hovedformen i fisk og annen sjømat er metylkvikksølv, som også er den mest giftige formen. Metylkvikksølv kan skade nervene, hjertet, blodkar og immunforsvaret. Spesielt er hjernen til foster utsatt. Inntak av fisk er den største kilden til metylkvikksølv for mennesket. Klokjøtt av krabbe kan også ha høye konsentrasjoner. Kvikksølvnivået øker som regel med alderen og størrelsen på organismen. Det er normalt totalkvikksølv som blir analysert.

PCB har vært fremstilt syntetisk og brukt i elektrisk utstyr, maling og plast. PCB er en gruppe syntetiske klororganiske forbindelser som skader immunforsvaret, nerve- og forplantningssystemet og kan gi leverkreft. PCBer er tungt nedbrytbare og oppkonsentrerer i næringskjeden. **Dioksin og furan** blir dannet ved naturlige eller industrielle forbrenningsprosesser med klor og karbon. Noen PCB-forbindelser har dioksinlignende effekt (**dl-PCB**). Høyt inntak av dioksin og dl-PCB over lang tid kan føre til endringer i hormonbalansen og økt risiko for å utvikle kreft. Foster og spedbarn er mest følsomme for skader. Skadeevnen til dioksin og dl-PCB blir uttrykt som toksiske ekvivalensfaktorer (TEF), og skadepotensiale i en prøve blir uttrykt i toksiske ekvivalenter (TE). På 1970-1980 tallet ble det innført forbud eller strenge restriksjoner mot bruk av PCB, men fortsatt slippes det ut PCB fra gamle produkter. Dioksin og PCB blir oppkonsentrert i fett. De høyeste nivåene i sjømat finner vi i fiskelever, fet fisk og brunmat av krabbe. Tidligere analyser har vist at selv i torsk der leverne hadde veldig høye nivå av dioksin og dl-PCB (mer enn 1000 ng TE/kg våtvekt), hadde fileten av de samme individene lave nivå for denne stoffgruppen (så vidt over 8 ng TE/kg våtvekt; NIFES, personlig kommunikasjon med Bente Nilsen). Tolerabelt inntak av dioksiner og dl-PCB har nylig blitt redusert fra 14 til 2 pg/kg kroppsvekt TEQ (REF EFSA). Man analyserer også seks indikator-PCBer, såkalt ikke-dl-PCB, omtalt som PCB_6, som er de som en finner på høyest nivå i sjømat med høyt fettinnhold.

Bromerte flammehemmere er menneskeskapte, og blir brukt i plast, elektronisk utstyr, tekstil og bygningsmaterialer, ofte med en vektandel på 5-30%. De er ikke kjemisk bundet til polymerene og kan lekke ut. De er lite nedbrytbare, kan bli oppkonsentrert i næringskjeden, og blir langtransportert til arktiske strøk. Stoffgruppen som er analysert i denne rapporten er PBDE. PBDEer forstyrrer lever, skjoldbruskkjertel, forplantnings- og -mest kritisk- nervesystemet. PBDEer forårsaker DNA skade ((CONTAM) 2011). CONTAM Panelen konkluderte med at BDE-47, -153 og -209 med dagens dietteksponering i EU ikke er helseskadelige, mens det kan være mulig helsefare for BDE-99. I fisk var det BDE-47 og BDE-100 som hadde høyest konsentrasjon ((CONTAM) 2011).

1.7 - Grenseverdier og tolerabelt inntak

Det er innført grenseverdier for fremmedstoffer i sjømat. Grenseverdiene er oppført i det norske lovverket under «Forskrift om visse forurensede stoffer i næringsmidler» (https://lovdata.no/dokument/LTI/forskrift/2018-07-09-1164). De norske grenseverdiene er stort sett harmonisert med EU sitt lovverk for mat, oppført i henholdsvis FOR-2018-07-09-1164 og EU-forordning 1881/2006, nyeste konsolidert versjon 19.3.2018. Det er forbudt å omsette produkt som inneholder nivå av et fremmedstoff over grenseverdien, for å beskytte forbrukerne. Lovfestede grenseverdier har stor relevans for omsetting, og det er grenseverdier for flere av miljøgiftene som vi har undersøkt i denne studien (Table 1).

Ved beregning av sum dioksiner og furaner og sum dioksiner og furaner+dl-PCB for vurdering opp mot EUs og Norges grenseverdier, ble konsentrasjoner på mindre enn kvantifiseringsgrensen (LOQ) satt lik LOQ (upperbound LOQ), slik regelverket for grenseverdier krever. For å ikke undervurdere hvor mye av et skadelig stoff en matvare inneholder i gjennomsnittet eller median, velger man ofte å bruke LOQ (limit of quantification), altså den laveste konsentrasjonen som var kvantifiserbar, når prøver inngår i beregningen der det ikke var funnet konsentrasjoner over LOQ. Dette kalles for «upperbound».

Likevel er den langsiktige samlede belastningen av uønskede stoff mer relevant med hensyn til fritidsfiske. Ut ifra studier av mengden av et stoff som en kan få i seg over lang tid uten forventet helseskade, har det blitt fastsatt tolerabelt ukentlig inntak (TWI, Table 2). TWI beskriver mengden stoff en person kan få i seg ukentlig gjennom livet uten fare for negative helseeffekter. TWI brukes for kontaminanter som organiske miljøgifter og tungmetaller. Dersom det er mangel på data om et stoff, brukes betegnelsen PTWI, provisional tolerable weekly intake, som betyr ”midlertidig tolerabelt ukentlig inntak” på norsk. Ordet ”midlertidig” viser til at vurderingen vil revurderes når det foreligger mer data. Konsumenter som spiser mye og ofte av enkelte typer mat som inneholder mye av et stoff kan overskride tolerable inntaksverdier på sikt, selv om de grenseverdiene som gjelder for lovlig omsetning ikke er overskredne. Den europeiske myndighet for mattrygghet (EFSA; CONTAM utarbeider nytte-risikovurderinger for å sikre at befolkningens helse blir ivaretatt.

Table 1

Maximum levels for undesirable substances in seafood					
	Unit	Fish fillet	Fish liver	Crustaceans, muscle meat	Bivalve mollusks
Cadmium (Cd)	mg/kg	0.05	-	0.5	1
Mercury (Hg)		0.5	-	0.5	0.5
Lead (Pb)		0.3	-	0.1	1.5
Sum of dioxins and furans [2]	pg WHO-TEQ/g w.w.	3.5	-	3.5	3.5
Sum of dioxins, furans and dioxin-like PCBs [2]	pg WHO-TEQ/g w.w.	6.5	20	6.5	6.5
Sum of six non-dioxin-like PCBs (ICES-PCB_6) [2]	ng/g w.w.	75	200	75	75

Table: Maximum levels of undesirable substances in seafood, *using “upperbound” limit of quantification (LOQ) concentrations per wet weight (w.w.). “Upperbound” LOQ means that* concentrations per wet weight (w.w.). “Upperbound” LOQ means that concentrations <LOQ are set as = LOQ. The «upperbound LOQ» principle is commonly used for reporting undesirable substances in food. The real, not quantifiable, concentration will usually be lower, the upperbound value representing the estimated worst case. 2) For dioxin and dl-PCB, the unit pg TEQ/g is used (TEQ (toxic equivalent quotient)). Source: Forordning FOR-2015-07-03-870, «Forskrift om visse forurensende stoffer i næringsmidler» (https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2015-07-03-870?q=1881%2F2006), which follows the latest consolidated version of the «commission regulation (EC) No 1881/2006 of 19 December 2006, setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs (http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=: ELEX:02006R1881-20160401).

Table 2

Guidance for tolerable weekly intake (TWI)		
	Per kg body weight per week	Person 70kg body weight per week
Lead	Withdrawn because of lack of NOAEL.	
Cadmium (Cd)	2.5 µg	0.18 mg
Mercury (Hg)	4 µg	0.28 mg
Methylmercury	1.3 µg	91 µg
Dioxin and PCB: Sum of PCDD/F + dl-PCB	2 pg TEQ	0.14 ng TEQ

Table: Tolerable weekly intakes of undesirable substances *have been recommended according to investigations about the amount of a substance that can be ingested over a long period without causing harm. The tolerable amounts per week are listed in this table. Sources: European food safety authority, EFSA http://www.efsa.europa.eu.*

1.8 - Studie med lignende formål

Det vil også snart bli rapportert en analyse av sjømat fra Repparfjorden, der det muligens vil bli startet opp en kobbergruve med sjødeponi.

1.9 - Medvirkende

Faglig ansvarlig ved Havforskningsinstituttet (HI) var Tanja Kögel. Jeg takker Monica Sanden (HI) for kritiske

kommentarer til manuskriptet. Faglig ansvarlig ved Mattilsynet var Harald Nordås og Oda Walle Almeland. Teknisk ansvarlig for prosjektet var Anne Margrethe Aase. Prøvene ble registrert og opparbeidet for analyse ved Havforskningsinstituttets prøvemottak av Aina Bruvik, Halvor Nordang og Manfred Torsvik. Analyse ble utført ved HI laboratorier for grunnstoff av Nawaraj Gautam, Vivian Krakeli, Joanna Maciag, Laila Oksholm og Berit Solli under ledelse av Marita Eide Kristoffersen og for fremmedstoff av Jannicke A Bakkejord, Agnethe Hertzberg, Kjersti Kolås, Dagmar B. Nordgård, Franziska Randers, Per-Ola Rasmussen, Amarjargal Sengee, Kari B. Sæle, Andreas L. Tomren og Teclu Weldegebriel under ledelse av Britt Elin Øye. Prøvene ble fisket av Inge Storehaug.

