



N I F E S
NASJONALT INSTITUTT
FOR ERNÆRINGS- OG
SJØMATFORSKNING

Rapport
2013

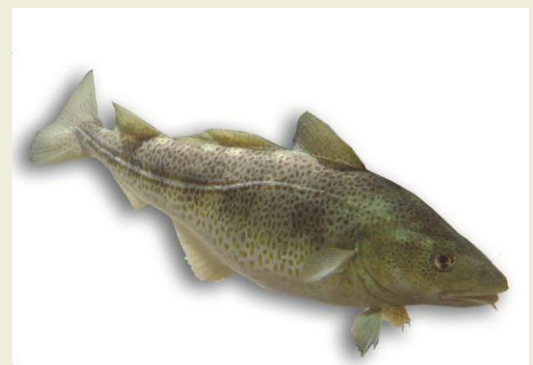
Basisundersøkelse fremmedstoffer i torsk (*Gadus morhua*) Sluttrapport

Kåre Julshamn, Bente Nilsen, Arne
Duinker, Sylvia Frantzen, Stig
Valdersnes, Kjell Nedreaas¹ og Amund
Måge

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

¹Havforskningsinstituttet

04.04.2013



INNHOOLD

INNHOOLD	2
FORORD	3
SAMMENDRAG NORSK	4
ENGLISH SUMMARY	6
INNLEDNING	8
MATERIALE OG METODER.....	11
Prøveinnsamling og -oppbeidelse	11
Analyser	13
Bestemmelse av metaller med ICPMS (NIFES metode nr. 197)	13
Organiske fremmedstoffer: dioksiner, dioksinlignende PCB, ikke-dioksinlignende PCB og PBDE (NIFES metode nr. 292)	14
RESULTATER OG DISKUSJON	16
Fysiske og biologiske parametre	16
Innhold av metaller i muskel og lever	18
Arsen.....	18
Kvikksølv	20
Kadmium	21
Bly	22
Innhold av organiske fremmedstoffer.....	22
Dioksiner, furaner og dioksinlignende PCB	22
PCB ₆	24
Polybromerte difenyletere (PBDE)	25
KONKLUSJON	27
REFERANSER.....	28

FORORD

Denne rapporten presenterer resultatene fra den femte basisundersøkelsen som er gjennomført på fisk fra norske fiskeriområder. Til sammen ca. 2100 prøver av torsk (nordøstarktisk torsk, kyst-/fjordtorsk og nordsjøtorsk) har blitt samlet inn i perioden 2009-2011 og har blitt analysert for en rekke fremmedstoffer samt fysiske og biologiske parametre. Tidligere har tilsvarende basisundersøkelser blitt gjennomført for norsk vårgytende sild, blåkveite, makrell, nordsjøsilde og sei nord for 62°N.

Undersøkelsen er ledet av NIFES og er finansiert med midler fra Fiskeri- og Havbruksnæringens Forskningsfond samt en betydelig egeninnsats fra Havforskningsinstituttet (HI) og NIFES. HI ved Kjell Nedreaas og Asbjørn Borge har koordinert prøvetakingen av torsk som ble utført av personell og mannskap på HIs forskningsfartøyer og innleide fiskefartøyer (Referanseflåten). Personell ved HI utførte også kjønns- og aldersbestemming av fisken.

De kjemiske analysene og opparbeiding av prøvene ble gjennomført ved NIFES sine laboratorier som er akkreditert i henhold til NS-ISO-EN 17025. Ved prøvemottaket ved NIFES, som var ledet av Elin Kronstad fram til 01.05.2011, og som etter dette har vært ledet av Anne-Margrethe Aase, har Manfred Torsvik og Vidar Fauskanger stått for registrering, filetering, homogenisering og frysetørking av prøvene. Fettbestemmelser ble gjennomført ved Laboratorium for næringsstoffer under ledelse av Annbjørg Bøkevoll og utførelse av Tina Rosvold, Lene Vallestad, Elilta Hagos, Kathrine Louise Andresen og Kari Pettersen. Analyser av fremmedstoffer ble gjennomført ved Laboratorium for fremmedstoffer, under ledelse av Annette Bjordal. Metallanalysene ble utført av Berit Solli, Siri Bargård, Jorun Haugsnes, Tonja Lill Eidsvik, Edel Erdal og Laila Sedal. Arbeidet med å bestemme de organiske fremmedstoffene ble koordinert av Kjersti Kolås og utført av Dagmar Nordgård, Karstein Heggstad, Tadesse Negash, Jannicke Berntsen, Pablo Cortez, Kari Breistein Sele, Kjersti Pisani, Joseph Martin Malaiamaan, Thu Tao Nguyen, Elilta Hagos, Sissel Nygård, Per Ola Rasmussen og Vivian Mui.

Vi takker alle som har bidratt til gjennomføring av prosjektet og takker spesielt FHF for finansiering.

Bergen 04.04.2013.

SAMMENDRAG NORSK

Til sammen ble ca 2100 prøver av torsk (*Gadus morhua*) fra 84 posisjoner samlet inn i perioden vinteren 2009 til høsten 2011 fra Barentshavet i nord til dansk sone i Nordsjøen i syd, i tillegg til kyst-/fjordtorsk. Av disse har muskelprøver av 2064 fisk blitt analysert for metaller, inkludert kadmium, kvikksølv, bly og arsen, mens 1928 leverprøver fra de samme fiskene ble analysert for metaller og de organiske fremmedstoffene polyklorerte dibenzo-p-dioksin (PCDD), polyklorerte dibenzofuraner (PCDF), dioksinlignende-PCB (non-orto- og mono-orto PCB, dl-PCB), PCB₆ og polybromerte difenyletere (PBDE). All fisken ble målt og veid, de fleste ble alders- og kjønnsbestemt, og leverene ble veid og fettinnholdet bestemt.

Innholdet av de fremmedstoffene som ble analysert i muskelprøver av torsk i denne undersøkelsen var lave i forhold til de maksimumsgrenser EU har satt for sjømattrygghet. Gjennomsnittskonsentrasjonen av kvikksølv i torskemuskel varierte fra 0,01 til 0,71 mg/kg vv, med et gjennomsnitt på 0,074 mg/kg vv. Kun tre enkeltfisk hadde verdier som oversteg EUs og Norges øvre grenseverdi på 0,5 mg/kg våtvekt. Kvikksølvinnholdet i torskemuskel synes å være korrelert til vekt, lengde og alder av fisken. Innholdet av kadmium og bly var for de fleste muskelprøvene lavere enn kvantifiseringsgrensene for metodene på henholdsvis 0,002 og 0,01 mg/kg våtvekt. Det var ingen enkeltfisk som hadde konsentrasjoner over EUs maksimumsgrenser på henholdsvis 0,05 og 0,3 mg/kg våtvekt.

Arseninholdet i torskemuskel varierte fra 0,3 til 170 mg/kg våtvekt, med et gjennomsnitt på 7,1 mg/kg våtvekt. Et arseninnhold i torskemuskel på 170 mg/kg våtvekt er det høyeste innholdet i muskel som er rapportert i litteraturen, og som vi kjenner til. Arseninnholdet i lever var noe høyere enn de tilsvarende muskelverdiene, med en variasjon fra 1,4 til 240 mg/kg våtvekt og med et gjennomsnitt på 10 mg/kg våtvekt. Nivåene av kadmium, kvikksølv og bly i lever var lave. EU har ikke satt maksimumsgrenser for disse grunnstoffene i lever.

De organiske fremmedstoffene er av stor interesse i fete sjømatprodukter som torskelever, og i forhold til mattrygghet er dioksiner og dioksinlignende PCB spesielt interessant fordi EU har satt grenseverdier for summen av dioksiner og dioksinlignende PCB (PCDD/F+dl-PCB) i fiskelever. Konsentrasjonen av sum PCDD/F+dl-PCB i hele materialet av torskelever varierte fra 1,0 til 270 ng TE/kg vv, med et gjennomsnitt på 21,3 ng TE/kg vv. I dette materialet oversteg gjennomsnittsverdien av sum PCDD/F + dl-PCB EUs maksimumsgrense på 20 ng TE/kg vv. Det var totalt 803 prøver av totalt 1928 prøver som oversteg denne grenseverdien, og dette utgjør 42 % av hele materialet. De høyeste verdiene av sum PCDD/F + dl-PCB ble funnet i prøver av lever av kyst-/fjordtorsk med en

Basisundersøkelse av fremmedstoffer i torsk

variasjon fra 5,4 til 270 ng TE/kg vv og med et gjennomsnitt på 32 ng TE/kg vv. Ca. 60 % av enkeltfisk av kyst-/fjordtorsk overskred EUs maksimumsgrense. De laveste verdiene av sum PCDD/F + dl-PCB ble funnet i lever av nordøstarktisk torsk med en variasjon fra 1,0 til 151 ng TE/kg vv.

Andelen lever av nordøstarktisk torsk som overskred EUs maksimumsgrense var 21 %. Torskemuskel har et lavt fettinnhold og det avspeiler innhold av fettløselige stoffer som sum PCDD/F + dl-PCB, som i denne undersøkelsen var lavere enn 0,15 ng TE/kg våtvekt (N=30). EU har satt en grenseverdi for sum PCDD/F + dl-PCB i fiskemuskel på 6,5 ng TE/kg våtvekt.

For PCB₆ varierte konsentrasjonen i lever av enkeltfisk fra 9,2 til 5370 µg/kg vv, og med et gjennomsnitt på 165 µg/kg vv. Den høyeste verdien ble funnet i en lever av torsk fra Hardangerfjorden. EU har satt en maksimumsgrense for PCB₆ i fiskelever på 200 µg/kg vv. For hele materialet ble det funnet 20 % overskridelser av denne maksimumsverdien. Det ble funnet 40 % overskridelser for lever av kyst-/fjordtorsk, 17 % overskridelser i lever av nordsjøtorsk og 7 % overskridelser i lever av nordøstarktisk torsk.

