



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

Rapport

Basisundersøkelse fremmedstoffer i
nordøstatlantisk makrell (*Scomber
scombrus*)
Sluttrapport

Sylvia Frantzen, Amund Måge, Kåre
Julshamn

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

02.12.2010



INNHALDSFORTEGNELSE

Forord	4
Sammendrag	5
Summary	7
Innledning	9
Materiale og metoder	12
Prøveinnsamling og –opparbeidelse.....	12
Analyser	16
Bestemmelse av metaller med ICPMS (NIFES metode nr. 197)	16
Organiske fremmedstoffer: dioksiner, dioksinlignende PCB, ikke-dioksinlignende PCB og PBDE (NIFES metode nr. 292)	16
Resultater og diskusjon	18
Fysiske og biologiske parametre	18
Innhold av metaller.....	20
Kadmium	20
Kvikksølv	23
Bly	24
Arsen	25
Innhold av organiske fremmedstoffer	25
Dioksiner og dioksinlignende PCB	25
PCB ₇	28
Polybromerte difenyletere (PBDE)	30
Konklusjoner	32
Referanser	34

FORORD

Denne rapporten presenterer resultatene fra den tredje basisundersøkelsen som er gjennomført på fisk fra norske fiskeriområder. Til sammen 1191 prøver av makrell har blitt samlet inn i perioden 2007-2009 og har blitt analysert for en rekke fremmedstoffer samt fysiske og biologiske parametre. Tidligere har tilsvarende basisundersøkelser blitt gjennomført med hensyn på henholdsvis Norsk Vårgytende Sild og blåkkeite.

Undersøkelsen er ledet av NIFES og er finansiert med midler fra Norges Sildesalgslag, Fiskeri- og Havbruksnæringens Forskningsfond, Fiskeridirektoratet samt en betydelig egeninnsats fra Havforskningsinstituttet (HI) og NIFES. HI ved Kjell Nedreaas, Asbjørn Borge, Anne-Liv Johnsen og Helga Gill har koordinert prøvetakingen av makrell som ble utført av personell og mannskap på HIs forskningsfartøyer og innleide fiskefartøyer (Referanseflåten). Sistnevnte utførte dessuten veiing, måling, kjønns- og aldersbestemming av fisken. Noen av prøvene ble samlet inn av NIFES personell på tokt med innleide fiskefartøyer.

De kjemiske analysene og opparbeiding av prøvene er gjennomført ved NIFES sine laboratorier som er akkreditert i henhold til NS-ISO-EN 17025. Prøvemottak ved Elin Kronstad, Anne-Margrethe Aase, Manfred Torsvik og Vidar Fauskanger har stått for 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 for fremmedstoffer har blitt 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, John Nielsen, Jannicke Berntsen, Pablo Cortez, Kari Breistein Sele, Kjersti Pisani, Joseph Martin Malaiamaan, Thu Tao Nguyen, Elilta Hagos og Sissel Nygård.

Vi takker alle som har bidratt til å gjennomføre prosjektet.

Bergen, 1. desember 2010.

SAMMENDRAG

Til sammen 1191 prøver av nordøstatlantisk makrell (*Scomber scombrus*) ble i perioden høsten 2007 til våren 2009 samlet inn i norske fiskeriområder, de fleste i Nordsjøen, men også noen i Skagerrak, Norskehavet og vest av Skottland. Av disse har filetpøver av 845 fisk blitt analysert for metaller, inkludert kadmium, kvikksølv, bly og arsen, og rundt 800 har blitt analysert for de organiske fremmedstoffene dioksiner og dioksinlignende polyklorerte bifenyler (PCB), PCB₇ og polybromerte difenyletere (PBDE). All fisken ble målt og veid og alders- og kjønnsbestemt, samt at fettinnhold ble bestemt i filet.

Det var for det meste et relativt lavt nivå av fremmedstoffer i prøvene som ble analysert. Kadmium viste imidlertid konsentrasjoner i makrellfilet opp til 0,17 mg/kg våtvekt (vv), og tre prøver av enkeltfisk hadde konsentrasjoner høyere enn 0,1 mg/kg vv, som er EUs øvre grenseverdi for noen spesielle fiskearter, inkludert makrell, til humant konsum. Alle de tre prøvene kom fra en og samme posisjon vest av Skottland i april, hvor gjennomsnittskonsentrasjonen var 0,055 mg/kg vv som var betydelig høyere enn ved alle andre posisjoner. Da det norske fisket etter makrell i hovedsak foregår om høsten har dette liten betydning i forhold til mattrygghet. Alle de øvrige posisjonene hadde gjennomsnittskonsentrasjoner av kadmium mellom 0,006 og 0,030 mg/kg vv, og ingen enkeltfisk hadde kadmiumkonsentrasjoner over 0,1 mg/kg vv. Konsentrasjonene av bly og kvikksølv var svært lave i de aller fleste prøvene, mens konsentrasjonen av arsen varierte fra 0,51 til 6,9 mg/kg vv og lå i samme område som det som har vært registrert i makrell ved tidligere undersøkelser.

De organiske fremmedstoffene er av stor interesse i en fet fiskeart som makrell, og i forhold til mattrygghet er dioksiner og dioksinlignende PCB spesielt interessant fordi EU har satt grenseverdier for summen av dioksiner og furaner (sum PCDD/F) og summen av dioksiner og dioksinlignende PCB (PCDD/F+dl-PCB). Konsentrasjonen av sum PCDD/F varierte fra 0,062 til 3,6 ng WHO-1998-TE/kg vv (ng TE/kg vv), og dermed var ingen konsentrasjoner høyere enn grenseverdien på 4,0 ng TE/kg vv. Sum PCDD/F+dl-PCB varierte i konsentrasjon fra 0,14 til 12 ng TE/kg vv, med et gjennomsnitt på 1,0 ng TE/kg vv. Filet fra en enkelt fisk hadde en konsentrasjon av summen av dioksiner og dioksinlignende PCB over 8 ng WHO-1998-TE/kg vv, som er EUs øvre grenseverdi for sum PCDD/F+dl-PCB. Denne makrellen var prøvetatt ved en posisjon i Skagerrak, like utenfor Grenlandsfjordene. Gjennomsnittlig konsentrasjon av summen av dioksiner og dioksinlignende PCB ved de ulike posisjonene varierte fra 0,48 til 2,6 ng TE/kg vv, som alle var godt under grenseverdiene. Med unntak av de to posisjonene i Skagerrak var nivået omtrent det samme som det vi har funnet i makrell ved tidligere undersøkelser.

For PCB₇ varierte konsentrasjonen i enkeltfisk fra 0,6 til 85 µg/kg vv, og gjennomsnittskonsentrasjoner for posisjonene varierte fra 2,3 til 22 µg/kg vv. Konsentrasjonen av PCB₇ var høyest ved den samme posisjonen i Skagerrak hvor nivået av dioksiner og dioksinlignende PCB var høyest. De ulike klororganiske forbindelsene det ble analysert for, dioksiner og dioksinlignende PCB og PCB₇, varierte på samme måte mellom områder og med årstiden. Av de ulike havområdene prøvetatt på samme tid (september) var konsentrasjonen høyest i Skagerrak og lavest i Nordsjøen, mens konsentrasjonene i makrellen prøvetatt i Norskehavet var noe høyere enn i Nordsjøen. Det siste kan trolig tilskrives at makrellen prøvetatt i Norskehavet var noe eldre enn både den fra Nordsjøen og Skagerrak, mens de relativt høye nivåene i makrellen fra Skagerrak antas å skyldes større nærhet til utslippskilder. Konsentrasjonene av de klororganiske forbindelsene i makrell fra Nordsjøen økte fra juni til oktober – november, og på bakgrunn av et begrenset materiale prøvetatt om våren i området vest av Skottland så nivået ut til å avta ved gyting.

Summen av syv PBDE (sum 7 PBDE) viste konsentrasjoner i makrellfilet fra 0,024 til 14 µg/kg vv, med et gjennomsnitt på 0,88 µg/kg vv. Gjennomsnittskonsentrasjoner for posisjonene varierte fra 0,36 til 1,6 µg/kg vv, som er i samme område som det som har blitt observert i makrellfilet ved tidligere undersøkelser. Konsentrasjonene av de bromerte flammehemmerne varierte på en annen måte mellom områdene enn de klororganiske forbindelsene, da den høyeste gjennomsnittskonsentrasjonen av sum 7 PBDE ikke ble målt i makrell fra Skagerrak, men fra en posisjon i Nordsjøen, og den nest høyeste gjennomsnittskonsentrasjonen var i makrell fra en posisjon vest av Skottland. Når vi sammenlignet makrell fisket i september i henholdsvis Skagerrak, Nordsjøen og Norskehavet var den høyeste gjennomsnittskonsentrasjonen likevel i Skagerrak, mens nivået var lavest i Norskehavet. Det ser ut til å være andre faktorer som regulerer nivået av PBDE enn for de klorerte forbindelsene, ulikt det vi fant hos NVG-sild.

Det foreslås at fremtidig overvåkning av fremmedstoffer i makrell blir gjennomført under makrellfisket om høsten, med to prøver (25 fisk) årlig i Skagerrak og to prøver hvert tredje år fra fiskeriområdene i Nordsjøen. I tillegg ønsker vi at det blir tatt en del prøver i kyst- og fjordområder for å øke kunnskapen om fremmedstoffinnholdet i makrell som hovedsakelig fiskes av fritidsfiskere til eget bruk.

SUMMARY

A total of 1191 samples of Northeast Atlantic mackerel (*Scomber scombrus*) were sampled between autumn 2007 and spring 2009 in Norwegian fisheries areas, mainly in the North Sea, but also in the Skagerrak, the Norwegian Sea and west of Scotland. Of these, fillet samples of 845 fish have been analysed for metals including cadmium, mercury, lead and arsenic, and around 800 have been analysed for the organic undesirable substances dioxins and dioxin-like polychlorinated biphenyls (PCB), PCB₇ and polybrominated diphenyl ethers (PBDE). All fish were measured and weighed, age and gender were determined, and fat contents of the fillets were determined.

The levels of undesirable substances were mostly low in the samples analysed for these. Cadmium, however, showed concentrations in fillets of mackerel of up to 0.17 mg/kg wet weight (ww), and three samples of individual fish had concentrations above 0.1 mg/kg ww, which is the EU's upper regulatory limit for human consumption with regard to a few chosen species, including mackerel. All the three samples came from one and the same position west of Scotland in April, where mean concentration was 0.055 mg/kg ww which was higher than at all other positions. As the Norwegian mackerel fisheries mainly take place in autumn, this has little relevance to food safety. All the other positions had mean concentrations of cadmium between 0.006 and 0.030 mg/kg ww, and not one single fish had cadmium concentrations above 0.1 mg/kg ww. The concentrations of lead and mercury were very low in most samples, while the concentration of arsenic varied between 0.51 to 6.9 mg/kg ww and were within the same range as what has been registered in mackerel during earlier studies.

The organic contaminants are of particularly interesting in a fat fish species as mackerel, and in relation to food safety dioxins and dioxin-like PCBs are particularly interesting because the EU has set upper limits for the sum of dioxins and furans (sum PCDD/F) and the sum of dioxins and dioxin-like PCBs (sum PCDD/F+dl-PCB). The concentration of sum PCDD/F varied from 0.062 to 3.6 µg WHO-1998-TEQ/kg ww (ng TEQ/kg ww), and hence no concentrations were above the EU's upper limit of 4.0 ng TEQ/kg ww. The concentration of sum PCDD/F+dl-PCB varied from 0.14 to 12 ng TEQ/kg ww, with a mean of 1.0 ng TEQ/kg ww. Fillet from one individual fish had a concentration of sum PCDD/F+dl-PCB exceeding 8 ng TEQ/kg ww, which is the EU's upper limit for sum PCDD/F+dl-PCB. This mackerel was sampled at a position in the Skagerrak, just outside the Grenland fjords. Mean concentration of sum PCDD/F+dl-PCB at the different positions varied from 0.48 to 2.6 ng TEQ/kg ww, which all was very well below the limits. With the exception of the two Skagerrak positions, the level of dioxins and dioxin-like PCBs was similar to what has been found during previous studies.