2 - Materiale og metoder

2.1 - Prøveinnsamling

Stasjonene (Figure 1) for torsk (Outer, Middle og Inner fjord; cod), brosme (Outer, Middle og Inner fjord; cusk), blåskjell (Middle fjord, m og Inner fjord, m1-m4) og sjøkreps (Outer fjord, l1-l3; Middle fjord, l1-l3 and Inner fjord, l1-l3) ble valgt for å dekke hele lengden på fjorden og på begge sider av terskelen vis-à-visa-vis Engbøfjellet, slik at stasjonene kan reflektere lokale tilstander. Prøvene ble også tatt etter forekomst. Sjøkreps ble fanget på 80–340 m dybde, brosme på 12–370 m dybde og torsk på 7–30 m dybde, alle i teiner. Blåskjell ble samlet på 0-2 m dyp. Fangstkoordinater og stedsnavn for de ulike stasjonene er gitt i Table 3. Prøvene ble tatt mellom 4. august og 8. desember 2017. Fiskerne sendte prøvene til Havforskningsinstituttet i frossen tilstand.

Figure 1

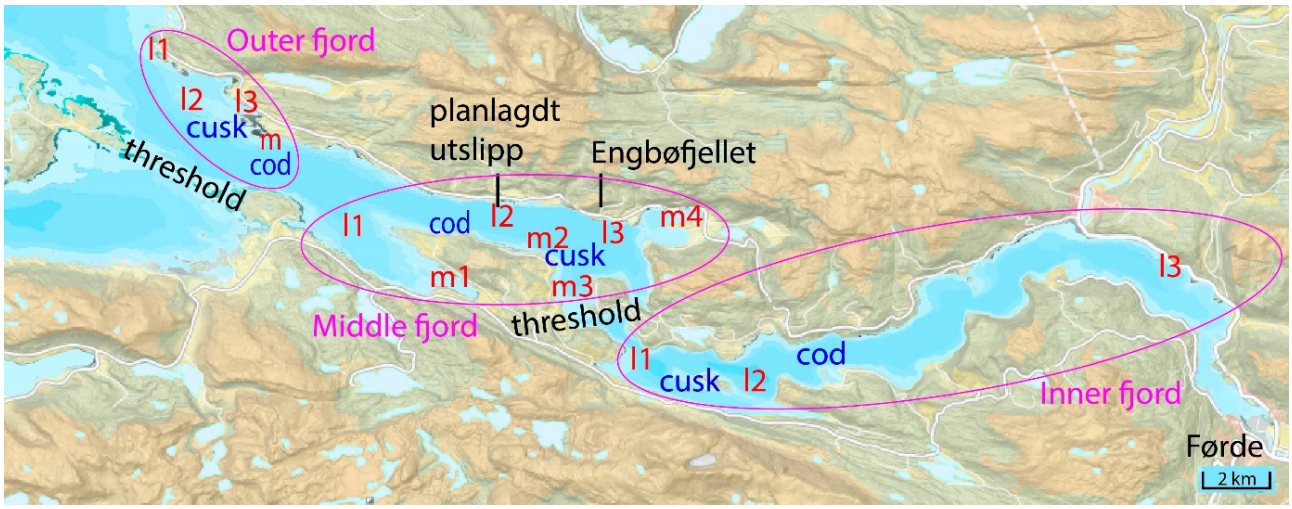

Figure: Catch stations

in the Førdefjord. Three magenta ellipses indicate areas, from the left to the right: Outer fjord, Middle fjord and Inner fjord. Stations within ellipses are indicated with the following abbreviations: l, Norway lobster; m, blue mussel; numbers, station number. Cod and cusk stations are indicated by the respective words.

Table 3

Sampling locations from the Førdefjord, Location code 28/37				
Station	Location name	Latitude	Longitude	Samples N
Outer fj. cusk	Brufjorden	61°3’	5°12’	20
Outer fj. cod	Brufjorden/Førdefjorden	61°29’	5°14’	20
Outer fj. N. lobster 1	Fløholmen, Flora, Brufjorden	61°31’	5°1’	9
Outer fj. N. lobster 2	Storeskallen, Flora, Brufjorden	61°3’	5°12’	9
Outer fj. N. lobster 3	Flokenes, Askvoll, Brufjorden	61°3’	5°13’	9
Outer fj. b. mussel	Svortevikholmane, Flora Litjeholmsvikane, Askvoll	61°31’ 61°29’ 61°3’	5°15’ 5°16’ 5°16’	3
Middle fj. cusk	Førdefjorden	61°3’	5°25’	20
Middle fj. cod	Førdefjorden	61°3’	5°21’	20
Middle fj. N. lobster 1	Tangen, Askvoll, Førdefjorden	61°29’	5°18’	9
Middle fj. N. lobster 2	Liset, Askvoll, Førdefjorden	61°29’	5°21’	9
Middle fj. N. lobster 3	Leknes, Askvoll, Førdefjorden	61°29’	5°26’	9
Middle fj. b. mussel 1	Gjelsvika, Holmane, Askvoll Gjelsvika, Askvoll Selvika, Askvoll	61°28’	5°22’	3
Middle fj. b. mussel 2	Hamnen, Askvoll Engebø, Naustdal	61°3’ 61°29’ 61°3’	5°24’ 5°25’ 5°27’	3
Middle fj. b. mussel 3	Engelneset, Naustdal Ålesundet, Askvoll Ålesundet, Naustdal	61°28’	5°27’ 5°27’ 5°28’	3
Middle fj. b. mussel 4	Redal, Kalveneset Redal, Liavika, Naustdal	61°3’	5°28’ 5°29’ 5°30’	3
Inner fj. cusk	Indre Førdefjorden	61°27’	5°3’	19
Inner fj. cod	Indre Førdefjorden	61°29’	5°33’	19
Inner fj. N. lobster 1	Hestvik, Askvoll, Indre Førdefjorden	61°27’	5°28’	9
Inner fj. N. lobster 2	Hellevang, Indre Førdefjorden	61°27’	5°32’	9
Inner fj. N. lobster 3	Førde, Indre Førdefjorden	61°3’	5°48’	9

Table: Sampled species, their location in the Førdefjord, number of samples. *Station, relative location in the Førdefjord and species; location name, provided if known; latitude and longitude, coordinates in degrees and minutes; samples, numbers of samples caught for this report. Also, see illustration in map,* ***Figure 1*** *. Abbreviations: b, blue; fj, fjord; N., Norway. Cusk, cod and Norway lobster sample numbers are provided as individual samples, blue mussel sample numbers as pooled samples of 25.*

2.2 - Opparbeiding

Blåskjell: Ved prøvemottaket til Havforskningsinstituttet ble blåskjellene tint, innmaten tatt ut, og skall lengde, totalvekt og vekten av innmat av 25 skjell per prøve bestemt. Det ble laget samleprøver av innmat av skjell av hver prøve, tre per stasjon. Samleprøvene ble homogenisert i en food processor og frysetørket.

Sjøkreps: Ved prøvemottaket til Havforskningsinstituttet ble lengde, vekt, vekt av innmat og kjønn bestemt. Deretter ble klokjøtt, halekjøtt og hepatopankreas tatt ut i rå tilstand hver for seg, homogenisert i en food processor og frysetørket. Forskjellige individ- og samleprøver ble laget, nærmere beskrevet under resultater.

Fisk (torsk og brosme): Ved prøvemottaket til Havforskningsinstituttet ble rund fisk tint, og lengde, vekt og kjønn ble

bestemt. Fra hver fisk ble det tatt ut en filetprøve av den siden som har ligget øverst under tining av fisken, for å unngå kontaminasjon av filetprøven med innmaten, som ofte hat høyere konsentrasjoner av miljøgifter enn fileten. Fileten fra hver fisk ble homogenisert i en food processor og frysetørket. Lever av torsk brosme ble homogenisert i en food processor. Forskjellige individ- og samleprøver prøver ble laget, nærmere beskrevet under resultater. Antall individer per samleprøve var 25 for blåskjell, 9 for sjøkreps og varierte for fiskene, siden prøvene ble satt sammen etter størrelse for å kunne analysere om størrelsen hadde innvirkning på nivået på uønskede stoffer.

2.3 - Praktisk analyse

2.3.1 - Kvantifiseringsgrenser og måleusikkerhet

Viktige element er kvantifiseringsgrense (limit of quantification, LOQ) og måleusikkerhet. LOQ er den laveste konsentrasjonen en metode kan måle nøyaktig av et stoff. Måleusikkerhet er et tall på feilmarginene til analyseresultatet. For mange miljøgifter er denne i området 20-40%. Ringtester, der prøver av det samme prøvematerialet blir målt av ulike laboratorium i Europa, sikrer at den brukte metoden gir mest mulig riktig resultat. LOQ og måleusikkerhet er spesifisert i **Table 4**.

2.3.2 - Bestemmelse av vanninnhold

Prøven homogeniseres, veies, fryses, og vannet trekkes ut ved vakuum ved at is går over direkte til damp. Metoden følger NMKL-prosedyre nr. 3, 4, 5 og 9, og Havforskningsinstituttets valideringsdokument.

2.3.3 - Bestemmelse av fettinnhold med etylacetat eller etter syrehydrolyse

For fiskelever og hepatopankreas er det brukt bestemmelse av fettinnhold med etylacetat. Prinsippet for metoden for fettbestemmelse er gravimetri. Innveid prøve ble ekstrahert med etylacetat, etylacetat ble dampet av og fettet 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 (Table 4).