Summen av syv PBDE (sum PBDE₇) viste konsentrasjoner i lever av torsk varierende fra 0,2 til 144 µg/kg vv, med et gjennomsnitt på 10,1 µg/kg vv. Den høyeste verdien av sum PBDE₇ ble funnet i en leverprøve fra Telemark.

ENGLISH SUMMARY

A total of about 2,100 samples of cod (*Gadus morhua*) from 84 locations were sampled during the period from winter 2009 to autumn 2011. Cod were sampled from the Barents Sea, from different fjords (i.e. the Porsangerfjord in the north to the Oslo Fjord in the south) and North Sea cod were also included. Muscle samples of 2064 fish were analyzed for cadmium, mercury, lead and arsenic, while 1928 liver samples from the same fish were analyzed for metals and organic contaminants such as polychlorinated dibenzo-p-dioxin (PCDD), polychlorinated dibenzofurans (PCDF), dioxin-like PCBs (non-ortho and mono-ortho PCBs, dl-PCB), PCB₆ and polybrominated diphenyl ethers (PBDE). All chemical determinations were carried out at NIFES. All fish were measured and weighed, age and gender were determined at IMR, and the fat contents of the liver were also determined at NIFES.

The content of the contaminants determined in the muscle samples of cod in this study were low compared to the maximum limits set by the EU for seafood safety. The average concentration of mercury in cod fillet ranged from 0.01 to 0.71 mg/kg wet weight (ww), with an average of 0.074 mg/kg ww. Only three individual fish had concentrations exceeding the EU's maximum limit of 0.5 mg/kg ww. The mercury contents in cod muscle were highly correlated to the weight, length and age of the fish. The contents of cadmium and lead were low, and most of the samples showed values lower than the limit of quantification (LOQ) of 0.002 and 0.01 mg/kg, respectively. Thus no single fish had concentrations above the EU maximum limit of 0.05 and 0.3 mg/kg ww, respectively. The arsenic content in cod muscle ranged from 0.3 to 170 mg/kg ww, with an average of 7.1 mg/kg ww. An arsenic content in cod muscle of 170 mg/kg ww is to the best of our knowledge the highest concentration ever reported in the literature. The arsenic content in the liver was higher than the corresponding value in the muscle, with a variation from 1.4 to 240 mg/kg ww and with an average of 10 mg/kg ww. The levels of cadmium, mercury and lead in liver were low. So far, EU has not set any maximum limit for these elements in the liver of fish.

The organic contaminants are of great interest in oily seafood products such as cod liver and muscle of herring and mackerel. In relation to food safety dioxins and dioxin-like PCBs are of particular interest because the EU has set maximum limits for the sum of dioxins and dioxinlike PCB (PCDD / F + dl-PCBs) in fish muscle as well as in fish liver. The concentration of sum PCDD/F+dl-PCBs in the entire material of cod liver ranged from 1.0 to 270 ng TEQ/kg ww, with an average of 21.3 ng TEQ/kg ww. The average value of the sum of PCDD/F + dl-PCBs exceeded the EU's maximum limit at 20 ng TEQ/kg ww. There were 803 samples out of 1928 samples that exceeded that limit, and this

constitutes 40% of all samples included. The highest values of sum PCDD/F + dl-PCBs were found in liver samples of coastal cod ranging from 5.4 to 270 ng TEQ/kg ww, with an average of 32 ng TEQ/kg ww. Approx. 60% of the individual fish of coastal cod exceeded the EU's maximum limit of liver for human consumption. The concentration levels of sum PCDD/F + dl-PCBs in the liver of northeast arctic cod ranged from 1.0 to 151 ng TEQ/kg ww. About 21 % of the samples of northeast arctic cod exceeded the EU maximum level. Muscle samples of cod showed low levels of PCDD/F + dl-PCBs, less than 0.15 ng TEQ/kg ww (N = 30). The EU has set a limit for sum PCDD/F + dl-PCBs in fish fillet at 6.5 ng TEQ/kg ww.

For PCB₆ the concentrations in the liver of individual fish ranged from 9.2 to 5370 µg/kg ww, with an average of 165 µg/kg ww. The highest value was found in liver from a cod caught in the Hardangerfjord. EU has set a maximum level for PCB₆ in liver at 200 µg/kg ww. About 20% of all livers exceeded this maximum level. The highest number of individual fish exceeding the maximum level were found among livers of coastal-/fjordcod, with 40%.

The sum of seven PBDEs (sum PBDE₇) showed concentrations in the liver of cod varying from 0.2 to 144 µg/kg ww, with an average of 10.1 µg/kg ww. The highest value of sum PBDE₇ was found in a liver sample from Telemark.

INNLEDNING

Den nordøstarktiske torskestammen er den største torskestammen som finnes i verden. I norske farvann skiller en mellom nordøstarktisk torsk, kyst- og fjord torsk og nordsjøtorsk. Torsk er en rovfisk som lever på havbunnen, men i Barentshavet kan den i deler av året også oppholde seg i de frie vannmassene. Ungfisk (0-2 år) spiser dyreplankton, mens fisk og bunnorganismer er de viktigste matorganismene for eldre torsk. De viktigste gyteområdene for nordøstarktisk torsk er gytefeltene utenfor Lofoten/Vesterålen. Eggene blir gytt i de frie vannmassene i februar-april. Både egg og larver driver med strømmen inn i Barentshavet, der yngelen bunnslår seg i løpet av høsten. Mesteparten av torsken finnes i Barentshavet på den varme siden av Polarfronten (til ca. 76°N og 50°Ø), men i varme år går utbredelsen både lenger nord og øst. Således fant en høsten 2011 torsk helt nord for Svalbard (81°N) og østover helt til vest for nordspissen av Novaja Semlja. Avtalt kvote for 2011 var 703 000 tonn, hvorav Norge fangstet 265 000 tonn til en verdi av 3,9 milliarder kroner (Havforskningsinstituttet, 2012).

Det finnes flere bestander av kyst-/fjordtorsk langs kysten fra Stad til russergrensen. Andelen kyst-/fjordtorsk av total mengde torsk fisket øker fra nord til sør. Mengde kyst-/fjordtorsk øker derimot fra sør til nord, og ca. 75 % finnes nord for 67°N. Denne torsken finnes fra tarebeltet og ned mot 500 m. Den gyter langt inne i de fleste fjordene eller sidearmene i større fjordsystemer, men også i samme område som nordøstarktisk torsk. Yngel av kyst-/fjordtorsk bunnslår på svært grunt vann (0-20 m) og vandrer sjelden ned på dypere vann før den er 2 år gammel. Den blir tidligere kjønnsmoden enn nordøstarktisk torsk, vokser hurtigere og vandrer i mindre grad enn nordøstarktisk torsk. Genetiske studier antyder at det finnes flere atskilte kyst-/fjordtorsk populasjoner med ulik veksthastighet og alder ved kjønnsmodning. Denne sammensatte torskestammen er i hovedsak en bunnfisk, men kan også oppholde seg pelagisk i perioder når den beiter og gyter. Utbredelsen er fra innerst i fjorder og ut til eggakanten. Kysttorsk regnes som en toppredator som beiter på et bredt utvalg av byttedyr. Torsk i fjorder er svært stedbundne og foretar i liten grad store vandringer, mens kystpopulasjonene vandrer noe mer langs kysten. Rapportert fangst var 28 600 tonn i 2011. I tillegg kommer ikke-rapportert fangst tatt i turist- og fritidsfisket.

Genetiske studier har vist at det også finnes flere bestander av kyst-/fjordtorsk fra svenskegrensen til Stad. Biologien og vandringen for kyst-/fjordtorsk sør for 62°N er som beskrevet ovenfor. Rapportert fangst av kyst-/fjordtorsk sør for 62°N i 2011 var ca 1 400 tonn. Langs denne delen av norskekysten tas det flere ganger mer kyst-/fjordtorsk i turist- og fritidsfisket, særlig i det norske fritidsfisket, enn i yrkesfisket.

Basisundersøkelse av fremmedstoffer i torsk

Torsken i Nordsjøen er ganske stedbunden, og en regner med at det finnes flere lokale stammer med gytefeltet blant annet i Den engelske kanal, ved Dogger og langs den skotske kysten. Det er ingen klare grenser mellom disse stammene, og gytingen kan forekomme i hele Nordsjøen. Gytingen foregår fra januar til april, tidligst i sør. Som for atlantisk torsk generelt så klekkes eggene etter 2-3 uker. De viktigste oppvekstområdene er langs danskekysten og i Tyskebukta, men det finnes også yngel langs kysten av Shetland. Nordsjøtorsk kan bli kjønnsmoden allerede som toåring, men de fleste blir kjønnsmodne som tre- og fireåringer. Torsken i Nordsjøen vokser raskere og blir tidligere kjønnsmoden enn nordøstarktisk torsk og den har et kortere livsløp. Torskens føde varierer med alderen. Ung torsk beiter mye på krepsdyr, men etterhvert som torsken vokser til vil fisk være den viktigste fødeorganismen (i.e. tobis, sild og øyepål). Torsken er kannibal og mindre torsk kan spises av eldre torsk. Torsk lever stort sett på bunnen, men kan gå høyt opp i vannmassene for å beite på fiskestimer. Den totale fangsten av nordsjøtorsk i 2011 var 27 000 tonn og derav var den norske fangsten 4 500 tonn (Havforskningsinstituttet, 2012).