With regards to PCB₇ the concentration in fillets of individual fish varied from 0.6 to 85 µg/kg ww, and mean concentrations for the positions varied between 2.3 and 22 µg/kg ww. The concentrations of PCB₇ were highest at the same position in Skagerrak where the levels of dioxins and dioxin-like PCBs were the highest. The different chloroorganic compounds analysed for, i.e. dioxins and dioxin-like PCBs and PCB₇, varied in the same manner between areas and seasonally. Of the different sea areas sampled at the same time (September) the concentrations were highest in Skagerrak and lowest in the North Sea, while the concentrations in the mackerel sampled in the Norwegian Sea was somewhat higher than in the North Sea. The latter can possibly be explained as being caused by the Norwegian Sea mackerel being somewhat older than the mackerel sampled both in the North Sea and in the Skagerrak, while the relatively high levels found in mackerel from the Skagerrak is assumed to be a result of closer proximity to possible sources of discharge. The concentrations of the chloroorganic compounds in mackerel from the North Sea increased from June to October – November, and based on a limited material sampled in spring in the area west of Scotland the levels seemed to decrease during the spawning period.

The sum of seven PBDEs (sum 7 PBDE) showed concentrations in fillet of mackerel between 0.024 and 14 µg/kg ww, with a mean value of 0.88 µg/kg ww. Average concentrations for the different positions varied from 0.36 to 1.6 µg/kg ww, which is in the same range as what has been observed in mackerel fillets during earlier studies. The concentrations of the brominated flame retardants varied in a different manner between the areas than the chloroorganic compounds, as the highest mean concentration of sum 7 PBDE was not found in mackerel from the Skagerrak, but from a position in the North Sea, and the second highest mean concentration was in mackerel sampled at a position west of Scotland. When comparing mackerel captured in September in the Skagerrak, the North Sea and the Norwegian Sea, respectively, the highest mean concentration still was in the Skagerrak, while the mean was lowest for the Norwegian Sea. Apparently there are different factors regulating the levels of the PBDEs than for the chlorinated compounds, unlike what was found previously in Norwegian spring spawning herring.

It is suggested that future monitoring of contaminants in Northeast Atlantic mackerel should take place during the autumn mackerel fishery, with two samples (25 fish) taken annually in the Skagerrak and two samples taken every third year in the fishery areas in the North Sea. In addition, we would like to take some samples in coastal- and fjord areas in order to gain increased knowledge about the level of undesirable substances in mackerel captured during near shore recreational fishing.

INNLEDNING

Norsk sjømat har et omdømme som ren og av generelt høy kvalitet. At den faktisk er sunn og trygg for forbrukerne er en viktig forutsetning for en vellykket norsk fiskerinæring. Markedet stiller stadig strengere krav til dokumentasjon på at fisk som eksporteres til andre land ikke har konsentrasjoner av fremmedstoffer som overstiger de grenseverdiene de enkelte land har satt for forskjellige fremmedstoffer.

Stikkprøver av fisk fra norske havområder har blitt analysert for fremmedstoffer i en årrekke, mer eller mindre uregelmessig og med ulike arter fra år til år. Resultatene finnes allment tilgjengelig på www.nifes.no/sjømatdata. I forhold til størrelsen på fiskebestandene, utbredelsen deres og områdene det fiskes på, representerer de stikkprøvene som har blitt analysert et viktig, men alt for lite, materiale til å trekke konklusjoner om den faktiske tilstanden. Det er behov for en mer grunnleggende kartlegging av innhold av ulike forbindelser i ulike viktige kommersielle fiskebestander for å dokumentere nivået av fremmedstoffer og samtidig danne grunnlag for en målrettet fremtidig overvåkning. Nivået av fremmedstoffer bør kartlegges i alle geografiske områder der det fiskes og gjennom hele året. På den måten kan man fastslå hvor og når nivåene er høyest, for så å planlegge fremtidig overvåkning i områder/tid på året hvor risikoen er størst for at fisken har for høyt innhold av fremmedstoffene. Slike undersøkelser, kalt basisundersøkelser har allerede vært gjennomført for NVG-sild (Frantzen m. fl., 2009) og blåkveite (Nilsen m. fl., 2010). Prøveinnsamling og analyse for basisundersøkelser for nordsjøsild, torsk og sei er under arbeid. Denne rapporten presenterer resultatene av arbeidet med basisundersøkelse for nordøstatlantisk makrell (*Scomber scombrus*).

Makrell (*Scomber scombrus*) er en viktig kommersiell fiskeart i norske havområder, med en fangstverdi i 2009 på 960 mill. kr (Sandberg, 2010) og en eksportverdi på 2 192 mill. kr (www.seafood.no). I europeiske farvann forvaltes arten som én bestand, nordøstatlantisk makrell (www.imr.no). Bestanden gyter i tre ulike områder; sentralt i Nordsjøen og Skagerrak i mai – juli, vest av Irland og De britiske øyer i mars – juli og i spanske og portugisiske farvann i februar til mai. Makrell fra de sørlige og vestlige områdene vandrer til Norskehavet og Nordsjøen etter gyting og blander seg med Nordsjø-komponenten. Det er fordi det ikke er mulig å skille de ulike gytekomponentene fra hverandre i fangstene at de forvaltes som én bestand. De siste par årene har makrellen hatt en vestligere fordeling på de høstlige vandringene sørover mot gytefeltene, og har oppholdt seg kortere tid i norsk sone. Det er på denne tiden at fisken er gunstigst å fange fordi den går i store stimer og er av optimal kvalitet. Oppvekstområde for nordøstatlantisk makrell er sør i Nordsjøen, vest av De britiske øyer og vest av Portugal.

Makrell er en hurtigsvømmende pelagisk stimfisk som lever av plankton, småfisk som tobis, brisling og sild samt yngel av andre arter, og blir selv spist av stor fisk, hai og tannhval. De mangler svømmeblære og må være i konstant bevegelse for ikke å synke.

Fremmedstoffer kjennetegnes ved at de er giftige, lite nedbrytbare og ofte oppkonsentreres i næringskjeden. Mange fremmedstoffer opphopes i dyr over tid og vil derfor finnes i økt konsentrasjon med økende alder og størrelse. Fremmedstoffer kan deles inn i uorganiske fremmedstoffer, som metaller, og organiske fremmedstoffer, som dioksiner, PCBer og bromerte flammehemmere. Metallene forekommer i et naturlig bakgrunnsnivå i naturen, men forurensning som skyldes menneskelig aktivitet er en viktig årsak til at det finnes forhøyede nivåer i mange fiskearter. Når nivået av fremmedstoffer i mat kommer over et visst nivå kan de gi helseskade ved normalt inntak. For tungmetallene kadmium (Cd), kvikksølv (Hg) og bly (Pb) har EU fastsatt øvre grenseverdier på henholdsvis 0,05, 0,5 og 0,3 mg/kg våtvekt (vv) i muskel av de fleste fiskearter til humant konsum. En egen grenseverdi for kadmium på 0,1 mg/kg vv er imidlertid satt for noen arter, inkludert makrell. Arsen (As) er et grunnstoff som er giftig i uorganisk form, men i fisk foreligger det meste av arsenet som arsenobetain, som ikke er giftig (EFSA, 2009). Det finnes så langt ikke grenseverdier for arsen i sjømat. De organiske fremmedstoffene er fettløselige, og man skulle derfor tro at de relativt lett skulle kunne akkumuleres i en fet fiskeart som makrell. EU har satt en øvre grenseverdi for summen av dioksiner og furaner (sum PCDD/F) på 4,0 ng TE/kg vv i fisk til humant konsum, og en øvre grenseverdi for summen av dioksiner, furaner og dioksinlignende PCB (sum PCDD/F + dl-PCB) på 8,0 ng TE/kg vv. Det er ikke satt noen øvre grenseverdi for ikke-dioksinlignende PCB (PCB₇) eller bromerte flammehemmere. Stikkprøver av makrell som tidligere har vært analysert for fremmedstoffer har ikke vist noen nivåer som overstiger grenseverdiene hverken for kadmium, kvikksølv, bly eller dioksiner og dioksinlignende PCB (www.nifes.no/sjømatdata).

For NVG-sild viste vi at føde- og gytesyklusen til bestanden er av stor betydning for hvordan innholdet av fremmedstoffer varierer, særlig de fettløselige organiske miljøgiftene dioksiner og dioksinlignende PCB, PCB₇ og PBDE, med høyest konsentrasjoner på senvinteren like før gyting og lavest konsentrasjoner etter gyting (Frantzen m. fl., 2009). I likhet med NVG-sild foretar nordøstatlantisk makrell store vandringer, og har trolig på samme måte store årstidsvariasjoner i fødeinntak i tillegg til den sesongmessige gytingen. Siden makrell i likhet med sild er fet fisk kan vi tenke oss at det vil være et lignende mønster i årstidsvariasjoner for nordøstatlantisk makrell som for NVG-sild. Men siden det hos den nordøstatlantiske makrellen er tre ulike gytekomponenter som blander seg, med ulike tider for gyting og trolig ulik variasjon i fødetilgang, vil dette bildet sannsynligvis være mer komplisert for makrell sammenlignet med det forholdsvis enkle mønsteret vi observerte for NVG-sild.

Med mål om å foreta en grundig kartlegging av innholdet av viktige fremmedstoffer i bestanden av makrell som fiskes i norske havområder, har det i denne basisundersøkelsen blitt samlet inn totalt 1166 makrell og analysert mellom 786 og 845 filetprøver av individuelle makrell fra ulike deler av områdene der den fiskes og til ulike deler av året. Det har blitt analysert 845 prøver for metaller, mens rundt 800 prøver har blitt analysert for dioksiner og dioksinlignende PCB, syv kongenere av PCB (PCB₇) samt polybromerte difenyletere (PBDE).