2.3.4 - Bestemmelse av elementer med ICP-MS

For bestemmelse av grunnstoff ble det veid inn 0,2-0,25 g frysetørket materiale. Prøvene ble dekomponert i ekstra ren salpetersyre og hydrogenperoksid og oppvarmet i mikrobølgeovn (Milestone-MLS-1200). Kvantitet av innholdet bestemmes med ICPMS (indukivt koblet plasma massespektrometri) med ekstern kalibrering (standardkurve) til bestemmelse av arsen, bly, jern, kadmium, kobber, kobolt, kvikksølv, mangan, molybden, selen, sink, sølv og vanadium. Det ble tilsatt gull til standardløsningene for å stabilisere kvikksølvionene, og rhodium ble anvendt som intern standard for å korrigere for eventuell drift i instrumentet (Julshamn, Maage et al. 2007). Riktighet og presisjon for metallbestemmelsene har blitt bestemt ved analyser av sertifisert referansemateriale og deltakelse i ringtester. Metoden er akkreditert for arsen, bly, kadmium, kobber, kvikksølv, selen og sink. Metodens usikkerhet er beregnet til rundt 40% (As, Cd, Pb) –70% (Hg) for måleverdier mellom LOQ og 10 ganger LOQ, og til rundt 20% (As, Cd) eller 25% (Hg, Pb) ved høyere konsentrasjoner. Validert målområde for det tørre materialet er for As (0,01–420), Cd (0,005–27), Hg (0,005–5) og Pb (0,03–11). Metoden er akkreditert i henhold til NS-ISO 17025 (Table 5). Metoden baserer seg på NMKL metode 186. Metoden følger NMKL-prosedyre nr. 3, 4, 5 og 9, og Havforskningsinstituttets valideringsdokument, Nordisk metodikkomité for næringsmidler, 2007. NMKL 186, 2007. Nordisk metodikkomité for næringsmidler, Oslo, Norge.

2.3.5 - Bestemmelse av dioksiner, dioksinlignende PCB, ikke-dioksinlignende PCB og PBDE

For bestemmelse av dioksiner, dioksinlignende PCB og ikke-dioksinlignende PCB (PCB_6) ble prøvene opparbeidet ved blanding med hydromatriks og tilsatt ^{13}C-merkede internstandarder (27 standarder for dioksiner, furaner og dioksinlignende PCB og én standard for ikke-dioksinlignende PCB), overført til en «Accelerated Solvent Extractor» (ASE®) 300 eller «Pressurised Liquid Extraction» (PLE) 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 over tre kolonner pakket med henholdsvis flersjiktet silica som fjerner rester av fett fra prøven, basisk alumina og karbon (Power

Prep). Dioksin og furan (tetra-octa klorerte dibenso-dioksiner (PCDD), tetra-octaklorerte dibenso-para-furaner (PCDF) og non-orto PCB (77, 81, 126, 169) bestemmes ved isotop fortynnelse på høyoppløsende GC-MS. Polybromerte difenyletere (PBDE) (28, 47, 99, 100, 153, 154, 183) bestemmes på GC-MS. Mono-orto PCB (118, 114, 105, 156, 157, 167, 189) og seks ikke-dioksinlignende PCB (28, 52, 101, 138, 153, 180) som i sum utgjør PCB_6 bestemmes på GC-MSMS. PBDE 66, 119 og 138 bestemmes på GC-MS, og mono-orto PCB-123 bestemmes på GC-MSMS. Resultatene kvantifiseres vha. intern standard og PBDE vha. kalibreringskurve. Metoden følger NMKL-prosedyre nr. 3, 4, 5 og 9, og NIFES valideringsdokument. Toksiske ekvivalentverdier (TE) ble beregnet ved å multiplisere konsentrasjonene med kongenernes toksiske ekvivalensfaktorer (WHO-TEF 2005; Van den Berg, Birnbaum et al. 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. Kvantifiseringsgrensen for hver enkelt av kongenerne var 0,03 µg/kg våtvekt. Metoden er videreutviklet og tilpasset ved Havforskningsinstituttet basert på (Bjorklund, Muller et al. 2001, Muller, Bjorklund et al. 2001); United States Environmental Protection Agency metode 1613: ”Tetra- through Octa Chlorinated Dioxins and Furans by Isotope Dilution HRGC/HRMS”, EPA no 821-B-94-005, October 1994; Metode 1668 rev. A:”Chlorinated Biphenyl Congeners in Water, Soil, Sediment and Tissue by HRGC/HRMS.”: EPA no. 821-R-00-002 December 1999; SANCO/1562/01-rev 1 ”Methods of analysis in feed and food”; Com.reg 252/2012 (food) og Com.reg 278/2012 (feed); Analytical Chemistry, Vol. 73, Nr. 16, 15., 4050-4053; SANCO/3116/99-rev1 European Commission. Simplified method for the determination of polychlorinated biphenyls (PCBs) in food and feedingstuffs samples by –MS – Working document; Dionex; Application Note ASE 322; Selective Extraction of PCBs From Fish Tissue Using Accelerated Solvent Extraction (ASE). Dionex Corporation: Sunnyvale, CA, 1996.

Homogenisert prøve ble opparbeidet som beskrevet over for dioksiner, dioksinlignende PCB og PCB7. Prøver ble tilsatt intern standard (PBDE-139) og ekstrahert med diklormetan:heksan (80:20) på ASE®. Fettet ble brutt ned ved hjelp av svovelsyreimpregnert kiselgel i cellene. Ekstraktet ble renset videre med konsentrert svovelsyre. Renset ekstrakt ble analysert på GC-MS i selected ion monitoring (SIM)-mode ved negativ kjemisk ionisering (NCI). Kvantifisering ble utført vha. intern standard og en 7-punkts kalibreringskurve. Det ble analysert for PBDE kongenere 28, 47, 100, 99, 154, 153, 183, 66, 119 og 138, hvorav de første sju er de mest vanlige i sjømat og utgjør $PBDE_7$.

2.3.6 - Tallbehandling og statistiske tester

I denne rapporten er noen av de analyserte verdiene for stoffgruppene under kvantifiseringsgrensen (limit of quantification, LOQ). Det vil si at nivåene av det analyserte stoffet er så lave at man, med de brukte metodene, ikke kan kvantifisere mengden. Da blir resultatet gitt som lavere enn LOQ (<LOQ). Kvantifiseringsgrensen avhenger bl.a. av hvor mye prøvemengde som veies inn og tørrstoffinnholdet i prøven, og blir beregnet for hver enkelt analytt. For å kunne ta med alle resultatene i beregningene har vi satt konsentrasjoner som er mindre enn LOQ, lik LOQ. Dette prinsippet kalles for «upperbound LOQ». Man anvender upperbound summering på fremmedstoffer ut ifra et føre-var prinsipp når man vurderer mattrygghet (Table 1). På denne måten unngår man å undervurdere belastningen med et fremmedstoff. Det reelle tallet, som ikke er kvantifiserbart, vil da, ved lave nivå, være lavere enn LOQ. Man kan tenke seg at «upperbound LOQ» prinsippet estimerer en «worst case»-situasjon. I denne rapporten er gjennomsnittsverdier og summerte verdier konsekvent gitt som «upperbound».

Alle tallbehandlinger og statistiske analyser ble utført ved hjelp av programvaren Statistica™ 13 (StatSoft Inc., Tulsa, USA) og Excel (Office, Microsoft) som også ble brukt for å lage de grafiske fremstillingene. Analyseresultater er gitt på våtvekt (v.v.), LOQ i Table 4 på tørrvekt.

2.3.7 - K-faktor

Kondisjonsfaktor (K-faktor) sier noe om forhold mellom fiskens lengde og vekt og gir et utrykk for hvor tykk (høy K-faktor) eller slank fisken er. Den beregnes etter Fulton's formel:

$K = (100 \times vekt)/(lengde^3)$

Table 4

Accredited analyses carried out for this study and their limitations			
Analyte	**Method**	**LOQ**	**Measurement Uncertainty (MU)**
Fat content	Gravimetri	0.1% (LOD)	5%
PCDDs and PCDFs	HRGC/ HRMS	0.008–0.4 pg/g	20-35%
dl-PCBs, non-ortho PCBs: 77,81,126 and 169	HRGC/ HRMS GC-MSMS EI	0.008–0.4 pg/g 4-75 pg/g	25-40%
dl-PCBs, mono-ortho PCBs: 118, 114, 105, 156, 157, 167 and 189			20-35%
PCB_6: 28, 52, 101, 138, 153 and 180	GC-MSMS EI GC-MS NCI	0.3 ng/g	25-45%
$PBDE_7$: 28, 47, 99, 100, 153, 154 and 183		0.05 ng/g - 0.1 ng/g	30-40% per kongener 15% for sum of $PBDE_7$
Arsenic	ICP-MS	0.01 mg/g	20%
Cadmium		0.005 mg/g	20%
Lead		0.03 mg/g	25%
Mercury		0.005 mg/g	20% (0.5 - 4.6 mg/kg) 25% (0.05- 0.5 mg) 70% (0.005 - 0.05 mg/kg)
Copper		0.1 mg/kg	25%
Tin		0.5 mg/kg	20%
Selenium		0.01 mg/kg	25%
Chromium*		0.03 mg/kg	30%
Cobalt*		0.02 mg/kg	20%
Iron*		0.1 mg/kg	25%
Manganese*		0.03 mg/kg	20%
Molybdenum*		0.1 mg/kg	20%
Nickle*		0.3 mg/kg	30%
Silver		0.01 mg/kg	25%
Vanadium		0.005 mg/kg	20%

***Table: Analyses carried out for this study and their accreditation status, LOQ and measurement uncertainty**. *, unaccredited. Numbers refer to dry weight of sample. LOQs differ between congeners. Measurement uncertainty decreases with increasing concentration of the analyte. Mono-ortho PCB-123 and PBDE 66, 119 and 138 were analyzed unaccredited.*

3 - Resultater

3.1 - Oversikt

Analysene utført for de forskjellige prøvene er oppført i **Table 5**.