Torsk fra våre fiskerier har i årtusener vært en viktig eksportartikkel. Det har vært og vil i økende grad være en forutsetning for både eksport og nasjonalt konsum at man har en god oversikt over og kunnskap om kvalitet og ikke minst trygghet av sjømatproduktene som selges og konsumeres. Det er i våre dager ikke lenger nok å si at maten er trygg og at den er hentet fra det vi normalt betrakter som ”rene hav”. Tilstanden til norsk sjømat når det gjelder fremmedstoffer må faktisk dokumenteres gjennom tilstrekkelig overvåking av nivået av fremmedstoffer i de aktuelle sjømatproduktene. For torsk gjelder dette både i filet og lever. Troverdighet gjennom dokumentasjon er av stor betydning for blant annet å sikre markedsadgang for norske sjømatprodukter i internasjonale markeder.

Norge har fram mot 2009 hatt en stikkprøvebasert overvåking av fremmedstoffene i sjømat. Dataene har vært opne og lagt ut på www.nifes.no/sjomatdata. Selv om dette har vært viktig har det vist seg at i enkle tilfeller har dette ikke vært tilstrekkelig dokumentasjon av fremmedstoffer i fisk og annen sjømat. Denne svakheten har vist seg for eksempel ved at importland har påvist konsentrasjoner av fremmedstoffer som har ligget over eller nær de maksimumsgrensene som er gitt av EU og importlandet til humant konsum for stoffer som kvikksølv, kadmium og sum dioksiner og dioksinlignende PCB. Dette har i noen tilfeller også utløst tiltak fra myndighetene i importlandene av norsk sjømat. Da kan partier nektes import og/eller det nedsettes importforbud for det aktuelle produktet inntil pålitelig dokumentasjon foreligger. Slik dokumentasjon har det i mange tilfeller ikke vært lett å gi, siden datagrunnlaget ikke har vært sterkt nok og ikke tilstrekkelig dokumentasjon til å si om et resultat er en enkelthendelse eller er utrykk for et generelt høyt konsentrasjonsnivå.

Det er viktig å merke seg at i den grad EUs grenseverdier blir brukt til å stoppe konkrete partier med sjømat, eller dersom man vurderer risiko for at partier vil ha for høye verdier av uønskede stoffer, vil regelverket kreve at man i analysert verdi trekker fra måleusikkerhet. I denne rapporten bruker vi de reelle analytiske gjennomsnittsverdier (og enkeltverdier) uten å trekke fra måleusikkerhet. Denne verdi blir brukt i sammenheng med kostholdsråd.

NIFES har derfor etablert basisundersøkelser for viktige fiskearter i Norge, og arbeidet foregår etter en prioritert liste. Basisundersøkelser baserer seg på analyser av enkeltfisk, og her kan ikke samleprøver/blandprøver brukes. Det er enkeltfiskens innhold av fremmedstoffer som er viktig, nettopp for å vise variasjonen av disse stoffene i fisk fra samme posisjon. I tillegg skal prøvetakingen fange opp variasjonene i fremmedstoffinnholdet med hensyn til årstid, posisjoner, størrelse, kjønn etc.

Med støtte fra FHF har NIFES i samarbeid med Havforskningsinstituttet gjennomført basisundersøkelser for torsk (*Gadus morhua*), nordsjøsild (*Clupea harengus*) og sei (*Pollachius virens*) nord for 62°N med tidsramme 2009-2012. I dette arbeidet har Havforskningsinstituttet sammen med NIFES først utarbeidet prøvetakingsplaner for artene. Havforskningsinstituttet har videre hatt ansvaret for prøvetaking av fisk fra de aktuelle områdene, samt for aldersbestemmelse av fisken. NIFES har hatt ansvaret for organisering av innhenting, prøvepreparering og kjemisk analyse av fisken for tungmetallene arsen, kadmium, kvikksølv og bly og de organiske fremmedstoffene polyklorerte dibenzo-p-dioksin (PCDD), polyklorerte dibenzofuraner (PCDF), dioksinlignende-PCB (non-orto- og mono-orto PCB, dl-PCB), PCB₆ og polybromerte difenyletere (PBDE₇).

Denne rapporten oppsummerer de viktigste resultatene for fremmedstoffene arsen, kvikksølv, kadmium og bly samt dioksiner, furaner og non-orto- og mono-orto PCB, PCB₆ og PBDE₇ i muskel og lever av nordøstarktisk torsk, kystfjordtorsk og nordsjøtorsk, til sammen 2064 fisk.

MATERIALE OG METODER

Prøveinnsamling og -oppbeidelse

Det har blitt tatt prøver av torsk fra til sammen 84 posisjoner fra hele utbredelsesområdet fra nordøst i Barentshavet til Nordsjøen i sør (figur 1). Prøvene inkluderer både havfanget torsk fra Barentshavet og Nordsjøen samt kyst-/fjordtorsk. Til sammen utgjør dette 2064 fisk. Prøvetakingen fordelt på de forskjellige havområdene er vist i tabell 1.

Prøvetaking av torsk ble avsluttet i 2011 og ble gjennomført i regi av Havforskningsinstituttets forskningsfartøy og HIs referanseflåte. De fleste prøvene ble samlet inn i 2009 og 2010, men 425 prøver sto i rest til 2011. Dette var hovedsakelig prøver fra dansk sone og norsk økonomisk sone i Nordsjøen. Prøvetakingsplanen baserte seg på at det skulle tas prøver fra hvert kvartal, og det har vært et omfattende arbeid å skaffe båter som kunne utføre fiske etter torsk i alle områder etter denne planen.

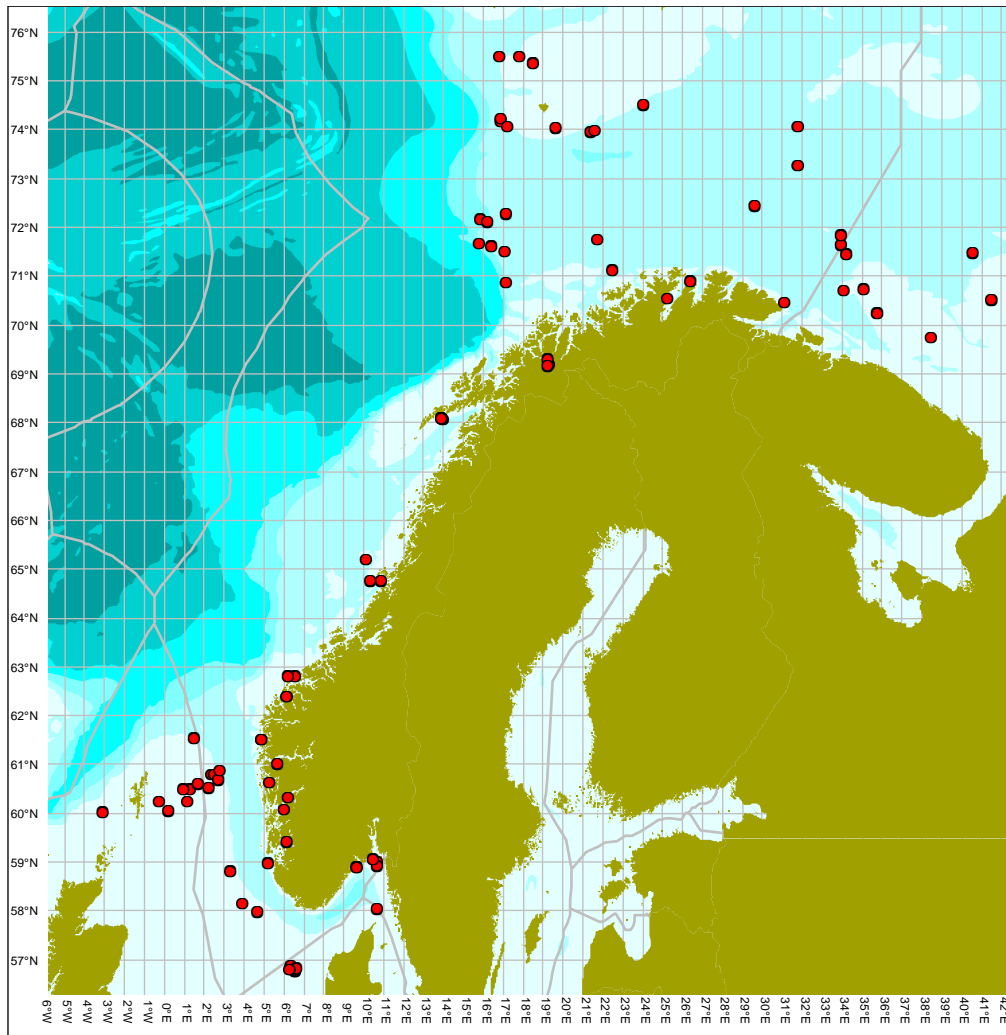
Tabell 1. Gjennomført prøvetaking samt prøvetakingsplan av antall torsk (*Gadus morhua*) fra Barentshavet, norske fjordsystemer og Nordsjøen i 2009-2011 (se figur 1).

Område	Prøvetaking (#)	Prøvetakingsplan (#)	Posisjoner (#)
Barentshavet	804	800	33
Kyst og fjorder	675	600	27
Nordsjøen	585	700	24
Totalt	2064	2100	84

Hel torsk ble sendt til NIFES som frosne prøver. Fisken ble veid, lengdemålt, kjønnen bestemt, lever ble tatt ut og fisken ble filetert ved NIFES' prøvemottak. Otolittene av fisken ble tatt ut og oversendt HI for aldersbestemmelse. Leveren ble, veid, homogenisert og oppbevart i tett emballasje til analyse. Filetene ble homogenisert, frysetørket og homogenisert igjen til tørt pulver, tørrstoffinnholdet ble bestemt (g/100 g) og prøvene ble oppbevart i tett emballasje til analyse. Filetprøvene ble analysert for metaller, mens leveren ble analysert for både metaller, dioksiner og dioksinlignende PCB, PCB₇ (som inkluderer PCB₆) og PBDE₇. Fysiske parametre er bestemt i 2064 fisk. Levervekt er bestemt for 1448 fisk (levervekten ble dessverre ikke målt i starten av prosjektet i 2009). Det ble analysert totalt 1404 prøver av torskelever for fett. Noen av leverprøvene hadde ikke tilstrekkelig med tørrstoff til at både metaller, POPs og fettinnhold kunne bestemmes (POPs hadde førsteprioritet, før metaller og til slutt

Basisundersøkelse av fremmedstoffer i torsk

fett). Det ble analysert 1798 leverprøver og 2064 filetprøver for metaller, 1928 leverprøver og 30 muskelprøver for dioksiner/furaner og dioksinlignende PCB (dl-PCB); 1928 leverprøver for PCB₇/PCB₆ og 1928 leverprøver ble analysert for PBDE₇.



