



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

Rapport  
**2013**

Basisundersøkelse av fremmedstoffer i  
sei (*Pollachius virens*) fra  
Norskehavet og Barentshavet  
Sluttrapport

Bente M. Nilsen, Kåre Julshamn, Arne  
Duinker, Kjell Nedreaas<sup>1</sup> og Amund Måge

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

<sup>1</sup>Havforskningsinstituttet

04.04.2013



## INNHALDSFORTEGNELSE

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Forord</b> .....   | <b>3</b>  |
| <b>Sammendrag norsk</b> .....   | <b>4</b>  |
| <b>English summary</b> .....  | <b>6</b>  |
| <b>Innledning</b> .....   | <b>8</b>  |
| <b>Materiale og metoder</b> .....   | <b>11</b> |
| Innsamling og opparbeiding av prøver.....   | 11        |
| Analysemetoder.....   | 15        |
| Bestemmelse av metaller med ICPMS (NIFES metode nr. 197) .....  | 15        |
| Bestemmelse av totalt fettinnhold med etylacetat-metode (NIFES metode nr. 091) .....  | 15        |
| Bestemmelse av organiske fremmedstoffer: dioksiner, dioksinlignende PCB, ikke-<br>dioksinlignende PCB og PBDE ved HRGC-HRMS (NIFES metode nr. 292)..... | 16        |
| Statistisk analyse .....  | 17        |
| <b>Resultater og diskusjon</b> .....  | <b>18</b> |
| Fysiske og biologiske parametre .....   | 18        |
| Innhold av metaller.....  | 21        |
| Arsen .....   | 22        |
| Kvikksølv .....   | 24        |
| Kadmium.....  | 27        |
| Bly .....   | 29        |
| Innhold av organiske fremmedstoffer .....   | 31        |
| Dioksiner, furaner og dioksinlignende PCB.....  | 31        |
| PCB <sub>6</sub> .....  | 35        |
| PBDE <sub>7</sub> .....   | 39        |
| <b>Konklusjon</b> .....   | <b>41</b> |
| <b>Referanser</b> .....   | <b>43</b> |

## FORORD

---

Denne rapporten presenterer resultater fra den sjette basisundersøkelsen som er gjennomført på fisk fra norske fiskeriområder. Totalt 956 prøver av sei fra Norskehavet og Barentshavet er samlet inn i perioden 2010-2012 og analysert for en rekke fremmedstoffer samt fysiske og biologiske parametre. Tilsvarende basisundersøkelser er til nå gjennomført for norsk vårgytende sild, blåkveite, makrell, nordsjøsild og atlantisk torsk.

Undersøkelsen har vært ledet av NIFES og er finansiert med midler fra Fiskeri- og havbruksnæringens forskningsfond (FHF) samt en betydelig egeninnsats fra Havforskningsinstituttet (HI) og NIFES. HI ved Asbjørn Borge og Kjell Nedreaas har koordinert prøvetakingen av sei som ble utført av personell og mannskap på HIs forskningsfartøyer og innleide fiskefartøyer (Referanseflåten). Stian Kleven og Lisbet Solbakken ved HI har vært ansvarlig for aldersbestemmelse av fisken.

Opparbeiding av prøvene og de kjemiske analysene er gjennomført ved NIFES' laboratorier som er akkreditert i henhold til NS-ISO-EN 17025. Filetering, homogenisering og frysetørking av prøvene er utført ved NIFES' prøvemottak av Vidar Fauskanger, Manfred Torsvik og Kjersti Pisani under ledelse av Elin Kronstad (til mai 2011) og Anne Margrethe Aase (fra mai 2011). Fettbestemmelser ble gjennomført ved Laboratorium for næringsstoffer under ledelse av Annbjørg Bøkevoll og utførelse av Kari Pettersen, Georg Smith Olsen og Patrick-André Korneliussen. Analyser for metaller er gjennomført ved laboratorium for fremmedstoffer under ledelse av Annette Bjordal (til november 2011) og ved laboratorium for grunnstoffer under ledelse av Marita Eide Kristoffersen (fra november 2011). Metallanalysene ble utført av Berit Solli, Siri Bargård, Jorun Haugsnes, Tonja Lill Eidsvik, Laila Sedal og Edel Erdal. Analyser for organiske fremmedstoffer er gjennomført ved laboratorium for fremmedstoffer under ledelse av Annette Bjordal. Bestemmelse av organiske fremmedstoffer ble koordinert av Kjersti Kolås og utført av Dagmar Nordgård, Karstein Heggstad, Jannicke Berntsen, Tadesse Negash, Vivian Mui, Pablo Cortez, Kari Breistein Sele, Kjersti Pisani, Joseph Martin Malaiamaan, Thi Tao Nguyen, Elilta Hagos, Sissel Nygård og Per Ola Rasmussen.

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

NIFES, Bergen, 04.april 2013.

## SAMMENDRAG NORSK

---

I denne basisundersøkelsen er det foretatt en omfattende kartlegging av innholdet av viktige fremmedstoffer i bestanden av nordøstarktisk sei (*Pollachius virens*) fra norske havområder. Det er samlet inn totalt 956 sei fra 39 posisjoner fordelt over bestandens utbredelsesområde i Norskehavet og Barentshavet, både kystnært og ute i åpent hav. Fisken ble samlet inn i perioden mars 2010 til april 2012, og prøvetakingen ble fordelt over hele året med mellom 192 og 296 fisk fra hvert kvartal.

All fisken ble målt, veid, alders- og kjønnsbestemt og fettinnhold ble målt i lever. Gjennomsnittlig vekt, lengde og alder på innsamlet fisk var henholdsvis 1,8 kg, 52 cm og 5,4 år, men det var stor variasjon i alder og størrelse samt i levervekt og fettinnhold i lever mellom enkeltfisk. Seien fanget i Norskehavet var i gjennomsnitt større og eldre og hadde høyere levervekt og lavere fettinnhold i lever enn seien fanget i Barentshavet. Størrelse og alder på fisken varierte også med hvilken tid på året fisken var fanget.

Muskelprøver fra enkeltfisk ble analysert for metaller inkludert arsen, kadmium, kvikksølv og bly, mens leverprøver fra enkeltfisk ble analysert for metaller og de organiske fremmedstoffene dioksiner og dioksinlignende polyklorete bifenyler (PCB), ikke-dioksinlignende PCB (PCB<sub>6</sub>) og polybromerte difenyletere (PBDE).

Innholdet av fremmedstoffer i *muskel* fra nordøstarktisk sei var generelt lavt og lå på samme nivå som det som tidligere har vært målt i sei, samt det som har vært rapportert for NVG-sild, makrell og nordsjøsild i andre basisundersøkelser. Nivåene stemte også godt overens med rapporterte nivåer i muskel fra torsk og blåkveite for metallene bly og kadmium, mens gjennomsnittsnivåene av arsen og kvikksølv var lavere i muskel fra sei enn i muskel fra torsk og blåkveite. Innholdet av fremmedstoffer i muskel fra nordøstarktisk sei var klart lavere enn EUs og Norges maksimumsgrenser for fremmedstoffer i fiskemuskel der slike grenseverdier finnes (kadmium, kvikksølv og bly). Med unntak av én enkelt fisk med en konsentrasjon av kvikksølv i muskel over grenseverdien på 0,5 mg/kg vv, var det ingen enkeltfisk som hadde konsentrasjoner av fremmedstoffer i muskel over grenseverdiene.

Gjennomsnittskonsentrasjonen av både arsen og kvikksølv i seimuskel var klart høyere i sei fanget i Norskehavet enn i sei fanget i Barentshavet. For kvikksølv kunne denne forskjellen til dels forklares ved forskjeller i alder og størrelse på fisken fanget i de to havområdene da kvikksølvkonsentrasjonen økte med alder og størrelse på fisken. Dette var likevel ikke hele forklaringen da sammenligning av fisk av samme alder og størrelse fra de to havområdene viste at kvikksølvkonsentrasjonen i seimuskel

var høyere i Norskehavet enn i Barentshavet også uavhengig av disse faktorene. For arsen var det ingen sammenheng mellom konsentrasjon i seimuskel og fiskens alder eller størrelse, og forskjellen i arsenkonsentrasjon mellom havområdene kunne derfor ikke forklares ved slike faktorer. Nivået av kadmium og bly i seimuskel var svært lavt i begge havområder.

Innholdet av fremmedstoffer i *lever* fra nordøstarktisk sei var generelt høyere enn i muskel. Av metallene var særlig konsentrasjonen av kadmium i lever betydelig høyere enn i muskel, men det er ikke fastsatt noen maksimumsgrense for kadmium (eller andre metaller) i fiskelever til humant konsum. I forhold til mattrygghet er nivåene av de organiske fremmedstoffene dioksiner og PCB i lever av større interesse, da det for disse er fastsatt maksimumsgrenser i fiskelever. Konsentrasjonene av dioksiner og PCB i seilever var relativt høye i forhold til maksimumsgrensene, selv om nivået ikke var like høyt som for torskelever (jfr. basisundersøkelsen for torsk). Henholdsvis 10 % og 5,3 % av enkeltfisk i denne undersøkelsen hadde konsentrasjoner i lever av sum dioksiner og dioksinlignende PCB og sum PCB<sub>6</sub> over maksimumsgrensene for disse stoffene. Fire av de 39 posisjonene hadde gjennomsnittskonsentrasjoner (25 fisk) av sum dioksiner og dioksinlignende PCB som var over grenseverdien, og to av disse posisjonene hadde også gjennomsnittskonsentrasjoner som oversteg grenseverdien for sum PCB<sub>6</sub>. De fire posisjonene med de høyeste konsentrasjonene av organiske miljøgifter i lever var fordelt over et stort område med tre posisjoner i Norskehavet fra Haltenbanken i sør til Senja utenfor Troms i nord, og én posisjon i åpent hav vest i Barentshavet.

Gjennomsnittskonsentrasjonen både av kadmium og organiske fremmedstoffer i lever var klart høyere i sei fanget i Norskehavet enn i sei fanget i Barentshavet. På samme måte som for kvikksølv i muskel kunne denne forskjellen til dels forklares ved forskjeller i alder og størrelse på fisken fanget i de to havområdene. For de organiske fremmedstoffene (som for kvikksølv i muskel) var det likevel klart at det var flere faktorer enn fiskens alder og størrelse som førte til høyere nivåer i seilever i Norskehavet.

Både konsentrasjonen av kvikksølv og arsen i seimuskel og kadmium og organiske fremmedstoffer i seilever varierte med tiden på året fisken var fanget. For kvikksølv i muskel og kadmium og organiske fremmedstoffer i lever kan denne årstidsvariasjonen trolig for en stor del forklares ved forskjeller i alder og størrelse på fisken fanget i de ulike periodene, men årstidsvariasjonen for arsen kan ikke forklares ved slike faktorer.

## ENGLISH SUMMARY

---

This report describes a comprehensive baseline study conducted to determine the levels of undesirable substances in Northeast Arctic saithe (*Pollachius virens*) from Norwegian waters. A total of 956 saithe were sampled from 39 different sites throughout the distribution area of this fish population in the Norwegian Sea and the Barents Sea, both in coastal regions and in the open sea. The fish were sampled in the period between March 2010 and April 2012, and sampling was spread out through the different seasons, with between 192 and 296 fish sampled each quarter of the year.

All fish were measured and weighed, age and sex was determined, and the liver fat content was determined. The average weight, length and age of the fish were 1.8 kg, 52 cm and 5.4 years, respectively, but it was a large variation in age, size, liver weight and liver fat content between individual fish. Northeast Arctic saithe sampled in the Norwegian Sea were on average larger and older with higher liver weight and lower liver fat content than saithe sampled in the Barents Sea. Size and age of the fish also varied with the time of year when the fish were sampled.

Muscle samples from individual fish were analyzed for metals, including arsenic, cadmium, mercury and lead, while liver samples from individual fish were analyzed for metals and the organic contaminants dioxins and dioxinlike polychlorinated biphenyls (PCBs), non-dioxinlike PCBs (PCB<sub>6</sub>) and polybrominated diphenyl ethers (PBDE).

The levels of undesirable substances in *muscle* from Northeast Arctic saithe were in general low and at the same level as has previously been measured in saithe, as well as what has been reported for Norwegian spring spawning herring, mackerel and North Sea herring in other baseline studies. The levels of lead and cadmium were also in accordance with levels reported in muscle from cod and Greenland halibut, while the levels of arsenic and mercury were lower in saithe muscle than in muscle from these two latter species. The concentrations of undesirable substances in muscle from Northeast Arctic saithe were well below the maximum levels set by EU for contaminants in fish muscle where such maximum levels exist (cadmium, mercury and lead). With the exception of one single fish with a concentration of mercury in muscle above the maximum level of 0.5 mg/kg wet weight, no individual fish had concentrations of undesirable substances in muscle above the maximum levels.

The average concentrations of both arsenic and mercury in saithe muscle were significantly higher in saithe sampled in the Norwegian Sea than in saithe from the Barents Sea. For mercury this difference

could partly be explained by differences in age and size between the two areas since the mercury concentration increased with increasing age and size of the fish. Correcting for these factors by comparing fish of the same size and age from the two areas showed that other, not yet identified factors also contributed to the observed higher levels of mercury in saithe muscle from the Norwegian Sea. No correlation was found between arsenic concentration in saithe muscle and age or size of the fish, and the difference in arsenic concentration between the Norwegian Sea and the Barents Sea could thus not be explained by such factors. The levels of cadmium and lead were very low in both areas.

The levels of undesirable substances in *liver* from Northeast Arctic saithe were in general higher than in muscle. Among the metals, the concentration of cadmium in particular was significantly higher in liver than in muscle, but no maximum levels have been set by EU for cadmium or other metals in fish liver for human consumption. With regard to food safety, the levels of the organic contaminants dioxins and PCBs are of greater interest, since maximum levels for these contaminants in fish liver have been set by EU. The concentrations of dioxins and PCBs in saithe liver were relatively high compared to the maximum levels, even if the levels were still lower than in cod liver (cf. baseline study for cod). A total of 10% and 5.3% of individual saithe had concentrations in liver above the maximum levels for sum dioxins and dioxinlike PCBs and sum PCB<sub>6</sub>, respectively. At four out of 39 sites investigated in this study the average concentration (25 fish) of sum dioxins and dioxinlike PCBs were above the maximum level, and at two of these sites the average concentrations also exceeded the maximum level for sum PCB<sub>6</sub>. The four sites with the highest average concentrations of organic contaminants in liver were widely dispersed with three sites in the Norwegian Sea from Haltenbanken in the south to Senja outside Troms in the north and one site in the western part of the Barents Sea.

Average concentrations of cadmium and organic contaminants in liver were significantly higher in saithe sampled in the Norwegian Sea compared to saithe sampled in the Barents Sea. As for mercury in muscle, this difference could partly be explained by differences in age and size of the fish between the two areas. For the organic contaminants (as for mercury in muscle) it was, however, clear that other factors than age and size also contributed to the observed higher levels of these contaminants in saithe liver from the Norwegian Sea.

Both the concentration of mercury and arsenic in muscle and cadmium and organic contaminants in liver of saithe varied with the time of year of sampling. For mercury in muscle and cadmium and organic contaminants in liver this apparent seasonal variation may largely be explained by differences in age and size of the fish sampled at different times of the year, but the seasonal variation in arsenic cannot be explained by such factors.

## INNLEDNING

---

Kunnskap om innholdet av fremmedstoffer i norsk sjømat er viktig og nødvendig for å kunne vurdere om sjømaten er sunn og trygg for forbrukerne, og det stilles 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 ulike 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 fra denne stikkprøveovervåkingen finnes offentlig tilgjengelig på [www.nifes.no/sjømatdata](http://www.nifes.no/sjømatdata). I forhold til størrelsen og utbredelsen av fiskebestandene og områdene det fiskes på, representerer disse stikkprøvene et viktig, men alt for lite, materiale, til å trekke konklusjoner om den faktiske tilstanden til bestandene. Det er derfor behov for en mer grunnleggende kartlegging av innhold av uønskede forbindelser i ulike viktige kommersielle fiskebestander for å dokumentere nivået av fremmedstoffer og samtidig danne grunnlag for en målrettet overvåkning videre. Nivået av fremmedstoffer bør kartlegges i alle geografiske områder der det fiskes og gjennom hele året, med sikte på å kunne fastslå når og hvor nivåene er høyest. På dette grunnlag kan så fremtidig overvåkning planlegges i områder/tider på året hvor risikoen er størst for at fisken har for høyt innhold av fremmedstoffer. Slike undersøkelser, kalt basisundersøkelser, har tidligere vært gjennomført for NVG-sild (Frantsen m.fl., 2009), blåkkeite (Nilsen m.fl., 2010) og makrell (Frantzen m.fl., 2010), og i perioden 2009-2011 har NIFES i samarbeid med Havforskningsinstituttet og med støtte fra Fiskeri- og havbruksnæringens forskningsfond (FHF), i tillegg gjennomført basisundersøkelser for nordsjøsei, atlantisk torsk og nordøstarktisk sei som rapporteres i 2012. Denne rapporten presenterer resultater fra basisundersøkelsen for nordøstarktisk sei.

