



Basisundersøkelse av Fremmedstoffer i Blåkveite (*Reinhardtius hippoglossoides*)

Bente M. Nilsen, Sylvia Frantzen, Kjell
Nedreaas* og Kåre Julshamn

*Faggruppe Fiskeridynamikk, Havforskningsinstituttet

16. april 2010

Forord

Denne rapporten presenterer resultater fra den første basisundersøkelsen på fremmedstoffer i blåkveite (*Reinhardtius hippoglossoides*) fra norske havområder. Totalt 1288 prøver av blåkveite er samlet inn, opparbeidet og analysert for en rekke fremmedstoffer.

Undersøkelsen har vært ledet av Nasjonalt institutt for ernærings- og sjømatforskning (NIFES) og er gjort mulig med midler fra Mattilsynet, Fiskeri- og Havbruksnæringsens Forskningsfond, Fiskeri og kystdepartementet (FKD) og NIFES. Havforskningsinstituttet (HI) har stått for all innsamling av prøver ved hjelp av sine forskningsfartøyer og båter fra Referanseflåten, samt veiing, måling og kjønnsbestemmelse av fisken, under ledelse av Harald Senneset fra Faggruppe Fiskeridynamikk. Anne Sæverud fra Faggruppe Fiskeridynamikk har hatt ansvar for aldersbestemmelse av fisken.

Alle prøver har vært registrert og opparbeidet for analyse ved NIFES' prøvemottak av Anne Margrethe Aase, Vidar Fauskanger og Manfred Torsvik under ledelse av Eva Torgilstveit (til høsten 2007) og Elin Kronstad (fra høsten 2007). Bestemmelse av fettinnhold har vært utført ved NIFES' Laboratorium for næringsstoffer av Tina Constance Rossvold, Lene Vallestad og Elilta Hagos under ledelse av Annbjørg Bøkevoll. Bestemmelse av fremmedstoffer har vært utført ved NIFES' Laboratorium for fremmedstoffer under ledelse av Annette Bjordal. Jorun Haugsnes, Tonja Lill Eidsvik, Laila Sedal, Edel Erdal, Berit Solli og Siri Bargård har vært ansvarlig for metallbestemmelsene. Bestemmelse av uorganisk arsen ble utført av Joar Karsten Øygard. I forbindelse med bestemmelser av organiske miljøgifter har Kjersti Kolås i 2009 vært ansvarlig for planlegging og prøveflyt. Kari Breistein Sæle, Pablo Cortez, Kjersti Pisani, Elilta Hagos og Joseph Malaiamaan har vært ansvarlig for prøveoppbeidelse. Dagmar Nordgård, Lene Hop Johannessen og Ingjerd Hauvik har vært ansvarlig for bestemmelser knyttet til PCB₇. Tadesse Negash, Jannicke A. Berntsen og Karstein Heggstad har vært ansvarlig for bestemmelser av dioksiner, furaner, non-orto PCB og mono-orto PCB, og John Nielsen og Pablo Cortez har vært ansvarlig for bestemmelser av bromerte flammehemmere (PBDE).

Vi takker alle som har deltatt for en fantastisk innsats for å få gjennomført dette prosjektet.

NIFES, 16. april 2010

Innhold

Sammendrag	4
Innledning	6
Materiale og metoder	9
<i>Innsamling og opparbeiding av prøver</i>	9
<i>Analysemetoder</i>	11
Bestemmelse av totalt fettinnhold med etylacetat-metode (NIFES metode nr. 091)	11
Bestemmelse av metaller med ICPMS (NIFES metode nr. 197)	11
Bestemmelse av uorganisk arsen ved HPLC-ICPMS (NIFES metode nr. 261)	11
Bestemmelse av dioksiner, furaner, non-orto PCB og mono-orto PCB ved HRGC- HRMS	11
Bestemmelse av PCB ₇ med GC-MS	12
Bestemmelse av polybromerte flammehemmere (PBDE) ved GC-MS	13
<i>Statistisk analyse</i>	13
Resultater og diskusjon	15
<i>Fiskens størrelse, vekt, alder, kjønn og fettinnhold</i>	15
<i>Metaller og andre grunnstoffer</i>	18
<i>Organiske miljøgifter (POPs)</i>	26
<i>Mulige forklaringer på variasjoner i konsentrasjon av miljøgifter mellom ulike områder</i>	34
<i>Mattrygghet</i>	35
<i>Fremtidig overvåkning</i>	37
Konklusjoner	38
Referanser	39
Vedlegg	41
<i>Bearbeiding av resultater knyttet til håndtering i forhold til gjeldende regelverk.</i>	41

Sammendrag

Internasjonalt er det innført øvre grenseverdier for en rekke fremmedstoffer i fisk og annen sjømat, og det stilles stadig strengere krav til dokumentasjon på at fisk og annen sjømat ikke har et innhold av fremmedstoffer som overstiger disse grenseverdiene. Innholdet av fremmedstoffer varierer mellom arter og individer av villfanget fisk og er avhengig av ulike faktorer som for eksempel fiskens størrelse og alder, diett, lokalitet og årstid.

Blåkveite som er en viktig fiskeressurs i Norskehavet og Barentshavet, kan ha høyt fettinnhold og lang levetid og kan derfor være svært utsatt for å få forhøyede verdier av miljøgifter. Likevel var det før basisundersøkelsen som beskrives i denne rapporten bare et fåtall studier som hadde undersøkt innholdet av ulike miljøgifter i blåkveite, og resultatene fra disse viste at det var store mangler i vår viten om fremmedstoffsituasjonen i denne arten. Det var derfor behov for en grundig kartlegging, kalt basisundersøkelse, av innholdet av viktige fremmedstoffer i blåkveite fra alle deler av norske farvann. Basisundersøkelser er en forutsetning for fremtidige risikovurderinger på sjømatområdet og skal bidra til å utvikle et forsvarlig overvåkningssystem for den enkelte fiskeart.

I den foreliggende basisundersøkelsen er det samlet inn totalt 1288 prøver av blåkveite fra 27 ulike stasjoner innenfor store deler av havområdene der denne arten fiskes. Stasjonene er gruppert i fire geografiske områder; Sør for Lofoten, Lofoten til Tromsøflaket, Øst-Finnmark og Bjørnøya vest til Svalbard (se kart i figur 1, side 9). Filetprøver av blåkveitene er analysert for en rekke metaller (inkludert kvikksølv, kadmium, bly og arsen) og de organiske miljøgiftene polyklorerte bifenyler (PCB₇), dioksiner og dioksinlignende PCB og polybromerte flammehemmere (PBDE).

I denne rapporten er det analysert enkeltindivider av blåkveite (ikke samleprøver) og analyseresultatene er ikke justert for metodens måleusikkerhet slik EUs regelverk angir for vurdering opp mot EUs øvre grenseverdier. Verdiene blir lavere etter justering for måleusikkerhet.