Figur 1. Kart over posisjoner der det er tatt prøver for basisundersøkelsen torsk i 2009- 2011.

Analysar

Bestemmelse av metaller med ICPMS (NIFES metode nr. 197)

Det ble veid inn rundt 0,20-0,25 g tørt prøvemateriale eller opp til 0,5 g vått prøvemateriale til bestemmelse av metaller. Prøven ble dekomponert i ekstra ren salpetersyre og hydrogenperoksid og oppvarmet i mikrobølgeovn (Milestone-MLS-1200). Metallbestemmelsene ble utført med bruk av Agilent 7500c induktiv koplet plasma massespektrometer (ICPMS) med HP-datamaskin. Det ble anvendt kvantitativ ICPMS med ekstern kalibrering til bestemmelse av metallene. Rodium ble anvendt som intern standard for å korrigere for eventuell drift i instrumentet, og gull ble tilsatt for å stabilisere kvikksølvsignalene. Riktighet og presisjon for metallbestemmelsene ble utført ved å analysere det sertifiserte referansematerialet Tort-2 (hepatopankreas av hummer; National Research Council, Canada). Metoden er akkreditert for metallene kadmium, kvikksølv, bly og arsen som er de grunnstoffene som er inkludert i denne studien. Kvantifiseringsgrensen beregnet på tørr prøve er vist i tabell 2.

Tabell 2. Kvantifiseringsgrenser (LOQ; mg/kg tørrvekt) for de ulike grunnstoffene bestemt med NIFES' metode nr. 197: kadmium (Cd), kvikksølv (Hg), bly (Pb) og arsen (As).

Element	Cd	Hg	Pb	As
LOQ (mg/kg tørrvekt)	0,01	0,03	0,03	0,03

Kontroll av riktighet og presisjon for metallbestemmelsene ble utført ved å analysere det sertifiserte referansematerialet (CRM) Tort-2 (hepatopankreas av hummer; National Research Council, Canada) (tabell 3).

Tabell 3. Konsentrasjoner av arsen, kadmium, kvikksølv og bly (gjennomsnitt ± SD) i Sertifiserte Referansematerialer (CRM) (Hummer hepatopankreas (Tort-2), National Research Council of Canada) utført i perioden.

Analyte	Antall (N)	Gjennomsnitt (mg/kg)	SD (mg/kg)	RSD (%)	Sertifisert verdi ^{a)} (mg/kg)
Arsen	12	22,4	2,2	10	21,6±1,8
Kadmium	12	27,1	2,7	10	26,7±0,6
Kvikksølv	12	0,28	0,03	11	0,27±0,06
Bly	12	0,33	0,04	12	0,35±0,13

^{a)} Gjennomsnitt og 95% usikkerhet

Gjennomsnitt av analyserte verdier og relativt standardavvik, samt de sertifiserte referanseverdiene for hummer hepatopankreas (Tort-2, n=5) er vist i tabell 3. Alle de kvantifiserte spormetallene viste resultater der verdiene lå innenfor de akseptable konsentrasjonsområdene for CRM.

Tabell 4. Ringtestresultater (SLP) for arsen, kvikksølv, kadmium og bly (våre verdier, ringtestresultater og z-score)

Analytt	Prøve	Funnet (mg/kg)	Beregnet (mg/kg)	Z-score
Arsen	Sverdfisk	1,38	1,08	+1,3
Kvikksølv	Sverdfisk	0,70	0,77	-0,65
Kadmium	Fiskelever	0,030	0,027	+0,99
Bly	Fiskelever	0,018	0,020	+0,29

Riktighet for henholdsvis arsen, kvikksølv, kadmium og bly er også dokumentert ved deltagelse i ringtester arrangert av Quasimeme i 2010 (tabell 4). Resultatene gitt som z-score er alle innenfor ± 2 som regnes som godkjente resultater.

For disse fire spormetallene synes både systematiske feil og tilfeldige feil å være under kontroll.

Organiske fremmedstoffer: dioksiner, dioksinlignende PCB, ikke-dioksinlignende PCB og PBDE (NIFES metode nr. 292)

Opparbeidelse av prøvene for bestemmelse av de organiske fremmedstoffene dioksiner, dioksinlignende PCB, ikke-dioksinlignende PCB og PBDE ble gjort med en felles opprensings- og ekstraksjonsmetode. Våt prøve ble blandet med hydromatriks og tilsatt intern standard for dioksiner og furaner, PCB og PBDE. Prøvene ble ekstrahert med heksan ved hjelp av Accelerated Solvent Extractor-300 (ASE) eller Pressurized Liquid Extraction (PLE). Fettet ble nedbrutt on-line med svovelsyreimpregnert kiselgel i cellene. Ekstraktet ble videre renset kromatografisk på kolonner pakket med henholdsvis multilayer silica, alumina og karbon på en Power Prep. Det samlet seg to fraksjoner. Fraksjon 1 inneholdt PBDE, PCB₇ og mono-orto PCB, mens fraksjon 2 inneholdt dioksiner, furaner og non-orto PCB.

PBDE-kongenerne ble bestemt på GC-MS NCI og kvantifisert ved hjelp av intern standard og en fempunkts kalibreringskurve. Metoden kvantifiserer ti ulike kongener av PBDE, inkludert syv kongener som summeres til en "standard sum PBDE" (PBDE-28, 47, 99, 100, 153, 154 og 183). Kvantifiseringsgrensene varierte mellom 0,005 og 0,01 µg/kg for de ulike PBDE-kongenerne.

PCB₇ ble analysert på GC-MS EI og kvantifisert ved hjelp av intern standard og ettpunkts kalibreringskurve gjennom origo. Metoden kvantifiserer PCB₇ (PCB 28, 52, 101, 118, 138, 153 og 180). Kvantifiseringsgrensen for hver enkelt av kongenerne var 0,03 µg/kg vv. Siden PCB 118 også

blir rapportert som en dioksinlignende PCB vil man i matsammenheng i størregrad gå over til å rapportere PCB₆, spesielt i de tilfeller også dioksin og dioksinlignende PCB blir rapportert.

Dioksiner, furaner og dioksinlignende PCB ble bestemt på høyoppløsende GC-MS (HRGC-HRMS) og kvantifisert ved hjelp av isotopfortynning/intern standard. Toksiske ekvivalent verdier (TE), ble beregnet ved å multiplisere konsentrasjonene med kongenernes toksiske ekvivalent faktorer (WHO-2005-TEF). Kvantifiseringsgrensen for de ulike kongenerne av dioksiner, furaner, non-orto og mono-orto PCB varierte mellom 0,008-0,4 pg/g ww. Metoden er akkreditert. Metoden har blitt prøvd ved ringtestdeltakelse med Folkehelseinstituttet som ringtestarrangør. Av de 29 kongenerne viste alle en tilfredsstillende Z-score ($-2 < Z < 2$), unntatt PCB-189, som hadde en Z-score på 2,2. Tilsvarende gode ringtestresultater ble også oppnådd for PCB₇ og PBDE (resultater ikke vist).

RESULTATER OG DISKUSJON

Fysiske og biologiske parametre

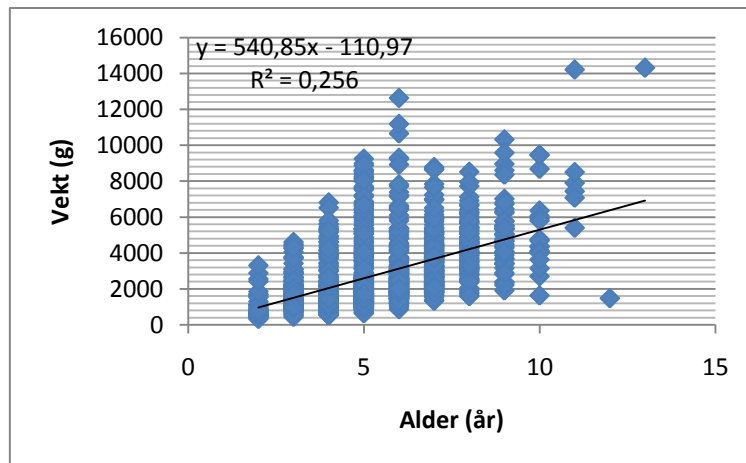
Alder, størrelse, fettinnhold og kjønn kan ha stor betydning for hvordan konsentrasjonen av fremmedstoffer i fisk varierer, og det er derfor viktig å se hvordan disse fysiske og biologiske parameterne varierte i forhold til hvor og når fisken ble fanget. Det var stor variasjon i størrelse og alder av individuell torsk fanget i de forskjellige områdene, og det var også stor forskjell på vekt av lever og fettinnhold i lever i individuelle fisk som ble samlet inn i denne undersøkelsen. De i alt 2064 torskene som ble samlet inn, veid og målt, varierte i vekt fra 0,3 til 14,3 kg, med et gjennomsnitt på 2,8 kg, og den gjennomsnittlige lengde var 63 cm. De 1426 torskene som ble aldersbestemt varierte i alder fra 2 til 13 år, med et gjennomsnitt på 5,4 år (tabell 5). Til sammenligning var gjennomsnittsvekt og -alder for den fiskbare totalbestanden (3 år og eldre) av nordøstarktisk torsk 1,6 kg og 5,1 år per 1. januar 2012 (ICES, 2012). Fettinnholdet i leverprøvene varierte fra kun 5 til hele 84 g/100 g, med et gjennomsnitt på 50 g/100 g. Levervekten varierte fra 1 til 1095 g med et gjennomsnitt på 121 g.