Sei (*Pollachius virens*) er en art som bare finnes i Nord-Atlanteren, og sei fra den østlige delen av Nord-Atlanteren er inndelt i seks ulike bestander. To av disse bestandene har hovedområde i norske farvann, nordøstarktisk sei med utbredelse langs norskekysten nord for Stad og nordsjøsei med hovedområde i Nordsjøen ([www.imr.no](http://www.imr.no)). Nordøstarktisk sei er den største av disse bestandene og den viktigste for norske fiskerier med en årlig fangst på rundt 150 000 tonn og en fangstverdi i 2011 på ca 1000 mill. kr (Sandberg, 2012). Årlig fangst av nordsjøsei er ca 50 000 tonn med en fangstverdi i 2011 på ca 400 mill. kr. Innholdet av fremmedstoffer i nordsjøsei omtales ikke i den foreliggende rapporten,



men en egen basisundersøkelse for nordsjøsei ble startet i 2012 på oppdrag fra Mattilsynet, og resultater fra den undersøkelsen vil bli rapportert i 2013.

Sei er en torskefisk som finnes både pelagisk og som bunnfisk på 0-300 meters dyp. Den opptrer i tette konsentrasjoner og står ofte pelagisk der strømmen konsentrerer byttedyrene. Den yngste seien lever hovedsakelig av raudåte, krill og andre pelagiske krepsdyr, mens eldre fisk også beiter på småfisk som sild, brisling, kolmule, øyepål og hyse- og torskeyngel. Nordøstarktisk sei har leveområde langs hele norskekysten fra Stad til Kolahalvøya, og er en utpreget vandrefisk som går på nærings- og gytevandring. Om sommeren (juni-august) vandrer voksten sei fra bankene langs kysten langt ut i nordvestre og sentrale områder i Barentshavet. Seien følger silda på dennes gytevandring og stor sei kan følge NVG-sild langt ut i Norskehavet. Det er også en årlig gytevandring av gytemoden sei fra kysten av Nord-Norge til gyteområdene langs vestkysten av Norge og i nordlige del av Nordsjøen. Nordøstarktisk sei gyter om vinteren med topp i februar og de viktigste gyteområdene er Lofoten, Haltenbanken, bankene utenfor Møre og Romsdal og Tampen og Vikingbanken i Nordsjøen (Mehl m.fl., 2011). Veksthastigheten for sei varierer mellom ulike områder. Sei i Nordsjøen vokser raskest, mens veksthastigheten er noe lavere langs kysten av Norge og den laveste veksthastigheten er observert for sei fra Barentshavet. Nordøstarktisk sei kan leve opptil 30 år og oppnå en størrelse på opptil 20 kg og 130 cm (Mehl m.fl., 2011).

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 forurensing som skyldes menneskelig aktivitet er en viktig årsak til at det finnes forhøyede verdier i mange fiskearter. Når nivået av fremmedstoffer i mat kommer over et visst nivå kan de gi helseskade ved normalt inntak. For tungmetallene kadmium, kvikksølv og bly har EU og Norge fastsatt maksimumsgrenser, øvre grenseverdier, for hvor mye av disse metallene som er tillatt i fiskemuskel til humant konsum. For fiskelever er det ikke fastsatt noen maksimumsgrenser for metaller. For arsen er det foreløpig ikke fastsatt noen øvre grenseverdi verken for fiskemuskel eller -lever. Arsen i uorganisk form er giftig, men i fisk foreligger det meste av arsenet i den harmløse organiske formen arsenobetain (EFSA, 2009), og kun en svært liten andel finnes som uorganisk arsen (Julshamn m.fl., 2012a). De organiske fremmedstoffene er fettløselige forbindelser som akkumuleres i fettholdig vev, og i mager fisk som sei vil slike forbindelser oppkonsentreres i den fettrike leveren, ikke i muskel. For de organiske fremmedstoffene er det i fiskelever fastsatt øvre grenseverdier for summen av dioksiner, furaner og dioksinlignende PCB (sum PCDD/F+dl-PCB) og for summen av seks ikke-dioksinlignende PCBer (sum PCB<sub>6</sub>).

Kunnskap om innholdet av fremmedstoffer i sei er begrenset, og særlig innholdet av fremmedstoffer i lever fra sei har vært lite studert. Stikkprøver av seimuskel som tidligere har vært analysert har vist lave nivåer av tungmetaller og svært lave nivåer av organiske fremmedstoffer, og ingen muskelprøver har vist nivåer som overstiger maksimumsgrensene fastsatt av EU (Julshamn m.fl., 2004, [www.nifes.no/sjømatdata](http://www.nifes.no/sjømatdata), Karl og Ruoff, 2008). Svært få prøver av seilever har tidligere vært analysert og resultatene for disse viste generelt lave nivåer av fremmedstoffer, selv om en verdi like over maksimumsgrensen for sum dioksiner og dioksinlignende PCB ble funnet i én enkelt fisk i 2006 ([www.nifes.no/sjømatdata](http://www.nifes.no/sjømatdata)). 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.

Med mål om å foreta en grundig kartlegging av innholdet av viktige fremmedstoffer i bestanden av nordøstarktisk sei som fiskes i norske havområder, har det i denne basisundersøkelsen blitt samlet inn totalt 956 sei fra til sammen 39 posisjoner fordelt både i Norskehavet og Barentshavet og til ulike tider på året. Både muskel- og leverprøver fra hver enkelt fisk er analysert for metaller, og leverprøvene er i tillegg analysert for de organiske miljøgiftene dioksiner og dioksinlignende PCB, ikke-dioksinlignende PCB (PCB<sub>6</sub>) og polybromerte difenyletere (PBDE).

## MATERIALE OG METODER

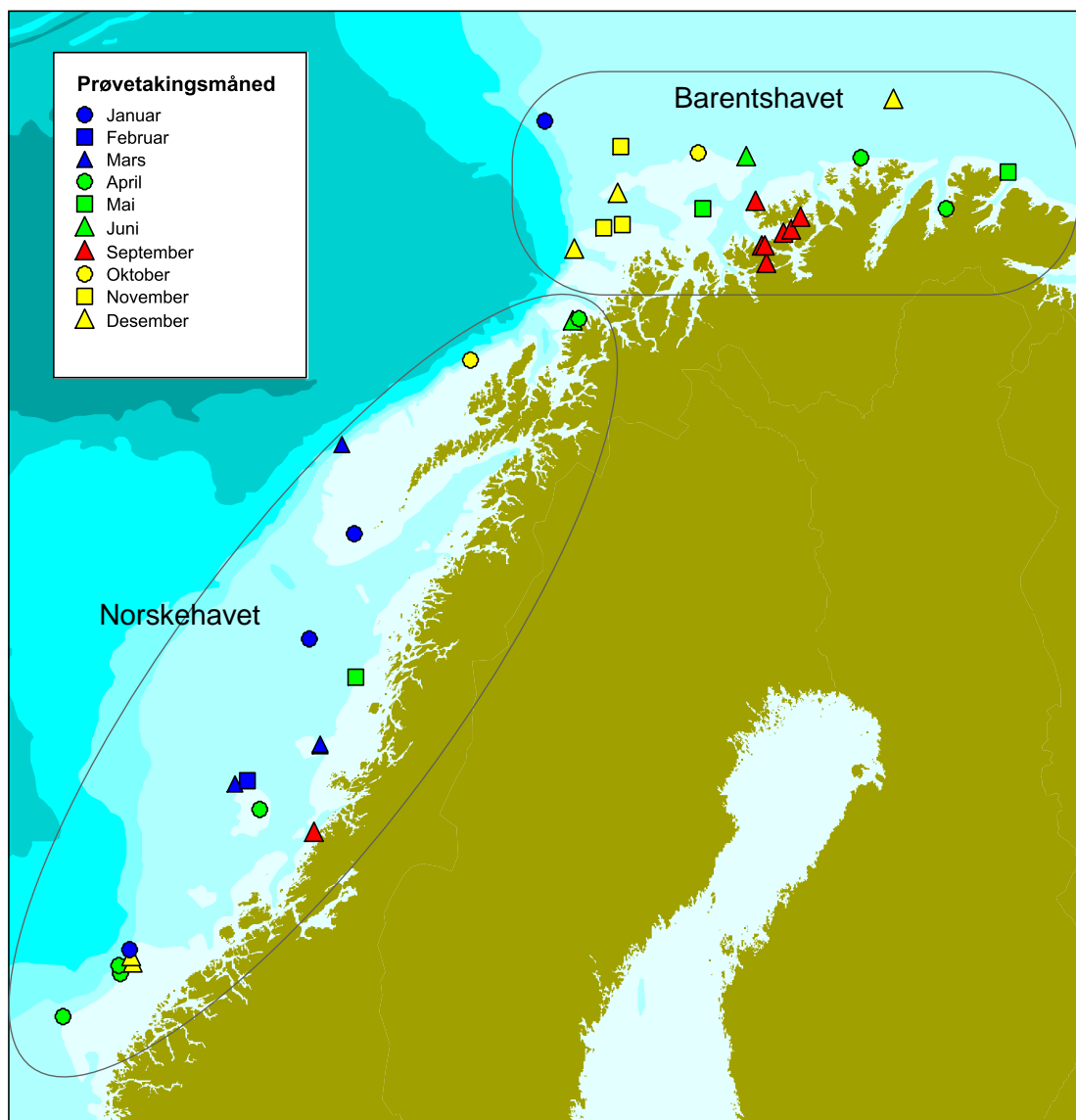
### *Innsamling og opparbeiding av prøver*

Prøveinnsamling av totalt 956 prøver av sei fra 39 ulike posisjoner (figur 1) ble gjennomført i regi av Havforskningsinstituttet med egne forskningsfartøy og fartøy fra Referanseflåten fra mars 2010 til april 2012 i henhold til en prøvetakingsplan som vist i tabell 1. Det ble samlet inn mellom 20 og 25 prøver fra hver posisjon. Alle prøvene ble samlet inn i områder nord for 62°N, dvs i Norskehavet og Barentshavet. Prøvene ble fordelt over område, kvartal og fiskeredskap i forhold til det kommersielle fisket etter sei. Det viste seg å være vanskeligst å få prøver fra området utenfor kysten av Sør-Troms, Vesterålen og Lofoten, og fra dette området fikk vi inn litt færre prøver enn planlagt (tabell 1). Geografisk posisjon, fangstdato og antall fisk for de 39 ulike posisjonene er vist i tabell 2.

**Tabell 1. Gjennomført prøvetaking samt prøvetakingsplan for antall sei (*Pollachius virens*) frå områder utenfor Finnmark og Nord-Troms, utenfor Sør-Troms, Vesterålen og Lofoten og utenfor Helgeland og Møre i 2010-2012.**

| Område                                  | Prøvetaking<br>(antall posisjoner) | Prøvetaking<br>(antall fisk) | Prøvetakingsplan<br>(antall fisk) |
|---|------------------------------------|------------------------------|-----------------------------------|
| <b>Finnmark og Nord-Troms</b>           | 17                                 | 410                          | 400                               |
| <b>Sør-Troms, Vesterålen og Lofoten</b> | 8                                  | 200                          | 250                               |
| <b>Helgeland og Møre</b>                | 14                                 | 346                          | 350                               |
| <b>Totalt</b>                           | <b>39</b>                          | <b>956</b>                   | <b>1000</b>                       |

I tillegg til prøver fra områdene som er oppgitt i tabell 1, fikk vi inn 25 fisk fra én posisjon sør for 62°N, i Nordsjøen. Prøvene fra denne posisjonen er ikke tatt med i den foreliggende rapporten siden de ikke kommer fra områder nord for 62°N. I stedet vil resultatene for fisk fra denne ene posisjonen bli inkludert i datamaterialet for en ny basisundersøkelse som ble startet i 2012 der sei fra totalt 26 posisjoner i Nordsjøen skal samles inn og analyseres. Resultater for dette prosjektet vil bli rapportert i 2013.



**Figur 1. Kart over Norskehavet og Barentshavet som viser alle posisjonene hvor det ble tatt prøver av sei til basisundersøkelsen i perioden mars 2010 til april 2012. Farge og form på punktene viser hvilken måned prøvetakingen ble gjort. Posisjoner i blått er prøvetatt i 1. kvartal, posisjoner i grønt er fra 2. kvartal, posisjoner i rødt er fra 3. kvartal og posisjoner i gult er fra 4. kvartal.**

Prøveinnsamlingen nord for 62°N ble fordelt over hele året (figur 1). Det ble samlet inn 224 fisk i 1. kvartal (januar-mars), 296 fisk i 2. kvartal (april-juni), 192 fisk i 3. kvartal (september, ingen fisk ble fanget i juli og august) og 244 fisk i 4. kvartal (oktober- desember). I første kvartal ble det samlet inn flest fisk i Norskehavet, fra posisjoner i åpent hav ganske langt fra kysten. I andre kvartal ble det samlet inn fisk litt nærmere kysten fra posisjoner både i Norskehavet og Barentshavet. I tredje kvartal, i september, ble det samlet inn fisk fra helt kystnære posisjoner, de aller fleste fra posisjoner nær Sørøya i Barentshavet. I fjerde kvartal ble det igjen samlet inn fisk litt ut fra kysten fra posisjoner både i Norskehavet og Barentshavet.

Tabell 2. Fangstdato, fangstposisjon- og område samt antall sei som ble fanget fra hver posisjon.

| Journalnr | Posisjons<br>nr | Fangstdato | Posisjon     | Område              | Havområde    | Antall<br>fisk |
|-----------|-----------------|------------|--------------|---------------------|--------------|----------------|
| 2011-118  | 1               | 29.04.2010 | 6233N 00340E | Helgeland-Møre      | Norskehavet  | 25             |
| 2011-776  | 2               | 26.04.2011 | 6259N 00511E | Helgeland-Møre      | Norskehavet  | 25             |
| 2011-606  | 3               | 27.04.2011 | 6304N 00507E | Helgeland-Møre      | Norskehavet  | 25             |
| 2011-120  | 4               | 03.12.2010 | 6306N 00532E | Helgeland-Møre      | Norskehavet  | 24             |
| 2011-117  | 5               | 02.12.2010 | 6310N 00529E | Helgeland-Møre      | Norskehavet  | 25             |
| 2011-212  | 6               | 21.01.2011 | 6313N 00525E | Helgeland-Møre      | Norskehavet  | 25             |
| 2010-622  | 7               | 19.09.2010 | 6425N 01020E | Helgeland-Møre      | Norskehavet  | 25             |
| 2010-615  | 8               | 17.04.2010 | 6438N 00852E | Helgeland-Møre      | Norskehavet  | 23             |
| 2010-618  | 9               | 06.03.2010 | 6454N 00814E | Helgeland-Møre      | Norskehavet  | 25             |
| 2011-356  | 10              | 28.02.2011 | 6455N 00833E | Helgeland-Møre      | Norskehavet  | 25             |
| 2010-582  | 11              | 23.03.2010 | 6516N 01028E | Helgeland-Møre      | Norskehavet  | 24             |
| 2010-463  | 12              | 23.03.2010 | 6518N 01028E | Helgeland-Møre      | Norskehavet  | 25             |
| 2011-1366 | 13              | 13.05.2011 | 6558N 01125E | Helgeland-Møre      | Norskehavet  | 25             |
| 2011-354  | 14              | 24.01.2011 | 6621N 01012E | Helgeland-Møre      | Norskehavet  | 25             |
| 2011-353  | 15              | 14.01.2011 | 6724N 01123E | Sør-Troms-Lofoten   | Norskehavet  | 25             |
| 2010-418  | 16              | 23.03.2010 | 6818N 01103E | Sør-Troms-Lofoten   | Norskehavet  | 25             |
| 2011-1887 | 17              | 17.10.2011 | 6909N 01429E | Sør-Troms-Lofoten   | Norskehavet  | 25             |
| 2012-953  | 18              | 12.06.2012 | 6933N 01710E | Sør-Troms-Lofoten   | Norskehavet  | 25             |
| 2012-621  | 19              | 13.04.2012 | 6934N 01720E | Sør-Troms-Lofoten   | Norskehavet  | 25             |
| 2011-115  | 20              | 22.12.2010 | 7017N 01713E | Sør-Troms-Lofoten   | Barentshavet | 25             |
| 2011-116  | 21              | 19.11.2010 | 7029N 01759E | Sør-Troms-Lofoten   | Barentshavet | 25             |
| 2011-119  | 22              | 19.11.2010 | 7031N 01829E | Sør-Troms-Lofoten   | Barentshavet | 25             |
| 2011-2258 | 23              | 08.12.2011 | 7050N 01823E | Finnmark-Nord-Troms | Barentshavet | 25             |
| 2011-121  | 24              | 17.11.2010 | 7118N 01826E | Finnmark-Nord-Troms | Barentshavet | 25             |
| 2011-352  | 25              | 14.01.2011 | 7133N 01625E | Finnmark-Nord-Troms | Barentshavet | 25             |
| 2010-901  | 26              | 04.05.2010 | 7041N 02037E | Finnmark-Nord-Troms | Barentshavet | 25             |
| 2011-2113 | 27              | 22.10.2011 | 7114N 02030E | Finnmark-Nord-Troms | Barentshavet | 25             |
| 2011-973  | 28              | 10.06.2011 | 7112N 02147E | Finnmark-Nord-Troms | Barentshavet | 25             |
| 2010-1577 | 29              | 22.09.2010 | 7008N 02218E | Finnmark-Nord-Troms | Barentshavet | 20             |
| 2010-1576 | 30              | 12.09.2010 | 7018N 02210E | Finnmark-Nord-Troms | Barentshavet | 25             |
| 2010-1582 | 31              | 21.09.2010 | 7018N 02215E | Finnmark-Nord-Troms | Barentshavet | 25             |
| 2010-1578 | 32              | 23.09.2010 | 7045N 02202E | Finnmark-Nord-Troms | Barentshavet | 25             |
| 2010-1581 | 33              | 29.09.2010 | 7026N 02247E | Finnmark-Nord-Troms | Barentshavet | 25             |
| 2010-1580 | 34              | 18.09.2010 | 7028N 02257E | Finnmark-Nord-Troms | Barentshavet | 25             |

| Journalnr     | Posisjons<br>nr | Fangstdato | Posisjon     | Område              | Havområde    | Antall<br>fisk |
|---------------|-----------------|------------|--------------|---------------------|--------------|----------------|
| 2010-1579     | 35              | 20.09.2010 | 7036N 02314E | Finnmark-Nord-Troms | Barentshavet | 22             |
| 2010-733      | 36              | 07.04.2010 | 7111N 02450E | Finnmark-Nord-Troms | Barentshavet | 23             |
| 2012-21       | 37              | 10.12.2011 | 7147N 02541E | Finnmark-Nord-Troms | Barentshavet | 20             |
| 2010-903      | 38              | 29.04.2010 | 7040N 02704E | Finnmark-Nord-Troms | Barentshavet | 25             |
| 2010-902      | 39              | 09.05.2010 | 7103N 02843E | Finnmark-Nord-Troms | Barentshavet | 25             |
| <b>Totalt</b> |                 |            |              |                     |              | <b>956</b>     |