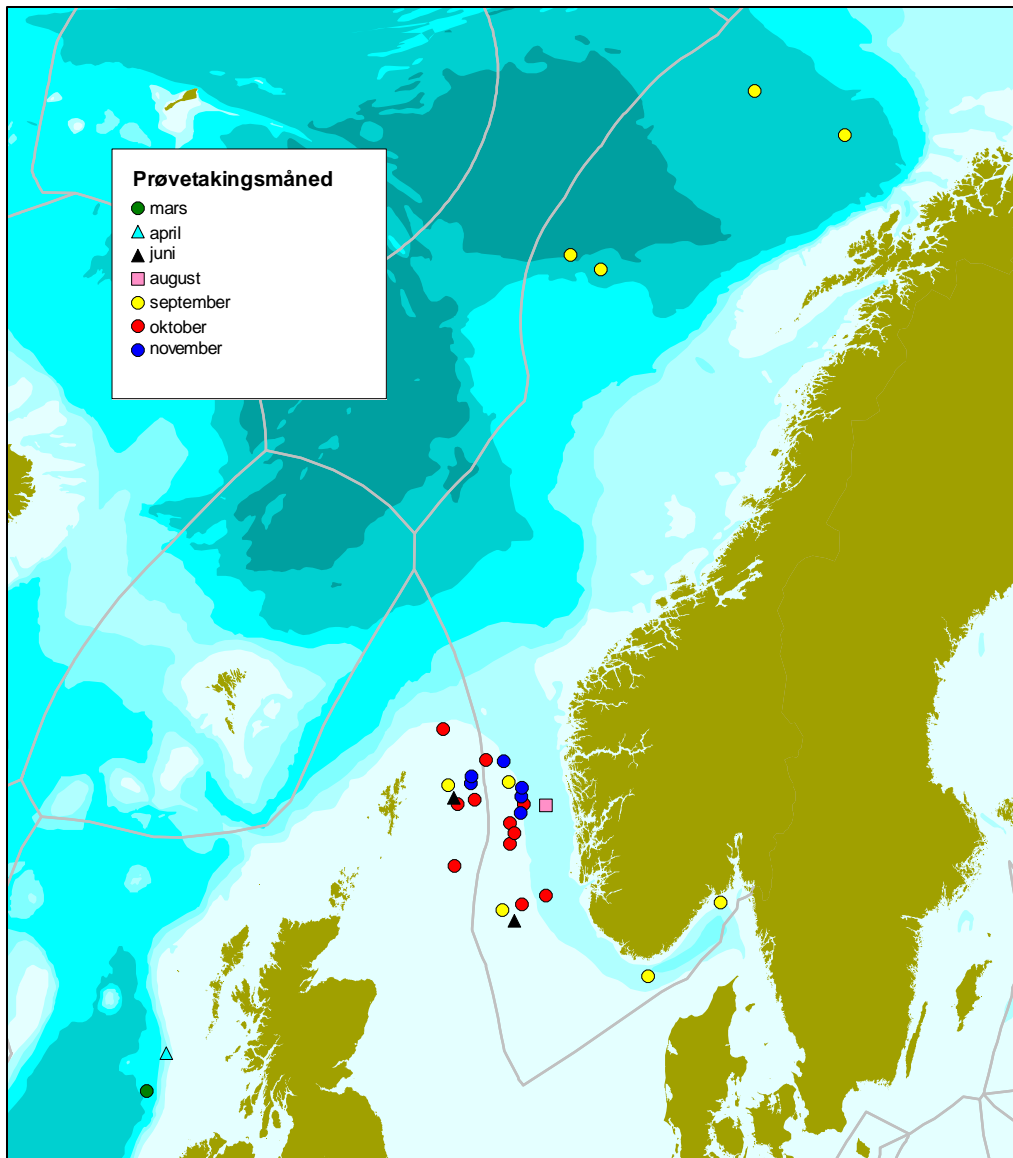
MATERIALE OG METODER

Prøveinnsamling og –opparbeidelse

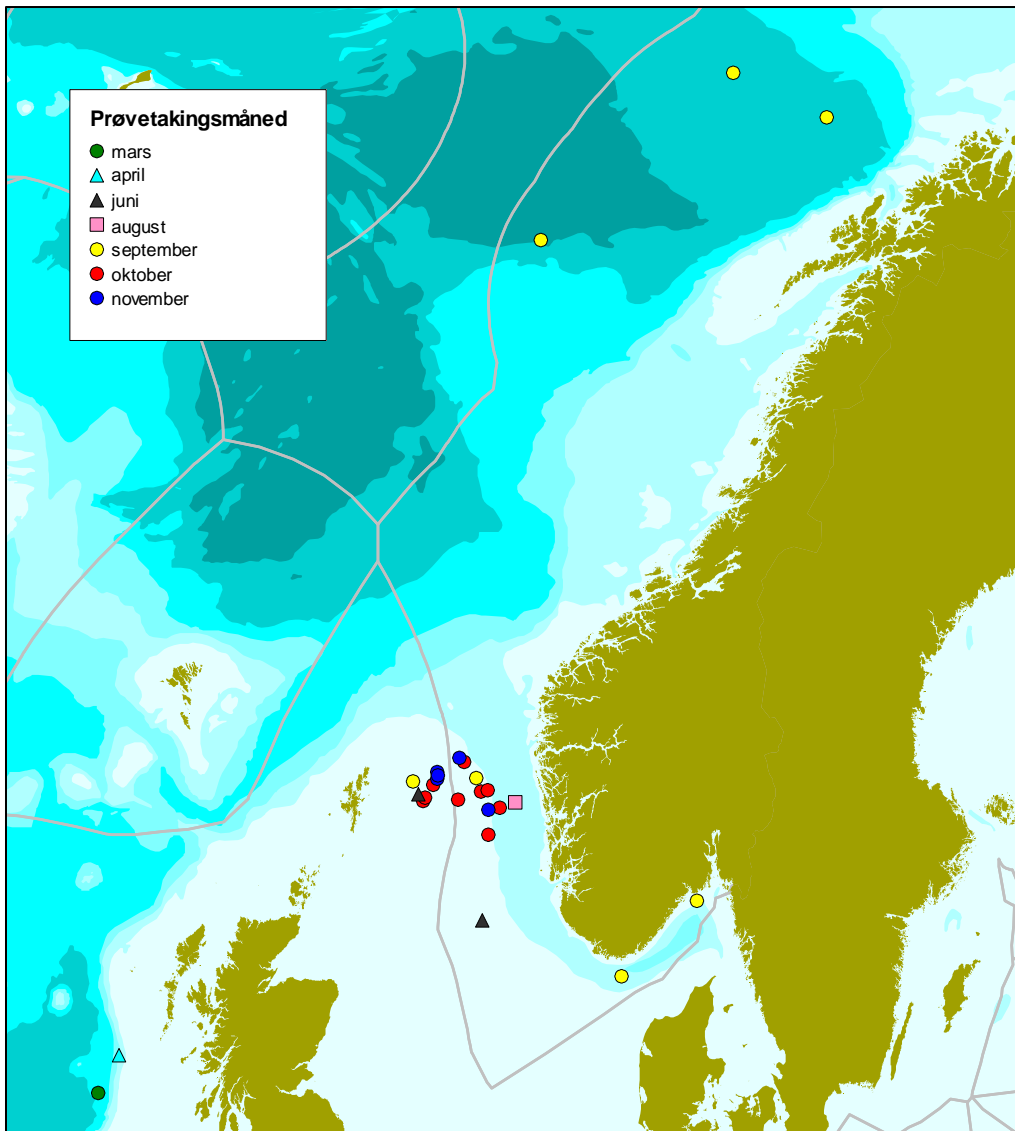
Prøveinnsamling av totalt 1191 prøver fra 66 ulike posisjoner (figur 1 og 2) ble gjennomført i regi av Havforskningsinstituttet med deres egne fartøyer eller fartøyer fra Referanseflåten, fra høsten 2007 til og med våren 2009. Noen prøver ble også tatt ut av NIFES personell med innleid fartøy. De aller fleste prøvene ble samlet inn om høsten, i periodene september – november 2007 og august – november 2008. Prøver fra to posisjoner ble samlet inn om våren, prøver fra en posisjon (n = 35) i april 2008 og prøver fra en posisjon (n = 99) i mars 2009. Prøver fra en enkelt posisjon (n = 25) ble samlet inn på forsommeren, i juni 2008. De aller fleste prøvene ble samlet inn i Nordsjøen, og det gjaldt særlig i perioden oktober – november (figur 1). I september ble det i tillegg samlet inn prøver fra to posisjoner i Skagerrak og fire posisjoner i Norskehavet utenfor Nord-Norge. Prøvene som ble tatt i mars og april ble tatt vest av Skottland.

Prøvene som ble samlet inn om høsten 2007 ble analysert for metaller relativt raskt, men under lagring ble de frysetørkede prøvene etter en stund ”karamellisert” og umulig å opparbeide til analyse for organiske fremmedstoffer. Dette kan ha vært et resultat av en eksoterm oksidasjonsreaksjon i de fete prøvene. Nye prøver ble samlet inn høsten 2008 som skulle erstatte de ødelagte høstprøvene ved analyse for de organiske fremmedstoffene, men som ikke skulle analyseres for metaller, slik at det for en del av prøvene er ulike prøver som er analysert for metaller og organiske fremmedstoffer. Tabell 1 viser hvor mange prøver fra de ulike posisjonene som ble analysert for de ulike fremmedstoffene.

Makrellprøvene ble oppbevart frosset frem til de ble levert til HI og deretter NIFES. Ved et av HI sine laboratorier ble vekt, lengde og kjønn bestemt for hver enkelt makrell, og otolitter ble tatt ut til aldersbestemmelse. Alder ble siden bestemt ved telling av årringer på otolittene. Ved NIFES’ prøvemottak ble fisken filetert, og de skinnfrie filetene fra hver enkelt fisk ble homogenisert ved hjelp av en food processor. Det prøvematerialet som ble prøvetatt høsten 2007 ble deretter frysetørket. Etter at de frysetørkede prøvene ble ødelagt under oppbevaring ble det senere valgt å analysere på vått materiale. Det vil si at så å si alle analysene for organiske fremmedstoffer ble gjort på vått materiale. Unntaket var PBDE som ble analysert i prøvene fra en posisjon prøvetatt høsten 2007 (tabell 1).



Figur 1. Posisjoner hvor det ble samlet inn prøver av makrell for metallanalyse til basisundersøkelsen i løpet av 2007 - 2009. Farge og form på punktene viser hvilken måned prøvetakingen ble gjort.



Figur 2. Posisjoner hvor det ble samlet inn prøver av makrell for bestemmelse av organiske fremmedstoffer til basisundersøkelsen i løpet av 2008 - 2009. Farge og form på punktene viser hvilken måned prøvetakingen ble gjort.

Tabell 1. Antall prøver mottatt samt antall prøver analysert for de ulike forbindelsene. X = prøven er ikke analysert.

Journalnr	Dato	Posisjon	Prøver	Fett	Metaller	PCB ₇	Dioksiner/ dl-PCB	PBD E
2007-1292	29.09.2007	58°45'N 02°30'E	25	25	25	X	X	X
2007-1401	03.10.2007	58°50'N 03°11'E	25	25	25	X	X	X
2007-1400	03.10.2007	58°58'N 04°00'E	25	25	25	X	X	X
2007-1405	04.10.2007	59°25'N 00°52'E	25	25	25	X	X	23
2007-1402	05.10.2007	59°45'N 02°46'E	25	25	25	X	X	X
2007-1404	06.10.2007	60°04'N 02°46'E	25	25	25	X	X	X
2007-1403	06.10.2007	59°55'N 02°55'E	25	25	24	X	X	X
2007-1321	07.10.2007	60°24'N 01°33'E	25	25	25	X	X	X
2007-1407	10.10.2007	61°29'N 00°27'E	25	25	25	X	X	X
2007-1406	10.10.2007	61°00'N 01°56'E	25	25	25	X	X	X
2007-1486	23.10.2007	60°21'N 03°15'E	25	25	25	X	X	X
2007-1291	01.11.2007	60°36'N 03°11'E	25	25	25	X	X	X
2007-1485	03.11.2007	61°00'N 02°33'E	25	25	25	X	X	X
2007-1436	05.11.2007	60°28'N 03°10'E	25	25	25	X	X	X
2008-670	15.04.2008	56°35'N 09°01'W	35	35	35	35	35	35
2009-114	13.06.2008	58°35'N 02°55'E	25	25	25	24	25	24
2009-115	28.06.2008	60°27'N 00°50'E	25	25	25	25	25	24
2008-1059	18.08.2008	60°20'N 04°00'E	25	25	24	24	25	24
2008-1264	03.09.2008	68°39'N 04°51'E	24	24	24	23	23	24
2008-1265	05.09.2008	68°26'N 05°53'E	23	23	7	X	X	X
2008-1420	15.09.2008	58°52'N 10°00'E	10	10	10	10	10	10
2008-1266	16.09.2008	71°08'N 11°11'E	25	25	25	25	25	25
2008-1267	18.09.2008	70°28'N 14°16'E	25	25	22	24	24	23
2009-116	21.09.2008	60°41'N 02°44'E	25	25	25	25	25	25
2009-117	23.09.2008	60°38'N 00°39'E	25	25	25	25	25	24
2008-1402	27.09.2008	57°45'N 07°31'E	50	50	50	49	49	50
2008-1380	02.10.2008	60°21'N 00°59'E	25	25	25	25	25	25
2008-1381	06.10.2008	60°24'N 01°03'E	25	25	X	25	25	25
2009-316	09.10.2008	60°22'N 02°07'E	34	34	X	34	34	34
2009-491	09.10.2008	60°35'N 01°18'E	33	33	X	33	33	33
2009-480	12.10.2008	59°51'N 03°07'E	25	25	X	25	25	25
2008-1382	13.10.2008	60°29'N 02°53'E	25	25	X	25	25	25
2009-315	15.10.2008	60°15'N 03°30'E	33	33	X	33	33	33
2009-109	19.10.2008	60°55'N 02°19'E	25	25	X	24	25	25
2008-1406	15.10.2008	60°30'N 03°06'E	25	25	X	25	25	25
2009-108	02.11.2008	60°59'N 02°11'E	25	25	25	24	24	24
2009-105	02.11.2008	60°43'N 01°28'E	25	25	X	25	25	25
2008-1669	04.11.2008	60°46'N 01°27'E	25	25	X	25	25	24
2009-314	04.11.2008	60°40'N 01°26'E	25	25	25	25	24	25
2008-1670	12.11.2008	60°21'N 02°59'E	25	25	X	25	25	24
2009-106	13.11.2008	60°13'N 03°08'E	25	25	25	25	25	25
2009-611	28.03.2009	56°01'N 09°43'W	99	99	99	99	98	99
Totalt			1166	1166	845	786	787	807

Analysar

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

Det ble veid inn rundt 0,20-0,25 g tørt 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). Analysene 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 kobber, sink, arsen, sølv, kadmium, kvikksølv og bly. 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 arsen, kadmium, kobber, sink, kvikksølv og selen. Kvantifiseringsgrensen beregnet på tørr prøve for hvert av disse grunnstoffene er vist i tabell 2.