Tabell 5. Oppsummering av resultatene fra basisundersøkelse torsk for antall fisk (N), alder, lengde, vekt, levervekt, tørrstoffinnhold og fettinnhold i nordøstarktisk torsk, kyst-/fjordtorsk og nordsjøtorsk. Gjennomsnitt ± standardavvik (SD) er oppgitt med minimum og maksimum i parentes. Prøvene er tatt i 2009-2011.

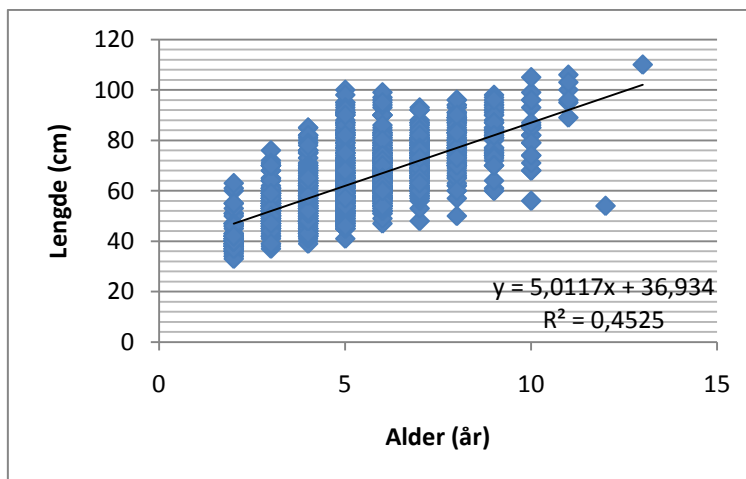
Parameter	Nordøstarktisk torsk	Kyst-/fjordtorsk	Nordsjøtorsk
N	804	675	585
Alder (år)	5,9±1,5 (3-13)	5,2±2,0 (2-12)	3,9±1,3 (2-8)
Lengde (cm)	65±13 (37-110)	60±12 (33-103)	63±16 (29-100)
Vekt (kg)	2,5±1,6 (0,5-14,3)	2,7±1,7 (0,3-14,2)	3,2±2,5 (0,3-11,2)
Levervekt (g)	102±93 (8-630)	105±135 (2-1106)	149±178 (1-1095)
Tørrstoffinnhold (g/100g)	192±35 (178-228)	191±12 (134-222)	194±95 (164-235)
Fettinnhold (g/100g)	51±13 (6-84)	47±15 (8-84)	51±13 (5-71)

Figur 2 viser sammenhengen mellom alder og vekt for hele torskematerialet med en $r = 0,50$, mens figur 3 viser sammenhengen mellom alder og lengde også for hele materialet med en $r = 0,67$.

Resultatene viser at alder korrelerer bedre til lengde enn til vekt.

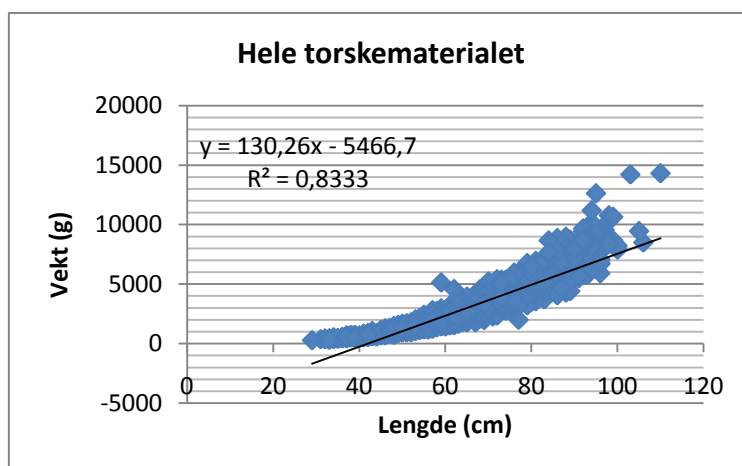


Figur 2. Korrelasjon mellom alder (år) og fiskevekt (gram) for hele torskematerialet (1426 fisk). Prøvene er tatt i 2009-2011.



Figur 3. Korrelasjon mellom alder (år) og lengde (cm) av torsk (1426 fisk). Prøvene er tatt i 2009-2011.

Figur 4 viser sammenhengen mellom lengde og vekt for hele datasettet med en $r = 0,91$. Figuren viser også at ung torsk øker mer i lengde enn i vekt, men at vektøkningen er større enn lengdeøkningen for stor torsk.



Figur 4. Korrelasjon mellom lengde (cm) og fiskevekt (gram) for hele torskematerialet (2064 fisk). Prøvene er tatt i 2009-2011.

Innhold av metaller i muskel og lever

Arsen

Konsentrasjonene av totalarsen i muskelprøvene av torsk som ble analysert i denne basisundersøkelsen varierte fra 0,3 til 170 mg/kg vv, med et gjennomsnitt på 7,1 mg/kg vv for hele datasettet. Vi kjenner ikke til at det har vært rapportert i litteraturen høyere arsenkonsentrasjoner i fiskemuskel enn 170 mg/kg våtvekt. Tabell 6 viser gjennomsnittskonsentrasjonen i nordøstarktisk torsk, kyst-/fjordtorsk og nordsjøtorsk på henholdsvis 9,3, 6,8 og 5,0 mg/kg våtvekt. Den laveste verdien av arsen i enkeltfisk ble funnet i nordsjøtorsk på 0,1 mg/kg våtvekt, mens den høyeste arsenverdien i enkeltfisk ble funnet i en fisk fra Barentshavet på 170 mg/kg våtvekt. Tabell 6 viser videre at det er forholdsvis store forskjeller i middelverdien mellom de tre torskestammene. Gjennomsnittsinholdet av arsen i hele datasettet var i gjennomsnitt noe lavere enn det som tidligere er funnet i torsk (gjennomsnittsverdier varierende fra 4 til 16 mg/kg våtvekt), og som er rapportert i Sjømatdata i perioden 1995 til 2008 (www.nifes.no/sjomatdata), men dette skyldes at dataene som er rapportert i Sjømatdata baserer seg kun på nordøstarktisk torsk hentet fra Barentshavet. Gjennomsnittsverdien for arsen i nordøstarktisk torsk (tabell 6) er i overensstemmelse med de dataene som er gitt i Sjømatdata. Arseninnholdet i torskemuskel er høyere enn i andre fiskearter (Julshamn et al., 2004, Julshamn et al. 2011). Konsentrasjonene av totalarsen i muskelprøver av ca. 1000 nordsjøsild varierte fra 0,62 til 14 mg/kg vv, med gjennomsnitt på 2,7 mg/kg vv. (Duinker m. fl., 2012). Gjennomsnittsinholdet av arsen i muskel av NVG -sild (800 fisk) var 2,2 mg/kg vv (Frantzen m. fl., 2009) og makrell (850 fisk) hadde et gjennomsnittlig arseninnhold på 2,4 mg/kg vv med en variasjon fra 0,51 til 6,9 mg/kg vv (Frantzen

m. fl., 2010). Disse undersøkelsene viser at arseninnholdet i fet fisk synes å være lavere enn det som finnes i mager fisk, som også vist av Julshamn m. fl. (2004).

Tabell 6. Konsentrasjoner av arsen, kvikksølv, kadmium og bly (gjennomsnitt \pm SD, min, maks, median; mg/kg vv) bestemt i prøver av muskel og lever av torsk (nordøstarktisk torsk, kyst-/fjordtorsk og nordsjøtorsk). Prøvene er tatt i perioden 2009-2011.

Prøve	Metall (mg/kg vv)	Parameter	Nordøstarktisk torsk	Kyst-/Fjordtorsk	Nordsjøtorsk
Muskel	Arsen	Gj.sn. \pm SD	9,3 \pm 16	6,8 \pm 6,4	5,0 \pm 5,6
		(Min-maks)	(0,3-170)	(0,36-49)	(0,1-79)
		Median (N)	4,8 (804)	5,0 (663)	4,0 (540)
Lever	Arsen	Gj.sn. \pm SD	13 \pm 17	9,6 \pm 13	7,3 \pm 5,3
		(Min-maks)	(1,8-240)	(1,4-200)	(2,6-70)
		Median (N)	7,3 (737)	6,5 (615)	6,1 (358)
Muskel	Kvikksølv	Gj.sn. \pm SD	0,036 \pm 0,023	0,11 \pm 0,09	0,097 \pm 0,072
		(Min-maks)	(0,01-0,16)	(0,01-0,71)	(0,01-0,54)
		Median (N)	0,029 (804)	0,085 (663)	0,070 (540)
Lever	Kvikksølv	Gj.sn. \pm SD	0,020 \pm 0,014	0,078 \pm 0,11	0,047 \pm 0,030
		(Min-maks)	(<0,01-0,12)	(0,004-1,6)	(0,010-0,21)
		Median (N)	0,015 (737)	0,040 (615)	0,040 (358)
Muskel	Kadmium	Gj.sn. \pm SD (N)	<0,002 (804)	<0,002 (663)	<0,002 (540)
Lever	Kadmium	Gj.sn. \pm SD	0,19 \pm 0,21	0,068 \pm 0,090	0,11 \pm 0,12
		(Min-maks)	(0,02-1,3)	(0,01-1,3)	(0,01-1,3)
		Median (N)	0,15 (737)	0,040 (615)	0,068 (358)
Muskel	Bly	Gj.sn. \pm SD	<0,01-0,06 (41) ^a	<0,01-0,032 (58) ^a	<0,01 (0) ^a
		(Min-maks)	<0,01 ¹	<0,01	<0,01
		Median (N)	<0,01 (804)	<0,01 (663)	<0,01 (540)
Lever	Bly	Gj.sn. \pm SD	<0,01-0,06 (62) ^a	<0,01-9,6 (112) ^a	<0,01-0,12 (51) ^a
		Min-maks	<0,01	<0,01	<0,01
		Median (N)	<0,01 (737)	<0,01 (615)	<0,01 (358)