Seiprøvene ble oppbevart frosset som rund fisk frem til de ble levert til NIFES. Ved NIFES' prøvemottak ble fisken tint, lengde, vekt og kjønn ble bestemt og øresteiner (otolitter) ble tatt ut for aldersbestemmelse av fisken. Alderen på fisken ble senere bestemt på Havforskningsinstituttet ved otolittlesning, det vil si telling av årringer i øresteinene. Leveren ble tatt ut og veid, homogenisert ved hjelp av en food processor og frosset ned i tett emballasje inntil analyse. Fisken ble deretter filetert, de skinnfrie filetene fra hver enkelt fisk ble homogenisert, frysetørket og homogenisert igjen til tørt pulver. Tørrstoffinnholdet ble bestemt (g/100g) og prøvene ble deretter oppbevart i tett emballasje inntil analyse. De frysetørkede filetp prøvene ble analysert for metaller og leverprøvene ble analysert for metaller, fettinnhold, dioksiner/furaner, dioksinlignende PCB (dl-PCB), ikke-dioksinlignende PCB (PCB<sub>6</sub>) og polybromerte flammehemmere (PBDE<sub>7</sub>).

## Analysemetoder

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

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

**Tabell 3. Kvantifiseringsgrenser (LOQ; mg/kg tørrvekt) for de ulike grunnstoffene bestemt ved 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 tørrvekt) | 0,3 | 1,5 | 0,01 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,1 |

### Bestemmelse av totalt fettinnhold med etylacetat-metode (NIFES metode nr. 091)

Prinsippet for metoden er gravimetri. Prøvene ble ekstrahert med etylacetat, etylacetat ble dampet av og fettene ble veid. Laboratoriet har deltatt i SLP (sammenlignende laboratorieprøvninger, ringtester) med metoden siden 1998 med godt resultat.

## *Bestemmelse av organiske fremmedstoffer: dioksiner, dioksinlignende PCB, ikke-dioksinlignende PCB og PBDE ved HRGC-HRMS (NIFES metode nr. 292)*

Opparbeiding av leverprøver for bestemmelse av de organiske fremmedstoffene dioksiner, dioksinlignende PCB, ikke-dioksinlignende PCB og PBDE ble utført med en felles opprensings- og ekstraksjonsmetode. Våt, homogenisert prøve ble blandet med hydromatriks og tilsatt <sup>13</sup>C-merkede internstandarder (27 standarder for dioksiner, furaner og dioksinlignende PCB, én standard for ikke-dioksinlignende PCB og én standard for PBDE). Blandingen ble overført til en Accelerated Solvent Extractor-300 (ASE) med et lag av svovelsur kiselgel i bunnen (for nedbrytning av fett) og ekstrahert med heksan under hevet trykk og temperatur. Ekstraktet ble videre rensset kromatografisk ved hjelp av PowerPrep over tre kolonner pakket med henholdsvis multilayer silica, basisk alumina og karbon. Det ble samlet opp to fraksjoner der fraksjon 1 inneholdt PBDE, PCB<sub>7</sub> og mono-orto PCB og 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). I tillegg kvantifiseres PBDE-66, 119 og 138. Kvantifiseringsgrensene varierte mellom 0,005 og 0,01 µg/kg for de ulike PBDE-kongenerne.

PCB<sub>7</sub> ble analysert på GC-MS EI og kvantifisert ved hjelp av intern standard og ettpunkts kalibreringskurve gjennom origo. Metoden kvantifiserer PCB<sub>7</sub> (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 høyoppløsende GC-MS (HRGC-HRMS) og kvantifisert ved hjelp av isotopfortynning/intern standard. Metoden kvantifiserer til sammen syv kongener av dioksiner (PCDD), 10 kongener av furaner (PCDF), fire kongener av non-orto PCB (PCB-77, 81, 126 og 169) og åtte kongener av mono-orto PCB (PCB-105, 114, 118, 123, 156, 157, 167 og 189). Toksiske ekvivalentverdier (TE) ble beregnet ved å multiplisere konsentrasjonene med kongenernes toksiske ekvivalensfaktorer (WHO-TEF 2005). Ved beregning av summen av dioksiner og dioksinlignende PCB ble konsentrasjoner mindre enn kvantifiseringsgrensen (LOQ) satt lik LOQ (upperbound LOQ). Kvantifiseringsgrensen for de ulike kongenerne av dioksiner, furaner, non-orto og mono-orto PCB varierte mellom 0,008 og 0,4 pg/g vv. 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 PCB<sub>7</sub> og PBDE (resultater ikke vist).



## Statistisk analyse

Alle statistiske analyser ble utført ved hjelp av programvaren Statistica 9.0 (StatSoft 2009).

Lengde, vekt, alder, levervekt, fettinnhold i lever og konsentrasjoner av metaller og organiske miljøgifter i ulike grupper ble sammenlignet med enveis variansanalyse (ANOVA) eller Kruskal-Wallis ikke-parametrisk ANOVA. Dataene ble undersøkt med hensyn på forutsetningen om at variansene i de ulike gruppene må være forholdsvis homogene for å kunne utføre ANOVA, og der hvor forutsetningen ikke var oppfylt ble Kruskal-Wallis benyttet.

Det ble laget spredningsplott for å undersøke korrelasjoner mellom konsentrasjoner av kvikksølv og arsen i seimuskel og fiskens lengde, vekt og alder og mellom kadmium og ulike organiske miljøgifter i seilever og fiskens lengde, vekt alder og fettinnhold i lever. Det ble også laget spredningsplot for å undersøke korrelasjonen mellom konsentrasjoner av arsen i muskel og lever, og mellom konsentrasjonen av sum PCDD/F+dl-PCB og sum PCB<sub>6</sub> i seilever.

## RESULTATER OG DISKUSJON

### *Fysiske og biologiske parametre*

Alder, størrelse, kjønn og vekt og fettinnhold i lever kan ha stor betydning for hvordan konsentrasjonen av fremmedstoffer i fiskemuskel og fiskelever varierer, og det er derfor viktig å se hvordan disse fysiske og biologiske parametrene varierte i forhold til når og hvor fisken ble fanget.

Det var stor variasjon i størrelse og alder på seien som ble samlet inn til denne basisundersøkelsen (tabell 4). Det ble samlet inn totalt 956 fisk, og vekten av disse varierte mellom 0,5 og 9,0 kg med et gjennomsnitt på 1,8 kg. Lengden varierte mellom 33 cm og 100 cm med et gjennomsnitt på 52,2 cm, og de 856 fiskene som er aldersbestemt varierte i alder fra 2 til 18 år med et gjennomsnitt på 5,4 år. Til sammenligning var gjennomsnittsvekt og –alder for den fiskbare totalbestanden (3 år og eldre) av nordøstarktisk sei 1,4 kg og 4,8 år per 1.1.2012 (ICES, 2012). Det var også stor variasjon i levervekt og fettinnhold i lever for sei i denne undersøkelsen (tabell 4). Levervekten varierte fra kun 8,8 g til 1000 g med et gjennomsnitt på 116 g, mens fettinnholdet i lever varierte fra kun 4,1 til 86 g/100g med et snitt på 60 g/100 g.

Det ble fanget litt flere hanner (54 %) enn hunner (46 %) i denne undersøkelsen, men det ble ikke funnet noen statistisk signifikant forskjell i gjennomsnittlig alder, størrelse eller fettinnhold i lever mellom kjønnene. Gjennomsnittlig levervekt var imidlertid noe høyere i hunner (128 g) enn i hanner (105 g). Det var ingen vesentlig forskjell i kjønnsfordelingen mellom fisk fanget i Norskehavet (47 % hunner) og i Barentshavet (45 % hunner).

**Tabell 4. Oppsummering av resultater fra basisundersøkelse sei nord for 62°N for lengde, vekt, alder, kjønn, levervekt og fettinnhold i lever.**

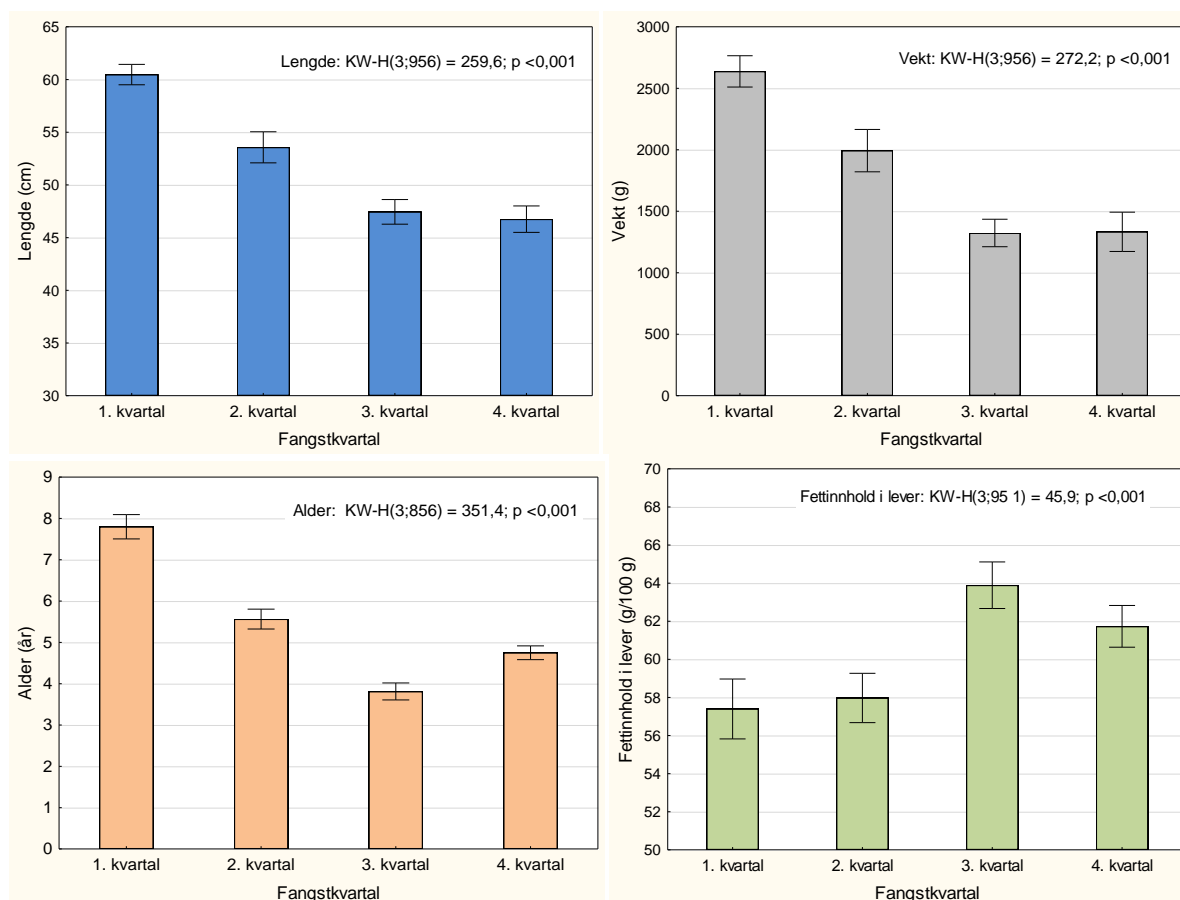
|                                     | Norskehavet |                               | Barentshavet |                               | Totalt |                               |
|-------------------------------------|-------------|-------------------------------|--------------|-------------------------------|--------|-------------------------------|
|                                     | N           | Middelverdi ± SD<br>(Min-max) | N            | Middelverdi ± SD<br>(Min-max) | N      | Middelverdi ± SD<br>(Min-max) |
| <b>Lengde (cm)</b>                  | 471         | 57 ± 12<br>(33-100)           | 485          | 48 ± 9<br>(36-93)             | 956    | 52 ± 12<br>(33-100)           |
| <b>Vekt (kg)</b>                    | 471         | 2,3 ± 1,4<br>(0,52-9,0)       | 485          | 1,4 ± 1,0<br>(0,50-8,4)       | 956    | 1,8 ± 1,3<br>(0,50-9,0)       |
| <b>Alder (år)</b>                   | 421         | 6,4 ± 2,4<br>(2-18)           | 435          | 4,3 ± 1,2<br>(2-10)           | 856    | 5,4 ± 2,2<br>(2-18)           |
| <b>Levervekt (g)</b>                | 443         | 138 ± 131<br>(8,8-1000)       | 459          | 95 ± 88<br>(10 -600)          | 902    | 116 ± 113<br>(8,8-1000)       |
| <b>Fettinnhold i lever (g/100g)</b> | 467         | 58 ± 12<br>(4,1-86)           | 484          | 62 ± 8<br>(30-79)             | 951    | 60 ± 11<br>(4,1-86)           |

Seien som ble samlet inn fra Norskehavet var i gjennomsnitt større og eldre og hadde høyere levervekt enn fisken samlet inn fra Barentshavet (tabell 4). Størrelse og levervekt varierte med fangstsesong (tabell 5 og figur 2), men sammenligning av sei fanget i de to havområdene innenfor samme tidsperiode viste at fisk fanget i både første kvartal (januar-mars), andre kvartal (april-juni) og tredje kvartal (september) i gjennomsnitt var størst og hadde høyest levervekt i Norskehavet, mens fisk fanget i fjerde kvartal (oktober-desember) var større og hadde høyere levervekt i Barentshavet (tabell 5). Alder så ut til å variere mellom havområdene innenfor hvert fangstkvartal helt tilsvarende som størrelse og levervekt, men her mangler det noen aldersdata blant annet for sei fanget i Barentshavet i 1. kvartal.

I motsetning til resultatene for størrelse, alder og levervekt, var fettinnholdet i lever i gjennomsnitt lavere for sei fanget i Norskehavet enn for sei fanget i Barentshavet (tabell 4). Fettinnholdet i lever var lavere i Norskehavet enn i Barentshavet i alle fangstkvartaler unntatt 3. kvartal (tabell 5). Tredje kvartal var spesielt fordi det i denne perioden kun ble fanget sei fra én posisjon i Norskehavet (posisjon 7), og sei fra denne ene posisjonen hadde et klart høyere gjennomsnittlig fettinnhold i lever (71 g/100 g) enn gjennomsnittet i sei fra syv posisjoner i Barentshavet fanget i samme periode (63 g/100g).