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

Element	Cu	Zn	Cd	Hg	Pb	As	Se
LOQ (mg/kg dw)	0.3	1.5	0.01	0.03	0.04	0.03	0.1

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

Opparbeidelse av prøve 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 internstandard 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 rensset 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 GCMS 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). I tillegg kvantifiseres PBDE-66, 119, og 138. Kvantifiseringsgrensene varierte fra henholdsvis 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.

Dioksiner, furaner og dioksinlignende PCB ble bestemt på høyopløsende 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-1998-TEF). Kvantifiseringsgrensen for de ulike kongenerne av dioksiner, furaner, non-orto og mono-orto PCB varierer mellom 0,008-0,4 pg/g. Metoden er akkreditert.

RESULTATER OG DISKUSJON

Fysiske og biologiske parametre

Alder, størrelse, fettinnhold og kjønn kan ha stor betydning for hvordan konsentrasjon 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, alder og fettinnhold på makrellen som ble samlet inn til basisundersøkelsen. De i alt 1191 makrellene som ble samlet inn, veid og målt varierte i vekt fra 35 til 774 g, med et snitt på 352 g, og gjennomsnittlig lengde var 33,4 cm. De 1070 makrellene som ble aldersbestemt varierte i alder fra 0+ til 15 år, med et gjennomsnitt på 4,3 år (tabell 3). Fettinnhold i filetprøvene varierte fra kun 1,2 til hele 41 g/100 g, med et gjennomsnitt på 21,5 g/100 g.

Det var til dels forskjellige prøver som ble analysert for metaller og for de organiske miljøgiftene, men de fysiske/biologiske parameterne varierte ikke mye mellom de 845 som ble analysert for metaller og de 818 som ble analysert for organiske miljøgifter (tabell 3). De som ble analysert for de organiske miljøgiftene var gjennomsnittlig noe tyngre og med noe høyere fettinnhold enn de som ble analysert for metaller.

Makrellen som ble fisket i Norskehavet utenfor Nord-Norge i september var størst og eldst, med en gjennomsnittslengde på $38,2 \pm 2,0$ cm og gjennomsnittlig alder på $7,1 \pm 2,3$ år (tabell 4). Fisken prøvetatt vest av Skottland i april var imidlertid omtrent like gammel og nesten like stor, med $7,0 \pm 2,9$

Tabell 3. Oppsummering av resultater fra basisundersøkelse makrell for alder, lengde, vekt og fettinnhold av 1) all fisken, 2) fisken som ble analysert for metaller og 3) fisken som ble analysert for organiske miljøgifter.

	Gruppe	N	Snitt	Std. avvik	min	maks
Alder (år)	All fisken	1170	4,3	2,5	0	15
	Anal. for metaller	831*	4,1	2,6	0	15
	Anal. for organiske	803*	4,6	2,5	1	15
Lengde (cm)	All fisken	1191	33,4	4,6	18	44
	Anal. for metaller	845	32,7	4,9	19	43
	Anal. for organiske	818	33,8	4,5	20	44
Vekt (g)	All fisken	1191	352	146	35	774
	Anal. for metaller	845	325	146	49	773
	Anal. for organiske	818	367	141	51	774
Fettinnhold i filet (g/100g)	All fisken	1166	21,5	8,9	1,2	41
	Anal. for metaller	845	19,2	8,8	1,2	39
	Anal. for organiske	818	22,0	9,3	1,2	41
Kjønn (% hunner)	All fisken	787	51,2			
	Anal. for metaller	468	50,0			
	Anal. for organiske	764	51,3			

*Ikke all fisken var mulig å aldersbestemme

år og $36,8 \pm 3,5$ cm. Det var imidlertid betydelig forskjell i vekt og fettinnhold mellom de to gruppene, ettersom de var prøvetatt til svært ulik tid på året, og fisken prøvetatt i Norskehavet i september hadde betydelig høyere fettinnhold og var betydelig tyngre enn fisken prøvetatt vest av Skottland i april.

Den minste og yngste fisken var den som ble fisket i Nordsjøen i juni, med gjennomsnittalder på $1,7 \pm 0,8$ år og gjennomsnittlengde på $24,7 \pm 3,0$ cm (tabell 4). Også fisken fanget i Nordsjøen i august og i Skagerrak i september var relativt unge og små. Gjennomsnittlig fettinnhold var lavest i fisken fanget vest av Skottland i april, med bare $3,3 \pm 1,8$ g/100 g.

Fordi makrellen ble fanget i ulike områder til ulike tider på året er det mest naturlig å sammenligne makrell fanget samme tidsperiode i ulike områder og fisk fanget i samme område til ulike tider på året. Vi har derfor sammenlignet makrell fanget i september i henholdsvis Nordsjøen, Norskehavet og Skagerrak og makrell fanget i Nordsjøen i juni, august, september, oktober og november.

I makrell fanget i Nordsjøen var det en klar økning i både alder, lengde, vekt og fettinnhold fra juni til september, deretter nedgang til oktober og økning igjen til november. Oktober var spesiell fordi det der kom med en del fisk fra årets kull, noe som trakk ned gjennomsnittet både for alder, lengde, vekt og fettinnhold. Det er naturlig med en økning i vekt og fettinnhold fra juni til september fordi det i den perioden er rikelig med mattilgang, og gytingen som foregår mellom mars og juli er stort sett ferdig. Det vil derfor også være god lengdevekst i den perioden. En av årsakene til lavere gjennomsnittsalder i juni enn senere på året kan være at fisk som ennå ikke har fylt ett år per definisjon er null år, mens samme fisken aldersbestemt to måneder senere vil være ett år gammel.

Når vi sammenligner fisk fanget i september i Nordsjøen, Norskehavet og Skagerrak ser vi at fisken fanget ved de to posisjonene i Skagerrak i september var mindre og yngre enn den fanget i Nordsjøen og Norskehavet på samme tid, og i tillegg hadde den lavere fettinnhold (tabell 4). Fisken som ble fanget i Skagerrak hadde lav gjennomsnittlig alder og størrelse blant annet fordi det var en relativt stor

Tabell 4. Lengde, vekt, fettinnhold, alder og kjønn på makrellen som ble prøvetatt i de ulike havområdene til ulike tider. Antall fisk, gjennomsnitt og standardavvik (SD) er gitt, og for kjønn er andel hunner (♀) gitt i % av den fisken som ble kjønnsbestemt.

Område	Mnd	Lengde (cm)			Vekt (g)		Alder (år)			Fett (g/100g)			Kjønn	
		N	Snitt	SD	Snitt	SD	N	Snitt	SD	N	Snitt	SD	N	% ♀
Nordsjøen	jun	50	24,7	3,0	136	56	50	1,7	0,8	50	12,1	5,7	24	37,5
	aug	25	28,2	1,5	268	53	22	2,7	1,0	25	25,5	4,9	22	54,5
	sep	75	35,7	2,6	449	113	73	4,7	1,5	75	31,3	2,9	50	56,0
	okt	500	32,1	4,4	323	145	495	3,6	2,3	500	23,0	8,1	250	52,4
	nov	250	35,2	3,1	402	119	246	4,9	2,2	225	25,5	4,7	150	49,3
Norskehavet	sep	97	38,2	2,0	511	86	93	7,1	2,3	97	23,3	6,3	97	43,3
Skagerrak	sep	60	30,3	4,4	247	124	59	2,6	2,4	60	15,6	4,0	60	55,0
Vest av	mar	99	34,9	2,2	334	71	98	5,6	1,6	99	10,0	4,5	99	54,5
Skottland	apr	35	36,8	3,5	374	117	34	7,0	2,9	35	3,3	1,8	35	57,1

*Ikke alle ble kjønnsbestemt

andel av makrellen som var fra årets kull. Fisken fanget i Norskehavet i september var både eldre og større enn den som ble fanget i de to andre områdene i samme periode, men fettinnholdet var likevel lavere enn hos fisken fra Nordsjøen og høyere enn hos den fra Skagerrak.

Makrellen som ble fanget vest av Skottland i mars og april var den eneste fisken som ble fanget på denne tiden av året. Den var relativt stor og gammel, men hadde lavt fettinnhold, noe som nok skyldes liten mattilgang gjennom vinteren og omdisponering av fett til modning av gonader. Fisken prøvetatt i april i dette området hadde betydelig lavere fettinnhold (3,3 g/100 g) enn den som ble prøvetatt i mars (10 g/100 g). Makrellen som ble prøvetatt i april hadde trolig gytt slik at fettinnholdet var på et minimum.

Innhold av metaller

Konsentrasjonene av de ulike metallene som ble bestemt i filetprøver av 845 makrell er oppsummert i tabell 5. EU har satt øvre grenseverdier for kadmium, kvikksølv og bly, og bare disse og arsen er kommentert.

Kadmium

Konsentrasjonen av kadmium i filet av makrell varierte fra <0,004 til 0,16 mg/kg vv, med et gjennomsnitt på 0,016 mg/kg vv (tabell 5). Filet fra tre enkeltfisk hadde konsentrasjoner av kadmium som var høyere enn 0,1 mg/kg vv, som er EUs øvre grenseverdi for kadmium i visse fiskeslag, deriblant makrell (EU, 2006). Alle de tre prøvene med konsentrasjoner over 0,1 mg/kg vv ble fanget vest av Skottland i april.

Posisjonen vest av Skottland der det ble fanget makrell i april var også den posisjonen der vi fant høyest gjennomsnittlig kadmiumkonsentrasjon i makrellfilet. Gjennomsnittskonsentrasjonen her var 0,055 mg/kg vv, som er noe høyere enn 0,05 mg/kg vv, som er EUs øvre grenseverdi for kadmium i de fleste fiskearter, og hvor makrell er et av unntakene. Konsentrasjonen ved denne ene posisjonen var relativt høy sammenlignet med de øvrige posisjonene, da den nest høyeste gjennomsnittskonsentrasjonen av kadmium ved en enkelt posisjon var 0,030 mg/kg vv, ved en av posisjonene i Norskehavet (september). Posisjonen med den høyeste kadmiumkonsentrasjonen var den samme hvor fettinnholdet var det laveste, bare 3,3 g/100 g, og er trolig forbundet med at makrellen nylig hadde gytt. Konsentrasjonen av kadmium var mye lavere i en prøve som ble tatt i samme område bare noen uker tidligere, i mars. I denne prøven var også fettinnholdet mye høyere, med et snitt på 10 g/100 g. De relativt høye kadmiumkonsentrasjonene ved kun en enkel posisjon ble bekreftet ved å opparbeide og analysere prøvene fra denne posisjonen på nytt, med nesten nøyaktig samme resultat.

Tabell 5. Konsentrasjoner av de ulike grunnstoffene (mg/kg vv) bestemt i filetprøver av makrell i basisundersøkelsen. Antall fisk med konsentrasjoner over EUs øvre grenseverdi er oppgitt der det finnes grenseverdier.