Samlet sett viste resultatene potensielle utfordringer knyttet til innholdet av kvikksølv og innholdet av dioksiner og dioksinlignende PCB i blåkveite.

Før resultatene ble justert for måleusikkerhet ble det funnet at 7,7 % av blåkveiteprøvene hadde et innhold av kvikksølv som var høyere enn EUs øvre grenseverdi for kvikksølv på 0,5 mg/kg våtvekt. Kvikksølvkonsentrasjonen varierte ut fra hvilket område fisken ble fanget i, og blåkveite fanget i området Øst-Finnmark hadde den laveste gjennomsnittlige kvikksølvkonsentrasjonen. Ingen blåkveiter fra dette området hadde kvikksølvkonsentrasjoner over EUs øvre grenseverdi. Motsatt hadde blåkveite fra området Bjørnøya vest til Svalbard høyere gjennomsnittlig kvikksølvkonsentrasjon enn blåkveite fra alle de tre andre områdene, og 20 % av blåkveitene fra dette området hadde kvikksølvkonsentrasjoner over EUs øvre grenseverdi.

Noe av variasjonen i kvikksølvkonsentrasjon i blåkveite kunne forklares med variasjon i fiskens alder, størrelse og fettinnhold. Kvikksølvkonsentrasjonen økte med økende alder, lengde og vekt og avtok med økende fettinnhold.

Konsentrasjonene av de organiske miljøgiftene var høye i svært mange av blåkveiteprøvene, og 25 % av prøvene hadde konsentrasjoner av sum dioksiner og dioksinlignende PCB over EUs øvre grenseverdi på 8 ng TE/kg våtvekt.

Også konsentrasjonen av de organiske miljøgiftene varierte med området fisken var fanget i, og blåkveite fanget i Øst-Finnmark hadde den laveste gjennomsnittlige konsentrasjonen av sum dioksiner og dioksinlignende PCB. Kun én blåkveite fra dette området hadde en konsentrasjon av sum dioksiner og dioksinlignende PCB over EUs øvre grenseverdi. Motsatt var gjennomsnittlig konsentrasjon av sum dioksiner og dioksinlignende PCB i blåkveite fra området Sør for Lofoten signifikant høyere enn i alle de tre andre områdene, og 47 % av fisken fra dette området hadde konsentrasjoner av sum dioksiner og dioksinlignende PCB over EUs øvre grenseverdi.

I motsetning til resultatene for kvikksølvkonsentrasjonen kunne variasjon i konsentrasjonen av organiske miljøgifter i blåkveite ikke forklares ved variasjon i fiskens alder, lengde, vekt eller fettinnhold, og variasjonen kunne heller ikke forklares ved variasjon i årstid.

Siden inntak av for høye mengder av miljøgifter gjennom mat kan gi helseskade er det internasjonalt fastsatt trygge inntaksverdier, angitt som tolerabelt ukentlig inntak (TWI), for en rekke fremmedstoffer, inkludert kvikksølv og dioksiner og dioksinlignende PCB. Denne rapporten har vist at innholdet av kvikksølv og dioksiner og dioksinlignende PCB kan være høyt i blåkveite, og ved høyt konsum av blåkveite kan dette medføre en overskridelse av TWI. Imidlertid viser omsetningstall at det i gjennomsnitt er mindre enn 100 g blåkveite i året som er tilgjengelig per nordmann, og inntaket av kvikksølv og dioksiner og dioksinlignende PCB fra blåkveite vil derfor normalt ligge mye lavere enn TWI.

Blåkveite med høyere innhold av fremmedstoffer enn EUs øvre grenseverdier er ikke tillatt frambudt for salg, og EU har gitt detaljerte regler for hvordan partier av fisk skal prøvetas og analyseres for å kontrollere om innholdet av fremmedstoffer overskrider grenseverdien. I følge regelverket skal en eventuell overskridelse være utvilsom ("beyond reasonable doubt"), og ved vurderingen skal det derfor tas hensyn til analysemetodens måleusikkerhet.

I basisundersøkelsen for blåkveite er det analysert enkeltindivider av blåkveite (ikke samleprøver) og analyseresultatene er ikke justert for metodens måleusikkerhet som angitt i EUs regelverk. Som grunnlag for håndtering av resultatene ved matmyndighetene, ble det derfor på bakgrunn av data fra enkeltfisk utført teoretiske beregninger av hvilke analyseresultater man ville fått ved å prøveta og analysere som beskrevet i regelverket (se vedlegg, s. 41). Gjennomsnittsverdier for 16-20 ulike modellsamleprøver av fem fisk fra hver stasjon ble beregnet og måleusikkerhet ble trukket fra. Resultatene viste at ingen modellsamleprøver oversteg grenseverdien for kvikksølv etter at det var korrigert for måleusikkerhet. For summen av dioksiner og dioksinlignende PCB ble det vist at enkelte modellsamleprøver fra fem stasjoner, tre stasjoner i området Sør for Lofoten og to stasjoner i området Lofoten til Tromsøflaket oversteg grenseverdien. De teoretiske beregningene viste at sannsynligheten for å finne overskridelser var størst for stasjon 6 og 7 nordvest for Trænabanken (31-35 % sannsynlighet) og stasjon 8 i eggakanten utenfor Lofoten (13 % sannsynlighet).

Formålet med basisundersøkelsen for blåkveite er først og fremst å kunne foreslå hvordan fremtidig overvåking av fremmedstoffer i denne arten bør organiseres. På bakgrunn av resultatene foreslår instituttet en årlig overvåking av blåkveite fra områdene med størst sannsynlighet for overskridelser av fremmedstoffer. I tillegg foreslås det en overvåking hvert femte år av blåkveite fanget i de øvrige områdene.

Innledning

Internasjonalt er det innført øvre grenseverdier for tolerable mengder av en rekke fremmedstoffer i fisk og annen sjømat, og disse gjelder også i Norge med få unntak. Grenseverdiene er forankret i EU-direktiv, og det stilles stadig strengere krav til dokumentasjon på at fisk som eksporteres til andre land ikke har konsentrasjoner av fremmedstoffer som overstiger disse grenseverdiene.