Table 5

Analyses carried out per samples				
	Water content	Fat content	Dioxins/PCB/ PBDE	elements
Blue mussel	P (15)	P (15)	P (15)	P (15)
Norway lobster, hepatopancreas		P (9)	P (9)	P (9)
Norway lobster, claw meat			P (9)	
Norway lobster, tail meat	X (81)		P (9)	X (81)
Cod fillet	X (58)			X (58)
Cod liver		P (9)	P (9)	P (9)
Tusk fillet	X (58)			X (58)
Tusk liver		P (9)	P (9)	P (9)

Table: Sample overview. *Samples analyzed individually, x; pooled samples, p; number of samples, (in brackets), for water content, fat content, dioxins and dioxin-like PCBs/non-dioxin-like PCB/polybrominated diphenyl ethers (PBDE), and elements. Description of the methods are provided in the previous chapter.*

3.2 - Fysiske parameter

Fysiske parameter er oppgitt i Table 6. Det var ingen signifikant forskjell for lengde, vekt eller K-faktor mellom indre, midtre og ytre Førdefjord for de forskjellige artene, med unntak av brosme. De analyserte brosmene hadde signifikant større K-faktor i midtre Førdefjord sammenlignet med indre Førdefjord, og signifikant større vekt i midtre Førdefjord, sammenlignet med ytre Førdefjord. Dessuten signifikant større lengde og vekt i ytre Førdefjord sammenlignet med indre Førdefjord. Forskjellene mellom midtre Førdefjord sammenlignet med indre og ytre Førdefjord skyldes færre små brosmer i midtre Førdefjord, mens forskjellen mellom ytre og indre Førdefjord i lengde og vekt skyldes færre store brosmer sammenlignet med Indre Førdefjord.

Table 6

Physical parameters of different species and tissues							
			Minimum-Maximum (Mean ± Standard Deviation)				
Species	**Location**	**N**	**Length [cm]**	**Weight [kg, fish] [g, mussel, Norway lobster]**	**Liver weight, fish; hepatopancreas weight, Norway lobster [g]**	**K-factor**	**Sex [m/f]**
Cusk (*Brosme brosme*)	Outer Fjord	20	44-86 (65±10)	1-7.1 (3.4±1.5)	23-303 (121 ±64)	0.9-1.6 (1.2±0.1)	
	Middle fjord	20	53-86 (65±10)	1.7-7.1 (3.6±1.5)	38-303 (138±78)	1-1.6 (1.2±0.1)	
	Inner fjord	19	44-79 (59±8)	1-5 (2.4±1)	23-187 (89±47)	0.9-1.3 (1.1±0.1)	
Cod (*Gadus morhua*)	Outer Fjord	20	39-60 (52±6)	0.6-2.3 (1.4±0.4)	5-53 (26 ±14)	0.7-1.1 (1±0.1)	
	Middle fjord	20	42-73 (52±8)	0.7-3.4 (1.5±0.7)	2-73 (21±17)	0.8-1.1 (1±0.1)	
	Inner fjord	19	46-60 (52±5)	1-2.4 (1.5±0.5)	6-71 (29±19)	0.8-1.4 (1±0.1)	
Blue mussel (*Mytilus edulis*) Soft parts	Outer fjord	3	5.9-6.8 (6.3±0.5)	438-469 (456±16)			
	Middle fjord 1	3	5.8-7.2 (6.6±0.7)	261-620 (438±180)			
	Middle fjord 2	3	5.3-7.5 (6.3±1.1)	339-558 (426±116)			
	Middle fjord 3	3	6.1-6.4 (6.2±0.2)	323-348 (333±13)			
	Middle fjord 4	3	5.4-5.9 (5.7±0.3)	321-456 (393±68)			
Norway lobster (*Nephros Norvegicus*) Tail meat	Outer fjord 1	9	15-23 (20±2.7)	60-170 (122 ±42)	2-8 (5 ±2)	1.3-1.8 (1.5 ±0.2)	8/1
	Outer fjord 2	9	18-22 (20 ±1.4)	72-139 (118 ±21)	2-5 (4 ±1)	1.2-1.7 (1.4 ±0.1)	9/1
	Outer fjord 3	9	16-21 (19 ±2)	71-190 (139 ±40)	3-10 (6 ±2)	1.8-2.7 (2.1 ±0.3)	9/0
	Middle fjord 1	9	15-24 (20 ±3)	56-248 (164 ±64)	2-8 (4 ±2)	1.4-6 (2.3 ±1.4)	7/2
	Middle fjord 2	9	17-22 (19 ±2)	82-215 (125 ±41)	N.A.	1.6-2.2 (1.9 ±0.2)	8/1
	Middle fjord 3	7	18-22 (20±1)	63-184 (140±43)	2-5 (4±1)	1.2-2.1 (1.6±0.3)	6/1
	Inner fjord 1	9	15-24 (21±4)	43-207 (129±60)	3-8 (5±2)	1-1.5 (1.4±0.2)	7/2
	Inner fjord 2	9	16-26 (19±3)	58-214 (112±48)	2-9 (4±2)	1.2-2.5 (1.5±0.4)	8/1

	Inner fjord 3	9	16-21 (19±2)	46-155 (105±32)	3-6 (4±1)	1.2-2.4 (1.5 ±0.4)	8/1

Table: Physical parameters *of the analyzed animals per location. N, number of samples; length, length whole organism; weight; whole weight per animal, except blue mussel: per 25 pieces, in kg for fish, in g for other animals; liver weight for fish; hepatopancreas weight for Norway lobster; sex, ratio between male/female, only determined for Norway lobster.*

3.3 - Grunnstoff

3.3.1 - Kvikksølv

I torskefilet var nivåene av kvikksølv 0,03-0,3 mg/kg og i brosmefilet 0,08-1,2 mg/kg. Høyere konsentrasjoner av kvikksølv i brosme enn i torsk er en vanlig tendens og sammenlignbart med det man har sett i andre undersøkelser av torsk og brosme (Julshamn, Duinker et al. 2013, Frantzen and Maage 2016, Kögel, Frantzen et al. 2017). Hepatopankreas av sjøkreps hadde kvikksølvkonsentrasjoner på 0,05–0,18 mg/kg, noe som ikke skiller seg betydelig fra halekjøttet som var på 0,04–0,26 mg/kg, målt på individnivå. Konsentrasjonene av kvikksølv i klokjøtt, målt i to samleprøver, 0,016–0,018 mg/kg, var lavere enn gjennomsnittet av halene fra de samme individene (Table 7). Kvikksølvkonsentrasjonene i blåskjell, 0,01–0,02 mg/kg, var også lave. **21 av totalt 59 analyserte brosmefileter, og ingen av de analyserte torskefileter og sjøkreps hadde kvikksølvkonsentrasjoner over EU og Norges grenseverdi for kvikksølv i fiskefilet og fiskeriprodukter, som er satt til 0,5 mg/kg**. I tillegg hadde 26 brosmer av 59 som var analysert, 7 tosk av 59 og 1 sjøkreps av 81, kvikksølv konsentrasjoner over 0,2 mg/kg. Over halvparten av brosmene med kvikksølvkonsentrasjoner over grenseverdien, var fra den ytre Førdefjorden, og over halvparten av brosmene fra den ytre Førdefjorden hadde kvikksølvkonsentrasjoner over grenseverdien. Kvikksølvkonsentrasjonene i brosmefilet var signifikant høyere i ytre, sammenlignet med midtre og indre Førdefjord, men kvikksølvkonsentrasjonene korrelerer med lengden av fisken, og det var flere større brosmer i den ytre Førdefjorden (Table 6). Dersom man ser kun på brosme mellom 60 og 70 cm lengde var det ikke forskjell mellom stasjonene i den gjennomsnittlige kvikksølvkonsentrasjonen. Kvikksølvkonsentrasjonene var høyere i brosmelever enn i brosmefilet. Dette forholdet har vært observert før (Kögel, Frantzen et al. 2017).

3.3.2 - Bly

Det var ingen overskridelser av grenseverdiene for bly, som for skjell er satt til 1,5 mg/kg, for muskelkjøtt av krepsdyr til 0,1 mg/kg og for filet av fisk til 0,3 mg/kg (Table 1). Bly i brunmat av sjøkreps hadde konsentrasjoner opp til 0,4 mg/kg i samleprøver. De målte konsentrasjonen av bly i sjøkreps er høyere enn de som er vanlige i taskekrabbe, og høyere enn det vi har målt i brunmat av sjøkreps før (2014, Arne Duinker, personlig kommunikasjon). Det er dog for få målinger for å kunne si noe om hva som er vanlig. Det er ingen signifikant forskjell mellom stasjonene for alle undersøkte vev og arter.

3.3.3 - Kadmium

Det var ingen overskridelser av grenseverdiene for kadmium, som for skjell er satt til 1 mg/kg, for skalldyr til 0,5 mg/kg og for filet av fisk til 0,05 mg/kg (Table 1). Kadmiumkonsentrasjonene var noe høyt i samleprøver av brunmat fra sjøkreps, fra 3,9 mg/kg til 9,8 mg/kg, i snittet 6,9 mg/kg (Table 7). Dette ligger omkring det man også måler i brunmat av taskekrabber andre steder (https://sjomatdata.hi.no/), og de laveste verdiene ligger omkring det som vi har målt i sjøkreps før (2014, Arne Duinker, personlig kommunikasjon). Blåskjell hadde kadmiumkonsentrasjoner på 0,1-0,15 mg/kg (Table 7), brosmelever 0,09–0,3 mg/kg. Muskelkjøtt generelt hadde veldig lave konsentrasjoner på kadmium (Table 7). Det var ingen signifikant forskjell mellom stasjonene for kadmiumnivåene for alle undersøkte vev og arter, med unntak av halekjøtt av sjøkreps, som hadde signifikante forskjell mellom stasjonene, men på et nivå som er ubetydelig for mattrygghet. Det var ikke signifikant forskjell på størrelsen av de undersøkte sjøkrepsene, men brosmene var størst i ytre Førdefjord og minst i indre Førdefjord.