Konsentrasjon (mg/kg vv)							
N = 845	Snitt*	SD	Min	Maks	Ant. < LOQ	EUs øvre grenseverdi	Ant > EU-grense
As	2,39	0,77	0,51	6,9			
Cd	0,016	0,014	<0,004	0,16	11	0,1	3
Hg	0,04	0,02	<0,01	0,36	20	0,5	0
Pb			<0,02	4,0	808	0,3	3
Ag			<0,004	2,6	750		
Ba			<0,05	0,29	708		
Co			<0,008	0,049	478		
Cu	0,86	0,18	0,45	3,0			
Fe	10,1	3,3	5,4	52			
Mn	0,12	0,04	0,07	0,91			
Mo	0,08	0,57	0,004	10			
Se	0,57	0,12	0,31	2,2			
Sn			<0,02	9,9	816		
Sr	1,1	1,2	0,13	12			
V			<0,004	0,17	249		
Zn	6,9	2,7	3,4	52			

*Gjennomsnitt er beregnet på grunnlag av "upper bound" LOQ (Verdier < LOQ er satt lik LOQ)

En sammenligning av kadmiumkonsentrasjon i filetprøver av makrell fanget i Nordsjøen i juni, august, september, oktober og november, viser at kadmiumkonsentrasjonen avtok fra juni til oktober, for så å øke igjen til november. Det så altså ut til å være avtakende kadmiumkonsentrasjon utover sommeren og høsten, kanskje på grunn av økende kondisjon i løpet av beitesesongen. Det var imidlertid ikke en negativ sammenheng mellom kadmium og kondisjon eller fettinnhold som enkelt kan forklare dette mønsteret.

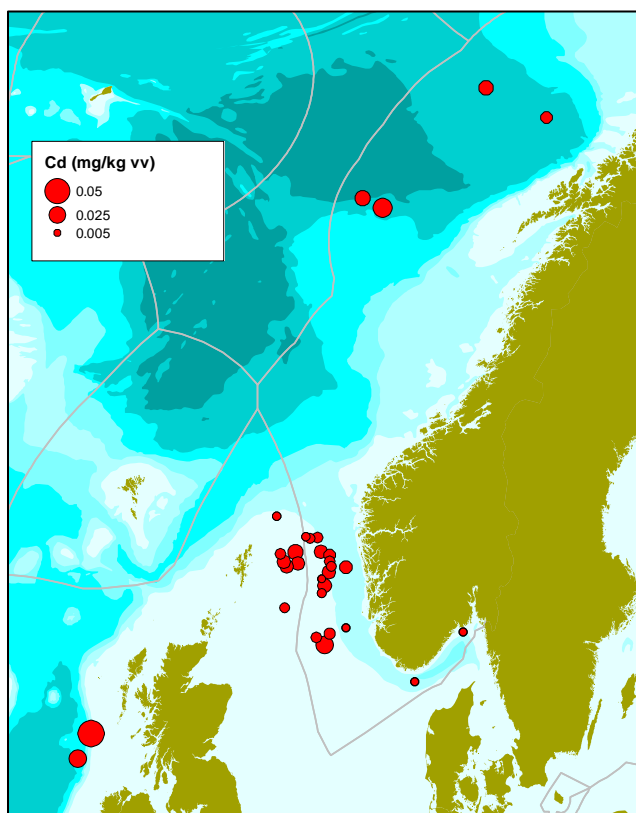
Samtidig som man kunne ønske seg flere prøver fra området vest av Skottland i april eller mai, så er det slik at norsk makrellfiske kun foregår om høsten, og med hensyn til mattrygghet er det den fisken som fiskes om høsten som er av størst interesse. Det lave fettinnholdet i prøvene tatt om våren tyder også på at makrellen fanget på denne tiden er av relativt dårlig kvalitet som mat. Så selv om kadmiumkonsentrasjonen var generelt høy ved denne ene posisjonen, er det lite sannsynlig at det vil være slike konsentrasjoner av kadmium i norske fangster av makrell, ettersom den høye kadmiumkonsentrasjonen helt klart ser ut til å være knyttet til årstid.

Når vi sammenligner kadmiumkonsentrasjonen i makrell fanget i Nordsjøen, Norskehavet og Skagerrak i september (den eneste måneden med prøver fra ulike havområder), var det høyere gjennomsnittskonsentrasjon av kadmium i makrell fra Norskehavet enn de to andre områdene, og lavest gjennomsnittskonsentrasjon av kadmium i makrell fra Skagerrak. Dette kan i det minste delvis

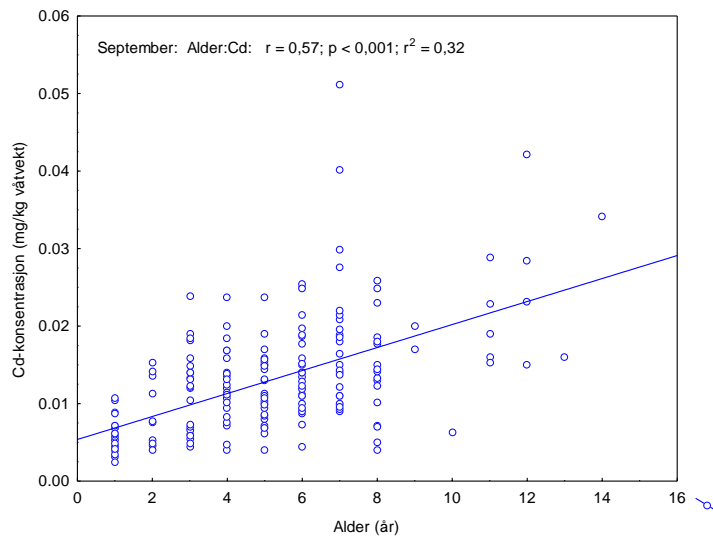
Tabell 6. Konsentrasjoner av arsen, kadmium, kvikksølv og bly (mg/kg vv) bestemt i filetprøver av makrell for basisundersøkelsen, fordelt på havområde og måned. Antall prøver, gjennomsnitt, minste og største verdi er gitt for hvert havområde og måned.

Område	Mnd	N	As		Cd		Hg		Pb
			snitt	Min-maks	snitt	Min-maks	snitt	Min-maks	Min-maks
Nordsjøen	6	50	1,8	0,51-3,6	0,021	0,009-0,041	0,023	0,01-0,04	<0,01-0,020
	8	24	3,3	1,8-4,2	0,014	0,008-0,027	0,023	<0,01-0,04	<0,01
	9	75	3,3	1,9-5,9	0,013	0,005-0,025	0,036	0,02-0,07	<0,01-0,034
	10	274	2,1	0,58-3,8	0,010	<0,004-0,076	0,028	<0,01-0,07	<0,01-1,2
	11	150	2,7	1,2-4,0	0,014	0,006-0,040	0,042	0,02-0,12	<0,01-4,0
Norskehavet	9	78	2,3	1,0-3,8	0,019	0,009-0,12	0,047	0,02-0,33	<0,01-0,10
Skagerrak	9	60	2,5	1,4-4,5	0,006	<0,004-0,020	0,056	0,01-0,36	<0,01-0,052
Vest av	3	99	2,3	1,2-4,6	0,027	0,011-0,063	0,053	0,03-0,10	<0,01-0,058
Skottland	4	35	2,0	0,87-6,9	0,055	0,021-0,16	0,064	0,03-0,10	<0,01-0,011

ha sammenheng med alder og størrelse, da makrellen fanget i Norskehavet var eldst, og den fanget i Skagerrak var yngst. Det var en signifikant positiv korrelasjon mellom alder og kadmiumkonsentrasjon for fisk fanget i de tre havområdene i september (figur 4). Den positive sammenhengen mellom kadmiumkonsentrasjon og alder skyldes mest sannsynlig kadmiums bioakkumulerende egenskaper.



Figur 3. Gjennomsnittlig konsentrasjon av kadmium (mg/kg vv) i filet av 845 makrell prøvetatt ved 31 ulike posisjoner i Nordsjøen, Norskehavet, Skagerrak og vest av Skottland.



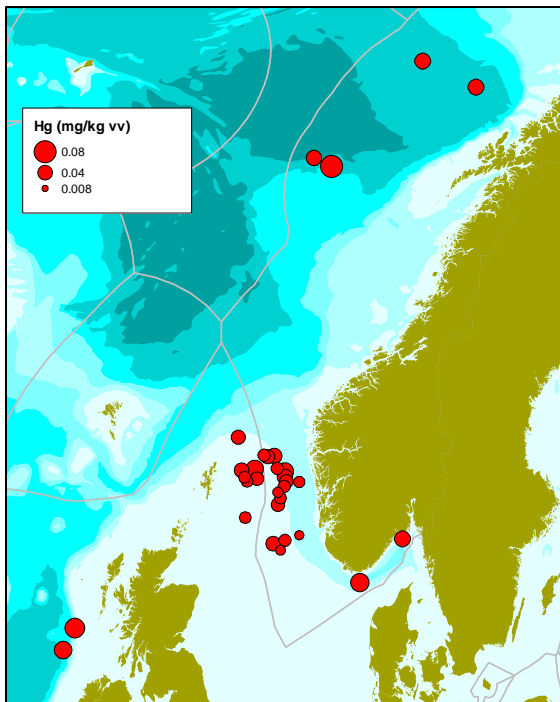
Figur 4 Spredningsplott som viser kadmiumkonsentrasjon i makrellfilet korrelert mot fiskens alder, for makrell fisket i september i havområdene Nordsjøen, Norskehavet og Skagerrak.

Kvikksølv

Konsentrasjonen av kvikksølv i filet av de 845 makrellene som ble analysert varierte fra $<0,01$ til $0,36$ mg/kg vv (Tabell 5). Verdiene var under LOQ for 20 av prøvene. Det var ingen makrellprøver som hadde konsentrasjon av kvikksølv over $0,5$ mg/kg vv, som er EUs øvre grenseverdi for kvikksølv i fisk til humant konsum, inkludert makrell (EU, 2006).

Gjennomsnittskonsentrasjon av kvikksølv ved de ulike posisjonene varierte fra $0,02$ til $0,08$ mg/kg vv. Posisjonen med den høyeste snittkonsentrasjonen var en av posisjonene i Norskehavet prøvetatt i september. Her ble det imidlertid kun analysert syv prøver (resten ble ødelagt på grunn av frysetørking og karamellisering). Nest høyest gjennomsnittskonsentrasjon var $0,06$ mg/kg vv, målt i makrell prøvetatt vest av Skottland i april, det vil si samme posisjon hvor kadmiumkonsentrasjonen var høyest.

De høyeste gjennomsnittskonsentrasjonene av kvikksølv målt i makrellfilet i denne basisundersøkelsen var noe høyere enn det som tidligere har vært funnet i makrell i forbindelse med Sjømatdata (www.nifes.no/sjomatdata). Der har gjennomsnittskonsentrasjonene variert mellom $0,01$ og $0,04$ mg/kg vv. Det er imidlertid ikke uventet å få et større spenn av resultater når det blir analysert på et så stort materiale. Kvikksølvnivået var ellers på samme nivå som det som ble funnet i en annen fet fisk, NVG-sild, under basisundersøkelsen for denne (Frantzen m. fl., 2009).



Figur 5. Gjennomsnittlig konsentrasjon av kvikksølv (mg/kg vv) i filet av 845 makrell prøvetatt ved 31 ulike posisjoner i Nordsjøen, Norskehavet, Skagerrak og vest av Skottland.

Bly

Av totalt 845 prøver av makrell som ble analysert for metaller i filet hadde 808 konsentrasjoner som lå under LOQ (tabell 5). LOQ for bly er beregnet til 0,01 mg/kg vv, mens EUs øvre grenseverdi er på 0,3 mg/kg vv. De aller fleste prøvene hadde dermed svært lave konsentrasjoner av bly sammenlignet med grenseverdien.

I tabell 5 er det vist at tre prøver hadde konsentrasjoner over EUs øvre grenseverdi, og at den høyeste konsentrasjonen var på hele 4,0 mg/kg vv, mens de to øvrige som var over grenseverdien var på 1,1 og 1,2 mg/kg vv. Dette er svært høye verdier, og gitt de lave blykonsentrasjonene målt i de andre prøvene antas dette å være feil. De to prøvene med konsentrasjoner på 1,1 og 1,2 mg/kg vv er fra samme posisjon, og prøvematerialet er blant det som ble prøvetatt høsten 2007 og som ble ødelagt ved karamellisering etter analyse. Det er derfor ikke mulig å gjøre en reanalyse. Det kan vurderes å analysere prøven med blykonsentrasjon på 4,0 mg/kg vv på nytt.