NIFES har siden 1994 analysert for fremmedstoffer i stikkprøver av fisk fra norske havområder med prøvetaking av ulike arter fra år til år. Hyppigheten av prøvetakingen for hver enkelt art har vært bestemt ut fra artens viktighet for norske fiskerier. Data fra denne stikkprøvebaserte overvåkingen har gitt mye nyttig kunnskap om fremmedstoffsituasjonen i norsk sjømat, og resultatene finnes allment tilgjengelig på www.nifes.no/sjømatdata. Imidlertid er det blitt stadig klarere at i forhold til størrelsen og utbredelsen av fiskebestandene og områdene det fiskes på gir disse stikkprøvene ikke et tilstrekkelig grunnlag for å trekke konklusjoner om den faktiske tilstanden til bestandene. Det er behov for en grundigere kartlegging av innholdet av uønskede forbindelser i fiskebestandene både for å dokumentere nivået av fremmedstoffer og for å danne grunnlag for en mer målrettet overvåking videre. NIFES startet derfor i 2006 et omfattende program for grundige basisundersøkelser av enkeltarter, med Havforskningsinstituttet som ansvarlig for prøvetaking, i den hensikt å kartlegge nivået av fremmedstoffer i de viktigste kommersielle fiskeartene i alle områder der de fiskes, gjennom hele året og hele livssyklusen til arten, samt å identifisere faktorer som påvirker nivået av de ulike fremmedstoffene (for eksempel lokalitet, vekt/lengde, alder, diett/nivå i næringskjeden, sesong m.m.). En slik basisundersøkelse ble fullført for NVG-sild i 2008 (Frantzen et al. 2009), og i det foreliggende arbeidet presenteres resultatene fra en basisundersøkelse for blåkkeite som nå er fullført.

Blåkkeite (*Reinhardtius hippoglossoides*) er en viktig fiskeressurs i Norskehavet og Barentshavet. Arten har et stort utbredelsesområde over hele det nordlige Atlanterhav og i nordlige deler av Stillehavet, med en egen nordøstarktisk bestand på ca. 100 000 tonn (Skjoldal 2004, Høines 2009). Fangstvolumet i 2007 og 2008 var henholdsvis ca. 11 000 og 10 000 tonn (www.fiskeridir.no), og i 2008 ble det eksportert 9 500 tonn blåkkeite til en verdi av ca. 244 millioner kroner til utlandet (Eksportutvalget for fisk 2008, www.seafood.no). Blåkkeite er en flatfisk som lever i skråninger på dypt vann (ca 200-1500 m) og ved vanntemperaturer mellom 0 og 4 °C. Den nordøstarktiske blåkkeitebestanden har sin utbredelse langs hele kontinentalskråningen (eggakanten) i Norskehavet og Barentshavet til Frans Josefs land og i dypere områder av Barentshavet. Størstedelen av bestanden med voksen fisk finnes langs eggakanten mellom fastlands-Norge og Svalbard gjennom hele året, mens ungfisken finnes hovedsakelig nord og øst for Svalbard til Kvitøya og Frans Josefs Land (Høines 2009). Det viktigste gyteområdet ligger langs eggakanten mellom Vesterålen og Spitsbergen (69-75°N) der hovedperioden for gyting er om høsten og vinteren (Høines 2009, Nedreaas og Smirnov 2004). Blåkkeite er en rovfisk med både fisk (som torsk, polartorsk, sild og lodde) og krepsdyr (f.eks. reker) som byttedyr (Vollen et al. 2004, Woll og Gundersen 2004). Mange av byttedyrartene er pelagiske, og det er vist at blåkkeite vandrer vertikalt i vannsøylen under beiting (Vollen og Albert 2008). Blåkkeite kan trolig bli mer enn 30 år gammel, og hunner kan oppnå en lengde og vekt på opptil 120 cm og 20 kg. Hanner har kortere levetid enn hunnene og blir sjelden større enn 80 cm (Høines 2009, Nedreaas og Smirnov 2004).

Fremmedstoffer i mat kan defineres som uønskede forbindelser som ikke har noen nytteverdi i maten. Miljøgifter er en viktig gruppe fremmedstoffer som kjennetegnes ved at de er giftige, lite nedbrytbare, akkumuleres i dyr og planter over tid og ofte oppkonsentreres i næringskjeden. Mange av miljøgiftene er for det meste menneskeskapt, og organiske miljøgifter (POPs) som dioksiner, polyklorerte bifenyler (PCB) og bromerte flammehemmere (bl.a. polybromerte difenyletere (PBDE)) er eksempler på dette. Selv om flere av disse miljøgiftene (som for eksempel PCB) nå er forbudt brukt i Europa og erstattet med mer miljøvennlige stoffer, blir miljøgiftene værende i miljøet og kan fremdeles finnes i uønsket høye konsentrasjoner flere tiår senere. Organiske miljøgifter er svært ofte fettløselige og vil derfor kunne oppkonsentreres i fettholdig vev, som i fileten av fet fisk og i fiskelever. Andre miljøgifter, som tungmetaller, er til stede i naturlige bakgrunnsnivåer i naturen, men forurensning grunnet menneskelig aktivitet kan føre til uønsket forhøyede verdier også av disse stoffene i mange fiskearter. Inntak av for høye mengder av miljøgifter gjennom mat kan gi helseskade, og internasjonale organer som JECFA (Joint Expert Committee on Food Additives and Contaminants, et organ under FNs matvare og landsbruksorganisasjon og Verdens helseorganisasjon, FAO/WHO) og EFSA (European Food Safety Authority) har derfor utført helserisikovurderinger og fastsatt trygge inntaksverdier for en rekke fremmedstoffer. De trygge inntaksverdiene angis som tolerabelt daglig eller ukentlig inntak (TDI/TWI) og er fastsatt slik at også de mest sårbare individene/befolkningsgruppene blir beskyttet. For eksempel er TWI for metylkvikksølv og dioksiner og dioksinlignende PCB satt for å beskytte fosteret som er mest følsomt for disse stoffene. For andre individer og befolkningsgrupper som er mindre følsomme, vil TWI-verdiene ha en betydelig sikkerhetsmargin. For å unngå matvarer med høye konsentrasjoner er det innført øvre grenseverdier for en rekke miljøgifter i mat. For tungmetallene kadmium, kvikksølv og bly har EU fastsatt en øvre grenseverdi på henholdsvis 0,05, 0,5 og 0,3 mg/kg våtvekt i fiskefilet, og for sum dioksiner og sum dioksiner og dioksinlignende PCB er det innført øvre grenseverdier på henholdsvis 4 og 8 ng TE/kg våtvekt i fiskefilet.