^a) Antall fisk høyere enn LOQ

Det er ikke satt noen grenseverdi for totalarsen i fisk og annen sjømat til humant konsum. EFSA (det europeiske mattilsynet) arbeider med å innføre en maksimumsgrense i matvarer for de uorganiske formene av arsen som er de mest giftige. EFSA må imidlertid styrke datagrunnlaget for uorganisk arsen i matvarer før en slik maksimums grense kan innføres. Det er den harmløse organiske formen, arsenobetain, som hovedsaklig finnes i fiskemuskel. For å dokumentere innholdet av uorganisk arsen i norskfanget fisk ble det i 2010 gjennomført et prosjekt for Mattilsynet hvor uorganisk arsen ble bestemt i 1000 forskjellige muskelprøver av fisk, inkludert 200 prøver av torskemuskel hentet fra denne basisundersøkelsen. Resultatene viste et innhold av uorganisk arsen i torskemuskel som var

lavere enn metodens bestemmelsesgrense på 0,002 mg/kg vv (Julshamn m. fl., 2012). Konsentrasjonen av uorganisk arsen funnet i norsk fisk er således betydelig lavere enn det EFSA konkluderte med som standard verdi for uorganisk arsen i fiskemuskel i sin risikovurderingsrapport (EFSA, 2009).

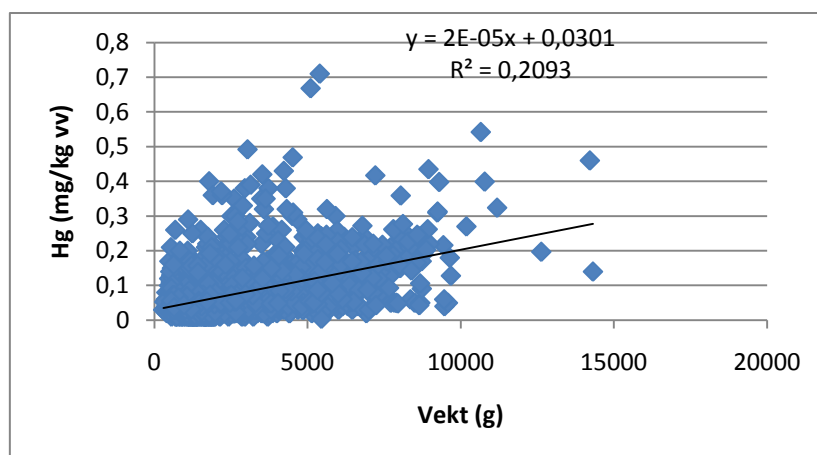
Arseninnholdet i lever av torsk varierte fra 1,4 til 240 mg/kg vv med et gjennomsnitt på 10,0 mg/kg vv for hele datasettet. De høyeste verdiene av arsen i lever ble funnet, som for muskel, i nordøstarktisk torsk med et gjennomsnitt på 13 mg/kg vv (tabell 6).

Arsen i torskemuskel synes ikke å være korrelert til fysiske parametre som vekt, lengde og alder. Derimot kan dietten være en svært viktig faktor for arseninnholdet i torsk.

Kvikksølv

Konsentrasjonen av kvikksølv i muskel av de 2064 torsk som ble analysert varierte fra 0,01 til 0,71 mg/kg vv med et gjennomsnitt på 0,074 mg/kg vv. De høyeste gjennomsnittskonsentrasjonene i torskemuskel ble funnet i kysttorsk og nordsjøtorsk, mens torsk fanget i Barentshavet hadde et betydelig lavere innhold. Kyst-/fjordtorsk hadde et gjennomsnitt på 0,11 mg Hg/kg vv og med en variasjon fra 0,01 til 0,71 mg/kg vv (tabell 6). Det var en fisk fra Sognefjorden, en fisk fra Hardangerfjorden samt en nordsjøtorsk som hadde konsentrasjoner av kvikksølv over 0,5 mg/kg vv, som er EUs og Norges maksimumsgrense for kvikksølv i de fleste fiskearter, også for torsk, til humant konsum (EU, 2006). Den laveste gjennomsnittskonsentrasjonen av kvikksølv i muskel av torsk i denne basisundersøkelsen ble funnet i nordøstarktisk torsk med 0,036 mg/kg vv med en variasjon fra 0,01 til 0,16 mg/kg vv (tabell 6). Resultatene for nordøstarktisk torsk i denne undersøkelsen tilsvarer det som tidligere har vært funnet for denne torskestammen i Barentshavet i perioden 1995 til 2007 og som er rapportert i Sjømatdata (www.nifes.no/sjomatdata) og av Julshamn et al. 2004. Der har gjennomsnittskonsentrasjonene variert fra 0,02 til 0,04 mg/kg vv, med en variasjon i enkeltfisk fra <0,01 til 0,25 mg/kg vv. Kvikksølvinnholdet i muskel av torsk fanget langs kysten og i Nordsjøen er noe lavere enn det som er funnet i blåkveite og Atlantisk kveite (Nilsen m.fl., 2010, Julshamn m.fl., 2011), men høyere enn det som er funnet i muskel av NVG -sild (Frantzen m. fl., 2009), makrell (Frantzen m.fl., 2010) og nordsjøtsild (Duinker m.fl., 2010). De sistnevnte artene hadde alle et gjennomsnittlig kvikksølvinnhold på 0,04 mg/kg våtvekt i basisundersøkelser hvor antall prøver varierte fra 800 til 1000.

Figur 5 viser at det er en signifikant sammenheng mellom vekten av hel torsk og kvikksølv konsentrasjonen i torskemuskel.



Figur 5. Korrelasjon mellom vekt av torsk (g) og kvikksølvkonsentrasjonen i torskemuskel (mg/kg våtvekt) for hele datasettet (2064 fisk). Prøvene er tatt i perioden 2009-2011.

Kvikksølvkonsentrasjonen i lever er gjennomgående lavere enn i muskel (tabell 6).

Kadmium

Konsentrasjonen av kadmium i muskel av 2064 torsk var lavere enn 0,002 mg/kg vv som er måle metodens kvantifiseringsgrense (LOQ) for alle fiskene som ble inkludert i denne studien (tabell 6). Det ble således ikke funnet konsentrasjoner av kadmium i enkeltfisk som oversteg EUs og Norges øvre grenseverdi på 0,05 mg/kg vv (EU, 2006).

I lever varierte kadmiumkonsentrasjonen fra 0,01 til 1,3 mg/kg vv med et gjennomsnitt på 0,11 mg/kg vv for hele datasettet. Lever av nordøstarktisk torsk viste den høyeste gjennomsnittskonsentrasjonen av kadmium på 0,19 mg/kg vv, dernest nordsjøtorsk og lavest var kyst-/fjordtorsk (tabell 6). De høyeste kadmiumnivåene i lever av kyst-/fjordtorsk ble funnet i fisk fra Finnmark, mens kadmiuminnholdet i torskelever fra Oslofjorden viste kun halvparten av de kadmiumverdiene som ble funnet i torsk fra Finnmark. EU har ikke satt noen maksimumsgrense for kadmium i fiskelever. Kadmiumkonsentrasjonen i torskelever synes å øke fra sør til nord, mens kvikksølvkonsentrasjonen i torskemuskel viser en motsatt gradient.

Feit fisk som sild og makrell synes å ha høyere kadmiumnivåer i muskel enn torsk. I makrell ble det funnet et gjennomsnitt på 0,016 mg/kg vv (Frantzen m.fl., 2010), mens i nordsjøtsild ble det funnet en gjennomsnittskonsentrasjon på 0,008 mg/kg vv (Duinker m.fl., 2012).

Bly

Av totalt 2064 prøver av torsk som ble analysert for bly i muskel hadde 1965 fisk konsentrasjoner som lå under LOQ (tabell 6). LOQ er beregnet til 0,01 mg/kg vv. De aller fleste prøvene hadde lave blykonsentrasjoner sammenlignet med EUs og Norges maksimumsverdi for konsum, og ingen muskelprøver hadde verdier over denne maksimumsgrensen. Fordi så mange av prøvene hadde konsentrasjoner under LOQ, var det ikke hensiktsmessig å beregne gjennomsnittsverdier for posisjonene. Også i Sjømatdata (www.nifes.no/sjømatdata) har de aller fleste prøvene av torskemuskel konsentrasjoner lavere enn LOQ. Blyinnholdet i lever var også forholdsvis lavt, men noen flere leverprøver enn muskelprøver hadde konsentrasjoner over LOQ (tabell 6).