**Tabell 5. Lengde, vekt, alder, levervekt og fettinnhold i lever for sei prøvetatt i Norskehavet og Barentshavet til ulike tider på året.**

| Område            | Periode | Lengde (cm) |          | Vekt (kg) | Alder (år) |           | Levervekt (g) |          | Fett (g/100g) |          |
|-------------------|---------|-------------|----------|-----------|------------|-----------|---------------|----------|---------------|----------|
|                   |         | N           | Snitt±SD | Snitt±SD  | N          | Snitt±SD  | N             | Snitt±SD | N             | Snitt±SD |
| Norske-<br>havet  | Jan-mar | 199         | 61 ± 7   | 2,7 ± 1,0 | 149        | 7,8 ± 1,8 | 199           | 150±100  | 199           | 57±12    |
|                   | Apr-jun | 173         | 56 ± 15  | 2,3± 1,8  | 173        | 6,1 ± 2,5 | 170           | 140±170  | 170           | 56±13    |
|                   | Sep     | 25          | 64 ± 5   | 3,0 ± 0,8 | 25         | 6,6 ± 1,9 | 25            | 220±120  | 25            | 71±7     |
|                   | Okt-Des | 74          | 43 ± 3   | 0,90±0,21 | 74         | 4,4 ± 0,8 | 49            | 36±17    | 73            | 60±9     |
| Barents-<br>havet | Jan     | 25          | 53 ± 3   | 1,8±0,3   | -          | -         | 25            | 110±35   | 25            | 62±8     |
|                   | Apr-jun | 123         | 50 ±7    | 1,5±0,7   | 123        | 4,8±0,8   | 123           | 110±73   | 123           | 61±8     |
|                   | Sep     | 167         | 45 ± 5   | 1,1±0,4   | 167        | 3,4±0,7   | 167           | 74±44    | 166           | 63±8     |
|                   | Okt-Des | 170         | 48 ±11   | 1,5±1,5   | 145        | 5,0±1,4   | 144           | 110±130  | 170           | 63±8     |



**Figur 2.** Lengde, vekt, alder og fettinnhold i lever for sei fanget i Norskehavet og Barentshavet til ulike tider på året, dvs i 1. kvartal (januar-mars), 2. kvartal (april-juni), 3. kvartal (kun september) og 4. kvartal (oktober-desember). Resultatene er vist som gjennomsnitt  $\pm$  95% konfidensintervall for hvert kvartal. Antall fisk per kvartal var: 1. kvartal: 224 sei (149 for alder), 2. kvartal: 296 sei, 3. kvartal : 192 sei og 4. kvartal: 244 sei (219 for alder).

Størrelse og alder på fisken varierte med fangstsesong (figur 2). Den gjennomsnittlig største og eldste fisken ble fanget i 1. kvartal, deretter var det en gradvis nedgang i størrelse og alder på fisken fanget i 2. og 3. kvartal mens sei fanget i 4. kvartal i gjennomsnitt var like stor og litt eldre enn fisk fanget i 3. kvartal. Dette gjenspeiler sammensetningen i de kommersielle fangstene. Når vi ser på fisken fra Norskehavet og Barentshavet hver for seg (tabell 5), ser vi at sei fra Barentshavet i hovedsak følger dette generelle mønsteret, mens sei fra Norskehavet avviker ved at sei fra 3. kvartal er større og eldre enn fisk fra alle andre kvartaler. Tredje kvartal i Norskehavet er spesielt siden det bare ble fanget fisk fra én posisjon i dette havområdet i denne perioden og sei fra denne ene posisjonen var relativt stor og gammel.

Levervekt varierte i noe mindre grad med fangstsesong. For fisk fra Barentshavet var det kun fisk fra 3. kvartal som hadde en lavere levervekt, ellers var det ingen forskjell i levervekt mellom kvartalene.

For fisk fra Norskehavet var det ingen forskjell i levervekt mellom 1. og 2. kvartal, men levervekt i 3. kvartal var klart høyere og levervekt i 4. kvartal var klart lavere enn i 1. og 2. kvartal (tabell 5).

Fettinnhold i lever var lavest i sei fanget i 1. og 2. kvartal og høyest i 3. og 4. kvartal (figur 2). Når vi ser på hvert havområde separat varierte fettinnholdet imidlertid lite med fangstsesong. For fisk fra Barentshavet var det ingen forskjell i fettinnhold i lever mellom fangstkvartalene, og for fisk fra Norskehavet var det kun fisk fra 3. kvartal som hadde et klart høyere fettinnhold i lever i forhold til de andre fangstkvartalene (tabell 5).

## Innhold av metaller

Konsentrasjonen av en rekke ulike metaller ble bestemt i både muskel og leverprøver av henholdsvis 956 og 954 sei, og resultatene for arsen, kvikksølv, kadmium og bly er oppsummert i tabell 6. Det finnes ingen øvre grenseverdier for metaller i fiskelever, men EU har satt øvre grenseverdier for kadmium, kvikksølv og bly i fiskemuskel.

**Tabell 6. Konsentrasjoner (mg/kg våtvekt) av arsen, kvikksølv, kadmium og bly bestemt i muskel (N = 956) og lever (N = 954) fra sei i basisundersøkelsen. Gjennomsnitt, standardavvik (SD), median, minste og største verdi samt antall fisk med konsentrasjoner under kvantifiseringsgrensen (LOQ) er oppgitt. Antall fisk med konsentrasjoner over EUs øvre grenseverdi er oppgitt der det finnes grenseverdier.**

|                              | Gjennomsnitt* | SD*   | Median  | Min     | Maks  | Antall < LOQ | EUs øvre grenseverdi | Antall > EU-grense |
|------------------------------|---------------|-------|---------|---------|-------|--------------|----------------------|--------------------|
| <b>Arсен</b><br>i muskel     | 2,3           | 2,1   | 1,5     | 0,010   | 12    | 0            |                      |                    |
| <b>Arсен</b><br>i lever      | 5,4           | 3,7   | 4,3     | 1,5     | 40    | 0            |                      |                    |
| <b>Kvikksølv</b><br>i muskel | 0,041         | 0,038 | 0,029   | 0,006   | 0,66  | 0            | 0,5                  | 1                  |
| <b>Kvikksølv</b><br>i lever  |               |       | <0,01   | <0,01   | 0,42  | 723          |                      |                    |
| <b>Kadmium</b><br>i muskel   |               |       | < 0,002 | < 0,002 | 0,029 | 597          | 0,05                 | 0                  |
| <b>Kadmium</b><br>i lever    | 0,21          | 0,15  | 0,17    | 0,013   | 1,8   | 0            |                      |                    |
| <b>Bly</b><br>i muskel       |               |       | < 0,01  | < 0,01  | 0,15  | 942          | 0,3                  | 0                  |
| <b>Bly</b><br>i lever        |               |       | <0,01   | <0,01   | 0,39  | 890          |                      |                    |

\*Gjennomsnitt og standardavvik (SD) er ikke beregnet i tilfeller der mer enn halvparten av fiskene hadde konsentrasjoner under kvantifiseringsgrensen (LOQ).

## Arsen

Konsentrasjonen av arsen i muskelprøver fra 956 sei analysert i denne undersøkelsen varierte fra 0,010 til 12 mg/kg vv med et gjennomsnitt på 2,3 mg /kg vv (tabell 6). Dette stemte godt overens med tidligere verdier for seimuskel rapportert i Sjømatdata for perioden 1996-2006

([www.nifes.no/sjomatdata](http://www.nifes.no/sjomatdata)), der gjennomsnittet har variert fra 1,4 til 3,0 mg/kg vv for ulike år.

Gjennomsnittlig arsenkonsentrasjon i seimuskel var også svært likt de nivåer som er rapportert for flere andre fiskearter analysert i tidligere basisundersøkelser. Gjennomsnittlig konsentrasjon av arsen i muskel fra NVG-sild (800 fisk), makrell (845 fisk) og nordsjøsild (1000 fisk) var henholdsvis 2,2 mg/kg vv, 2,4 mg /kg vv og 2,7 mg/kg vv (Frantzen m.fl., 2009, Frantzen m.fl., 2010, Duinker m.fl., 2012). På den annen side viste basisundersøkelsen for torsk (2200 fisk) at arseninnholdet i muskel for denne arten var mye høyere enn for sei, med et gjennomsnittlig innhold på 7,1 mg /kg vv og en maksimumsverdi på hele 170 mg/kg vv. For undergruppen nordøstarktisk torsk var arsen-nivået ennå høyere med et gjennomsnitt på 9,3 mg/kg vv (Julshamn m.fl., 2012b). Også blåkkeite er i en tidligere basisundersøkelse (1300 fisk) vist å ha et mye høyere innhold av totalarsen i muskel, med et gjennomsnittlig innhold på 8,7 mg/kg vv (Nilsen m.fl., 2010). Disse resultatene viser at det er artsforskjeller med hensyn til arsenkonsentrasjon i fiskemuskel, og det ser ut til at sei skiller seg fra torsk og enkelte andre arter av mager fisk (Julshamn m.fl., 2004) med et lavere innhold av arsen i muskel.

Gjennomsnittlig arsenkonsentrasjon i seimuskel for ulike posisjoner varierte fra 0,59 mg/kg vv til 9,0 mg/kg vv. For de fleste posisjoner var gjennomsnittskonsentrasjonen lavere enn 4,0 mg/kg vv, og kun fem posisjoner (fire i Norskehavet og én i Barentshavet) hadde konsentrasjoner over dette (resultater ikke vist).

**Tabell 7. Konsentrasjoner av arsen i muskel og lever av sei fra Norskehavet og Barentshavet. Gjennomsnitt±standardavvik (SD) samt medianverdier er oppgitt. Minimums- og maksimumsverdier er oppgitt i parentes.**

|                       | Norskehavet |                            |        | Barentshavet |                            |        |
|-----------------------|-------------|----------------------------|--------|--------------|----------------------------|--------|
|                       | N           | Gj.snitt ± SD<br>(Min-max) | Median | N            | Gj.snitt ± SD<br>(Min-max) | Median |
| <b>Arsen i muskel</b> | 471         | 3,0 ± 2,3<br>(0,010-12)    | 2,1    | 485          | 1,6 ± 1,5<br>(0,45-12)     | 1,1    |
| <b>Arsen i lever</b>  | 470         | 5,7 ± 4,1<br>(1,5-40)      | 4,5    | 484          | 5,0 ± 3,3<br>(1,6-38)      | 4,2    |

Sei fanget i Norskehavet hadde i gjennomsnitt nær dobbelt så høyt innhold av arsen i muskel som sei fanget i Barentshavet, med et gjennomsnitt på 3,0 mg/kg vv mot 1,6 mg/kg vv (tabell 7). Denne forskjellen kan ikke forklares ved forskjeller i størrelse og alder på fisken fra de to havområdene, da det ikke ble funnet noen statistisk signifikant sammenheng mellom arsenkonsentrasjon i seimuskel og fysiske parametre som vekt, lengde eller alder i denne undersøkelsen (resultater ikke vist).

Arseninneholdet i muskel varierte med hvilken tid på året fisken var fanget. Konsentrasjonen var lavest i 3. kvartal (0,92 mg/kg vv) og økte deretter gradvis gjennom 4. kvartal (1,3 mg/kg vv) og 1. kvartal (2,1 mg/kg vv) til 2. kvartal som hadde den klart høyeste arsenkonsentrasjonen (4,0 mg/kg vv). Når vi så på sei fra Norskehavet og Barentshavet hver for seg, så vi at arseninnholdet i muskel varierte på samme måte gjennom året for begge havområder.

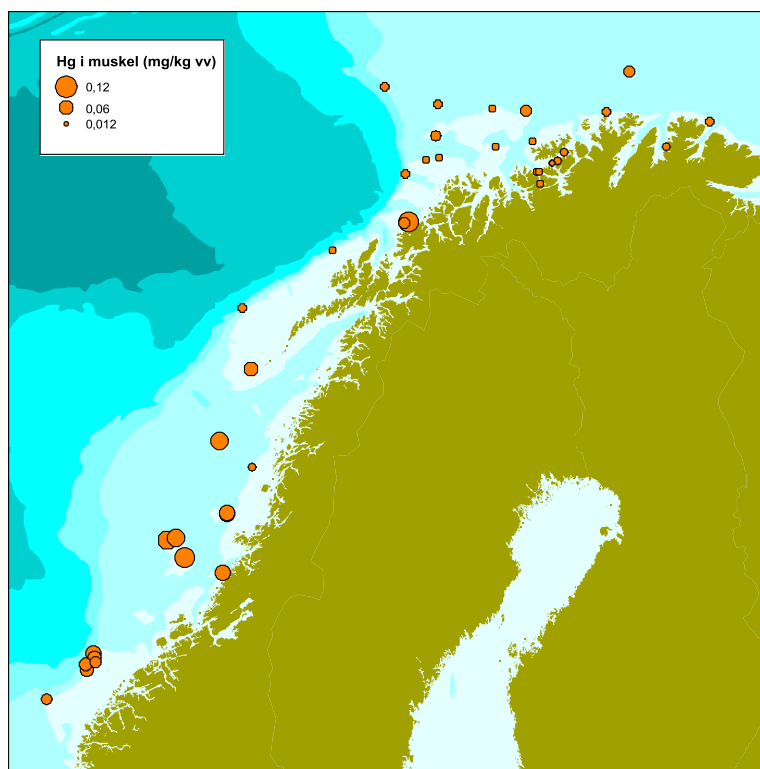
Det var en statistisk signifikant positiv sammenheng mellom arseninnholdet i muskel og arseninnholdet i lever for sei i denne undersøkelsen ( $r=0,51$ ,  $p<0,001$ ). Konsentrasjonen av arsen i lever var høyere enn i muskel og varierte fra 1,5- 40 mg/kg vv med et gjennomsnitt på 5,4 mg/kg vv for hele datamaterialet. Gjennomsnittet for ulike posisjoner varierte fra 2,2 mg/kg vv til 15 mg/kg vv. Som for muskel var arseninnholdet i lever høyere i Norskehavet enn i Barentshavet, men forskjellen mellom havområdene var mindre enn for muskel (tabell 7). Arseninnholdet i lever varierte også med årstiden på tilsvarende måte som for muskel, med lavest konsentrasjon i 3. kvartal og en gradvis økning gjennom 4. og 1. kvartal til 2. kvartal som hadde klart høyest arsenkonsentrasjon. I all hovedsak ble det samme mønsteret for årstidsvariasjon også funnet når vi så på hvert havområde separat.

I denne undersøkelsen er det totalarsen som er bestemt. Det er ikke satt noen øvre grenseverdi for totalarsen i fisk eller annen sjømat til humant konsum, men det er likevel viktig å dokumentere nivåene fordi den uorganiske formen av arsen er svært giftig. EFSA (the European Food Safety Authority) arbeider nå med å innføre en maksimumsgrense for uorganisk arsen i matvarer (EFSA 2009). Det er vanligvis den harmløse organiske formen arsenobetain vi finner i fisk, mens nivået av uorganisk arsen normalt er svært lavt. For å dokumentere dette bedre ble det i 2010 gjennomført et prosjekt for Mattilsynet der uorganisk arsen ble bestemt i muskelprøver fra en rekke ulike fiskearter, inkludert 179 seiprøver hentet fra denne undersøkelsen. Resultatene viste at innholdet av uorganisk arsen i seimuskel var svært lavt, alle prøver unntatt én hadde konsentrasjoner lavere enn metodenes bestemmelsesgrense på 0,003 mg /kg vv, og den siste prøven hadde en lav konsentrasjon på 0,015 mg/kg vv (Julshamm m. fl., 2012a).

## Kvikksølv

Konsentrasjonen av kvikksølv i muskelprøver fra 956 sei varierte fra 0,006-0,66 mg/kg vv med et gjennomsnitt på 0,041 mg/kg vv (tabell 6). Kun én fisk, en sei fra en posisjon nær kysten utenfor Senja i Troms, hadde en konsentrasjon av kvikksølv i filet over 0,5 mg/kg vv som er EUs og Norges øvre grenseverdi for kvikksølv i filet fra de fleste fiskearter (EU, 2006). Disse resultatene stemte godt overens med de resultater som tidligere er rapportert i Sjømatdata for perioden 1996-2006 ([www.nifes.no/sjømatdata](http://www.nifes.no/sjømatdata)) der gjennomsnittet har variert mellom 0,02 og 0,05 mg/kg vv for ulike år.

Gjennomsnittlig kvikksølvkonsentrasjon i seimuskel var svært lik de nivåer som er rapportert for flere andre fiskearter i tidligere basisundersøkelser, slik som NVG-sild (0,039 mg/kg vv), makrell (0,040 mg/kg vv) og nordsjøsild (0,051 mg/kg vv) (Frantzen m.fl., 2009, Frantzen m.fl., 2010, Duinker m.fl., 2012). Basisundersøkelsen for torsk viste et noe høyere gjennomsnitt når hele datamaterialet ble sett under ett (0,074 mg/kg vv, Julshamn m.fl., 2012b), men for undergruppen nordøstarktisk torsk var nivået av kvikksølv i muskel 0,036 mg/kg vv som er svært likt nivået i seimuskel. Av de arter som hittil er grundig dokumentert i basisundersøkelser er det bare blåkveite som klart skiller seg ut med et gjennomsnittlig kvikksølvinnhold i muskel på 0,22 mg/kg vv (Nilsen m.fl., 2010), det vil si tre til fem ganger høyere kvikksølvinnhold enn i de øvrige artene som er undersøkt.