Lite er kjent om nivået av fremmedstoffer i blåkveite. Siden mange fremmedstoffer opphopes i dyr over tid og ofte finnes i økende konsentrasjon med økende alder (og størrelse), er det sannsynlig at blåkveite som, i likhet med andre arter som for eksempel Atlantisk kveite, kan bli både svært store og svært gamle kan være svært utsatt for å få forhøyede verdier av miljøgifter. Likevel er det gjort få studier for å undersøke dette. En studie fra Tyskland (Karl et al. 2002) der fisk og fiskeprodukter på det tyske marked ble analysert for innhold av dioksiner, viste at stikkprøver av blåkveite fanget både ved Grønland, Island, Færøyene, Nordsjøen og i norske farvann i 1997 hadde et lavt innhold av dioksiner, godt under EUs øvre grenseverdi på 4 ng TE/kg. I en oppfølgende undersøkelse i 2003 ble det imidlertid funnet høyere verdier i tre samleprøver fra Tampen nord for Shetland, deriblant én samleprøve med et innhold av sum dioksiner og dioksinlignende PCB over EUs øvre grenseverdi på 8 ng TE/kg våtvekt (Karl og Ruoff 2008). I forbindelse med sjømatdataprogrammet analyserte NIFES 50 prøver av blåkveite fra to posisjoner for PCB og DDT i 1999 samt åtte prøver for PCB, polybromerte flammehemmere og pesticider og 18 prøver for dioksiner og dioksinlignende PCB i 2006 (www.nifes.no/sjomatdata). Resultatene fra disse analysene viste blant annet at blåkveite kunne inneholde høye verdier av dioksiner og dioksinlignende PCB. Den høyeste verdien som ble funnet var 20,4 ng TE/kg våtvekt, langt over EUs øvre grenseverdi på 8 ng TE/kg, men på grunn av det svært begrensede antallet prøver som var analysert var det ikke mulig å konkludere om disse forhøyede verdiene var enkeltstående tilfeller eller uttrykk for at blåkveite generelt hadde høye nivåer av dioksiner og dioksinlignende PCB.

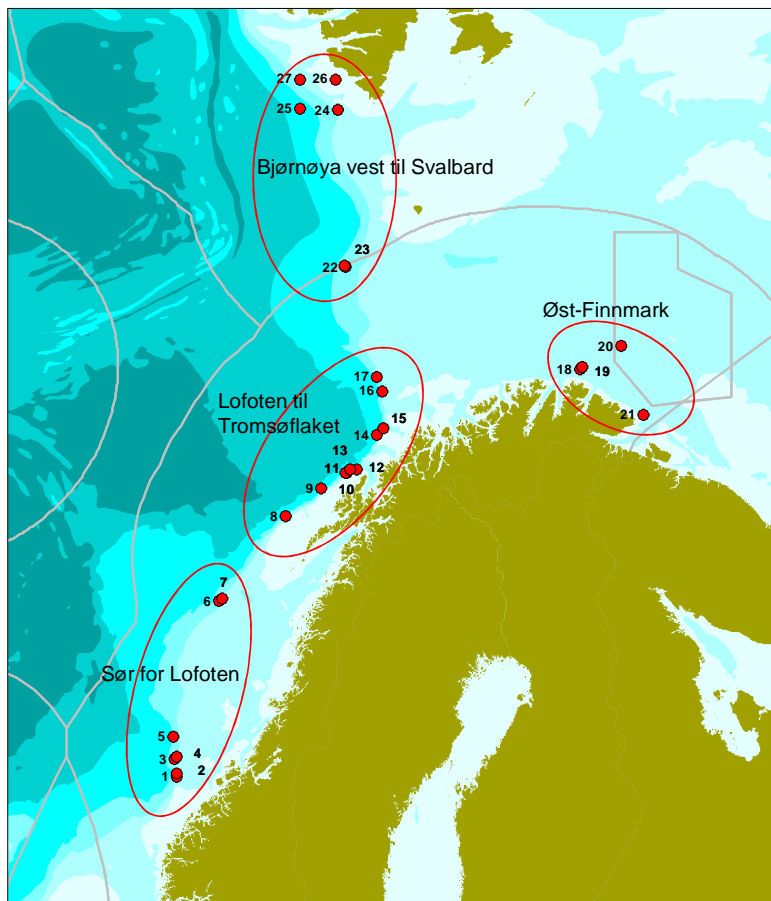
Også når det gjelder tungmetaller er det få studier som har undersøkt nivået i blåkveite. Joiris et al. (1997) analyserte totalt 20 blåkveiter fra to posisjoner øst og vest for Svalbard og én posisjon ved østkysten av Grønland, og fant at kvikksølvkonsentrasjonen var høyest i blåkveite fra posisjonen ved Grønland (opp til 2,5 mg/kg tørrvekt) og mye lavere i blåkveite fra området rundt Svalbard (opp til 0,85 mg/kg tørrvekt som tilsvarer ca. 0,2 mg/kg våtvekt). I januar 2006 ble det rapportert at blåkveite levert i Nederland i november 2005 hadde et kvikksølv-innhold som var høyere enn EUs øvre grenseverdi på 0,5 mg/kg våtvekt. Dette var overraskende da tidligere analyser av blåkveite utført av NIFES i forbindelse med sjømatdataprogrammet hadde vist at maksimumsverdiene av kvikksølv i denne arten var 0,2 mg/kg. Disse resultatene var imidlertid basert på stikkprøver fra bare to posisjoner som lå lenger sør enn den posisjonen i Barentshavet der fisken levert i Nederland var fisket. Det ble derfor umiddelbart startet oppfølgingsstudier for å undersøke om kvikksølvverdiene i blåkveite fanget i det aktuelle området lenger nord i Barentshavet var høyere enn tidligere antatt. Resultatene viste at blåkveite i Barentshavet kunne akkumulere høye verdier av kvikksølv i muskelvev (filet). Av 65 fisk fanget sørvest for Bjørnøya i januar 2006 hadde 15 fisk kvikksølvkonsentrasjoner i muskelvev høyere enn EUs øvre grenseverdi på 0,5 mg/kg (Julshamn et al. 2006). Ingen blåkveiter med vekt under tre kilo hadde kvikksølvnivåer som oversteg EUs øvre grenseverdi, men 38 % av blåkveitene med vekt over tre kilo hadde kvikksølvkonsentrasjoner over grenseverdien. En oppfølgingsstudie av 320 fisk fanget i tre ulike områder langs kysten av Nord-Norge i mai og juni 2006 viste at det var store forskjeller i nivå av kvikksølv i blåkveite fra de tre områdene. Mens en relativt høy andel av fisk fanget utenfor Lofoten og Troms hadde kvikksølvkonsentrasjoner over EUs øvre grenseverdi, ble det ikke funnet noen fisk med kvikksølvnivåer over EUs øvre grenseverdi blant fisk fanget utenfor Øst-Finnmark (Julshamn et al., in preparation). På grunnlag av resultatene for kvikksølv fra disse to undersøkelsene har Mattilsynet gitt kostholdsrad om at gravide og ammende ikke bør spise blåkveite over tre kilo (www.matportalen.no).

Resultatene fra de få studiene som var gjort for å undersøke innholdet av fremmedstoffer i blåkveite viste tydelig at det var store mangler i vår viten om fremmedstoffsituasjonen i denne arten. Ut fra et sjømattrygghetsperspektiv ble det klart at det var behov for en grundig kartlegging av innholdet av viktige fremmedstoffer i blåkveite fra alle deler av norske farvann. Dette var særlig viktig som grunnlag for vurderinger av hvordan fremtidig overvåking av fremmedstoffer i denne arten bør organiseres. I den foreliggende basisundersøkelsen er det derfor samlet inn totalt 1288 prøver av blåkveite fra 27 ulike posisjoner innenfor store deler av det området der denne arten fiskes. Prøvene er blitt analysert for en rekke metaller (inkludert kvikksølv, kadmium, bly og arsen), dioksiner og dioksinlignende PCB, polyklorerte bifenyler (PCB₇) og polybromerte difenyletere (bromerte flammehemmere, PBDE).