Innhold av organiske fremmedstoffer

Av de organiske fremmedstoffene ble det analysert for polyklorerte dibenzo-p-dioksiner/dibenzofuraner (PCDD/PCDF) og non-orto og mono-orto PCB (dioksinlignende PCB, dl-PCB), polyklorerte bifenyler (PCB₆) (i.e. PCB-28, 52, 101, 138, 153 og 180) og summen av syv kongener av polybromerte difenyletere (PBDE, sum PBDE₇) (i.e. PBDE-28, 47, 99, 100, 153, 154 og 183). Disse er alle fettløselige forbindelser og siden vi tidligere har vist at de i liten grad blir akkumulert i filet i mager fisk som torsk og sei ble bare et lite utvalg på 31 filet analysert for PCDD/PCDF og dioksinlignende PCB. Antall prøver, gjennomsnitt, standardavvik (SD) og minste og største verdi for summene av de ulike stoffgruppene er vist i tabellene 7-11. EU har fastsatt maksimumsgrenser i forhold til mattrygghet for summen av dioksiner og dioksinlignende PCB (sum PCDD/PCDF+dl-PCB) i fiskefilet og fiskelever. Maksimumsverdien for sum sum PCDD/PCDF+dl-PCB i fiskelever er satt til 20 ng TE/kg vv hvor WHO-TEF-2005 anvendes, og til 6,5 i filet. EU har også satt maksimumsverdi for sum ikke-dioksinlignende PCB (PCB₆) i fiskelever til 200 µg/kg vv, og 75 i filet. Foreløpig har ikke EU satt maksimumsgrense for sum PBDE verken i muskel eller lever av fisk.

Dioksiner, furaner og dioksinlignende PCB

Konsentrasjonen av sum PCDD/F i alle prøver av lever av torsk varierte fra 0,27 til 85 ng TE/kg vv, med et gjennomsnitt på 4,7 ng TE/kg vv. TE verdiene er beregnet med WHO-TEF-2005. De høyeste verdiene av PCDD/F ble funnet i kysttorsk med en variasjon fra 1,5 til 85 ng TE/kg, og de laveste verdiene ble funnet i nordøstarktisk torsk med en variasjon fra 0,27 til 9,2 ng TE/kg vv (tabell 7). Det høyeste gjennomsnittet av sum PCDD/F av 25 torskelever fra en posisjon var prøver tatt utenfor

Telemark i april med en verdi på 39 ng TE/kg vv. EU og Norge har ikke satt maksimumsgrenser for sum PCDD/F i lever av fisk.

Tabell 7. Oppsummering av resultater for leverprøver av sum dioksiner og furaner (PCDD/F), sum PCDD/F og dioksinlignende PCB (PCDD/PCDF+dl-PCB), PCB₆ og PBDE₇ i prøver av nordøstarktisk torsk (Barentshavet), kyst-/fjordtorsk og nordsjøtorsk. Alle resultater for dioksiner og dl-PCB er gitt i ng WHO-2005-TE/kg vv, mens resultatene for PCB og PBDE er gitt i µg/kg vv. Gjennomsnitt, standardavvik (SD), minste og største verdi er gitt, og antall prøver høyere enn EUs maksimumsgrenser er også gitt.

Type	Sum PCDD/PCDF (ng TE/kg vv)*	Sum PCDD/PCDF+dl- PCB (ng TE/kg vv)*	Sum PCB ₆ (µg/kg vv)*	Sum PBDE ₇ (µg/kg vv)*
Nordøstarktisk torsk (N=784) # Høyere enn EUs maks verdier	2,5±1,4 (0,27-9,2)	14,2±11,2 (1,0-151) 169/784 (21 %)	93±62 (9,2-620) 55 (7 %)	4,4±3,5 (0,2-55)
Kyst-/fjordtorsk (N=637) # Høyere enn EUs maks verdier	7,0±8,8 (1,5-85)	32±31 (5,4-270) 397/637 (62 %)	293±474 (29-5400) 253 (40 %)	12,9±12,1 (1,2-144)
Nordsjøtorsk (N=507) # Høyere enn EUs maks verdier	5,5±2,2 (1,8-16)	20,7±10,0 (2,7-59) 237/507 (47 %)	133±73 (34-419) 83 (17 %)	15,7±12,1 (0,9-88)
Total (N=1928) # Høyere enn EUs maks verdier	4,7±5,5 (0,27-85)	20,8±20,0 (1,0-270) 803/1928 (42 %)	160±274 (9,2-5400) 391 (20 %)	10,1±10,7 (0,2-144)
EUs maksimum grenser		20	200	

*Summer beregnet ved "upperbound" LOQ

Konsentrasjonen av sum PCDD/F+dl-PCB i hele materialet av torskelever varierte fra 1,0 til 270 ng TE/kg vv, med et gjennomsnitt på 20,8 ng TE/kg vv (tabell 7). I dette materialet oversteg gjennomsnittsverdien av sum PCDD/F + dl-PCB EUs maksimumsgrense på 20 ng TE/kg vv. Det var 803 prøver av totalt 1928 prøver som oversteg denne grenseverdien, og dette utgjør 42 % av hele materialet. De høyeste verdiene av sum PCDD/F + dl-PCB ble funnet i prøver av lever av kyst-/fjordtorsk med en variasjon fra 5,4 til 270 ng TE/kg vv og et gjennomsnitt på 32 ng TE/kg vv. Ca. 60 % av enkeltfisk av kyst-/fjordtorsk overskred EUs maksimumsgrense. De laveste verdiene av sum PCDD/F + dl-PCB ble funnet i lever av nordøstarktisk torsk med en variasjon fra 1,0 til 151 ng TE/kg vv (tabell 7).

Gjennomsnittskonsentrasjonene i torskelever var i hovedsak i samme konsentrasjonsområde som det vi har målt tidligere og vist i Sjømatdata (www.nifes.no/sjomatdata) for torskelever fra Barentshavet, men denne undersøkelsen viste høyere konsentrasjoner av sum PCDD/F + dl-PCB i lever av kyst-/fjordtorsk og torsk fanget i Nordsjøen. Dette er ny kunnskap og var som forventet for en

basisundersøkelse. Basisundersøkelser skal fange opp blant annet variasjonen i konsentrasjoner i hele utbredelsesområdet. Her må det tilføyes at resultatene som er angitt i Sjømatdata er beregnet med TEF-1998, og det betyr at verdiene er ca. 16 % høyere enn verdiene i denne studien som er basert på TEF-2005.

Konsentrasjonene som er funnet i lever i denne studien er betydelig høyere enn det som er funnet i fiskemuskel i basisundersøkelser for fet fisk. Resultatene for sum PCDD/F i muskel fra makrell varierte fra 0,062 til 3,6 ng TE/kg vv med et gjennomsnitt på 0,41 ng TE/kg vv, mens konsentrasjonen av sum PCDD/F+dl-PCB varierte fra 0,14 til 12 ng TE/kg vv med et snitt på 1,0 ng TE/kg vv. Resultatene for sum PCDD/F i muskel av NVG-sild varierte fra 0,14 til 2,3 ng TE/kg vv med et gjennomsnitt på 0,39 ng TE/kg vv, mens konsentrasjonen av sum PCDD/F+dl-PCB varierte fra 0,24 til 3,5 ng TE/kg vv, med et snitt på 0,77 ng TE/kg vv (www.nifes.no/sjomatdata).

Sum PCDD/F + dl-PCB er ikke korrelert med fysiske parametre som vekt, lengde og alder, men svakt negativt korrelert med fettinnhold i lever og levervekt.

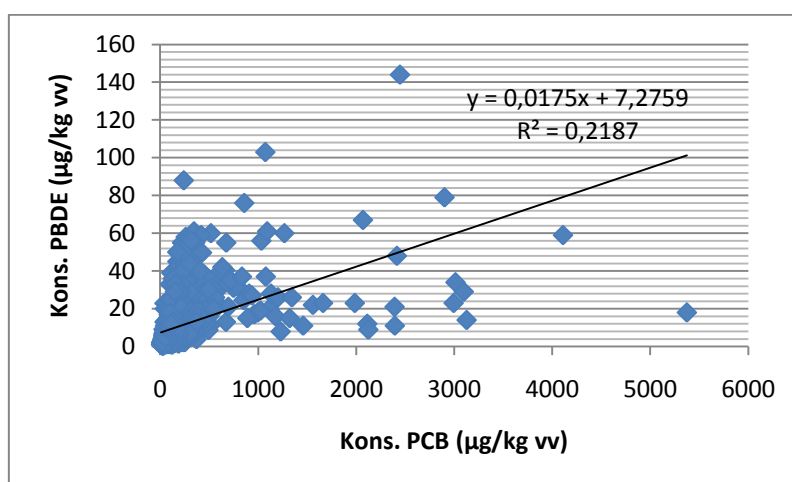
Det ble valgt ut et materiale på 30 muskelprøver som ble analysert for sum PCDD/F + dl-PCB. Alle resultater var lavere enn 0,15 ng TE/kg våtvekt (N=30). Det er vanskelig å gi sikre resultater på så lave nivåer av dioksiner og dioksinlignende PCB i og med at man bruker Upper Bound summering (altså bruker kvantifiseringsgrense som verdi dersom man får en mindre enn verdi) av de 29 stoffene som inngår. EU har satt en grenseverdi for sum PCDD/F + dl-PCB i fiskemuskel på 6,5 ng TE/kg våtvekt. Torskemuskel har et lavt fettinnhold og således var de lave verdiene forventet, men det kan være nødvendig i dokumentasjonsøyemed å gjennomføre en slik verifisering med jevne mellomrom..

PCB₆

Konsentrasjonen av sum PCB₆ i prøver av torskelever varierte fra 9,2 til 5400 µg/kg vv, med et gjennomsnitt på 160 µg/kg vv for hele datasettet, N=1928 (tabell 7). Ser vi på de tre områdene var det kyst-/fjordtorsk (637 fisk) som hadde den høyeste gjennomsnittsverdien på 293 µg/kg vv. For kyst-/fjordtorsk var det 40 % overskridelser av EUs og Norges maksimumsgrense på 200 µg/kg vv for fri omsetning av torskelever, mens det var henholdsvis 17 % og 7 % overskridelser for torskelever fra Nordsjøen og Barentshavet. Ser vi på de 13 fjordene som ble inkludert i denne basisundersøkelsen, var det torskelever fra Borgundfjorden som hadde den høyeste gjennomsnittskonsentrasjonen av PCB₆ med 847 µg/kg vv, med en variasjon fra 67 til 3100 µg/kg vv, mens den høyeste enkeltverdien ble funnet i en leverprøve av torsk fra Hardangerfjorden med 5370 µg/kg vv. Den laveste gjennomsnittsverdien av PCB₆ i torskelever fra en fjord ble funnet i torskelever fra Porsanger med 98

$\mu\text{g}/\text{kg}$ vv. Gjennomsnittsinholdet av PCB_6 i lever av nordøstarktisk torsk fra Barentshavet var $93 \mu\text{g}/\text{kg}$ vv. Disse resultatene for sum PCB_6 er omtrent på samme nivå som de som har blitt funnet i lever av torsk ved tidligere overvåkning, der gjennomsnittskonsentrasjoner ved forskjellige stasjoner i Barentshavet fra 2005 til 2008 har variert fra 60 til $165 \mu\text{g}/\text{kg}$ vv (www.nifes.no/sjomatdata).