**Figur 3. Gjennomsnittlig konsentrasjon av kvikksølv (mg/kg vv) i muskel fra sei fanget på 39 ulike posisjoner i Norskehavet og Barentshavet. Størrelsen på sirklene viser gjennomsnittskonsentrasjon for hver posisjon i forhold til målestokken som er oppgitt i figuren.**



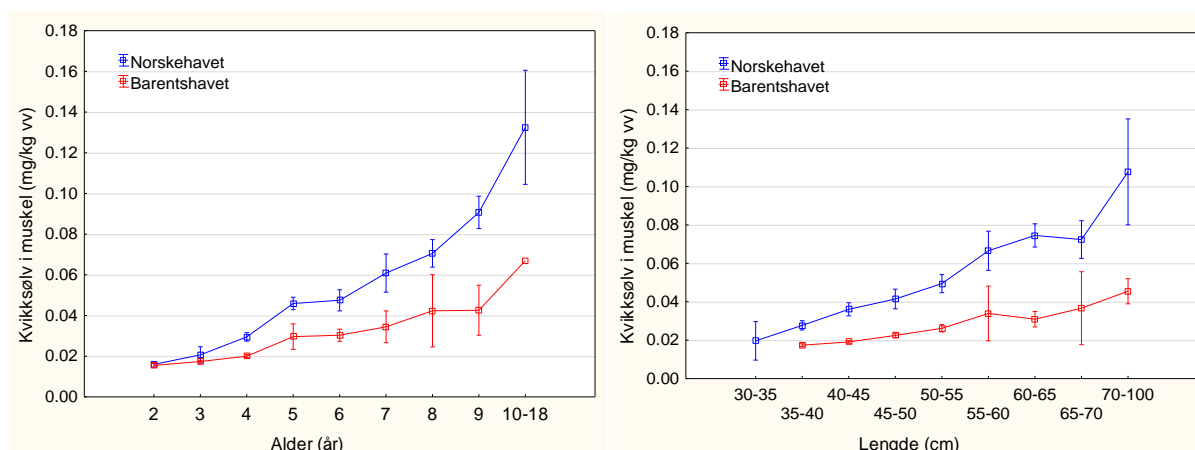
Gjennomsnittlig kvikksølvinnhold i seimuskel varierte mellom posisjonene som vist i figur 3. De høyeste gjennomsnittskonsentrasjonene (0,086-0,11 mg/kg vv) ble funnet i Norskehavet på fire posisjoner i området fra Haltenbanken til Trænabanken (posisjon 8-10 og posisjon 14) og én posisjon rett utenfor Senja i Troms (posisjon 19). Fisken fra disse fem posisjonene var eldre og større enn fisk fra de fleste andre posisjonene, noe som trolig kan være noe av forklaringen på de relativt høye konsentrasjonene her (se videre diskusjon under). I Barentshavet var det ingen posisjoner med gjennomsnittlig kvikksølvinnhold i seimuskel høyere enn 0,043 mg/kg vv.

Kvikksølvkonsentrasjonen i seimuskel var i gjennomsnitt klart høyere i Norskehavet enn i Barentshavet (tabell 8). Denne forskjellen, som var statistisk signifikant ( $p < 0,001$ ), kan til dels forklares ved forskjeller i fiskens alder og størrelse mellom de to havområdene. Som forventet på grunn av kvikksølvets kjente bioakkumulerende egenskaper, ble det funnet en signifikant positiv sammenheng mellom kvikksølvkonsentrasjon i seimuskel og alder ( $r = 0,76$ ,  $p < 0,001$ ), lengde ( $r = 0,60$ ,  $p < 0,001$ ) og vekt ( $r = 0,59$ ,  $p < 0,001$ ) for sei i denne undersøkelsen. Sei fanget i Norskehavet i denne undersøkelsen var gjennomsnittlig både eldre og større enn fisk fanget i Barentshavet (tabell 5) og alle disse faktorene vil derfor bidra til at kvikksølvinnholdet i seimuskel fra Norskehavet blir høyere enn i Barentshavet. Dette er likevel ikke hele forklaringen på forskjellen mellom havområdene. Når vi sammenligner innholdet av kvikksølv i ulike alders- og lengdegrupper mellom de to havområdene ser vi at for hver enkelt alders- og lengdegruppe er kvikksølvinnholdet høyere i Norskehavet enn i Barentshavet (figur 4). Det er altså flere faktorer enn fiskens alder og størrelse som fører til at nivået av kvikksølv i seimuskel er høyere i Norskehavet enn i Barentshavet.

**Tabell 8. Konsentrasjoner av kvikksølv i muskel og lever av sei fra Norskehavet og Barentshavet. Gjennomsnitt ± standardavvik (SD) samt medianverdier er oppgitt. Minimums- og maksimumsverdier er oppgitt i parentes.**

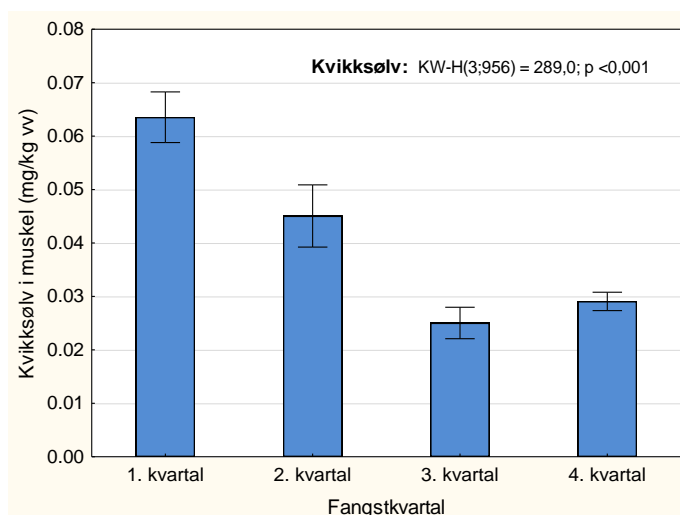
|                           | Norskehavet |                                |        | Barentshavet |                                |        |
|---------------------------|-------------|--------------------------------|--------|--------------|--------------------------------|--------|
|                           | N           | Gj.snitt ± SD<br>(Min-max)     | Median | N            | Gj.snitt ± SD<br>(Min-max)     | Median |
| <b>Kvikksølv i muskel</b> | 471         | 0,060 ± 0,045<br>(0,006- 0,66) | 0,050  | 485          | 0,023 ± 0,015<br>(0,009- 0,29) | 0,020  |
| <b>Kvikksølv i lever</b>  | 470         | -*<br>(<0,01 - 0,42)           | <0,01  | 484          | -*<br>(<0,01 - 0,016)          | <0,01  |

\*Gjennomsnitt er ikke beregnet for lever siden mer enn halvparten av leverprøvene fra hvert havområde (252 prøver fra Norskehavet og 471 prøver fra Barentshavet) hadde konsentrasjoner av kvikksølv under LOQ (metodens kvantifiseringsgrense).



**Figur 4. Konsentrasjon av kvikksølv (mg/kg vv) i muskel i ulike alders- (venstre) og lengdegrupper (høyre) av sei fanget i Norskehavet og Barentshavet. Resultatene er vist som gjennomsnitt  $\pm$  95% konfidensintervall for hver alders- og lengdegruppe.**

Kvikksølvkonsentrasjonen i muskel varierte med årstiden fisken var fanget og var høyest i sei fanget i 1. kvartal, deretter var det en gradvis nedgang gjennom 2. og 3. kvartal fulgt av en svak økning til 4. kvartal (figur 5). Denne årstidsvariasjonen kan trolig for en stor del forklares ved forskjeller i fiskens alder og størrelse. Dette fordi alder og størrelse på fisken varierte mellom de ulike periodene slik at fisken fanget i 1. kvartal var størst og eldst, deretter var det en gradvis nedgang i alder og størrelse gjennom 2. og 3. kvartal fulgt av en økning i alder, men ikke i størrelse, til 4. kvartal (se figur 2). Alle disse faktorene vil dermed bidra til den årstidsvariasjonen vi observerer for kvikksølv i seimuskel i denne undersøkelsen.



**Figur 5. Konsentrasjon av kvikksølv (mg/kg vv) i muskel fra sei fanget til ulike tider på året, dvs i 1. kvartal (januar-mars, 224 fisk), 2. kvartal (april-juni, 296 fisk), 3. kvartal (kun september, 192 fisk) og 4. kvartal (oktober-desember, 244 fisk). Resultatene er vist som gjennomsnitt  $\pm$  95% konfidensintervall for hvert kvartal. Resultat av Kruskal-Wallis ikke parametriske ANOVA er også vist.**

Kvikksølvkonsentrasjonen i lever fra sei var lavere enn i muskel og varierte fra  $<0,01$  mg/kg vv til 0,42 mg/kg vv med en medianverdi på  $<0,01$  mg/kg vv som er kvantifiseringsgrensen for metoden (tabell 6). Av de 954 fiskene som ble analysert hadde 723 sei konsentrasjoner i lever lavere enn bestemmelsesgrensen. Konsentrasjonen av kvikksølv i seilever var lavest i Barentshavet der hele 97 % av fisken hadde konsentrasjoner under kvantifiseringsgrensen, mot 54 % av fisken i Norskehavet.

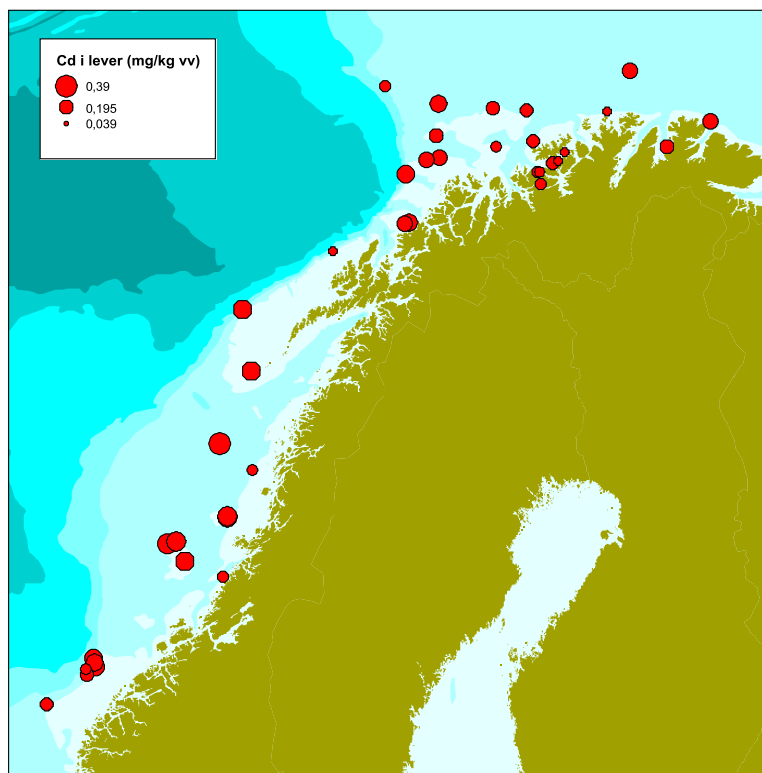
## Kadmium

Konsentrasjonen av kadmium i muskelprøver av sei var svært lav og varierte fra  $<0,002$  til 0,029 mg/kg vv (tabell 6) med en medianverdi på  $<0,002$  mg/kg vv som er kvantifiseringsgrensen for metoden. Av de 956 fiskene som ble analysert hadde 597 fisk konsentrasjoner som var lavere enn kvantifiseringsgrensen, og det var kun 18 fisk som hadde konsentrasjoner av kadmium høyere enn 0,01 mg/kg vv. Ingen fisk hadde konsentrasjoner av kadmium i filet over 0,05 mg/kg vv som er EUs og Norges øvre grenseverdi for kadmium i filet fra de fleste fiskearter (EU, 2006).

Lave nivåer av kadmium i fiskemuskel er nå godt dokumentert for mange fiskearter fra norske farvann. Basisundersøkelsene for blåkveite og torsk viste at nivået av kadmium i muskelprøver også fra disse artene lå lavere enn kvantifiseringsgrensen i de fleste eller alle enkeltfisk (Nilsen m.fl., 2010, Julshamn m.fl., 2012b). Nivået i NVG-sild, makrell og nordsjøsild var litt høyere, men fremdeles lavt, med gjennomsnittsverdier på henholdsvis 0,010, 0,016 og 0,008 mg/kg vv (Frantzen m.fl. 2009 og 2010, Duinker m.fl., 2012).

Konsentrasjonen av kadmium i lever av sei var mye høyere enn i muskel og varierte mellom 0,013 og 1,8 mg/kg vv med et gjennomsnitt på 0,20 mg/kg vv (tabell 6). Dette var noe høyere enn gjennomsnittlig kadmiuminnhold funnet i torskelever i basisundersøkelsen for torsk (0,11 mg/kg vv), selv om de to undergruppene Nordøstarktisk torsk og skrei hadde gjennomsnittskonsentrasjoner på omtrent samme nivå som sei (Julshamn m.fl., 2012b). Det er ikke fastsatt noen øvre grenseverdi for kadmium i fiskelever.

Gjennomsnittlig kadmiumkonsentrasjon i lever varierte mellom posisjonene som vist i figur 6. De høyeste gjennomsnittskonsentrasjonene, 0,31-0,39 mg/ml vv, ble funnet på åtte posisjoner i Norskehavet i området fra Haltenbanken til Lofoten (posisjon 8-12 og 14-16). Tre posisjoner lenger sør utenfor Møre og tre posisjoner lenger nord i områder utenfor Troms og Vest-Finnmark hadde gjennomsnittskonsentrasjoner over 0,25 mg/kg vv. I basisundersøkelsen for torsk ble det observert at kadmiumkonsentrasjonen i torskelever synes å øke fra sør mot nord gjennom utbredelsesområdet (Julshamn m.fl., 2012b). En slik trend ble ikke observert for sei (figur 6).



**Figur 6. Gjennomsnittlig konsentrasjon av kadmium (mg/kg vv) i lever fra sei fanget på 39 ulike posisjoner i Norskehavet og Barentshavet. Størrelsen på sirklene viser gjennomsnittskonsentrasjon for hver posisjon i forhold til målestokken som er oppgitt i figuren.**

Kadmiumkonsentrasjonen i seilever var i gjennomsnitt høyere i Norskehavet enn i Barentshavet (tabell 9). Denne forskjellen, som var statistisk signifikant, kan trolig i stor grad forklares ved forskjeller i alder, størrelse og fettinnhold i lever for fisken fra de to havområdene. Det var en signifikant positiv sammenheng mellom kadmiumkonsentrasjon i seilever og alder ( $r = 0,48$ ,  $p < 0,001$ ), en svakere sammenheng med lengde ( $r = 0,26$ ,  $p < 0,001$ ) og vekt ( $r = 0,20$ ,  $p < 0,001$ ) og en signifikant negativ sammenheng med fettinnhold i lever ( $r = -0,37$ ,  $p < 0,001$ ) for sei i denne undersøkelsen. Siden sei fanget i Norskehavet var gjennomsnittlig både eldre og større og hadde lavere fettinnhold i lever enn fisk fanget i Barentshavet, vil alle disse faktorene bidra til at kadmiuminnholdet i seilever fra Norskehavet blir høyere enn i Barentshavet. Når vi korrigerte for forskjellene i disse faktorene ved å sammenligne fisk av samme alder og med samme fettinnhold i lever fra de to havområdene, viste resultatene at det var liten eller ingen forskjell i konsentrasjonen av kadmium i seilever mellom Norskehavet og Barentshavet (resultater ikke vist).

Fisken fra syv av de åtte posisjonene som hadde høyest gjennomsnittlig kadmiumkonsentrasjon i lever var også eldre og større enn fisk fra de fleste andre posisjonene, og fisken fra fem av disse posisjonene hadde i tillegg et relativt lavt fettinnhold, og samlet kan dette trolig forklare de høye konsentrasjonene av kadmium i lever på akkurat disse posisjonene. Den positive sammenheng mellom kadmiumkonsentrasjon og alder skyldes trolig kadmiums bioakkumulerende egenskaper.