Materiale og metoder

Innsamling og opparbeiding av prøver

Prøveinnsamling ble gjennomført av Havforskningsinstituttet i august, september, oktober og november 2006, i juni og juli 2007 og i mai, juni og august 2008. Det ble samlet inn totalt 1288 blåkveiter fra 27 ulike stasjoner, der all fisk på en gitt stasjon er fanget på samme geografiske posisjon på samme dag. Hver stasjon er gitt et stasjonsnummer, og stasjonene er gruppert innenfor fire geografiske områder som vist i figur 1. Blåkveite fanget innenfor området Bjørnøya vest til Svalbard er tatt i september-november 2006 og i juni 2007, og innenfor området Øst-Finnmark er fisken fanget i august 2006 og i mai/juni 2008. Blåkveite fanget innenfor området Lofoten til Tromsøflaket er tatt i august og november 2006, i juni 2007 og i juni og august 2008, mens fisk tatt lenger sør innenfor området Sør for Lofoten er fanget i august og oktober 2006 og i juni og juli 2007. Ved prøvetaking ble det samlet inn 50 fisk fra 18 stasjoner, 40 fisk fra fire stasjoner, og 55 fisk, 52 fisk, 48 fisk, 44 fisk og 30 fisk fra de siste fem stasjonene (tabell 1).



Figur 1. Kart over Norskehavet og Barentshavet som viser alle stasjonene (røde prikker) hvor det ble tatt prøver av blåkveite til basisundersøkelse av fremmedstoffer. Stasjonsnummer er angitt for hver stasjon og stasjonene er gruppert i fire geografiske områder. Prøvene er samlet inn fra august 2006 til august 2008.

Ved prøvetaking ble det for hver fisk bestemt lengde, vekt og kjønn. Øresteiner (otolitter) ble tatt ut for aldersbestemmelse av fisken. Alderen på fisken ble senere bestemt på Havforskningsinstituttet ved telling av årringer i øresteinerne etter en ny prosedyre dokumentert og beskrevet av Albert et al. (2009). Fra hver fisk ble det tatt ut en filetp prøve på ca 200 g. Filetprøven ble tatt på oversiden av fisken, ca 10 cm fra hodet og på begge sider av midtlinjen nedover mot halen. Filetprøven ble pakket i aluminiumsfolie, plassert i plastpose og frosset ned før levering til NIFES.

Ved NIFES' prøvemottak ble filetprovne homogenisert og størstedelen av den homogeniserte prøven ble frysetørket. Tørrstoffinnholdet (g/100 g) ble bestemt ved å veie prøven før og etter frysetørrking. Homogenisert, vått materiale og frysetørket materiale fra hver filetprove ble deretter fordelt til de ulike analysene. Til bestemmelse av fettinnhold og PCB₇ ble det benyttet enten homogenisert vått materiale eller frysetørket materiale. Til bestemmelse av metaller, dioksiner og dioksinlignende PCB samt bromerte flammehemmere (PBDE) ble det benyttet frysetørket materiale.

Tabell 1. Fangstposisjon, fangstdato og fangstdybde for hver stasjon, samt antall prøver av blåkkeite som ble fanget på hver stasjon.

Stasjonsnr.	Fangstposisjon	Område	Fangstdato	Fangstdybde (m)	Ant. prøver mottatt
1	6330N 0536E	Sør for Lofoten	13.06.07	640	48
2	6333N 0536E	Sør for Lofoten	14.08.06	640	50
3	6350N 0529E	Sør for Lofoten	30.10.06	630	50
4	6353N 0538E	Sør for Lofoten	05.07.07	600	50
5	6376N 0527E	Sør for Lofoten	15.06.07	650	44
6	6653N 0800E	Sør for Lofoten	31.10.06	650	50
7	6656N 0809E	Sør for Lofoten	04.07.07	575	50
8	6831N 1141E	Lofoten til Tromsøflaket	11.08.08	700	50
9	6903N 1339E	Lofoten til Tromsøflaket	02.06.08	631	40
10	6922N 1504E	Lofoten til Tromsøflaket	02.08.06	600	55
11	6922N 1500E	Lofoten til Tromsøflaket	04.06.08	685	40
12	6925N 1539E	Lofoten til Tromsøflaket	02.11.06	630	50
13	6926N 1515E	Lofoten til Tromsøflaket	14.06.07	671	50
14	7005N 1647E	Lofoten til Tromsøflaket	03.08.06	700	50
15	7013N 1709E	Lofoten til Tromsøflaket	05.06.08	745	40
16	7056N 1704E	Lofoten til Tromsøflaket	15.06.08	594	50
17	7113N 1644E	Lofoten til Tromsøflaket	12.06.08	603	30
18	7121N 2803E	Øst-Finnmark	08.08.06	420	52
19	7124N 2812E	Øst-Finnmark	18.06.08	406	50
20	7148N 3023E	Øst-Finnmark	17.08.06	370	50
21	7029N 3137E	Øst-Finnmark	30.05.08	434	40
22	7320N 1500E	Bjørnøya vest til Svalbard	26.11.06	600	50
23	7321N 1457E	Bjørnøya vest til Svalbard	16.06.07	570	50
24	7622N 1435E	Bjørnøya vest til Svalbard	30.09.06	610	50
25	7623N 1229E	Bjørnøya vest til Svalbard	18.06.07	600	50
26	7657N 1428E	Bjørnøya vest til Svalbard	01.10.06	620	50
27	7657N 1229E	Bjørnøya vest til Svalbard	18.06.07	570	50
Tot. antall					1288

Analysemetoder

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 laboratorieprøvinger, ringtester) med metoden siden 1998 med godt resultat.

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

Det ble veid inn 0,2-0,25 g frysetørket materiale fra hver filetpørve av blåkkeite 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). 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 sertifisert referansemateriale (SRM) og ved deltagelse i ringtester. Metoden er akkreditert for arsen, kadmium, kvikksølv, kobber, sink og selen.

Bestemmelse av uorganisk arsen ved HPLC-ICPMS (NIFES metode nr. 261)

Frysetørket prøve ble veid inn og tilsatt 0,9 mol/l NaOH i 50 % (v/v) etanol og ekstrahert i mikrobølgeovn i 20 minutter ved 90 °C (CEM MARS5 Microwave Accelerated Reaction System, GreenChem Plus Teflonbomber). Før analyse ble prøven avkjølt, sentrifugert og filtrert. Uorganisk arsen ble separert på en polymerbasert sterk anionbytter-kolonne (ICSep ION-120) og bestemt som $^{75}\text{As}^+$ ved bruk av HPLC-ICPMS (Sloth et al., 2005).