3.3.4 - Arsen

Arsenkonsentrasjonene i blåskjell (3±1 mg/kg), torskefilet (6±6 mg/kg), halemuskel (26±9 mg/kg) og klokjøtt av sjøkreps (23,5 mg/kg) ligger omkring nivåene målt før i disse artene andre steder (sjomatdata.hi.no). Hepatopankreas (42±8

mg/kg) av sjøkreps hadde relativt høye konsentrasjoner av arsen. Det er ikke data på sjøkreps hepatopankreas i sjomatdata.hi.no per i dag, men tidligere var det også målt relativt høye konsentrasjoner på arsen i brunmat av sjøkreps på omkring 28 mg/kg (2014, Arne Duinker, personlig kommunikasjon). Brosmefilet (17±11 mg/kg) og brosmelever (13±4mg/kg) har høyere nivå på arsen sammenlignet med tidligere rapporter, der brosmefilet har arsenkonsentrasjoner rundt 5 mg/kg i kystnære farvann (Frantzen and Maage 2016) og rundt 13 mg/kg i Årdalsfjorden (Kögel, Maage et al. 2016). Arsenkonsentrasjonene i brosmefilet var signifikant lavere i ytre Førdefjord (12 mg/kg), sammenlignet med midtre Førdefjord (20 mg/kg). Bortsett fra det var det ingen signifikant forskjell mellom stasjonene. Selv med høye konsentrasjoner av totalarsen er det vist at nivået av uorganisk arsen er svært lavt i fisk (Julshamn, Nilsen et al. 2012). Uorganisk arsen er den mest giftige formen av arsen, mens det i hovedsak er den ikke-giftige organiske formen arsenobetain som er i fisk og annen sjømat (Francesconi and Kuehnelt 2002). Det er ikke fastsatt grenseverdier for totalarsen i mat.

3.3.5 - Essensielle elementer

De essensielle elementene selen, kobber, sink, jern og mangan var til stede i målbare konsentrasjoner i alle prøvene (Table 7 og Table 8). Nivåene på kobber er svært lave i fisk og skjell og høyere i sjøkreps. Det har en naturlig forklaring, siden sjøkreps bruker kobber til oksygentransport i blodet, der andre dyr bruker jern. Likevel er nivåene lave nok til at dette ikke vil utgjøre et mattrygghetsproblem. Det er ingen tydelige tendenser i forskjellene mellom stasjonene. Der det var statistisk signifikante forskjell mellom stasjonene, var de ubetydelige på grunn av svært lave nivå (fiskefilet). Jernkonsentrasjonene var lavest i fiskefiletene, fulgt av muskelkjøtt av sjøkreps, blåskjell, hepatopankreas av sjøkreps og brosmelever, i denne rekkefølgen. Halekjøtt av sjøkreps har lavere konsentrasjoner enn klokjøtt på jern. Det er ingen tydelige tendenser i forskjellene mellom stasjonene. Forskjellene mellom stasjonene var enten ikke statistisk signifikant (blåskjell) eller ubetydelige på grunn av svært lave nivå (fiskefilet). Sink har lavest nivå i fiskefilet, fulgt av blåskjell og halekjøtt av sjøkreps og brosmelever. Høyest er nivåene i klokjøtt og hepatopankreas av sjøkreps. Det er ingen grenseverdi på sjømat for sink. De høyeste nivå på sink i sjøkreps hepatopankreas er omkring grenseverdiene for noen typer hermetikk mat. Der det var statistisk signifikante forskjell mellom stasjonene, var de ubetydelige på grunn av svært lave nivå (fiskefilet). Også for mangan og selen var det noen statistisk signifikante forskjell mellom stasjonene på fiskefilet, som var ubetydelige på grunn av svært lave nivå.

3.3.6 - Andre elementer og miljøstatus

Andre elementer som også ble målt var sølv, krom, molybden, kobolt, nikkel og vanadium, som enten var under kvantifiseringsgrensen eller til stede i svært lave konsentrasjoner, med litt høyere konsentrasjoner i hepatopankreas av sjøkreps og brosmelever. Der det var statistisk signifikante forskjeller mellom stasjonene, var de ubetydelige på grunn av svært lave nivå (fiskefilet; Cr: også sjøkreps halekjøtt, blåskjell). Det er satt tilstandsklasser ut fra miljøkriterier på arsen, sølv, bly, kadmium, kobber, krom, kvikksølv, nikkel og sink i blåskjell SFT/Miljødirektoratet/Klif (Molvær 1997). I forhold til disse er tilstanden av Førdefjorden ubetydelig til lite forurenset. Tilstandsklassene er ikke nødvendigvis relevant i forhold til mattrygghet.

Table 7

Concentrations of elements analyzed with accredited methods in the different species and tissues									
			Minimum-Maximum (Mean ± Standard deviation) [mg/kg]						
Species	**Lo-cation**	**N**	**As**	**Cd**	**Hg**	**Pb**	**Cu**	**Se**	**Zn**
Cusk (*Brosme brosme*) Fillet	Outer Fjord	20	1-30 (12±8.9)	0.0008-0.001 (0.001±0.0001)	0.2-1.2 (0.56±0.24)	< LOQ	0.086-0.16 (0.12±0.02)	0.48-0.72 (0.6±0.08)	4-6.9 (4.9±0.8)
	Middle fjord	20	4.5-48 (20±9.8)	0.0008-0.001 (0.0009±0.0001)	0.11-0.63 (0.36±0.17)	< LOQ	0.09-0.14 (0.11±0.01)	0.39-0.85 (0.58±0.11)	3.1-5 (3.9±0.5)
	Inner fjord	19	5.3-51 (18±12)	0.0009-0.004 (0.0014±0.0008)	0.08-0.89 (0.36±0.24)	< LOQ	0.11-0.18 (0.13±0.02)	0.46-0.82 (0.6±0.09)	3.4-4.7 (4.0±0.4)
Cusk (*Brosme brosme*) Liver	Outer Fjord	3	9.2-13 (12±2)	0.19-0.47 (0.3±0.15)	0.24-1.57 (0.97±0.67)	0.02-0.05 (0.03±0.01)	2.3-3.8 (3±0.78)	3.6-4.8 4.4 ±0.7)	15-21 (1 9±3)
	Middle fjord	3	15-19 (17 ±2)	0.13-0.3 (0.2 ±0.08)	0.19-0.72 (0.41 ±0.28)	0.02-0.04 (0.03 ±0.01)	2.1-4.5 (3.1 ±1.2)	3.7-4.8 (4.2 ±0.6)	15-18 (16 ±1)
	Inner fjord	3	9-12 (11 ±2)	0.09-0.18 (0.13 ±0.05)	0.12-0.6 (0.4 ±0.27)	< LOQ	1.6-5.5 (3.7 ±2)	3.4-4.6 (3.8 ±0.7)	11-18 (15 ±4)
Atlantic cod (*Gadus morhua*) Fillet	Outer Fjord	20	2-21 (7.4±4.4)	0.0009-0.001 (0.001±0.00005)	0.04-0.28 (0.1±0.05)	< LOQ	0.1-0.17 (0.13±0.02)	0.22-0.39 (0.32±0.05)	3.1-4.1 (3.6±0.3)
	Middle fjord	20	1-21 (6.5±4.8)	0.007-0.003 (0.001±0.0007)	0.03-0.3 (0.12±0.07)	< LOQ	0.11-1.3 (0.21±0.26)	0.22-0.38 (0.32±0.04)	3.5-6.4 (4.1±0.6)
	Inner fjord	19	1.4-33 (4.7±7)	0.0007-0.002 (0.001±0.0003)	0.06-0.26 (0.12±0.06)	< LOQ	0.13-0.21 (0.16±0.02)	0.25-0.43 (0.31±0.04)	3.5-6 (4.3±0.6)
Blue mussel (*Mytilus edulis*) Soft parts	Outer fjord	3	2.8-3.9 (3.4±0.6)	0.12-0.15 (0.14±0.15)	0.02-0.02 (0.02±0.00)	0.12-0.17 (0.14±0.03)	0.82-0.94 (0.88±0.06)	0.34-0.42 (0.38±0.04)	13-17 (14.7±2.1)
	Middle fjord 1	3	2.7-5.4 (3.8±1.4)	0.1-0.15 (0.12±0.026)	0.01-0.02 (0.02±0.00)	0.1-0.16 (0.13±0.03)	0.83-1 (0.92±0.12)	0.34-0.41 (0.37±0.04)	14-16 (15±1.4)
	Middle fjord 2	3	2.7-3.3 (2.9±0.3)	0.12-0.13 (0.12±0.006)	0.019-0.022 (0.02±0.01)	0.09-0.14 (0.11±0.03)	0.74-0.9 (0.82±0.08)	0.29-0.36 (0.33±0.04)	10-13 (11.7±1.5)
	Middle fjord 3	3	2.9-3.4 (3.1±0.3)	0.086-0.12 (0.11±0.017)	0.017-0.022 (0.02±0.00)	0.07-0.11 (0.09±0.02)	0.77-0.88 (0.84±0.06)	0.32-0.37 (0.35±0.03)	13-17 (15.3±2.1)
	Middle fjord 4	3	2.8-3.3 (3.1±0.3)	0.14-0.14 (0.14±0)	0.02-0.03 (0.03±0.00)	0.09-0.094 (0.09±0.00)	0.83-0.86 (0.84±0.02)	0.36-0.4 (0.38±0.02)	11-14 (12.7-1.5)
Norway lobster (*Nephros Norvegicus*) Tail meat	Outer fjord 1	9	11-31 (23±6)	0.01-0.11 (0.03±0.03)	0.08-0.14 (0.10±0.02)	0.02-0.04 (0.02±0.01)	4.7-9.7 (6.6±1.4)	0.9-1.3 (1.1±0.2)	12-15 (13.3 ±1.1)
	Outer fjord 2	9	19-37 (26 ±6.6)	0.01-0.11 (0.03 ±0.03)	0.07-0.12 (0.09 ±0.02)	0.01-0.04 (0.02 ±0.01)	3.3-7 (4.6 ± 1.13)	0.74-1.6 (1.06 ±0.28)	11-14 (12.6 ±1.0)
	Outer fjord 3	9	17-40 (29 ±6.9)	0.015-0.05 (0.029 ±0.013)	0.09-0.19 (0.12 ±0.04)	0.01-0.04 (0.02 ±0.01)	2.9-11 (6.7 ±2.12)	0.82-1.7 (1.18 ±0.27)	13-18 (15.4 ±1.6)
	Middle fjord 1	9	12-47 (26 ±13)	0.005-0.13 (0.027 ±0.039)	0.07-0.11 (0.09 ±0.02)	0.01-0.03 (0.02 ±0.01)	3-10 (6.4 ±2.5)	0.5-1.2 (0.88 ±0.23)	12-16 (14 ±1.4)