**Tabell 9. Konsentrasjoner av kadmium i muskel og lever av sei fra Norskehavet og Barentshavet. Gjennomsnitt ± standardavvik (SD) samt medianverdier er oppgitt. Minimums- og maksimumsverdier er oppgitt i parentes.**

|                         | Norskehavet |                             |        | Barentshavet |                               |        |
|-------------------------|-------------|-----------------------------|--------|--------------|-------------------------------|--------|
|                         | N           | Gj.snitt ± SD<br>(Min-max)  | Median | N            | Gj.snitt ± SD<br>(Min-max)    | Median |
| <b>Kadmium i muskel</b> | 471         | -*<br>(<0,002- 0,029)       | <0,002 | 485          | -*<br>(<0,002- 0,015)         | <0,002 |
| <b>Kadmium i lever</b>  | 470         | 0,25 ± 0,19<br>(0,020- 1,8) | 0,20   | 484          | 0,17 ± 0,092<br>(0,013- 0,73) | 0,15   |

\*Gjennomsnitt er ikke beregnet siden mer enn halvparten av prøvene fra hvert havområde hadde konsentrasjoner av kadmium i muskel under LOQ (metodens kvantifiseringsgrense).

Kadmiumkonsentrasjonen i lever varierte med årstiden fisken var fanget og var høyest i sei fanget i 1. kvartal, deretter var det en gradvis nedgang gjennom 2. og 3. kvartal fulgt av en økning til 4. kvartal (resultatet ikke vist). Denne årstidsvariasjonen kan trolig for en stor del forklares ved forskjeller i fiskens alder, størrelse og fettinnhold i lever. Dette fordi alder og størrelse på fisken varierte mellom de ulike periodene slik at fisken fanget i 1. kvartal var størst og eldst, deretter var det en gradvis nedgang i alder og størrelse gjennom 2. og 3. kvartal fulgt av en økning i alder til 4. kvartal. Fettinnholdet i lever var samtidig høyest i 3. kvartal, og samlet kan alle disse faktorene trolig forklare mye av den årstidsvariasjonen vi observerer for kadmium i seilever i denne undersøkelsen.

## Bly

Konsentrasjonen av bly var svært lav i både muskel- og leverprøver av sei i denne undersøkelsen. Totalt 942 av 956 muskelprøver hadde konsentrasjoner av bly lavere enn 0,01 mg/kg vv (tabell 6) som er kvantifiseringsgrensen (LOQ) for metoden, og ingen fisk hadde konsentrasjoner av bly i muskel over 0,3 mg/kg vv som er EUs og Norges øvre grenseverdi for bly i fiskemuskel (EU, 2006). Blyinnholdet i lever var også svært lavt, men det var et noe høyere antall leverprøver enn muskelprøver som hadde konsentrasjoner over LOQ, og maksimumsverdien i lever var noe høyere enn i muskel (tabell 6).

Det var liten forskjell mellom blyverdier i sei fra Norskehavet og i sei fra Barentshavet, men antallet prøver med blykonsentrasjoner over LOQ var noe høyere i Norskehavet enn i Barentshavet og maksimumsverdiene både i muskel og lever var høyest i Norskehavet (tabell 10).

**Tabell 10. Konsentrasjoner av bly i muskel og lever av sei fra Norskehavet og Barentshavet. Medianverdier med minimums- og maksimumsverdier i parentes samt antall fisk med konsentrasjoner under kvantifiseringsgrensen (LOQ) er oppgitt.**

|                     | Norskehavet |                        |         | Barentshavet |                         |         |
|---------------------|-------------|------------------------|---------|--------------|-------------------------|---------|
|                     | N           | Median<br>(Min-max)    | Ant<LOQ | N            | Median<br>(Min-max)     | Ant<LOQ |
| <b>Bly i muskel</b> | 471         | <0,01<br>(<0,01- 0,15) | 459     | 485          | <0,01<br>(<0,01- 0,010) | 483     |
| <b>Bly i lever</b>  | 470         | <0,01<br>(<0,01- 0,39) | 416     | 484          | <0,01<br>(<0,01- 0,052) | 474     |

\*Gjennomsnitt er ikke beregnet siden de aller fleste prøvene hadde konsentrasjoner av bly under LOQ (metodens kvantifiseringsgrense).

Lave nivåer av bly i fiskemuskel er nå godt dokumentert for mange fiskearter fra norske farvann. Resultater fra tidligere basisundersøkelser har vist at både i NVG-sild, makrell, nordsjøsild, blåkveite og torsk var innholdet av bly i muskelprøver lavere enn kvantifiseringsgrensen i de aller fleste enkeltfisk (Frantzen m.fl., 2009, Frantzen m.fl., 2010, Duinker m.fl., 2012, Nilsen m.fl., 2010, Julshamn m.fl., 2012b). I torsk var også konsentrasjonen av bly i lever lavere enn kvantifiseringsgrensen for de aller fleste enkeltfisk (Julshamn m.fl., 2012b).

## *Innhold av organiske fremmedstoffer*

Av de organiske fremmedstoffene ble det i denne basisundersøkelsen analysert for dioksiner og furaner (polyklorerte dibenzo-p-dioksiner/dibenzofuraner, PCDD/PCDF), dioksinlignende PCB, (non-orto og mono-orto PCB, dl-PCB), ikke-dioksinlignende PCB (polyklorerte bifenyler, PCB<sub>6</sub>) og polybromerte difenyletere (PBDE<sub>7</sub>). Disse er alle fettløselige forbindelser og i mager fisk som sei, har vi sett at disse fremmedstoffene akkumuleres i den fettrike leveren, og kun i ytterst liten grad i muskel. Det var derfor kun leverprøver av sei som ble analysert for organiske fremmedstoffer. Antall prøver, gjennomsnitt, standardavvik (SD) og minste og største verdi for summene av de ulike stoffgruppene er vist i tabellene 11-13.

EU har fastsatt maksimumsverdier i forhold til mattrygghet for summen av dioksiner og dioksinlignende PCB (sum PCDD/F+dl-PCB) og summen av ikke-dioksinlignende PCB (PCB<sub>6</sub>) i fiskelever. Maksimumsverdiene i fiskelever er satt til 20 ng TE/kg vv (beregnet med WHO-TEF-2005) for sum PCDD/PCDF+dl-PCB og til 200 µg/kg vv for sum PCB<sub>6</sub>. For summen av dioksiner og furaner (sum PCDD/F) er det fastsatt en maksimumsverdi for fiskemuskel, men ikke for fiskelever. For sum PBDE<sub>7</sub> har EU foreløpig ikke satt maksimumsverdier verken i muskel eller lever av fisk.

## *Dioksiner, furaner og dioksinlignende PCB*

Konsentrasjonen av sum mono-orto PCB, sum non-orto PCB, sum PCDD/F og sum PCDD/F+dl-PCB i 955 analyserte prøver av seilever er oppsummert i tabell 11.

Konsentrasjonen av sum PCDD/F+dl-PCB i seilever varierte fra 2,9 til 110 ng TE/kg vv, med et gjennomsnitt på 11,9 ng TE/kg vv. Dette stemmer godt overens med data rapportert i Sjømatdata for 34 fisk fanget i 2006 der konsentrasjonen i lever varierte mellom 5,1 og 26 ng TE/kg vv med et gjennomsnitt på 12,8 ng TE/kg vv ([www.nifes.no/sjomatdata](http://www.nifes.no/sjomatdata)). Det var konsentrasjonen av sum non-orto PCB som bidro mest til sum PCDD/F+dl-PCB med et gjennomsnitt på 8,2 ng TE/kg vv, mens sum mono-orto PCB bidro minst med en gjennomsnittlig konsentrasjon på 0,63 ng TE/kg vv (tabell 11, figur 4). Konsentrasjonen av sum PCDD/F varierte mellom 1,1 og 12 ng TE/kg vv med et gjennomsnitt på 3,1 ng TE/kg vv. Totalt 98 av de 955 analyserte seileverprøvene (10 %) hadde konsentrasjoner av sum PCDD/F+dl-PCB over 20 ng TE/kg vv som er EUs og Norges øvre grenseverdi for disse stoffene i fiskelever. De to høyeste konsentrasjonene i enkeltfisk ble funnet i en sei fra en posisjon utenfor Senja i Troms (99 ng TE/kg vv) og en sei fra en posisjon i åpent hav vest i Barentshavet (110 ng TE/kg vv).

Gjennomsnittlig konsentrasjon av sum PCDD/F+dl-PCB i lever fra sei i denne undersøkelsen var betydelig lavere enn gjennomsnittsverdien funnet i torskelever i basisundersøkelsen for torsk (21,3 ng TE/kg vv, Julshamn m.fl., 2012). I basisundersøkelsen for torsk ble det også funnet en mye høyere prosentandel av fisken (40 %) som hadde konsentrasjoner over maksimumsgrensen for sum PCDD/F+dl-PCB. Konsentrasjonen i lever for undergruppen nordøstarktisk torsk var noe lavere (14,2 ng TE/kg vv) enn for hele torskematerialet samlet og prosentandelen fisk som oversteg grenseverdien i denne undergruppen var 21 %, men også disse verdiene er høyere enn de verdiene vi fant for seilever i denne studien. Konsentrasjonene av sum PCDD/F+dl-PCB i både torskelever og seilever var klart høyere enn gjennomsnittskonsentrasjoner funnet i muskelprøver fra fet fisk i tidligere basisundersøkelser, slik som NVG-sild (0,77 ng TE/kg vv), makrell (1,0 ng TE/kg vv) og blåkveite (5,4 ng TE /kg vv) (Frantzen m.fl., 2009, Frantzen m.fl., 2010, Nilsen m.fl., 2010).

**Tabell 11. Oppsummering av resultater for sum dioksiner og furaner (PCDD/F), sum mono-orto PCB, sum non-orto PCB, samt summen av PCDD/F og dioksinlignende PCB (PCDD/PCDF+dl-PCB) i leverprøver av sei fra Barentshavet og Norskehavet. Alle resultater er gitt i ng TE<sub>WHO-TEF-2005</sub>/kg vv. Gjennomsnitt ± standardavvik (SD) er oppgitt med minste og største verdi angitt i parentes. Antall prøver med verdier over EUs og Norges maksimumsgrense for sum PCDD/F+dl-PCB i fiskelever er angitt i egen kolonne.**

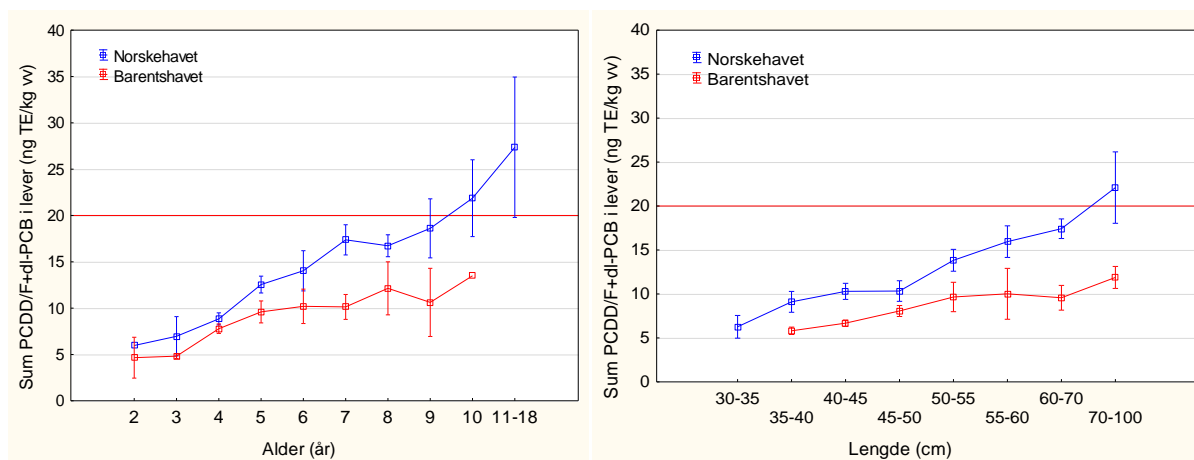
|   | Sum<br>PCDD/F        | Sum mono-<br>orto PCB   | Sum non-<br>orto PCB | Sum<br>PCDD/F+dl-PCB  | Ant. fisk (%) over<br>maks.grense for sum<br>PCDD/F+dl-PCB |
|---|----------------------|-------------------------|----------------------|-----------------------|--|
| <b>Sei fra<br/>Barentshavet<br/>(N=484)</b> | 2,4±0,9<br>(1,0-8,8) | 0,49±0,83<br>(0,12-9,1) | 6,3±8,2<br>(1,4-90)  | 9,2±9,6<br>(2,9-110)  | 17 (3,5 %)   |
| <b>Sei fra<br/>Norskehavet<br/>(N=471)</b>  | 3,8±1,6<br>(1,1-12)  | 0,78±0,50<br>(0,13-7,1) | 10,2±6,5<br>(1,8-86) | 14,7±8,0<br>(3,8-99)  | 81 (17 %)  |
| <b>Totalt, all sei<br/>(N=955)</b>          | 3,1±1,5<br>(1,0-12)  | 0,63±0,70<br>(0,12-9,1) | 8,2±7,7<br>(1,4-90)  | 11,9±9,3<br>(2,9-110) | 98 (10 %)  |

Sammenligning av de to havområdene der det ble tatt prøver av sei i denne basisundersøkelsen viste at gjennomsnittskonsentrasjonen av sum PCDD/F+dl-PCB var betydelig høyere i sei fra Norskehavet (14,7 ng TE/kg vv) enn i sei fra Barentshavet (9,2 ng TE/kg vv). Dette gjenspeilte seg også i at en høyere andel av seien i Norskehavet enn i Barentshavet hadde konsentrasjoner av sum PCDD/F+dl-PCB over maksimumsgrensen på 20 ng TE/kg vv. Totalt 17 % av sei fra Norskehavet hadde konsentrasjoner over maksimumsverdien mot bare 3,5 % av seien fra Barentshavet. Også gjennomsnittskonsentrasjonene av sum PCDD/F, sum mono-orto PCB og non-orto PCB var høyere i Norskehavet enn i Barentshavet (tabell 11).



Høyere konsentrasjoner av dioksiner og dioksinlignende PCB i lever av sei fra Norskehavet enn fra Barentshavet kan til dels forklares ved forskjeller i fiskens alder og størrelse mellom de to havområdene, men dette er ikke hele forklaringen på forskjellen mellom havområdene.

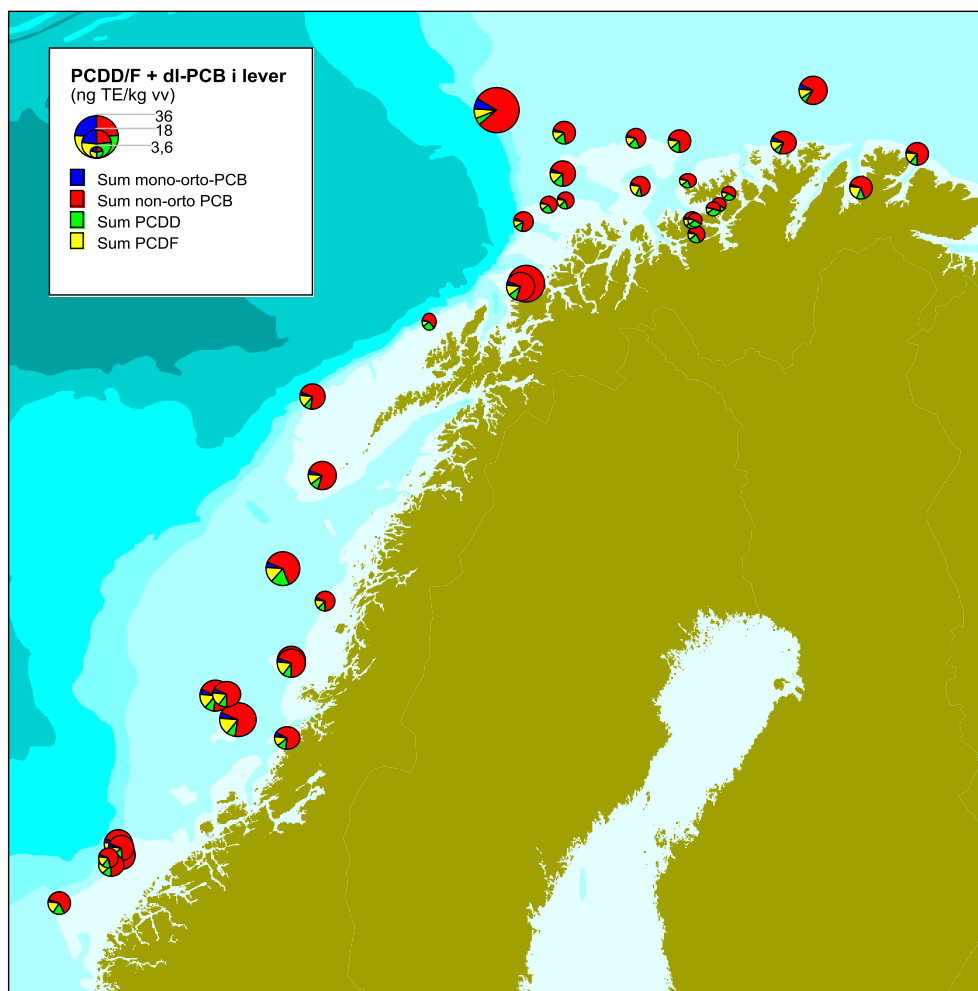
Korrelasjonsanalyse viste at det var en signifikant positiv sammenheng mellom konsentrasjonen av sum PCDD/F+dl-PCB i lever og fiskens alder ( $r = 0,69$ ,  $p < 0,001$ ), lengde ( $r = 0,46$ ,  $p < 0,001$ ) og vekt ( $r = 0,41$ ,  $p < 0,001$ ), og en svært svak negativ sammenheng med fettinnhold i lever ( $r = -0,18$ ,  $p < 0,001$ ). Konsentrasjonen av sum PCDD/F+dl-PCB i lever øker altså med økende alder og størrelse, og siden sei fra Norskehavet i denne undersøkelsen i gjennomsnitt var både eldre og større enn fisken fanget i Barentshavet, vil disse faktorene samlet bidra til at vi observerer et høyere innhold av dioksiner og dioksinlignende PCB i seilever fra Norskehavet. Likevel ser vi, når vi sammenligner innholdet av sum PCDD/F+dl-PCB i ulike alders- og lengdegrupper mellom de to havområdene (figur 7) at for hver enkelt alders- og lengdegruppe er innholdet av sum PCDD/F+dl-PCB i lever høyere i Norskehavet enn i Barentshavet. Det er altså flere faktorer enn fiskens alder og størrelse som fører til at nivået av dioksiner og dioksinlignende PCB i seilever er høyere i Norskehavet enn i Barentshavet.