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 makrellprøvene som har vært analysert vist konsentrasjoner av bly under LOQ.

Arsen

Konsentrasjonene av totalarsen i makrellprøvene som ble analysert varierte fra 0,51 til 6,9 mg/kg vv, med et gjennomsnitt på 2,4 mg/kg vv. Gjennomsnitt for de ulike posisjonene varierte fra 1,3 til 3,7 mg/kg vv. Nivåene som vi fant i denne basisundersøkelsen var i samme område som tidligere har vært funnet i makrell og rapportert i Sjømatdata (www.nifes.no/sjomatdata), der gjennomsnittskonsentrasjoner har variert fra 2,0 til 4,0 mg/kg vv, og enkeltverdier har variert fra 1,4 til 6,1 mg/kg vv. Arsenkonsentrasjonen funnet i filet av makrell i denne undersøkelsen var svært likt NVG-sild, der gjennomsnittskonsentrasjon funnet i basisundersøkelsen var 2,2 mg/kg vv (Frantzen m. fl., 2009).

Det er ikke satt noen grenseverdi for arsen i fisk til humant konsum, men det er viktig å dokumentere nivåene fordi den uorganiske formen av arsen er svært giftig. Det er vanligvis den ikke-giftige organiske formen arsenobetain vi finner i fisk. For å dokumentere dette bedre har det i 2010 vært gjennomført et prosjekt for Mattilsynet med analyse for blant annet uorganisk arsen i mange fiskeprøver, inkludert 200 av makrellprøvene fra denne undersøkelsen. Her rapporteres imidlertid kun resultater for totalarsen.

Innhold av organiske fremmedstoffer

Av de organiske fremmedstoffene ble det analysert for dioksiner og dioksinlignende PCB, PCB₇ og summen av syv kongener av PBDE, sum 7 PBDE. Disse er alle fettløselige forbindelser. Antall prøver, gjennomsnitt samt minste og største verdi for summene av de ulike stoffgruppene er vist i tabell 7. EU har fastsatt grenseverdier i forhold til mattrygghet for summen av dioksiner og furaner (sum PCDD/F) og summen av dioksiner og dioksinlignende PCB (sum PCDD/F+dl-PCB). Grenseverdien for sum PCDD/F i fiskemuskel til humant konsum er satt til 4 ng TE/kg vv, mens grenseverdien for sum PCDD/F+dl-PCB er satt til 8 ng TE/kg vv. EU har ikke satt grenseverdier for sum PCB₇ og sum 7 PBDE.

Dioksiner og dioksinlignende PCB

Konsentrasjonen av sum PCDD/F i 787 analyserte prøver av makrellfilet varierte fra 0,062 til 3,6 ng TE/kg vv, med et gjennomsnitt på 0,41 ng TE/kg vv. Ingen av makrellprøvene hadde konsentrasjon av sum PCDD/F over EUs øvre grenseverdi på 4 ng TE/kg vv, selv om den høyeste verdien var like under. 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. Én enkelt fisk hadde konsentrasjon av sum PCDD/F+dl-PCB i filet over 8 ng TE/kg vv. Gjennomsnittskonsentrasjon av sum PCDD/F og sum PCDD/F+dl-PCB for enkeltposisjoner

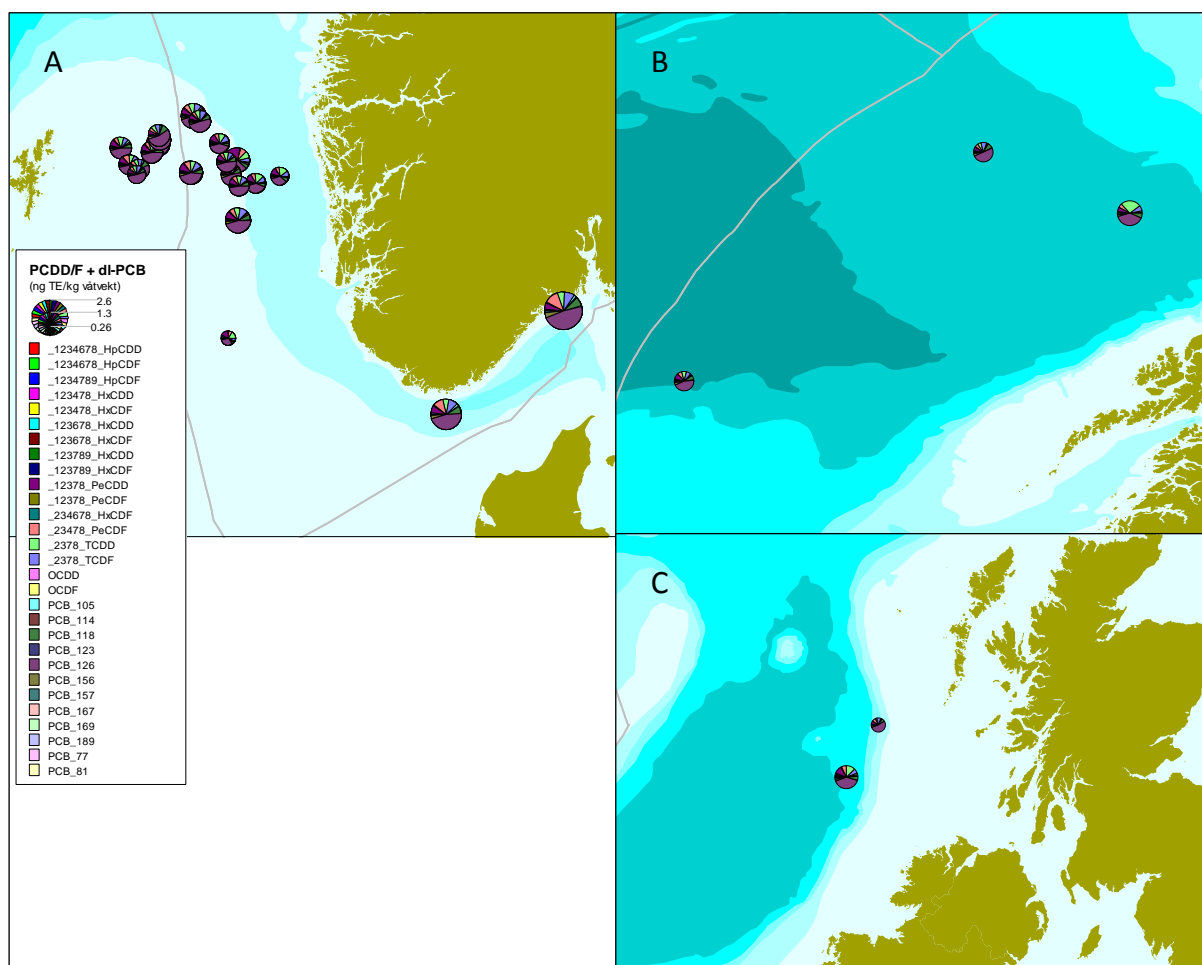
Tabell 7. Oppsummering av resultater for sum dioksiner (PCDD), furaner (PCDF), mono-orto PCB, non-orto PCB, samt summen av dioksiner og furaner (PCDD/F) og summen av PCDD/F og dioksinlignende PCB (PCDD/F+dlPCB). Alle resultater er gitt i ng WHO-1998-TE/kg vv. Gjennomsnitt, standardavvik (SD), minste og største verdi er gitt, og antall prøver over EUs øvre grenseverdier er gitt.

Konsentrasjoner i ng TE/kg vv* N = 787	Snitt	SD	Min	Maks	EUs øvre grenseverdi	Ant. > EU-grense
Sum mono-orto PCB	0.16	0.12	0.018	1.8		
Sum non-orto PCB	0.45	0.37	0.031	6.2		
Sum PCDD	0.21	0.15	0.0050	2.1		
Sum PCDF	0.19	0.16	0.025	2.7		
Sum PCDD/F	0.41	0.27	0.062	3.6	4	0
Sum PCDD/F+dl-PCB	1.0	0.7	0.14	12	8	1

*Sommer beregnet ved "upperbound" LOQ

varierte fra henholdsvis 0,15 og 0,48 ng TE/kg vv til 0,91 og 2,6 ng TE/kg vv.

Gjennomsnittskonsentrasjonene var i hovedsak i samme området som det vi har målt i forbindelse med Sjømatdata (www.nifes.no/sjomatdata), med unntak av de to posisjonene som hadde de høyeste konsentrasjonene.



Figur 6. Kart som viser gjennomsnittskonsentrasjoner av dioksiner, furaner og dioksinlignende PCB (ng TE/kg vv) ved hver posisjon. Størrelsen på kakestykkene med ulik farge angir hvor stor andel av summen de ulike kongenerne utgjør. A) Nordsjøen og Skagerrak, B) Norskehavet, C) Atlanterhavet vest av Skottland.

Den fisken som hadde konsentrasjon av sum PCDD/F+dl-PCB over 8 ng TE/kg vv ble prøvetatt ved den østligste av de to posisjonene i Skagerrak, og her var det også høyest gjennomsnittlig konsentrasjon av sum PCDD/F+dl-PCB, med 2,6 ng TE/kg vv (figur 6). Denne lokaliteten lå like utenfor utløpet av Grenlandsfjordene, som er kjent for å være forurenset av dioksiner. Konsentrasjon av sum PCDD/F+dl-PCB målt i samleprøver av makrell fra Grenlandsfjordområdet i juli 2008 varierte fra 1,1 til 1,5 ng TE/kg vv (Julshamn og Frantzen, 2009). Vi kan likevel ikke ut fra disse dataene automatisk konkludere med at denne makrellen har blitt kontaminert av forurensning fra Grenlandsfjorden. Makrellen vandrer mye, og vil få i seg forurensning fra de ulike områdene den har vært i. Et annet og langt større område som er kjent for å være forurenset av dioksiner og PCB er Østersjøen, og vann fra Østersjøen strømmer langs Skagerrakkysten av Norge før det fortsetter vestover og nordover langs Norskekysten.

Når vi sammenligner de ulike havområdene der det ble tatt prøver i september ser vi at gjennomsnittskonsentrasjonen av sum PCDD/F+dl-PCB var høyest i Skagerrak (1,9 ng TE/kg vv) og lavest i Nordsjøen (0,88 ng TE/kg vv), mens makrell fra Norskehavet hadde litt høyere nivå enn de fra Nordsjøen (1,0 ng TE/kg vv; tabell 8). Det at makrell fra Norskehavet hadde høyere konsentrasjon av dioksiner og dioksinlignende PCB enn de fra Nordsjøen kan trolig forklares med at makrellen fanget i Norskehavet var i gjennomsnitt eldre enn den fra Nordsjøen (tabell 4). Fisken fra Skagerrak var imidlertid yngre enn både den fra Nordsjøen og den fra Skagerrak, så det relativt høye nivået i Skagerrak kan ikke forklares ut fra alder.

En sammenligning av makrell fanget til ulike tider av året (juni til november) i samme område (Nordsjøen) viser at konsentrasjonen av sum PCDD/F+dl-PCB økte gradvis fra juni, med gjennomsnittskonsentrasjon på 0,69 ng TE/kg vv, til oktober, da gjennomsnittskonsentrasjonen var 0,98 ng TE/kg vv (tabell 8). Dette skyldes trolig stort fødeinntak i løpet av sommeren og høsten som fører til akkumulering av både fett og fettløselige organiske miljøgifter.

Tabell 8. Resultater for sum dioksiner (PCDD/F) og sum dioksiner og dioksinlignende PCB (PCDD/F+dlPCB) (ng WHO-1998-TE/kg vv) i makrell prøvetatt i ulike havområder og i ulike måneder av året. Antall prøver som er analysert, gjennomsnitt, minste og største verdi er vist for hvert havområde og måned.