	Middle fjord 2	9	16-40 (27 ±9)	0.012-0.062 (0.029 ±0.014	0.09-0.26 (0.13 ±0.05)	0.01-0.07 (0.02 ±0.02)	4.4-7.2 (6 ±1)	0.73-1.8 (1.11 ±0.3)	12-15 (13 ±1.2)
	Middle fjord 3	9	24-33 (28±4)	0.006-0.036 (0.014±0.01)	0.04-0.1 (0.07±0.02)	0.01-0.02 (0.01±0.01)	3.8-6.4 (4.8±1.09)	0.72-1.4 (1.05±0.29)	12-14 (13.3±0.8)
	Inner fjord 1	9	7-44 (28±13)	0.008-0.048 (0.021±0.015)	0.08-0.19 (0.14±0.04)	0.01±0.04 (0.02±0.01)	4.1-8.5 (6.3±1.2)	0.78-1.9 (1.25±0.38)	14-16 (15±1)
	Inner fjord 2	9	20-33 (28±5)	0.003-0.018 (0.009±0.005)	0.045-0.12 (0.06±0.03)	0.01-0.02 (0.01±0.01)	3.7-6.7 (5.3±1)	0.65-1.2 (0.82±0.17)	12-16 (14±1.1)
	Inner fjord 3	9	11-25 (17±4)	0.006-0.046 (0.02±0.01)	0.04-0.1 (0.07±0.02)	0.01-0.01 (0.01±0)	4-7.2 (5.3±1)	0.61-0.85 (0.74±0.09)	13-16 (14.1±0.9)
Norway lobster (*Nephros Norvegicus*) Claw meat	Middle fjord 1	1	22	0.019	0.018	0.021	12	0.59	39
	Inner fjord 2	1	25	0.009	0.016	0.012	9.2	0.61	35
Norway lobster (*Nephros Norvegicus*) Hepato-pancreas	Outer fjord	3	40-48 (45±4)	7.8-9.6 (8.47±0.99)	0.15-0.18 (0.16±0.02)	0.29-0.4 (0.35±0.06)	150-290 (237±76)	5.6-6 (5.83±0.21)	73-140 (98±36)
	Middle fjord	3	30-48 (38±9)	4.7-8.9 (6.8±2.1)	0.08-0.18 (0.12±0.05)	0.27-0.42 (0.36±0.08)	270-380 (327±55)	3.2-5.7 (4.5±1.25)	78-96 (86±9.1)
	Inner fjord	3	33-56 (44±12)	3.9-7.7 (5.4±2)	0.05-0.17 (0.1±0.05)	0.12-0.35 (0.23±0.11)	150-290 (237±76)	3.3-7.2 (5±2)	73-140 (98±36)
Species	**Lo-cation**	**N**	**As**	**Cd**	**Hg**	**Pb**	**Cu**	**Se**	**Zn**

Table: Concentrations of different elements (columns) in different tissues/species (row) in mg/kg per wet weight. Claw meat and hepatopancreas samples are pooled samples from 9 individuals. Concentrations are summarized per sampling station. Red: Exceeding Norway and EU's limit for mercury in fish fillet, 0.5 mg/kg. Orange: Exceeding 0,2 mg/kg in cod fillet.

Table 8

Concentrations of elements analyzed with unaccredited methods in the different species and tissues

			Minimum-Maximum (Mean ± Standard Deviation) [mg/kg]							
Species/ Tissue	**Location**	**N**	**Ag**	**Co**	**Cr**	**Fe**	**Mn**	**Mo**	**Ni**	**V**
Cusk *Brosme brosme*) Fillet	Outer Fjord	20	< LOQ	< LOQ	0.004-0.026 (0.079±0.006)	0.61-1.4 (0.97±0.21)	0.08-0.2 (0.12±0.03)	< LOQ	0.05-0.08 (0.06±0.01)	0.001-0.003 (0.001±0.001)
	Middle fjord	20	0.002-0.003 (0.002±0.0002)	< LOQ	0.005-0.012 (0.017±0.026)	0.53-1.6 (0.8±0.23)	0.08-0.19 (0.13±0.02)	< LOQ	< LOQ	0.001-0.001 (0.001±0.001)
	Inner fjord	19	< LOQ	< LOQ	0.005-0.058 (0.016±0.013)	0.6-1.7 (1.04±0.29)	0.09-0.77 (0.18±0.16)	< LOQ	0.05-0.06 (0.06±0.00)	0.001-0.006 (0.002±0.001)
Cusk *Brosme brosme*) iver	Outer Fjord	3	0.07-0.4 (0.18±0.19)	0.06-0.14 (0.09±0.04)	< LOQ	113-140 (124±14)	0.95-1.35 (1.17±0.2)	< LOQ	< LOQ	0.08-0.18 (0.14±0.05)
	Middle fjord	3	0.08-0.5 (0.23±0.24)	0.06-0.11 (0.09±0.03)	< LOQ	85-110 (100±13)	0.87-1 (0.92±0.07)	< LOQ	< LOQ	0.05-0.12 (0.09±0.04)

	Inner fjord	3	0.09-0.3 (0.24±0.13)	0.05-0.08 (0.06±0.02)	0.02-0.02 (0.02±0)	77-110 (96±17)	0.63-0.99 (0.76±0.2)	< LOQ	< LOQ	0.08-0.17 (0.12±0.05)
Atlantic cod (*Gadus morhua*) Fillet	Outer Fjord	20	0.002-0.006 (0.002±0.001)	< LOQ	0.005-0.011 (0.006±0.002)	0.49-1.1 (0.71±0.13)	0.059-0.12 (0.08±0.02)	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	Middle fjord	20	0.002-0.007 (0.003±0.001)	0.004-0.005 (0.005±0.001)	0.004-0.021 (0.006±0.004)	0.66-1.6 (1.05±0.26)	0.03-0.77 (0.13±0.16)	< LOQ	< LOQ	0.001-0.006 (0.002±0.001)
	Inner fjord	19	0.002-0.004 (0.002±0.001)	0.003-0.007 (0.005±0.001)	0.004-0.012 (0.005±0.002)	0.59-1.6 (0.95±0.28)	0.42-0.27 (0.08±0.05)	< LOQ	< LOQ	0.001-0.004 (0.001±0.001)
Blue mussel (*Mytilus edulis*) Soft parts	Outer fjord	3	0.002-0.004 (0.003±0.001)	0.04-0.05 (0.046±0.003)	0.076-0.1 (0.091±0.013)	17-28 (23±5.7)	0.49-0.64 (0.57±0.08)	0.06-0.06 (0.06±0)	0.08-0.1 (0.09±0.01)	0.91-1.3 (1.14±0.2)
	Middle fjord 1	3	0.002-0.002 (0.002±0)	0.04-0.05 (0.04±0.01)	0.051-0.1 (0.076±0.035)	16-18 (17±1.4)	0.4-0.52 (0.48±0.06)	0.05-0.07 (0.06±0.01)	0.08-0.09 (0.09±0.01)	0.8-1.1 (0.95±0.21)
	Middle fjord 2	3	0.003-0.005 (0.004±0.001)	0.05-0.06 (0.05±0.01)	0.083-0.12 (0.096±0.021)	21-55 (26±17)	0.43-0.92 (0.67±0.25)	0.05-0.06 (0.05±0.01)	0.09-0.11 (0.10±0.01)	0.89-1.2 (1.03±1.53)
	Middle fjord 3	3	0.003-0.005 (0.004±0.001)	0.03-0.05 (0.041±0.008)	0.044-0.075 (0.064±0.017)	22-27 (25±2.7)	0.63-0.82 (0.71±0.1)	0.04-0.06 (0.05±0.01)	0.06-0.08 (0.07±0.01)	1-1.3 (1.17±0.15)
	Middle fjord 4	3	0.003-0.006 (0.004±0.002)	0.04-0.05 (0.05±0.002)	0.12-0.13 (0.127±0.006)	31-37 (34±3)	0.47-0.61 (0.56±0.08)	0.06-0.07 (0.07±0.01)	0.07-0.08 (0.07±0.01)	0.97-1.1 (1.02±0.07)
Norway lobster (*Nephros Norvegicus*) Tail meat	Outer fjord 1	9	0.13-0.33 (0.2±0.06)	0.01-0.03 (0.02±0.01)	0.008-0.083 (0.034±0.023)	1.4-3.4 (2.6±0.7)	1-2.1 (1.53±0.42)	0.02-0.07 (0.03±0.02)	0.06-0.07 (0.06±0.01)	0.005-0.019 (0.01±0.004)
	Outer fjord 2	9	0.091-0.26 (0.16±0.05)	0.01-0.03 (0.02±0.01)	0.005-0.034 (0.015±0.009)	1.3-6.8 (3.2±2)	0.78-4 (1.56±0.94)	0.02-0.12 (0.05±0.04)	0.06-0.08 (0.06±0.01)	0.004-0.034 (0.01±0.009)
	Outer fjord 3	9	0.1-0.25 (0.18±0.06)	0.01-0.04 (0.02±0.01)	0.007-0.48 (0.071±0.154)	1.2-7.4 (3.2±2.2)	0.35-2 (0.98±0.5)	0.02-0.1 (0.04±0.03)	0.06-0.4 (0.11±0.11)	0.007-0.022 (0.012±0.005)
	Middle fjord 1	9	0.068-0.32 (0.166±0.089)	0.01-0.03 (0.018±0.005)	0.008-0.59 (0.176±0.209)	1.4-14 (4.7±4.5)	0.43-2 (0.76±0.5)	0.02-0.11 (0.05±0.03)	0.06-0.44 (0.16±0.14)	0.004-0.037 (0.015±0.012)
	Middle fjord 2	9	0.11-0.29 (0.2±0.065)	0.01-0.02 (0.02±0.004)	0.047-0.16 (0.091±0.042)	1.4-5.7 (3.1±1.8)	0.91-4.5 (2.34±1.1)	0.02-0.06 (0.04±0.01)	0.07-0.19 (0.11±0.05)	0.005-0.021 (0.013±0.005)
	Middle fjord 3	9	0.13-0.31 (0.22±0.06)	0.01-0.05 (0.02±0.01)	0.005-0.071 (0.024±0.025)	1.1-27 (5.1±9.6)	0.27-1.1 (0.5±0.31)	0.02-0.05 (0.03±0.01)	0.05-0.11 (0.07±0.02)	0.006-0.11 (0.024±0.038)
	Inner fjord 1	9	0.065-0.44 (0.22±0.11)	0.01-0.03 (0.02±0.01)	0.006-0.048 (0.201±0.013)	0.9-7.5 (3±2)	0.46-4 (1.09±1.1)	0.02-0.14 (0.04±0.04)	0.06-2 (0.27±0.64)	0.004-0.028 (0.01±0.01)
	Inner fjord 2	9	0.12-0.32 (0.2±0.06)	0.01-0.02 (0.01±0.03)	0.01-0.094 (0.037±0.027)	0.95-9.7 (3±3)	0.21-0.73 (0.42±0.16)	0.02-0.03 (0.02±0)	0.06-0.09 (0.06±0.01)	0.005-0.33 (0.01±0.01)