**Figur 7. Konsentrasjon av sum dioksiner og dioksinlignende PCB (Sum PCDD/F+dl-PCB) (ng TE/kg vv) i lever i ulike alders- (venstre) og lengdegrupper (høyre) av sei fanget i Norskehavet og Barentshavet. Resultatene er vist som gjennomsnitt ± 95 % konfidensintervall for hver alders- og lengdegruppe. Fisk fra posisjon 25 i Barentshavet som hadde høye konsentrasjoner av sum PCDD/F+dl-PCB manglet aldersdata og er heller ikke inkludert i tallmaterialet for lengde i figuren. Rød vannrett linje viser EUs og Norges maksimumsgrense for sum PCDD/F+dl-PCB i fiskelever på 20 ng TE/kg våtvekt.**

Den største og eldste fisken hadde altså de høyeste konsentrasjonene av sum dioksiner og dioksinlignende PCB. Fisk fra Norskehavet som var eldre enn 9 år eller lenger enn 70 cm hadde en gjennomsnittlig konsentrasjon av sum dioksiner og dioksinlignende PCB i lever som var høyere enn maksimumsgrensen på 20 ng TE/kg vv (figur 7). Totalt 58 % av fisken over 9 år, 45 % av fisken over

70 cm og 38 % av fisken over 4 kg fra Norskehavet hadde konsentrasjoner i lever over maksimumsgrensen, mens en mye lavere prosentandel, henholdsvis 11 %, 13 % og 15 %, av fisken fra Norskehavet *under* 9 år, 70 cm eller 4 kg hadde konsentrasjoner over denne grenseverdien.



**Figur 8.** Kart som viser gjennomsnittlig konsentrasjon av sum PCDD/F+dl-PCB (ng TE/kg vv) i lever fra sei fanget på 39 ulike posisjoner i Norskehavet og Barentshavet. Størrelsen på sirklene viser gjennomsnittskonsentrasjon for hver posisjon i forhold til målestokken som er oppgitt i figuren. Kakestykkene med ulik farge innenfor hver sirkel angir hvor stor andel av summen de ulike delsummene sum mono-orto PCB, sum non-orto PCB, sum PCDD og sum PCDF utgjør.

Gjennomsnittskonsentrasjonen av sum PCDD/F+dl-PCB i seilever varierte mellom posisjonene som vist i figur 8. Totalt fire enkeltposisjoner hadde gjennomsnittskonsentrasjoner over EUs og Norges øvre grenseverdi på 20 ng TE/kg vv. Dette var én posisjon i åpent hav vest i Barentshavet (posisjon 25, 36 ng TE/kg) og tre posisjoner i Norskehavet: én utenfor Senja i Troms (posisjon 19, 27 ng TE/kg vv), én på Trænabanken utenfor Nordland (posisjon 14, 22 ng TE/kg vv) og én på Haltenbanken utenfor Trøndelag (posisjon 8, 24 ng TE/kg vv). De høye konsentrasjonene av sum dioksiner og

dioksinlignende PCB på de tre posisjonene i Norskehavet kan trolig for en stor del forklares ved at sei fra disse posisjonene var større og eldre enn fisken fra de fleste andre posisjonene, men dette gjaldt ikke posisjon 25 vest i Barentshavet som hadde den høyeste gjennomsnittskonsentrasjonen. Aldersdata mangler for fisken fra denne posisjonen, men lengde og vekt for fisken her lå svært nær gjennomsnittet for alle posisjonene og fisken var således ikke spesielt stor. For sei fra denne posisjonen må det være andre faktorer enn fiskens størrelse som har ført til de høye konsentrasjonene av sum dioksiner og dioksinlignende PCB i lever.

Konsentrasjonen av sum dioksiner og dioksinlignende PCB i lever varierte med årstiden fisken var fanget og var høyest i sei fanget i 1. kvartal, deretter var det en gradvis nedgang gjennom 2. og 3. kvartal fulgt av en økning til 4. kvartal (resultater ikke vist). Dette er det samme mønsteret vi så for kvikksølv i filet og kadmium i lever i denne undersøkelsen og på samme måte som for disse forbindelsene kan årstidsvariasjonen for sum dioksiner og dioksinlignende PCB trolig for en stor del forklares ved forskjeller i alder og størrelse mellom fisken fanget til de ulike tidene av året.

## PCB<sub>6</sub>

Konsentrasjonen av sum PCB<sub>6</sub> og sum PCB<sub>7</sub> i 954 analyserte prøver av seilever er oppsummert i tabell 12. Sum PCB<sub>6</sub> er summen av de seks ikke-dioksinlignende PCBene PCB-28, 52, 101, 138, 153 og 180, og fra 1. januar 2012 er det i EU fastsatt en maksimumsgrense for sum PCB<sub>6</sub> i fiskelever på 200 µg/kg vv. Det er ikke fastsatt noen slik øvre grenseverdi for sum PCB<sub>7</sub> (som inkluderer den dioksinlignende PCB-118 i tillegg til sum PCB<sub>6</sub>), men konsentrasjonen av sum PCB<sub>7</sub> er likevel av interesse for sammenligning med tidligere data da det er sum PCB<sub>7</sub> som tidligere har vært analysert og rapportert blant annet i Sjømatdata.

Konsentrasjonen av sum PCB<sub>7</sub> varierte fra 17 til 1380 µg/kg vv, med et gjennomsnitt på 100 µg/kg vv (tabell 12). Konsentrasjonen varierte mellom havområdene og var lavest i Barentshavet der gjennomsnittlig konsentrasjon var 72 µg/kg vv mot 130 µg/kg vv i seilever fra Norskehavet (tabell 12). Nivået i seilever fra Barentshavet stemmer godt overens med tidligere resultater for seilever fra 2006 rapportert i Sjømatdata ([www.nifes.no/sjomatdata](http://www.nifes.no/sjomatdata)) der det ble funnet et gjennomsnitt på 66 µg/kg vv.

Konsentrasjonen av sum PCB<sub>6</sub> i seilever varierte fra 14 til 1230 µg/kg vv, med et gjennomsnitt på 90 µg/kg vv. Det var konsentrasjonen av PCB-138 og PCB 153- som bidro mest til summen med et gjennomsnitt på henholdsvis 28 og 31 µg/kg vv, etterfulgt av PCB-101 med et gjennomsnitt på 15

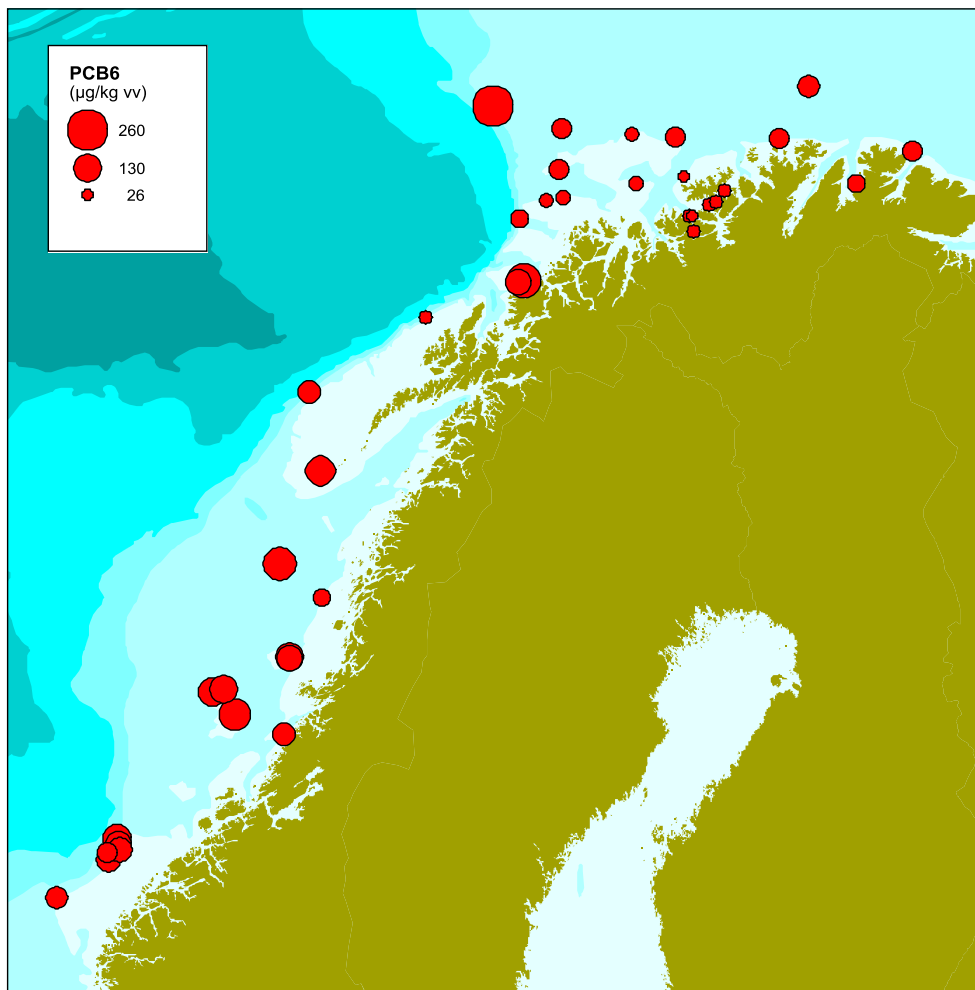
$\mu\text{g}/\text{kg}$  vv. Totalt 51 av de 954 analyserte seileverprøvene (5,3 %) hadde konsentrasjoner av sum  $\text{PCB}_6$  over 200  $\mu\text{g}/\text{kg}$  vv som er EUs øvre grenseverdi for fiskelever.

Gjennomsnittlig konsentrasjon av sum  $\text{PCB}_6$  i lever fra sei i denne undersøkelsen var betydelig lavere enn gjennomsnittsverdien funnet i torskelever i basisundersøkelsen for torsk (165  $\mu\text{g}/\text{kg}$  vv, Julshamn m.fl., 2012). For undergruppen nordøstarktisk torsk var imidlertid nivået av sum  $\text{PCB}_6$  i lever 93  $\mu\text{g}/\text{kg}$  som er svært likt nivået i seilever i denne undersøkelsen. Også prosentandelen fisk som oversteg maksimumsgrensen for sum  $\text{PCB}_6$  i lever var på samme nivå for nordøstarktisk torsk i basisundersøkelse torsk (6-7 %) og for sei i denne studien.

**Tabell 12. Oppsummering av resultater for sum  $\text{PCB}_6$  og sum  $\text{PCB}_7$  i leverprøver av sei fra Barentshavet og Norskehavet. Gjennomsnitt  $\pm$  standardavvik (SD) er oppgitt med minste og største verdi angitt i parentes. Antall prøver med verdier over 200  $\mu\text{g}/\text{kg}$  vv som er EUs maksimumsgrense for sum  $\text{PCB}_6$  i fiskelever er angitt i egen kolonne.**

|                             | Antall fisk<br>(N) | Sum $\text{PCB}_7$     | Sum $\text{PCB}_6$     | Ant. fisk (%) over<br>maks.grense for sum $\text{PCB}_6$ |
|-----------------------------|--------------------|------------------------|------------------------|--|
| <b>Sei fra Barentshavet</b> | 483                | 72 $\pm$ 86 (17-900)   | 62 $\pm$ 69 (14-710)   | 15 (3,1 %)   |
| <b>Sei fra Norskehavet</b>  | 471                | 130 $\pm$ 90 (20-1380) | 120 $\pm$ 80 (17-1230) | 36 (7,6 %)   |
| <b>Totalt, all sei</b>      | 954                | 100 $\pm$ 93 (17-1380) | 90 $\pm$ 80 (14-1230)  | 51 (5,3 %)   |

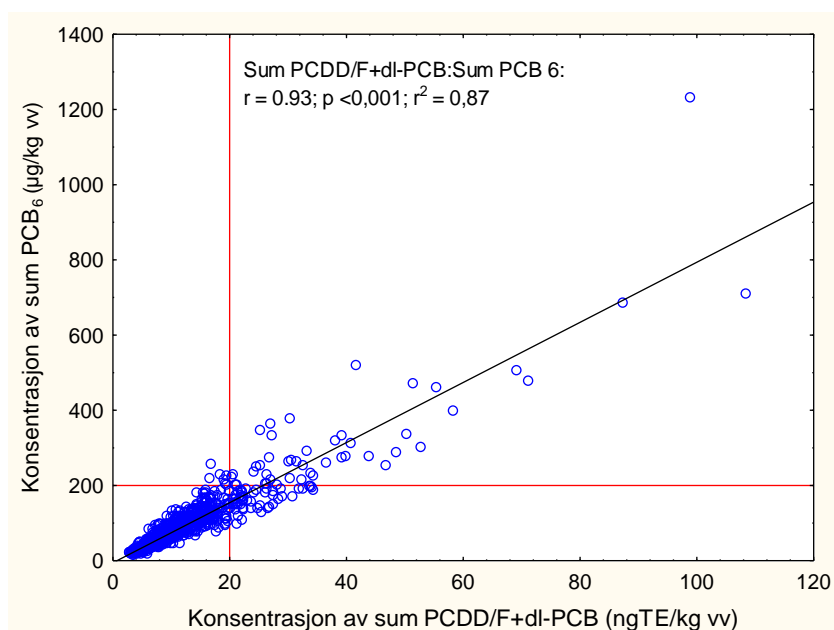
Gjennomsnittskonsentrasjonen av sum  $\text{PCB}_6$  var betydelig høyere i sei fra Norskehavet (120  $\mu\text{g}/\text{kg}$  vv) enn i sei fra Barentshavet (62  $\mu\text{g}/\text{kg}$  vv), noe som også ble reflektert i at en mye høyere andel av seien i Norskehavet enn i Barentshavet hadde konsentrasjoner av sum  $\text{PCB}_6$  over maksimumsgrensen på 200  $\mu\text{g}/\text{kg}$  vv (tabell 12). På samme måte som for sum PCDD/F+dl- PCB kan forskjellen i  $\text{PCB}_6$ -konsentrasjonen mellom havområdene til dels forklares ved forskjeller i fiskens alder, størrelse og fettinnhold i lever, men dette er ikke hele forklaringen på forskjellen mellom havområdene. Det ble funnet en signifikant positiv sammenheng med fiskens alder ( $r = 0,63$ ,  $p < 0,001$ ), lengde ( $r = 0,44$ ,  $p < 0,001$ ) og vekt ( $r = 0,39$ ,  $p < 0,001$ ) og en veldig svak negativ sammenheng med fettinnhold i lever ( $r = -0,18$ ,  $p < 0,001$ ), og disse faktorene vil samlet bidra til et høyere innhold av  $\text{PCB}_6$  i seilever fra Norskehavet siden fisken herfra var større og eldre enn fisken fanget i Barentshavet. Men når vi korrigerer for forskjellene i disse faktorene ved å sammenligne fisk av samme alder og størrelse fra de to havområdene så vi at for alle alders- og lengdegrupper var innholdet av sum  $\text{PCB}_6$  i lever høyere i Norskehavet enn i Barentshavet (resultater ikke vist). Det er altså også for  $\text{PCB}_6$  flere faktorer enn fiskens alder og størrelse som fører til at nivået i seilever er høyere i Norskehavet enn i Barentshavet.