Havområde	Mnd nr.	N	Sum PCDD/F (ng TE/kg vv)*			Sum PCDD/F+dlPCB (ng TE/kg vv)*		
			Snitt	Min	Maks	Snitt	Min	Maks
Nordsjøen	6	50	0.33	0.19	1.3	0.69	0.25	2.4
	8	25	0.37	0.23	0.85	0.76	0.45	1.4
	9	50	0.37	0.23	0.52	0.88	0.50	1.7
	10	250	0.39	0.16	3.5	0.98	0.40	4.1
	11	148	0.36	0.13	1.9	0.99	0.44	4.1
Norskehavet	9	72	0.41	0.15	1.4	1.0	0.42	2,8
Skagerrak	9	59	0.71	0.15	3.6	1.9	0.39	12
Vest av Skottland	3	98	0.49	0.20	1.9	1.1	0.49	3.5
	4	35	0.15	0.062	0.38	0.49	0.14	2.1

*Summer beregnet ved ”upperbound” LOQ

En av de laveste gjennomsnittskonsentrasjonene av sum PCDD/F+dl-PCB ved en posisjon ble målt i makrell fanget vest av Skottland i april (0,49 ng TE/kg vv; tabell 8). Noen uker tidligere på året, i mars, var gjennomsnittskonsentrasjonen ved den forholdsvis nærliggende posisjonen mer enn dobbelt så høy. Fisken prøvetatt i april hadde svært lavt fettinnhold og antas å ha gytt, mens den fra mars trolig ikke hadde gytt ennå. Under basisundersøkelsen for NVG-sild lærte vi at konsentrasjonen av fettløselige organiske fremmedstoffer avtar fra før til etter gyting, noe som trolig skyldes at noe av miljøgiftene går over i rogn og melke sammen med fettene like før gyting (Frantzen m. fl., 2009). Disse resultatene tyder på at det samme er tilfelle for makrell.

Generelt sett var det dioksinlignende PCB som utgjorde størstedelen av sum PCDD/F+dl-PCB, og den definitivt mest dominerende kongeneren av dl-PCB og den som bidro mest til den totale summen av dioksiner og dl-PCB var PCB-126 (figur 6). De mest dominerende kongenerne av dioksiner og furaner var 2,3,4,7,8-PeCDF; 2,3,7,8-TCDF; 2,3,7,8-TCDD og 1,2,3,7,8-PeCDD (figur 6),

PCB₇

Konsentrasjonen av sum PCB₇ i totalt 786 analyserte prøver av makrellfilet varierte fra 0,60 til 85 µg/kg vv, med et gjennomsnitt på 6,8 µg/kg vv (tabell 9). På individbasis varierte altså nivået med mer enn to tierpotenser. Konsentrasjonene av PCB₇ varierte mellom områder og mellom lokaliteter til dels på samme måte som dioksiner og dioksinlignende PCB (figur 5), med de klart høyeste konsentrasjonene ved de to posisjonene i Skagerrak, der gjennomsnittskonsentrasjonene av sum PCB₇ var på henholdsvis 13 og 22 µg/kg vv. Ved de øvrige posisjonene varierte gjennomsnittlig sum PCB₇ mellom 2,3 og 10 µg/kg vv. Med unntak av de to Skagerrakposisjonene var gjennomsnittskonsentrasjonene på omtrent samme nivå som det som har blitt registrert i makrell ved tidligere overvåkning, der gjennomsnittskonsentrasjoner ved ulike stasjoner i perioden fra 1994 til 2006 har variert fra 4,4 til 10 µg/kg vv (www.nifes.no/sjomatdata). Nivået var også i samme område eller litt høyere enn det vi fant i sild under basisundersøkelsen for NVG-sild, der gjennomsnittskonsentrasjonene for posisjonene varierte fra 2,6 til 8,6 µg/kg vv (Frantzen m. fl., 2009).

En sammenligning av PCB₇-konsentrasjonene i makrell fra de ulike havområdene der det ble tatt prøver på samme tid av året (september), viser at det var høyest gjennomsnittlig sum PCB₇-konsentrasjon i makrell fanget i Skagerrak med 14 µg/kg vv og lavest i makrell fanget i Nordsjøen med 5,3 µg/kg vv. Makrell fanget i Norskehavet hadde middels gjennomsnittlig sum PCB₇-konsentrasjon, med 8,4 µg/kg (tabell 10). Dette er det samme mønsteret som vi så for dioksiner og dioksinlignende PCB i makrell i denne undersøkelsen, og kan forklares på samme måte. Makrellen fanget i Norskehavet var større og eldre enn den som ble fanget i Nordsjøen, og det kan trolig forklare det noe høyere innholdet av sum PCB₇ der. Makrellen fanget i Skagerrak var derimot spesielt ung, og der skyldes de forhøyede nivåene av PCB₇ trolig forurensning, enten fra forurensningskilder fra

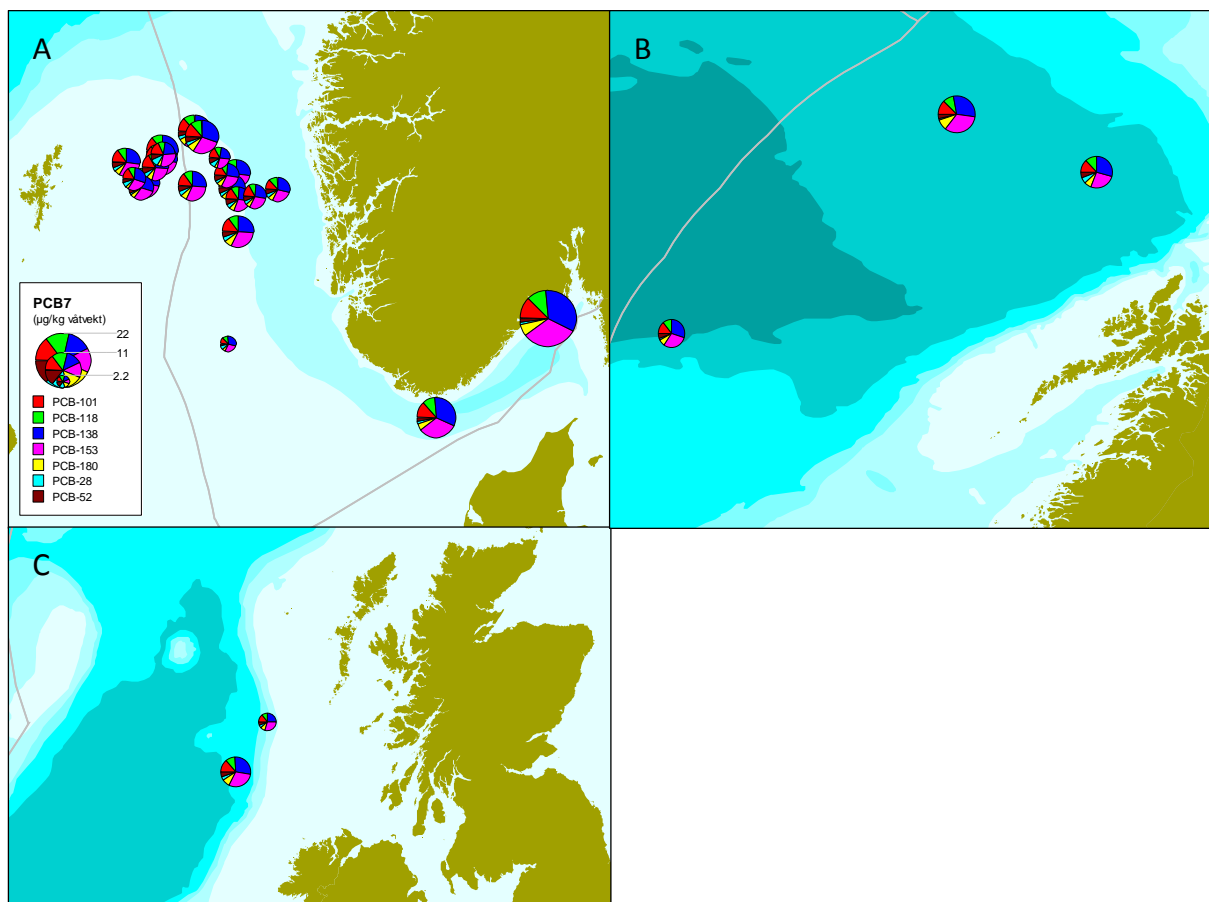
Tabell 9. Oppsummering av resultater for sum PCB₇ (µg/kg vv) i alle 788 makrellprøver som er analysert for dette. Gjennomsnitt, standardavvik (SD), minste og største verdi er gitt for enkeltkongener og summen av dem (PCB₇).

Konsentrasjon (µg/kg vv) N = 786	Snitt	SD	Min	Maks
PCB 28	0,27	0,13	<0,05	0,91
PCB 52	0,41	0,20	<0,05	2,2
PCB 101	1,0	0,8	0,060	12
PCB 118	0,76	0,65	0,070	9,0
PCB 138	2,0	2,0	0,16	28
PCB 153	2,1	2,1	0,13	28
PCB 180	0,49	0,49	<0,05	5,9
Sum PCB₇ *	6,8	6,1	0,60	85

*Summen er beregnet på grunnlag av "lower bound" LOQ.

tettbygde områder av Norskekysten (for eksempel Grenlandsfjordene eller Oslofjorden) eller fra Østersjøen.

En sammenligning av makrellprøver tatt ved ulike tider på året (fra juni til november) i Nordsjøen, viser at konsentrasjonene økte fra et snitt på 3,3 µg/kg vv i juni til et snitt på 6,7 µg/kg vv i november (tabell 10). Tilsvarende som for dioksiner og dioksinlignende PCB var det også vest for Skottland, der



Figur 7. Kart som viser gjennomsnittskonsentrasjoner av PCB₇ (µg/kg vv) ved hver posisjon. Størrelsen på kakestykkene med ulik farge angir hvor stor andel av summen de ulike kongenerne utgjør. A) Nordsjøen og Skagerrak, B) Norskehavet, C) Atlanterhavet vest av Skottland.

Tabell 10. Konsentrasjoner av sum PCB₇ og sum 7 PBDE (µg/kg vv) i de ulike havområdene og i ulike måneder av året. Antall prøver analysert, gjennomsnitt, minste og største verdi er gitt for hvert havområde og måned.

Havområde	Mnd nr.	Sum PCB ₇ (µg/kg vv) *				Sum 7 PBDE (µg/kg vv) *			
		N	Snitt	Min	Maks	N	Snitt	Min	Maks
Nordsjøen	6	49	3.3	0.60	11	48	0.69	0.024	2.6
	8	24	4.8	2.7	9.8	24	0.58	0.19	1.4
	9	50	5.3	2.2	15	49	0.85	0.29	3.6
	10	249	6.3	1.5	25	273	0.82	0.10	4.2
	11	149	6.7	0.90	44	148	1.0	0.17	14
Norskehavet	9	72	8,4	2.3	46	72	0.65	0.17	1.6
Skagerrak	9	59	14	3.9	85	60	1.1	0.23	5.7
Vest av	3	99	7.2	2.1	25	99	0.92	0.16	6.9
Skottland	4	35	3.0	0.70	12	35	1.4	0.10	4.6

*Sum beregnet på grunnlag av "lower bound" LOQ

det var dobbelt så høy snittkonsentrasjon av PCB₇ i makrellen prøvetatt i mars (7,2 µg/kg vv) som i den prøvetatt i april (3.0 µg/kg vv).

Polybromerte difenyletere (PBDE)

Konsentrasjonen av sum 7 PBDE i filet av 807 makrell analysert for dette varierte fra 0,024 til 14 µg/kg vv, med et totalgjennomsnitt på 0,88 µg/kg vv (tabell 11). Gjennomsnittskonsentrasjonene for enkeltposisjoner varierte fra 0,36 til 1,6 µg/kg vv (figur 6), og dette er i samme område som det vi har funnet i tidligere overvåkning av PBDE i makrell fra 2003 til 2006 med gjennomsnittskonsentrasjoner av sum 7 PBDE mellom 0,9 og 1,5 µg/kg vv (www.nifes.no/sjømatdata).