Uorganisk arsen kan finnes både som As(III) og As(V), men i mikrobølgeovnen blir As(III) oksidert til As(V), og uorganisk arsen bestemmes derfor som As(V). Stabiliteten til de organiske arsenspeciene har vært studert, og ingen degradering/omdannelse til uorganiske arsenspecier ble oppdaget. Det brukes aldri glass ved ekstraksjon av uorganisk arsen da glass kan inneholde arsen og derved kontaminere prøvene.

Ingen standard referansematerialer for uorganisk arsen er foreløpig kommersielt tilgjengelig, og de systematiske feilene er derfor beregnet ved bruk av gjenvinningsforsøk. Resultatene viste at gjenvinningen var god og ikke signifikant forskjellig fra 100 %.

Kvantifiseringsgrensen er beregnet til 10 µg/kg tørr prøve. Metoden er under akkreditering.

Bestemmelse av dioksiner, furaner, non-orto PCB og mono-orto PCB ved HRGC-HRMS

To ulike opparbeidingsmetoder ble benyttet for analyse av dioksiner og dioksinlignende PCB:

- 1) Egen metode for opparbeidning av dioksiner og dioksinlignende PCB (NIFES metode nr. 228): Homogenisert og frysetørket prøve ble blandet med hydromatriks, tilsatt en blanding av ^{13}C -merkede internstandarder (totalt 27 standarder) og deretter ekstrahert med heksan i

en ASE 300 (Accelerated Solvent Extractor, Dionex, USA) under hevet trykk og temperatur. Videre opprensing ble foretatt kromatografisk på en PowerPrep (Fluid Management Systems, FMS, USA) ved inn- og utkobling av fire kolonner: en stor og en liten silica-kolonne (fjerner fett fra prøven), en basisk alumina-kolonne og en karbonkolonne. For vasking og eluering av kolonnene ble det benyttet en serie av mobilfaser som følger: Heksan, 2 % diklormetan (DCM) i heksan, 50 % DCM i heksan, 20 % toluen i etylacetat og til slutt backflush med toluen. Mono-orto PCB ble eluert i 50 % DCM/heksan fraksjonen, mens dioksiner (PCDD), furaner (PCDF) og non-orto PCB ble eluert i toluenfraksjonen.

- 2) Fellesmetode for opparbeiding av dioksiner og dioksinlignende PCB, PCB₇ og PBDE (NIFES metode nr. 292): Homogenisert og frysetørket prøve ble blandet med hydromatriks og tilsatt ¹³C-merkede internstandarder (27 standarder for dioksiner, furaner og dioksinlignende PCB, en standard for PCB₇ og en standard for PBDE). Blandingen ble overført til en ASE 300 med et lag av svovelsur kiselgel i bunnen (for nedbrytning av fett) og ekstrahert med heksan under hevet trykk og temperatur. Videre opprensing ble foretatt kromatografisk ved hjelp av PowerPrep med inn- og utkobling av tre kolonner: en liten silica-kolonne (fjerner rester av fett fra prøven), en basisk alumina-kolonne og en karbonkolonne. For vasking og eluering av kolonnene ble det benyttet de samme mobilfaser som beskrevet ovenfor under opparbeiding i metode 228. Mono-orto PCB, PCB₇ og PBDE ble eluert i 50 % DCM/heksan fraksjonen, mens PCDD/PCDF og non-orto PCB ble eluert i toluenfraksjonen.

Etter opparbeidingen ble volumet av aktuell fraksjon redusert ved inndamping før tilsetning av ¹³C-merkede kongenere som gjenvinningsstandarder (for kvalitetssikring/kontroll) før analyse på høyoppløsende GC-MS (HRGC-HRMS) i SIM-modus med electron impact (EI) ionisering.

Metoden kvantifiserer til sammen syv kongenere av dioksiner (PCDD), 10 kongenere av furaner (PCDF), fire kongenere av non-orto PCB (PCB-77, 81, 126 og 169) og åtte kongenere av mono-orto PCB (PCB-105, 114, 118, 123, 156, 157, 167 og 189). Konsentrasjonen av hver kongener ble regnet om til toksisitetsekvivalenter, ng TE/kg våtvekt, ved å multiplisere hver kongenerkonsentrasjon med sine respektive toksisk ekvivalensfaktorer (WHO-TEF 1998). Når summen beregnes settes konsentrasjoner som er mindre enn kvantifiseringsgrensen (LOQ) lik LOQ (upperbound LOQ). Metodens kvantifiseringsgrense (LOQ) avhenger bl.a. av matrisen (varierende mengde prøve innveid) og beregnes for hver enkelt analyse. Metoden med egen opparbeidingsmetode for dioksiner (metode nr. 228) er akkreditert. Resultatene oppnådd med felles opparbeidingsmetode (metode nr. 292) har blitt sammenlignet med resultater fra metode nr. 228 med tilfredsstillende resultat.

Bestemmelse av PCB₇ med GC-MS

To ulike opparbeidingsmetoder ble benyttet for analyse av PCB₇:

1. Egen metode for opparbeiding av PCB₇ (NIFES metode nr. 137): Frysetørket prøve ble tilsatt intern standard (PCB-53) og blandet med hydromatriks før ekstraksjon med heksan på ASE 300 under hevet trykk og temperatur. Fettet ble brutt ned online ved at ASE-cellen ble pakket med svovelsyreimpregnert silicagel. Ekstraktet ble videre syrebehandlet med konsentrert svovelsyre for å bryte ned rester av fett.

2. Fellesmetode for opparbeiding av dioksiner og dioksinlignende PCB, PCB₇ og PBDE (NIFES metode nr. 292): Metoden ble utført som beskrevet over under bestemmelse av dioksiner, furaner, non-orto PCB og mono-orto PCB.

Etter endt opparbeiding ble prøven analysert på GC-MS i SIM-modus med EI-ionisering. Kvantifiseringen av de ulike analyttene baseres på intern standard og en ett-punkts kalibreringskurve (lineær gjennom origo). For kvalitetssikring av metoden ble det analysert blank og kontrollprøve sammen med prøven, og metoden prøves i minimum en ringtest per år.

Metoden kvantifiserer PCB-forbindelsene PCB 28, 52, 101, 118, 138, 153 og 180 (PCB₇). Metoden er ikke akkreditert. Resultatene oppnådd med felles opparbeidingsmetode (metode nr. 292) har blitt sammenlignet med resultater fra metode nr. 137 med tilfredsstillende resultat.