**Figur 9. Gjennomsnittlig konsentrasjon av sum PCB<sub>6</sub> (µg/kg vv) i lever fra sei fanget på 39 ulike posisjoner i Norskehavet og Barentshavet. Størrelsen på sirklene viser gjennomsnittskonsentrasjon for hver posisjon i forhold til målestokken som er oppgitt i figuren.**

Gjennomsnittskonsentrasjonen av sum PCB<sub>6</sub> i seilever varierte mellom posisjonene som vist i figur 9. To enkeltposisjoner hadde gjennomsnittskonsentrasjoner av sum PCB<sub>6</sub> over EUs øvre grenseverdi på 200 µg/kg vv, én posisjon i åpent hav vest i Barentshavet (posisjon 25, 260 µg/kg vv) og én posisjon i Norskehavet utenfor Senja i Troms (posisjon 19, 204 µg/kg vv). Dette var de samme posisjonene som også hadde de høyeste gjennomsnittskonsentrasjonene av sum dioksiner og dioksinlignende PCB, klart over grenseverdien også for disse stoffene (se figur 8). To andre posisjoner som oversteg grenseverdien for summen av dioksiner og dioksinlignende PCB (posisjon 14 og 8, se figur 8) hadde også høye verdier for sum PCB<sub>6</sub>, men verdiene på disse posisjonene (180 og 160 µg/kg vv) var ikke over grenseverdien for sum PCB<sub>6</sub>.

Det var en svært god korrelasjon mellom konsentrasjonen av sum PCB<sub>6</sub> og konsentrasjonen av sum dioksiner og dioksinlignende PCB i seilever i denne undersøkelsen (figur 10), og 45 av de 51 leverprøvene fra enkeltfisk som oversteg grenseverdien for sum PCB<sub>6</sub> oversteg samtidig grenseverdien for sum dioksiner og dioksinlignende PCB. Det var imidlertid langt flere prøver fra enkeltfisk som oversteg grenseverdien for sum dioksiner og dioksinlignende PCB, og av de 98 prøvene som hadde konsentrasjoner av dioksiner og dioksinlignende PCB over grenseverdien på 20 ng TE/kg vv, var det 53 prøver som ikke samtidig oversteg grenseverdien for PCB<sub>6</sub> på 200 µg/kg vv (figur 10).



**Figur 10. Korrelasjon mellom konsentrasjon av sum PCB<sub>6</sub> og konsentrasjon av sum dioksiner og dioksinlignende PCB (sum PCDD/F+dl-PCB). Røde linjer viser EUs og Norges øvre grenseverdi for sum PCB<sub>6</sub> på 200 µg/kg vv og for sum PCDD/F+dl-PCB på 20 ng TE/kg vv.**

Konsentrasjonen av sum PCB<sub>6</sub> varierte med årstiden fisken var fanget i på tilsvarende måte som for dioksiner og dioksinlignende PCB, med høyest konsentrasjon i 1. kvartal, en gradvis nedgang gjennom 2. og 3. kvartal etterfulgt av en økning til 4. kvartal (resultater ikke vist). Også for PCB<sub>6</sub> kan denne årstidsvariasjonen trolig for en stor del forklares ved forskjeller i alder, størrelse og fettinnhold i lever mellom fisken fanget til de ulike tidene av året.

## PBDE<sub>7</sub>

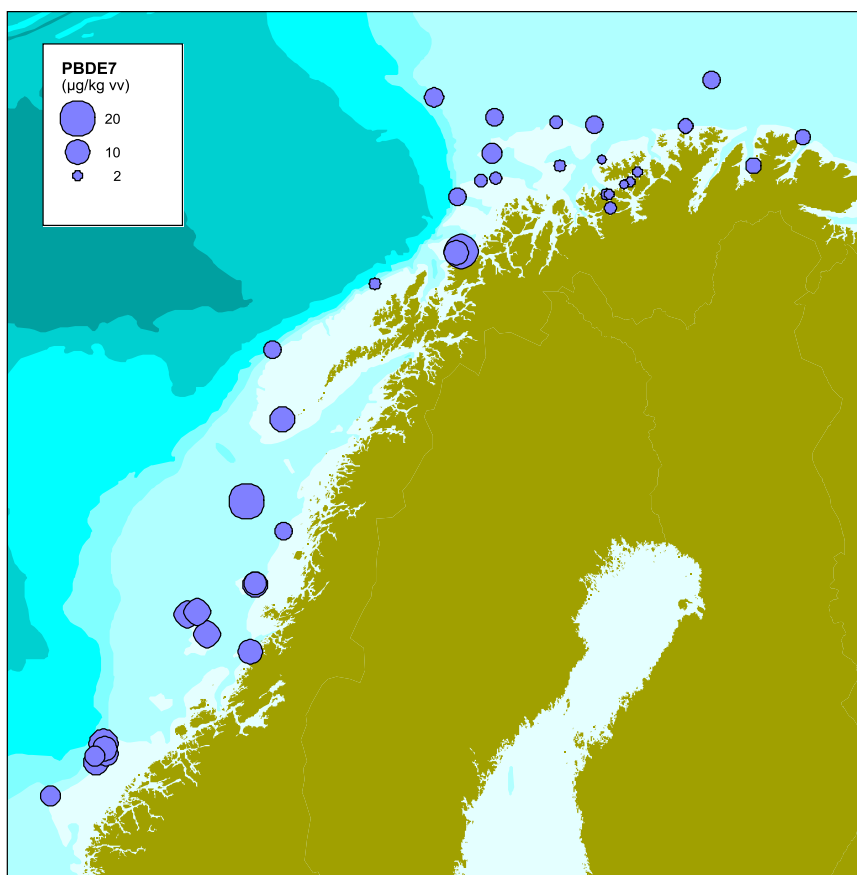
Konsentrasjonen av sum PBDE<sub>7</sub> i leverprøver fra 955 sei varierte fra 0,91 til 120 µg/kg vv, med et gjennomsnitt på 6,9 µg/kg vv (tabell 13). Dette er mye lavere enn tidligere resultater for seilever fra 2006 rapportert i Sjømatdata ([www.nifes.no/sjomatdata](http://www.nifes.no/sjomatdata)) der det ble funnet et gjennomsnitt på 30 µg/kg vv med en variasjon fra 14 til 54 µg/kg vv i enkeltfisk. Resultatene i Sjømatdata er imidlertid basert på få data, kun 20 fisk ble analysert i 2006. Ved sammenligning av verdiene for PBDE<sub>7</sub> i seilever med tilsvarende verdier for torskelever viste basisundersøkelsen for torsk et noe høyere gjennomsnitt når hele datamaterialet ble sett under ett (10,1 µg/kg vv), men for undergruppen nordøstarktisk torsk var nivået av PBDE<sub>7</sub> i lever 4,4 µg/kg vv (Julshamn m.fl., 2012b), svært likt nivået som ble funnet i seilever fra Barentshavet i denne undersøkelsen (tabell 13).

**Tabell 13. Oppsummering av resultater for sum PCB<sub>6</sub> og sum PCB<sub>7</sub> i leverprøver av sei fra Barentshavet og Norskehavet. Gjennomsnitt ± standardavvik (SD) er oppgitt med minste og største verdi angitt i parentes. Antall prøver med verdier over EUs og Norges maksimumsgrense for sum PCB<sub>6</sub> i fiskelever er angitt i egen kolonne.**

|                        | Antall fisk (N) | Sum PBDE <sub>7</sub> |
|------------------------|-----------------|-----------------------|
| Sei fra Barentshavet   | 484             | 3,8 ± 2,4 (0,91-25)   |
| Sei fra Norskehavet    | 471             | 10,2 ± 7,6 (1,5-120)  |
| <b>Totalt, all sei</b> | 955             | 6,9 ± 6,5 (0,91-120)  |

Gjennomsnittskonsentrasjonen av sum PBDE<sub>7</sub> var betydelig høyere i sei fra Norskehavet (10,2 µg/kg vv) enn i sei fra Barentshavet (3,8 µg/kg vv) (tabell 13). På samme måte som for sum PCDD/F+dl-PCB og sum PCB<sub>6</sub> kan forskjellen i PBDE<sub>7</sub>-konsentrasjonen mellom havområdene til dels forklares ved forskjeller i fiskens alder, størrelse og fettinnhold i lever, men dette er ikke hele forklaringen. Også for sum PBDE<sub>7</sub> ble det funnet en signifikant positiv sammenheng med fiskens alder ( $r = 0,63$ ,  $p < 0,001$ ), lengde ( $r = 0,47$ ,  $p < 0,001$ ) og vekt ( $r = 0,43$ ,  $p < 0,001$ ) og en svært svak negativ sammenheng med fettinnhold i lever ( $r = -0,18$ ,  $p < 0,001$ ), som samlet bidrar til et høyere innhold av PBDE<sub>7</sub> i seilever fra Norskehavet siden sei fra Norskehavet i gjennomsnitt var både eldre og større og hadde et lavere fettinnhold enn fisken fanget i Barentshavet. Når vi korrejerer for disse faktorene ved å sammenligne fisk av samme alder og størrelse fra de to havområdene ser vi imidlertid at på samme måte som for dioksiner og dioksinlignende PCB og PCB<sub>6</sub> er nivået av PBDE<sub>7</sub> i seilever høyere i Norskehavet enn i Barentshavet også uavhengig av disse faktorene (resultater ikke vist).

Gjennomsnittskonsentrasjonen av sum PBDE<sub>7</sub> i seilever varierte mellom posisjonene som vist i figur 11. Variasjonen mellom posisjonene fulgte i all hovedsak samme mønster som for sum PCDD/F+dl-PCB og sum PCB<sub>6</sub>, og de høyeste gjennomsnittskonsentrasjonene av sum PBDE<sub>7</sub> ble funnet på én posisjon ved Trænabanken (posisjon 14, 19,8 µg/kg vv) og én utenfor Senja i Troms (posisjon 19, 18,0 µg/kg vv) som også hadde svært høye konsentrasjoner både av sum PCDD/F+ dl-PCB og sum PCB<sub>6</sub> (figur 8 og 9). Posisjon 25 i åpent hav vest i Barentshavet skilte seg imidlertid ut ved at denne posisjonen, som hadde høyest gjennomsnittskonsentrasjon av alle posisjonene både for sum PCDD/F+dl-PCB og sum PCB<sub>6</sub>, hadde en relativt lav konsentrasjon av sum PBDE<sub>7</sub> i seilever på 6,8 µg/kg vv, nær gjennomsnittet for alle posisjonene. Som nevnt under avsnittet for dioksiner og dioksinlignende PCB over var fisken fra posisjon 25 ikke spesielt stor, og det kan derfor se ut som om det er andre faktorer enn fiskens størrelse som har ført til de høye konsentrasjonene av sum PCDD/F+dl-PCB og sum PCB<sub>6</sub> i seilever fra denne posisjonen. Det er ikke klart hvilke faktorer som er årsak til de høye verdiene av sum PCDD/F+dl-PCB og sum PCB<sub>6</sub> i fisk fra denne posisjonen, men resultatene viser at de ikke har ført til tilsvarende høye verdier for PBDE<sub>7</sub>.



**Figur 11. Gjennomsnittlig konsentrasjon av sum PBDE<sub>7</sub> (µg/kg vv) i lever fra sei fanget på 39 ulike posisjoner i Norskehavet og Barentshavet. Størrelsen på sirklene viser gjennomsnittskonsentrasjon for hver posisjon i forhold til målestokken som er oppgitt i figuren.**



Konsentrasjonen av sum PBDE<sub>7</sub> varierte med årstiden fisken var fanget i på tilsvarende måte som for sum PCDD/F+dl-PCB og sum PCB<sub>6</sub>, og også for sum PBDE<sub>7</sub> kan denne årstidsvariasjonen trolig for en stor del forklares ved forskjeller i alder, størrelse og fettinnhold i lever mellom fisken fanget til de ulike tidene av året.

## KONKLUSJON

---

Nivået av fremmedstoffer i muskel fra nordøstarktisk sei var generelt lavt og på samme nivå som det som tidligere har vært målt i sei, samt det som har vært rapportert for NVG-sild, makrell og nordsjø-sild i andre basisundersøkelser. I forhold til nivåene i muskel fra torsk og blåkkeite, var nivået av arsen og kvikksølv lavere i muskel fra sei, mens nivåene av bly og kadmium lå på samme nivå i de tre artene. Innholdet av fremmedstoffer i muskel fra sei var klart lavere enn EUs og Norges maksimumsgrenser for fremmedstoffer i fiskemuskel der slike grenseverdier finnes (kadmium, kvikksølv og bly). Med unntak av én enkelt fisk som hadde en konsentrasjon av kvikksølv i muskel over grenseverdien på 0,5 mg/kg vv, var det ingen enkeltfisk som hadde konsentrasjoner av fremmedstoffer i muskel over grenseverdiene.

Nivået av fremmedstoffer i lever fra nordøstarktisk sei var høyere enn i muskel, og særlig nivået av de organiske miljøgiftene dioksiner og PCB var relativt høyt i forhold til de maksimumsgrenser som er fastsatt for disse forbindelsene, selv om nivået ikke var like høyt som det som er rapportert for torskelever i basisundersøkelsen for torsk. Henholdsvis 10 % og 5,3 % av seileverprøvene hadde konsentrasjoner av sum dioksiner og dioksinlignende PCB og sum PCB<sub>6</sub> over maksimumsgrensene for disse stoffene. Fire av totalt 39 posisjoner hadde gjennomsnittskonsentrasjoner over grenseverdien for sum dioksiner og dioksinlignende PCB, og to av disse posisjonene hadde også gjennomsnittskonsentrasjoner som oversteg grenseverdien for sum PCB<sub>6</sub>. De fire posisjonene med de høyeste konsentrasjonene av organiske miljøgifter i lever var fordelt over et stort område med tre posisjoner i Norskehavet fra Haltenbanken i sør til Senja utenfor Troms i nord, og én posisjon i åpent hav vest i Barentshavet.

Sei har vært av de arter der man har hatt problemer med å dokumentere innholdet av uønskede stoffer i et fornuftig volum også i konkrete situasjoner der parti har blitt stanset. Vi har nå takket være dette

prosjektet fått på plass en meget god dokumentasjon av tryggheten til denne arten i den nordlige delen av seiens utbredelsesområde, og er også i gang med tilsvarende arbeid på nordsjøsei.

## REFERANSER

---

- Duinker, A., Frantzen, S., Måge, A., Julshamn, K. (2012) Basisundersøkelse fremmedstoffer i Nordsjøsil ( *Clupea harengus*). NIFES-rapport. Bergen, NIFES: 26 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. 1881/2006 of 19 December 2006 setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs (Text with EEA relevance). Official Journal of the European Union. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:2006R1881:20120901:EN:PDF>
- 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.
- ICES (2012). Report of the Arctic Fisheries Working Group 2012 (AFWG), 20 - 26 April 2012, ICES Headquarters, Copenhagen. ICES CM 2012/ACOM:05. 633 s.
- Julshamn, K., Lundebye, E.-K., Heggstad, K., Berntssen, M.H.G., Boe, B. (2004). Norwegian monitoring programme on the inorganic and organic contaminants in fish caught in the Barents Sea, Norwegian Sea and North Sea, 1994-2001. Food Additives and Contaminants, 21, 365-376.
- Julshamn, K., Måge, A., Skaar Norli, H., Grobecker, K., Jorhem, L. and Fecher, P. (2007) Determination of arsenic, cadmium, mercury and lead by ICP-MS in foods after pressure digestion: NMKL Collaborative study. J AOAC International, 90, 844-856.
- Julshamn, K., Frantzen, S og Stig Valdersnes (2011). Årsrapport 2010 Fremmedstoffer i villfisk med vekt på uorganisk arsen, metylkvikksølv, bromerte flammehemmere og perfluorerte alkylstoffer. Rapport til Mattilsynet, NIFES, Bergen: 30 s.

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

Julshamn, K., Nilsen B., Duinker, A., Frantzen, S., Valdersnes, S., Måge, A. og Nedreaas, K. (2012b). Basisundersøkelse fremmedstoffer i torsk (*Gadus morhua*). NIFES-rapport. Bergen, NIFES: 27s.

Karl, H., Ruoff, U. (2008). Dioxins and dioxin-like PCBs in fish and fishery products on the German market. *J. Verbr. Lebensm.* 3, 19-27.

Mehl, S., Zuykova, N.V., Drevetnyak, K.V. (2011) 5.6. *Saithe* i: Jakobsen, T., Ozhigin, V.K. (Eds.) *The Barents Sea. Ecosystems, Resources, Management*. Tapir Academic Press, Trondheim, Norway.

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

Sandberg, P. (2012). Økonomiske og biologiske nøkkeltall frå dei norske fiskeria 2011. Fiskeridirektoratet: 42 s. <http://www.fiskeridir.no/fiskeridir/statistikk/fiskeri/noekkel tall>