Gjennomsnittskonsentrasjonen i makrellfilet på 0,88 µg/kg våtvekt er noe høyere enn det som ble funnet for NVG-sild i basisundersøkelsen for denne, der gjennomsnittskonsentrasjonen av sum 7 PBDE var på 0,47 µg/kg vv. I tidligere overvåkning av sild i perioden 2003-2006 har det blitt funnet snittkonsentrasjoner mellom 1,1 og 2,4 µg/kg vv i NVG-sild og mellom 1,6 og 2,8 µg/kg vv i Nordsjøisild (www.nifes.no/sjømatdata).

Sum 7 PBDE i makrell varierte ikke på samme måte mellom posisjonene som sum dioksiner og dioksinlignende PCB og PCB₇. Posisjonen med den høyeste gjennomsnittskonsentrasjonen av sum 7 PBDE (1,6 µg/kg vv) var en av seks posisjoner i Nordsjøen som ble prøvetatt i november, mens det nest høyeste gjennomsnittet var ved en posisjon vest av Skottland prøvetatt i april (1,4 µg/kg vv).

Sammenligner vi de ulike havområdene prøvetatt i september, var det høyest gjennomsnittskonsentrasjon i makrell prøvetatt i Skagerrak med 1,1 µg/kg vv, nest høyest i Nordsjøen med 0,85 µg/kg vv og lavest i Norskehavet med 0,65 µg/kg vv (tabell 10). Det var altså noe lavere konsentrasjon i Norskehavet enn i Nordsjøen mens det var motsatt for både

Tabell 11. Oppsummering av resultater for PBDE i alle 807 makrellprøver som er analysert for dette. Gjennomsnitt, standardavvik (SD), minste og største verdi er gitt for ti enkeltkongener og summen av de syv øverste (sum 7 PBDE).

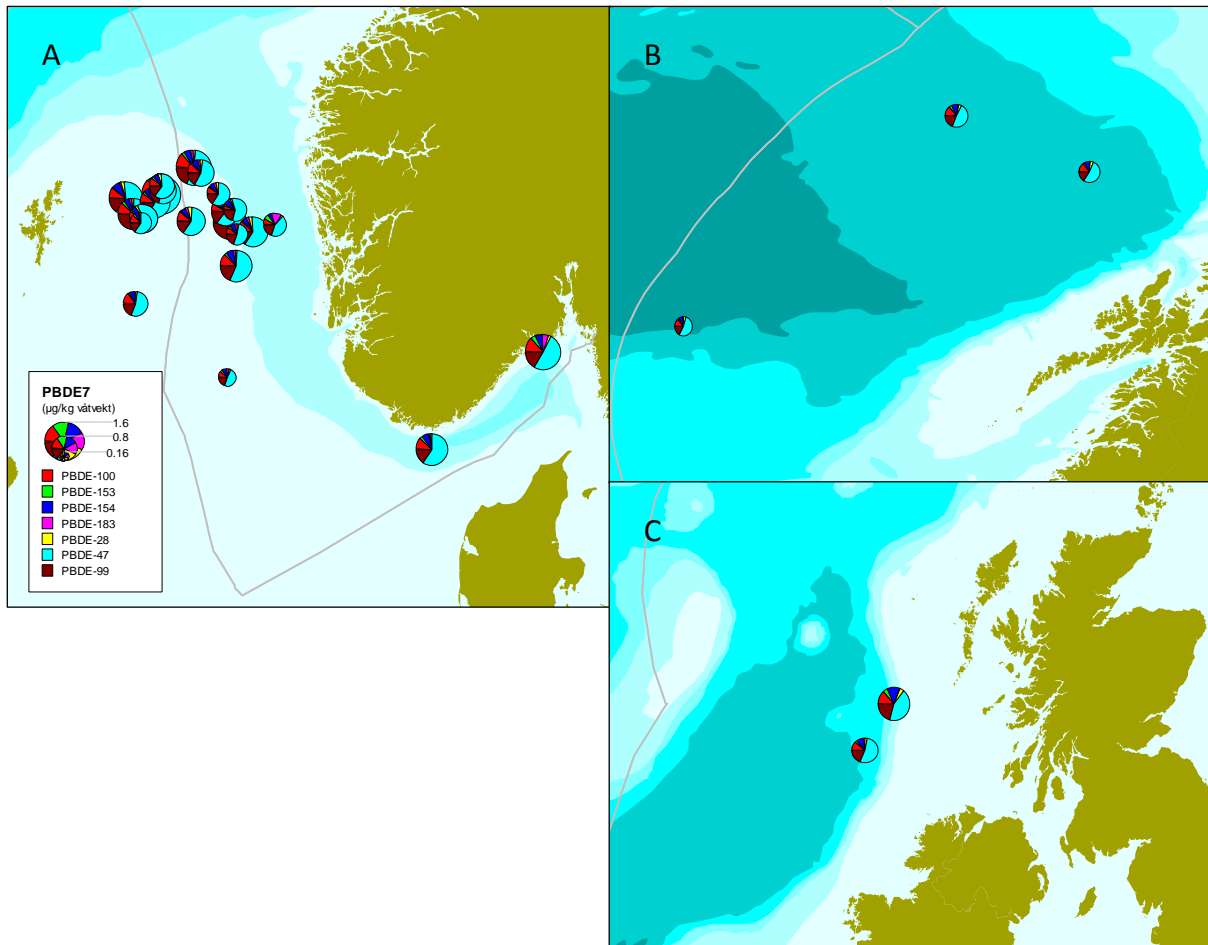
Konsentrasjon (µg/kg vv)					
N = 807	Snitt	SD	Min	Maks	Ant. < LOQ
PBDE-28	0,030	0,030	0,001	0,46	65
PBDE-47	0,49	0,50	<0,02	7,2	0
PBDE-99	0,16	0,20	<0,02	3,5	6
PBDE-100	0,11	0,14	<0,009	1,7	13
PBDE-153	0,024	0,026	<0,005	0,36	109
PBDE-154	0,063	0,066	<0,006	0,81	12
PBDE-183	0,020	0,028	<0,006	0,56	686
Sum 7 PBDE*	0,88	0,92	0,024	14	
PBDE-66	0,055	0,075	<0,004	1,3	38
PBDE-119	0,009	0,003	<0,01	0,030	727
PBDE-138			<0,006	<0,03	808

*Beregnet med "lower bound" LOQ

sum dioksiner og dioksinlignende PCB og sum PCB₇. sum 7 PBDE-nivået i miljøet ser ut til å være høyere jo nærmere man kommer utslippskildene (de Wit, 2002), og det kan i dette området bety jo nærmere man kommer de tettbygde områdene på det europeiske kontinentet. Samleprøver av makrell prøvetatt i Grenlandsfjordområdet i juli 2008 viste konsentrasjoner av sum 7 PBDE mellom 0,64 og 1,3 µg/kg vv; delvis på nivå med det vi fant i Skagerrak i denne undersøkelsen (Julshamn og Frantzen, 2009).

Hvis vi sammenligner prøver samlet inn på ulike tider av året i samme område, det vil si Nordsjøen (tabell 10), ser vi at nivået gikk litt opp og ned fra måned til måned, men totalt sett ser det ut at sum 7 PBDE viste en økende trend fra juni til november. Vest av Skottland var gjennomsnittskonsentrasjonen høyere i fisken tatt i april enn den som ble tatt i mars, motsatt av det som var tilfellet for dioksiner og PCB. Det tyder på at konsentrasjonene er bestemt av andre faktorer enn de rent fysiologiske, som så ut til å styre konsentrasjonene av dioksiner og PCB. Hos NVG-sild var det de samme fysiologiske faktorene som så ut til å regulere konsentrasjonene av både dioksiner, PCBer og PBDEer, og disse varierte på samme måte gjennom året (Frantzen m. fl., 2009).

Av de analyserte PBDE-kongenerne var det PBDE-47 som var klart mest dominerende i makrell fra alle områdene, med rundt 50 % av sum 7 PBDE. Etter den var det PBDE-99, PBDE-100 og PBDE-154 som det var mest av (figur 8).



Figur 8. Kart som viser gjennomsnittskonsentrasjoner av sum 7 PBDE ($\mu\text{g}/\text{kg}$ vv) ved hver posisjon. Størrelsen på kakestykkene med ulik farge angir hvor stor andel av summen de ulike kongenerne utgjør. A) Nordsjøen og Skagerrak, B) Norskehavet, C) Atlanterhavet vest av Skottland.

Konklusjoner

Nivået av fremmedstoffer i nordøstatlantisk makrell var generelt lavt, og på samme nivå som det som tidligere har vært observert i makrell, samt det som har vært målt i Norsk Vårgytende Sild.

Konsentrasjonene av kadmium var likevel relativt høye ved en enkel posisjon. Dette var makrell med svært lavt fettinnhold, prøvetatt vest av Skottland i april, som sannsynligvis nettopp hadde gytt. Gjennomsnittlig konsentrasjon ved posisjonen var under EUs øvre grenseverdi på $0,1 \text{ mg}/\text{kg}$ vv, og det var kun 3 av 25 fisk fanget ved posisjonen som hadde konsentrasjoner over denne verdien. Selv om nivået av kadmium var relativt høyt ved denne ene posisjonen, har det trolig liten betydning for mattrygghet, da det norske fisket i all hovedsak foregår om høsten.

Nivået av dioksiner og dioksinlignende PCB og PCB₇ var forholdsvis høyt i filet av makrell prøvetatt i Skagerrak, sammenlignet med de andre områdene. Det var likevel kun én enkelt fisk som hadde en konsentrasjon av sum dioksiner og dioksinlignende PCB som var høyere enn EUs øvre grenseverdi på

8,0 ng TE/kg vv. Den høyeste gjennomsnittlige konsentrasjonen av 25 fisk fanget ved samme posisjon var 2,6 ng TE/kg vv, som er godt under denne grensen. PCB₇ varierte mellom områdene på akkurat samme måte som dioksiner og dioksinlignende PCB.

Sum 7 PBDE varierte mellom områdene på en annen og mindre tydelig måte enn dioksiner og dioksinlignende PCB og PCB₇.

En av hensiktene med basisundersøkelser er å danne et grunnlag for fremtidig kunnskapsbasert overvåkning av fremmedstoffer i våre viktigste fiskebestander. I utgangspunktet har vi en ”worst case”-tilnærming, men for makrell er det generelt ikke store variasjoner og siden det viktigste norske fiskeriet etter makrell foregår i Nordsjøen om høsten, bør fremtidig overvåkning også skje der. Ettersom de høyeste nivåene av organiske miljøgifter ble funnet i makrell fra Skagerrak, bør overvåkingen i fortsettelsen omfatte hyppigere overvåkning av fisk fra dette området. Det foreslås derfor at fremtidig overvåkning av fremmedstoffer i makrell gjennomføres under det norske høstfisket, med to prøver à 25 fisk hvert tredje år i Nordsjøen og tilsvarende årlig i Skagerrak. Dessuten er kunnskapsgrunnlaget for makrell som fiskes til eget bruk (fritidsfiske) nær land fremdeles for dårlig, og det foreslås at det også blir analysert noen prøver av makrell fanget i kyst- og fjordområder.

REFERANSER

de Wit, C.A. 2002. An overview of brominated flame retardants in the environment. *Chemosphere* 46, 583-624.

EFSA 2009. EFSA panel on contaminants in the food chain (CONTAM); Scientific opinion on arsenic in food. *EFSA Journal* 2009 7, 1351. 4 pp.

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.

Julshamn, K., Frantzen, S. (2009). *Årsrapport 2008. Miljøgifter i fisk og fiskevarer - en rapport om dioksiner og dioksinlignende PCB, polybromerte flammehemmere og tungmetaller i oljer, makrell, ål og Svolværpostei*. Bergen, NIFES: 26 s.

Nilsen, B.M., Frantzen, S., Nedreaas, K., Julshamn, K. (2010). *Basisundersøkelse av fremmedstoffer i blåkveite (Reinhardtius hippoglossoides)*. Bergen, NIFES: 42 s.

http://www.nifes.no/publikasjoner/rapporter/index.php?page_id=&article_id=3377&lang_id=1

Sandberg, P. (2010). *Økonomiske og biologiske nøkkeltall frå dei norske fiskeria 2009*, Fiskeridirektoratet: 42 s. <http://www.fiskeridir.no/fiskeridir/statistikk/fiskeri/noekkel tall>