Bestemmelse av polybromerte flammehemmere (PBDE) ved GC-MS

To ulike opparbeidingsmetoder ble benyttet for analyse av PBDE:

- 1) Egen metode for opparbeiding av PBDE (NIFES metode nr. 238): Frysetørket prøve ble tilsatt intern standard (PBDE-139) før ekstraksjon med heksan og diklormetan i en ASE 300. Fettet ble brutt ned online ved at ASE-cellen ble pakket med svovelsyreimpregnert silicagel. Ekstraktet ble videre syrebehandlet med konsentrert svovelsyre for å bryte ned rester av fett.
- 2) Fellesmetode for opparbeiding av dioksiner og dioksinlignende PCB, PCB₇ og PBDE (NIFES metode nr. 292): Metoden ble utført som beskrevet over under bestemmelse av dioksiner, furaner, non-orto PCB og mono-orto PCB.

Etter endt opparbeiding ble rensset ekstrakt analysert på GC-MS (Thermo Quest Trace GC 2000/Trace DSQ massespektrometer). Prøveløsningene ble injisert i kolonnen ved hjelp av prøveveksler (Thermo Quest CE Instruments AS 3000), og analysen på GC-MS ble gjort i SIM modus med negativ kjemisk ionisering. Kvantifiseringen ble gjort ved hjelp av intern standard og en fempunkts kalibreringskurve. For kvalitetssikring prøves metoden i minimum én ringtest (SLP) per år.

Metoden kvantifiserer syv ulike kongenere av polybromerte difenyletere (PBDE-28, 47, 99, 100, 153, 154 og 183). Metoden med egen opparbeidingsmetode for PBDE (metode nr. 238) er akkreditert for fet og mager fisk, fôr og oljer. Resultatene oppnådd med felles opparbeidingsmetode (metode nr. 292) har blitt sammenlignet med resultater fra metode 238 med tilfredsstillende resultat.

Statistisk analyse

Alle statistiske analyser ble utført ved hjelp av programvaren Statistica 9.0 (StatSoft 2009). Det ble laget spredningsplott som viste korrelasjoner mellom konsentrasjon av fremmedstoffer i blåkkeiteprøvene og fiskens lengde og vekt samt fettinnhold i prøvene.

Den multivariate analysen "Principal components and classification analysis" (PCCA) ble gjennomført på gjennomsnittskonsentrasjon av sum dioksiner og dioksinlignende PCB (PCDD/F + dl-PCB) ved hver stasjon, for å undersøke hvordan stasjonene grupperte seg i forhold til hverandre med hensyn til disse forbindelsene.

Konsentrasjoner av fremmedstoffer 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. ANOVA ble utført på middelerverdier for stasjonene. Gruppene som ble sammenlignet var syv lengdeklasser (5 cm intervaller fra <55 til > 79 cm), fem vektclasser (1 kg intervaller fra <2 kg til >5 kg) og fire geografiske områder (Sør for Lofoten, Lofoten til Tromsøflaket, Øst-Finnmark og Bjørnøya vest til Svalbard).

Resultater og diskusjon

Fiskens størrelse, vekt, alder, kjønn og fettinnhold

Blåkkeiten som ble samlet inn i dette prosjektet veide fra 665 til 8795 g med et gjennomsnitt på 3075 g (tabell 2). Fiskens lengde varierte fra 41 til 90 cm med et gjennomsnitt på 66 cm. Fettinnholdet varierte fra 1,1 til 23 g/100 g med en middsverdi på 11 g/100 g. Aldersbestemmelse er foreløpig fullført for 716 av de 1288 blåkkeiteprøvene, og resultatene så langt viser at alderen varierte fra 7 til 28 år med en middsverdi på 18 år. Det var en svært ujevn fordeling mellom kjønnene i denne undersøkelsen i det kun 156 fisk (12 %) var hannkjønn mens 1132 fisk (88 %) var hunnkjønn (tabell 2). Årsaken til den skjeve kjønnsfordelingen er trolig i hovedsak fangstmetoden. Størstedelen av fisken i denne undersøkelsen er fanget med garn som selektivt fanger større fisk, og siden blåkkeitehunner normalt blir både større og eldre enn hannene vil det være en større andel hunner blant større fisk (Huse et al. 1999).

Tabell 2. Fysiske og biologiske egenskaper for blåkkeite. Antall (N), middsverdi, standardavvik (SD), minste og største verdi er gitt for lengde, vekt, alder og fettinnhold. Kjønnfordeling (%) er vist der ♂ og ♀ symboliserer henholdsvis hanner og hunner.

Parameter	Antall fisk (N)	Middsverdi	SD	Min	Maks
Lengde (cm)	1288	66	7	41	90
Vekt (g)	1288	3075	1146	665	8795
Fettinnhold (g/100 g)	1288	11	3,3	1,1	23
Alder (år)	716	17,8	3,1	7	28
Kjønnfordeling (%)	1288	12 ♂ + 88 ♀			

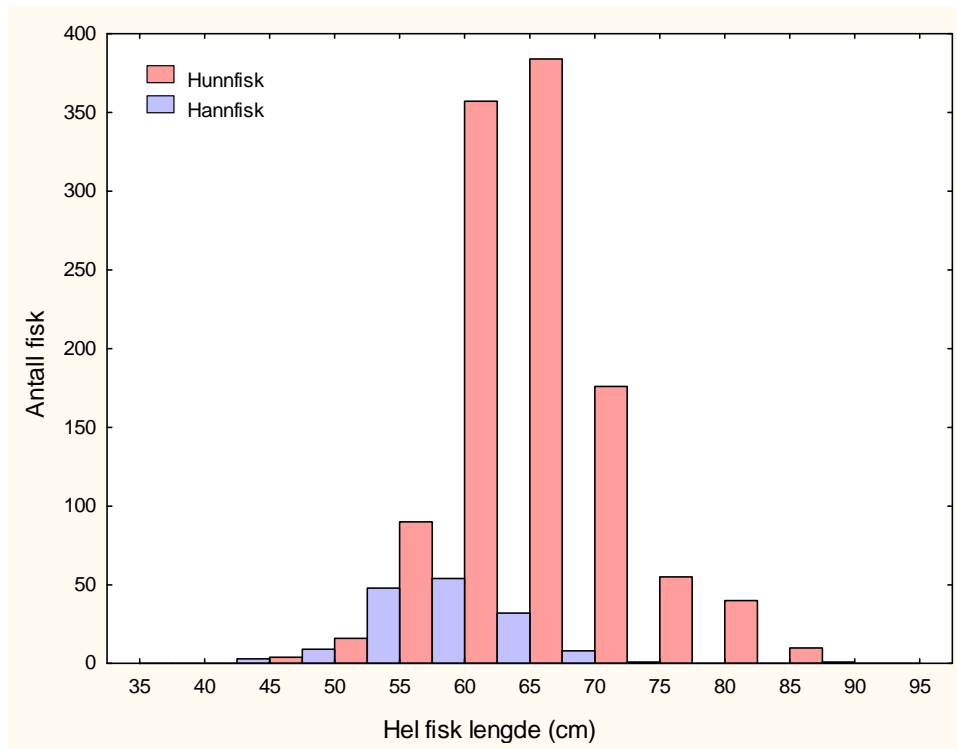
Middsverdien for lengde, vekt, alder og fettinnhold varierte mellom stasjonene som vist i tabell 3. Alder er vist for de stasjonene der alderslesningen er fullført. Gjennomsnittlig lengde av blåkkeite fanget ved de ulike stasjonene varierte fra 61 cm ved to stasjoner i Øst-Finnmark til 75 cm ved en stasjon i området Bjørnøya Vest – Svalbard (tabell 3). Blåkkeite fanget i området Bjørnøya vest til Svalbard hadde totalt sett høyere gjennomsnittslengde og -vekt og lavere fettinnhold enn blåkkeite fanget i de andre områdene, selv om det var stor variasjon mellom enkeltstasjonene (tabell 3).