	Inner fjord 3	9	0.13-0.23 (0.17±0.03)	0.01-0.03 (0.02±0.005)	0.008-0.059 (0.023±0.015)	1-3.4 (1.6±0.8)	0.21-0.62 (0.35±0.14)	0.02-0.02 (0.02±0)	0.06-0.1 (0.07±0.02)	0.004-0.016 (0.009±0.004)
Norway lobster *Nephros Norvegicus*) Claw meat	Middle fjord 1	1	0.29	0.029	0.48	9.1	0.54	0.1	0.1	0.019
	Inner fjord 2	1	0.3	0.023	0.091	6.2	1.5	0.05	0.37	0.018
Norway lobster (*Nephros Norvegicus*) Hepato-pancreas	Outer fjord	3	2.9-3.1 (3±0.12)	0.51-0.72 (0.65±0.12)	0.1-0.19 (0.13±0.05)	41-50 (44±5)	2.9-6 (4.1±1.6)	0.53-1.6 (1.21±0.69)	0.64-2.1 (1.51±0.77)	0.52-0.88 80.75±0.2)
	Middle fjord	3	2.5-2.9 (2.7±0.21)	0.56-0.73 (0.64±0.1)	0.096-0.14 (0.112±0.024)	42-53 (46±5.9)	3.8-11 (8.6±4.05)	0.88-1.4 (1.16±0.26)	1-1.7 (1.37±0.35)	0.55-0.81 (0.7±0.14)
	Inner fjord	3	2.9-3.1 (3.03±0.12)	0.51-0.72 (0.65±0.12)	0.099-0.19 (0.133±0.05)	41-50 (44±4.9)	2.9-6 (4.1±1.6)	0.53-1.6 (1.21±0.59)	0.64-2.1 (1.51±0.77)	0.52-0.88 (0.75±0.2)
Species/ Tissue	**Location**	**N**	**Ag**	**Co**	**Cr**	**Fe**	**Mn**	**Mo**	**Ni**	**V**

Table: Concentrations of different elements (columns) in different tissues/species (row) in mg/kg wet weight. Claw meat and hepatopancreas samples are pooled samples from 9 individuals. Concentrations are summarized per sampling station.

3.4 - Persistente organiske forbindelser

Dioksiner, furaner, PCB og PBDE ble analysert i tre samleprøver fra hver av 3 stasjoner med torsk og brosme, i 3 samleprøver av blåskjell fra hver av 5 stasjoner, og i 9 samleprøver av hepatopankreas fra sjøkreps fra hver av 9 stasjoner.

For fiskelever var samleprøvene sortert etter størrelse på fisken, det er en prøve for de minste, midterste og største fiskene per stasjon, med grensene 50 og 55 cm for atlantisk torsk og 63 og 67 cm for brosme. Det var ingen tendenser til at POPs konsentrasjoner hadde sammenheng med størrelsen av fisken i disse prøvene. Konsentrasjonene av POPs ligger litt lavere enn det vi ser i forurensede fjorder (Kögel, Maage et al. 2016, Kögel, Frantzen et al. 2017), men ikke lavere enn i kystregioner eller mindre forurensede fjorder (Frantzen and Maage 2016). Torskelever hadde lavere konsentrasjoner av POPs enn brosmelever, noe som også er tilfellet i andre fjorder (Kögel, Maage et al. 2016, Kögel, Frantzen et al. 2017), men ikke generelt i kystnære farvann (Frantzen and Maage 2016). **For torskelever var 3 av 9 samleprøver over Norge og EU sine grenseverdier på sum dioksiner/furaner og dl-PCB og PCB_6.** Dette var tilfellet for 1 samleprøve av 3 fra hver av stasjonene. Ingen av stasjonsgjennomsnittene var over grenseverdiene. **For brosmelever var nivå på sum dioksiner/furaner og dl-PCB og PCB_6 på alle 3 stasjoner i gjennomsnittet over disse grenseverdiene.** Ingen andre vev/arter som vi har analysert i denne studien hadde konsentrasjoner som var over grenseverdiene på POPs.

For blåskjell er det bare oppgitt min-maks (gjennomsnitt±stedv) for alle 15 prøver slått sammen, siden nivåene var svært lave og uten betydelig variasjon (Table 9).

Konsentrasjonene av POPs i sjøkreps halsmuskel var også lave. Sum dioksiner/furaner og dl-PCB i brunmat av sjøkreps var gjennomsnittlig 8,9 pg/g (TE). Konsentrasjonen ligger noe høyere enn det som er vanlig i brunmat av krabbe, ca. 5 pg/g (TE). Det samme gjelder PCB_6 som var gjennomsnittlig 22,1 pg/g (TE) i brunmat av sjøkreps fra Førdefjorden, mens verdien i sjømatdatabasen for krabbe ligger ved 13,8 pg/g.

Generelt hadde prøvene av fiskelever høyere konsentrasjoner på dioksiner og furaner jo lengre ute i Førdefjorden prøvene var tatt. For PCBene og PBDEene var trenden den samme for sjøkreps, men for fiskelever var konsentrasjonene høyre i prøver fra stasjonen i den indre Førdefjorden. Disse trendene var ikke statistisk signifikante, og analyseantallet var svært lavt.

Table 9

Concentrations of POPs in the different species and tissues											
			Min-Max (Mean± stdev)								
			pg/g w.w. (TEQ) UB LOQ							ng/g w.w. UB LOQ	
Species	**Lo-cation**	**N**	**Sum PCDD**	**Sum PCDF**	**Sum PCDD+ PCDF**	**Non-ortho PCBs**	**Mono-ortho PCBs**	**Sum dioksiner/ furaner og dl-PCB**	**PCB_6**	**PCB_7**	**$PBDE_7$**
Cusk (Brosme brosme) Liver	Outer Fjord	3	8.5-10.1 (9.4±0.9)	8-9.4 (8.6±0.7)	17-19.1 (18.1±1.1)	22.6-39.3 (32.8±9)	1.1-2.1 (1.6±0.5)	40.7-60.5 (52.5±10.4)	506-601 (556±48)	541-644 (589±52.1)	48.8-73.5 (61.8±12.5)
	Middle fjord	3	8.4-9.8 (9.2±0.7)	7.2-10.3 (8.8±1.6)	15.6-20.1 (17.9±2.3)	30-51.1 (39.5±10.7)	1.5-3 (2.1±0.8)	47-74.2 (59.4±13.7)	323-652 (457±173)	454-715 (500±190)	27.1-60.4 (42.4±16.8)
	Inner fjord	3	6.2-10 (7.7±2.1)	5.8-10.5 (8 ±2.4)	11.9-20.5 (15.6±4.4)	23-81.2 (45 ±31.6)	1.3-6.6 (3.4±2.8)	36.1-108 (64 ±38.8)	251-1175 (660±472)	276-1313 (731±530)	30.6-184 (100.6±77.6
	Total mean	9	6.1-10.1 (8.7±1.4)	5.8-10.5 (8.5±1.5)	11.9-20.5 (17.2±2.8)	22.6-81.2 (39.1±18.1)	1.2-6.6 (2.4±1.7)	36.1-108.3 (58.7±21.8)	251-1175 (557±267)	276-1313 (607±300)	27.1-184 (68.3±47.7)
Atlantic Cod (Gadus morhua) Liver	Outer Fjord	3	1.1-1.8 (1.4±0.4)	1.6-2.3 (1.8±0.4)	2.7-4.1 (3.3±0.7)	12.8-17.8 (14.3±1.6)	0.5-0.6 (0.6±0.1)	16-20.7 (18.2±2.4)	73.5-86.9 (80.3±6.7)	84.2-99.6 (92.2±7.7)	4.5-4.8 (4.7±0.2)
	Middle fjord	3	1.1-1.3 (1.1±0.1)	1.8-2 (1.9±0.1)	2.9-3.1 (3±0.1)	14.7-17.8 (16±1.6)	0.5-0.6 (0.6±0)	18.3-21.5 (19.5±1.8)	81.7-89.8 85.2±4.2)	92-102 (96.6±5.1)	3.8-4.7 (4.6±0.7)
	Inner fjord	3	0.8-0.9 (0.9±0.1)	1-1.4 (1.2±0.2)	2-2.3 (2.1±0.2)	11.8-19.6 (14.5±4.4)	0.5-0.8 0.6±0.1)	14.4-22.3 (17.2±4.5)	92.8-136 (112±22.1)	103-150 (124±24.1)	7.6-9.9 (8.5±1.3)
	Total mean	9	0.8-1.8 (1.2±0.3)	1-2.3 (1.6±0.4)	2-4.1 (2.8±0.7)	11.8-19.6 (14.9±2.6)	0.5-0.8 (0.6±0.1)	14.4-22.3 (18.3±2.9)	73.5-136 (92±19)	84.2-150.1 (104.2±19.6)	3.8-9.9 (5.9±2.1)
Blue mussel (Mytilus edulis) Soft parts	Total mean	15	0.1-0.2 (0.1±0)	0-0.1 (0±0)	1.1-0.2 (0.1±0.1)	0-0.1 (0.1±0)	0-0 (0±0)	0.1-0.3 (0.2±0.1)	0.3-0.7 (0.5±0.1)	0.3-0.8 (0.5±0.4)	0.1-0.2 (0.1±0)
Norway lobster (Nephros Norvegicus) Tail meat	Outer fjord	1	0.2	0.1	0.3	0	0	0.3	0.6	0.7	0
	Middle fjord	1	0.1	0.1	0.2	0	0	0.2	0.2	0.2	0
	Inner fjord	1	0.1	0.1	0.2	0	0	0.2	0.5	0.5	0
	Total mean	3	0.1-0.2 (0.1±0)	0.1-0.1 (0.1±0)	0.2-0.2 (0.2±0)	0-0 (0±0)	0-0 (0±0)	0.2-0.3 (0.2±0)	0.2-0.6 (0.4±0.2)	0.2-0.7 (0.5±0.2)	0-0 (0±0)