Resultatene viser en sterk korrelasjon mellom konsentrasjonen av sum PCB_6 og sum PBDE_7 i hele torskematerialet med $r = 0,46$ (figur 6). Dersom vi ser på de tre hovedområdene hver for seg gir datasettet for Nordsjøen en korrelasjon mellom sum PCB_6 og sum PBDE_7 på $r = 0,72$. Korrelasjonen mellom sum PCB_6 og sum PBDE_7 må bety at fisken tilføres disse to organiske fremmedstoffene fra noen av de samme kildene.



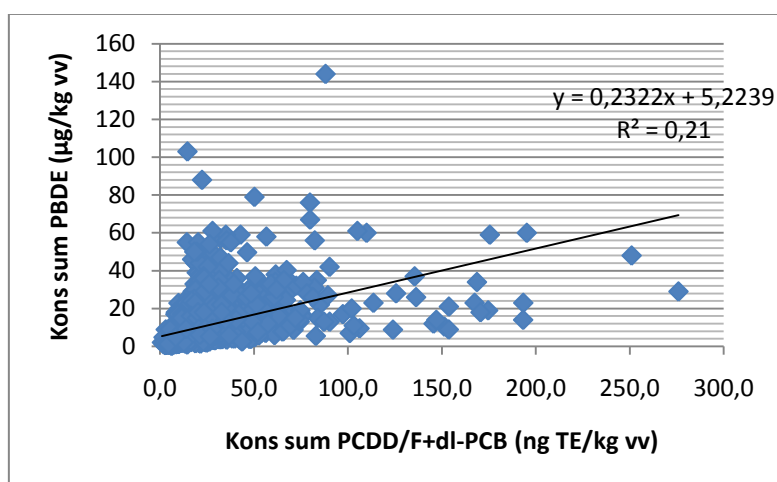
Figur 6. Korrelasjon mellom konsentrasjonen av sum PCB_6 og konsentrasjonen av sum PBDE_7 i torskelever (N=1928). Prøvene er tatt i perioden 2009-2011.

Polybromerte difenyletere (PBDE)

Konsentrasjonen av sum PBDE_7 (N=1928) i lever av torsk i hele datasettet (i.e. nordøstarktisk torsk, kyst-/fjordtorsk og nordsjøtorsk) varierte fra 0,2 til $144 \mu\text{g}/\text{kg}$ vv, med et gjennomsnitt på $10,1 \mu\text{g}/\text{kg}$ vv (tabell 7). Ser vi på de tre områdene var det nordsjøtorsk som hadde den høyeste gjennomsnittsverdien av sum PBDE_7 på $15,7 \mu\text{g}/\text{kg}$ vv, mens konsentrasjonen av sum PBDE_7 i lever av kyst-/fjordtorsk varierte fra 1,2 til $144 \mu\text{g}/\text{kg}$ vv med et gjennomsnitt på $12,9 \mu\text{g}/\text{kg}$ vv. Sum PBDE_7 i lever av nordøstarktisk torsk hadde den laveste gjennomsnittsverdien på $4,4 \mu\text{g}/\text{kg}$ vv med en variasjon på $0,2-55 \mu\text{g}/\text{kg}$ vv. Resultatene for sum PBDE_7 er sammenlignbare med de verdier som er funnet ved tidligere overvåkning, der gjennomsnittskonsentrasjoner ved forskjellige posisjoner i Barentshavet fra 2005 til 2008 har variert fra 3,8 til $9,4 \mu\text{g}/\text{kg}$ vv (www.nifes.no/sjomatdata). Sum PBDE_7 nivåene i lever av torsk er betydelig høyere enn nivåene i muskel fra fet fisk. For NVG-sild

Basisundersøkelse av fremmedstoffer i torsk

(N=800) varierte konsentrasjonen av sum PBDE₇ fra 0,1 til 3,1 µg/kg vv med et gjennomsnitt på 0,5 µg/kg vv (Frantzen m. fl., 2009). I en nylig avsluttet basisundersøkelse for makrell (N=807) varierte konsentrasjonen av PBDE₇ fra 0,02 til 14 µg/kg vv, med et gjennomsnitt på 0,88 µg/kg vv (Frantzen m. fl., 2010), og i en undersøkelse av nordsjøsild (N=1000) varierte konsentrasjonen av sum PBDE₇ fra 0,11 til 9,6 µg/kg vv, med et gjennomsnitt på 1,3 µg/kg vv (Duinker m.fl., 2012).



Figur 7. Korrelasjon mellom konsentrasjonen av sum PCDD/F + dl-PCB og konsentrasjonen av sum PBDE₇ i torskelever (N=1928). Prøvene er tatt i perioden 2009-2011.

Resultatene viser en klar korrelasjon mellom sum PCDD/F + dl-PCB og PBDE₇ med en korrelasjonskoeffisient på $r = +0,46$ (figur 7). Resultatene viser ellers en positiv korrelasjon mellom konsentrasjonen av sum PBDE₇ i hele torskematerialet og levervekt, fiskevekt og fiskelengde på henholdsvis $r = +0,270$, $r = +0,345$ og $r = +0,224$, men en svak negativ korrelasjon med alder ($r = -0,127$). Derimot synes det ikke å være noen korrelasjon mellom sum PBDE₇ og fettinnhold i torskelever.

KONKLUSJON

Nivået av fremmedstoffer i muskel av torsk var forholdsvis lavt og på samme nivå som det som har blitt rapportert tidligere. Det er først og fremst kvikksølv som er av interesse i muskel og i torsk fra Barentshavet er nivået i snitt under 0,040 mg Hg/kg. Det er om lag tre ganger så høyt i snitt i fjordtorsk (0,11 mg Hg/kg) og i Nordsjøtorsk er verdiene rundt 0,1 mg Hg/kg. For de andre metallene er det så lave verdier at man kan se bort fra problemer med disse.

Vi har videre igjen dokumentert de svært lave verdiene av dioksiner og dioksinlignende PCB i filet av torsk der nivåene er rundt et par prosent av grenseverdi.

Det er videre vist nivåer av dioksiner og PCB i lever av torsk, også i de åpne havområder, som er over EUs grenseverdier. Det inkluderer lever av nordøstarktisk torsk der en andel på 21 % av fisken hadde verdier over EUs maksimumsgrense for humant konsum. For kyst-/fjordtorsk og nordsjøtorsk var andelene som oversteg EUs maksimumsgrense på henholdsvis 62 og 47 %. Dette gjør at det må gjøres grundige håndteringsvurderinger av direkte humant konsum av torskelever. For sum PCB₆ i torskelever var det også overskridelser i forhold til EUs grenseverdi på 200 µg/kg våtvekt, spesielt for kyst-/fjordtorsk, men ikke så mange som for sum PCDD/F + dl-PCB.

Norge og norsk fiskerinæring har nå et unikt datagrunnlag for å kunne uttale seg om nivå av uønskede stoffer i torsk basert på hele torskens utbredelsesområde.

REFERANSER

- Duinker, A., Frantzen, S., Måge, A., Julshamn, K. (2012) Basisundersøkelse fremmedstoffer i Nordsjøsil (*Clupea harengus*). NIFES-rapport. Bergen, NIFES: 21 s.
- EFSA 2009. EFSA panel on contaminants in the food chain (CONTAM); Scientific opinion on arsenic in food. EFSA Journal 2009 7, 1351.
- EU 2006. Commission regulation (EC) No. 199/2006 amending regulation (EC) No 466/2001 setting maximum levels for certain contaminants in foodstuff as regards dioxins and dioxin-like PCBs. Official Journal of the European Union.
- Frantzen, S., Måge, A., Julshamn, K. (2009). Basisundersøkelse av fremmedstoffer i Norsk Vårgytende Sild. NIFES-rapport. Bergen, NIFES: 24 s.
- Frantzen, S., Måge, A., Julshamn, K. (2010). Basisundersøkelse av fremmedstoffer i makrell (*Scomber scombrus*). NIFES-rapport. Bergen, NIFES: 34 s.
- Havforskningsinstituttet, 2012. Havforskningsrapporten 2012. Fisken og havet, særnummer 1-2012. 164 sider.
- Julshamn, K., Frantzen, S og Stig Valdersnes (2011). Årsrapport 2010 Fremmedstoffer i villfisk med vekt på uorganisk arsen, metylkvikksølv, bromerte flammehemmere og perfluoreerte alkylstoffer. Mattilsynet, 30 sider
- Julshamn, K., Nilsen, B., Frantzen, S., Valdersnes, S., Maage, A., Nedreaas, K., Sloth, J.J. (2012). Total and inorganic arsenic in fish samples from Norwegian waters. Food Additives and Contaminants: Part B 5, 229-235.
- Nilsen, B.M., Frantzen, S., Nedreaas, K. og Julshamn, K. (2010). Basisundersøkelse av fremmedstoffer i blåkveite (*Rheinhardtius hippoglossoides*). NIFES-rapport. Bergen, NIFES: 42 s.