Norway lobster (Nephros Norvegicus) Hepato-pancreas	Outer fjord	3	1.9-3.6 (2.6±0.9)	3-5.2 (3.9±1.2)	5.2-8.8 (6.4±2)	1.8-4.8 (2.9±1.6)	0.1-0.3 (0.2±0.1)	7-13.8 (9.5±3.8)	16-61 (32.3±24.9)	18-66 (35.3±26.6)	0.3-0.8 (0.5±0.3)
	Middle fjord	3	1.8-3.9 (2.8±1)	1.8-3.9 (4.7±1.9)	4.7-10.5 (7.5±2.9)	2-4.6 (3±1.4)	0.1-0.2 (0.1±0.1)	6.7-15.3 (10.7±4.3)	12-25 (18.3±6.5)	14-29 (21±7.6)	0.3-0.7 (0.5±0.2)
	Inner fjord	3	1.1-3.2 (2±1.1)	1.3-4.4 (2.7±1.6)	2.3-7.6 (4.7±2.7)	1.1-2.6 (1.8±0.8)	0.1-0.1 (0.1±0)	3.5-10.3 (6.6±3.5)	12-19 (15.7±3.5)	13-21 (17±4)	0.3-0.6 (0.5±0.2)
	Total mean	9	1.1-3.9 (2.5±0.9)	1.3-6.6 (3.8±1.6)	2.3-10.5 (2.6±1.3)	1.1-4.8 (2.6±1.3)	0.1-0.3 (0.1±0.1)	3.5-15.3 (8.9±3.8)	12-61 (22.1±15.1)	13-66 (24.4±16.3)	0.3-0.8 (0.5±0.2)
Species	**Lo-cation**	**N**	**Sum PCDD**	**Sum PCDF**	**Sum PCDD+ PCDF**	**Non-ortho PCBs**	**Mono-ortho PCBs**	**Sum dioksiner/ furaner og dl-PCB**	**PCB_6**	**PCB_7**	**$PBDE_7$**

Table: Concentrations of persistent organic pollutants*, columns, bold; in different tissue, rows, bold; concentration units, 3rd row, per wet weight, upper bound LOQ. Cusk liver, pooled samples from 2-13 individuals, according to three size classes, boundaries 63 and 67 cm. Cod liver, pooled samples from 4-8 individuals, according to three size classes, boundaries 50 and 55 cm. Blue mussel samples, pooled samples from 25 individuals. Claw meat and hepatopancreas of Norway lobster, pooled samples from 9 individuals. Concentrations are given for inner, middle and outer Førdefjord (except for Blue mussel), and total mean.Red: Concentrations exceeding Norway and EU's limit of 20 and 200 pg/g w.w. (TEQ), UB LOQ for sum dioxins/furans and dl-PCB and PCB_6.*

4 - Konklusjon

Per i dag er nivåene av fremmedstoffer i undersøkt sjømat fra Førdefjorden stort sett lave, og lavere enn de vi har målt i forurensede fjorder.

Det ble ikke funnet tungmetaller over grenseverdier gitt for sjømat, med unntak av kvikksølv i brosmefilet. Disse overskridelsene er heller arts- enn stedsspesifikk, og vanlig for brosme langs norskekysten og i åpent hav (Frantzen and Maage 2016). Stasjonsforskjellene er lave for tungmetaller og arsen. Konsentrasjoner av arsen, sølv, bly, kadmium, kobber, krom, kvikksølv, nikkel og sink i blåskjell var lave i forhold til miljøkriterier, i tilstandsklassen I, ubetydelig til lite forurenset.

Mattilsynet har tidligere gitt en generell advarsel mot å spise fiskelever av selvfanget fisk tatt i kystområdene, og kvinner i fruktbar alder og barn frarådes generelt å spise fiskelever og brunmat i krabbe (www.matportalen.no). Dette er basert på funn av høye nivå på sum dioksiner/furaner, dl-PCB og PCB_6. Som vanlig langs hele kysten ble også i Førdefjorden funnet overskridelser av grenseverdien for sum dioksiner/furaner og dl-PCB og PCB_6 igjennomsnittet i brosmelever og i 1/3 del av samleprøver av torskelever.

Denne basisundersøkelsen gir et solid utgangspunkt for å følge opp eventuelle endringer dersom Førdefjorden blir tatt i bruk som gruvedeponi.

5 - Referanser

(CONTAM), E. P. o. C. i. t. F. C. (2011). "Scientific Opinion on Hexabromocyclododecanes (HBCDDs) in Food EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM)." EFSA Journal **9(7)**: 2296.

Bjorklund, E., A. Muller and C. von Holst (2001). "Comparison of fat retainers in accelerated solvent extraction for the selective extraction of PCBs from fat-containing samples." Analytical Chemist (y **73**(16): 4050-4053.

Francesconi, K. A. and D. Kuehnelt (2002). "Arsenic compounds in the environment." Environmental Chemistry of ArseW.T.J T. J. Frankenberger. New York, Marcel Dekker: 51-94.

Frantzen, S. and A. Maage (2016). "Fremmedstoffer i villfisk med vekkystnære-nære farvann. Brosme, lange og bifangstarter." NIFES rapport.

Frantzen, S. and A. Maage (2016). "Fremmedstoffer i villfisk med vekt på kystnære farvann. Brosme, lange og bifangstarter. Gjelder tall for prøver samlet inn i 2013-2015." NIFES rapport .

Julshamn, K., A. Duinker, M. Berntssen, B. M. Nilsen, S. Frantzen, K. Nedreaas and A. Maage (2013). "A baseline study on levels of polychlorinated dibenzo-p-dioxins, polychlorinated dibenzofurans, non-ortho and mono-ortho PCBs, non-dioxin-like PCBs and polybrominated diphenyl ethers in Northeast Arctic cod (Gadus morhua) from different parts of the Barents Sea." Marine Pollution Bullet (n **75**(1-2): 250-258.

Julshamn, K., A. Maage, H. S. Norli, K. H. Grobecker, L. Jorhem and P. Fecher (2007). "Determination of arsenic, cadmium, mercury, and lead by inductively coupled plasma/mass spectrometry in foods after pressure digestion: NMKL1 interlaboratory study." Journal of Aoac International **90**(3): 844-856.

Julshamn, K., B. M. Nilsen, S. Frantzen, S. Valdersnes, A. Maage, K. Nedreaas and J. J. Sloth (2012). "Total and inorganic arsenic in fish samples from Norwegian waters." Food Additives & Contaminants Part B-Surveillance **5**(4): 229-235.

Kögel, T., S. Frantzen, A. M. Azad and A. Maage (2017). "Sjømat fra Årdalsfjorden. Overvåking av forurensede havner og fjorder 2016." NIFES rapport.

Kögel, T., A. Maage and R. Ørnsrud (2016). "Sjømat i Oslofj–en – Uønskede stoffer i torsk, makrell og taskekrabbe - Overvåking av forurensede havner og fjorder 2013-2015." NIFES rapport.

Molvær, J., et al. (1997). "Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Veiledning." NIVA rapport på oppdrag fra Statens forurensingstilsyn.

Muller, A., E. Bjorklund and C. von Holst (2001). "On-cleanupan-up of pressurized liquid extracts for the determination of polychlorinated biphenyls in feedingstuffs and food matrices using gas chromatography-mass spectrometry." Journal of Chromatography (**925**(1-2): 197-205.

Nilsen, B. M., S. Frantzen and 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." NIFES rapport.

Van den Berg, M., L. S. 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 and R. E. 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.

Vandermeersch, G., H. M. Lourenco, D. Alvarez-Munoz, S. Cunha, J. Diogene, G. Cano-Sancho, J. J. Sloth, C. Kwadijk, D. Barcelo, W. Allegaert, K. BekaJ.O. andes, A. Marques and J. Robbens (2015). "Environmental contaminants of

emerging concern in seafood - European database on contaminant levels." Environmental Research **143** : 29-45.

HAVFORSKNINGSINSTITUTTET

Postboks 1870 Nordnes
5817 Bergen
E-post: post@hi.no
www.hi.no