Kjønnfordelingen varierte også mellom stasjonene, men på de aller fleste stasjonene var det en stor overvekt av hunnfisk (mer enn 85 % hunnfisk på 21 stasjoner, mellom 70 og 80 % hunnfisk på to stasjoner). Kun fire stasjoner, to utenfor kysten av Øst-Finnmark, én sørvest for Bjørnøya og én utenfor Vesterålen (området Lofoten – Tromsøflaket), hadde mindre enn 70 % hunnfisk (tabell 3). På disse fire stasjonene utgjorde hannfisken mellom 34 og 44 %.

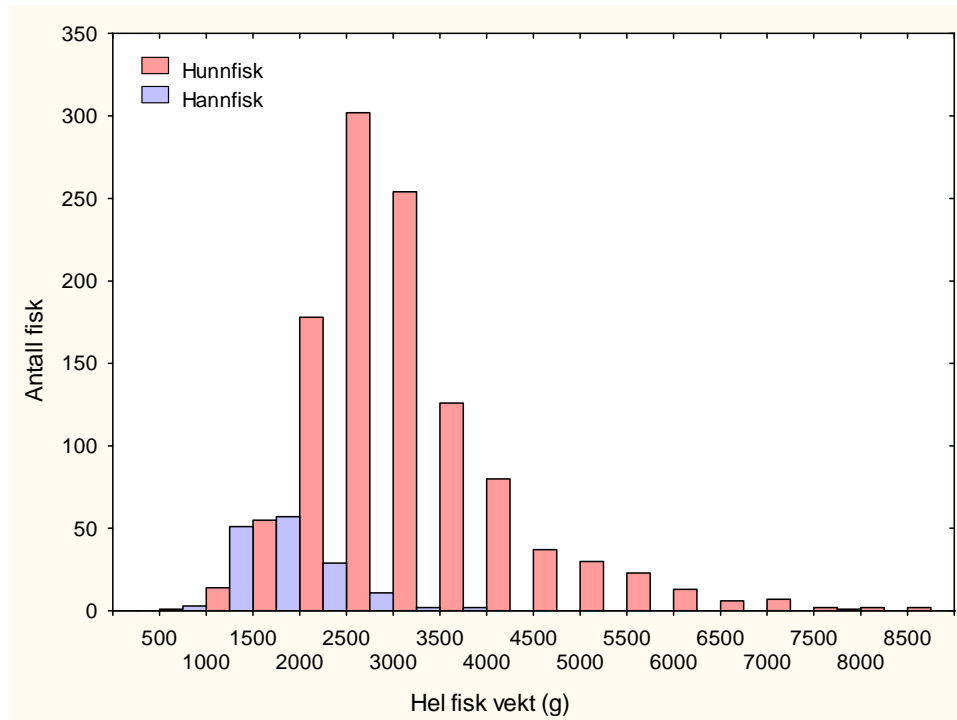
Hunnfisk og hannfisk av blåkkeite i denne undersøkelsen hadde som forventet ulik lengde- og vektfordeling (figur 2 og 3). For hunnfisk var det flest fisk i lengdeklassene 60-65, 65-70 og 70-75 cm og i vektclassene 2000-2500, 2500-3000 og 3000-3500 g. For hannfisk var det flest fisk i lengdeklassene 50-55, 55-60 og 60-65 cm og i vektclassene 1000-1500, 1500-2000 og 2000-2500 g. Middsverdi for lengde og vekt for hunnfisk var henholdsvis 67 cm og 3250 g, mens tilsvarende middsverdier for hannfisk var 57 cm og 1830 g.

Tabell 3. Middelverdier \pm standardavvik for lengde, vekt, alder og fettinnhold for blåkkeite fra hver stasjon. Alder er bestemt for 70-90 % av fisken fra hver stasjon. Prosentandel av hunnfisk er angitt for hver stasjon med prosentandeler mindre enn 70 % angitt med fet skrift.

Stasj. nr.	Område	Antall fisk	Lengde (cm)	Vekt (g)	Alder (år)	Fettinnhold (g/100g)	Andel hunnfisk (%)
1	Sør for Lofoten	48	66 \pm 5	3206 \pm 1033		13,0 \pm 2,4	100
2	Sør for Lofoten	50	67 \pm 8	3415 \pm 1515		13,6 \pm 1,9	88
3	Sør for Lofoten	50	67 \pm 4	2836 \pm 726	18 \pm 2	10,0 \pm 2,6	96
4	Sør for Lofoten	50	66 \pm 5	3174 \pm 912	18 \pm 2	12,4 \pm 2,9	94
5	Sør for Lofoten	44	64 \pm 5	2895 \pm 986		12,2 \pm 2,1	93
6	Sør for Lofoten	50	68 \pm 7	3009 \pm 1265	18 \pm 3	12,5 \pm 2,2	92
7	Sør for Lofoten	50	64 \pm 5	2970 \pm 742	18 \pm 3	11,9 \pm 2,0	88
8	Lofoten til Tromsøflaket	50	68 \pm 4	3259 \pm 685		12,7 \pm 2,1	94
9	Lofoten til Tromsøflaket	40	69 \pm 5	3575 \pm 873	20 \pm 3	12,8 \pm 1,5	98
10	Lofoten til Tromsøflaket	55	62 \pm 8	2476 \pm 1307		8,3 \pm 3,5	58
11	Lofoten til Tromsøflaket	40	62 \pm 7	2368 \pm 1077	15 \pm 3	12,3 \pm 2,6	78
12	Lofoten til Tromsøflaket	50	65 \pm 6	2785 \pm 890	18 \pm 3	12,9 \pm 2,5	86
13	Lofoten til Tromsøflaket	50	65 \pm 6	2974 \pm 1069	17 \pm 2	10,6 \pm 3,3	90
14	Lofoten til Tromsøflaket	50	68 \pm 7	3375 \pm 1305		10,1 \pm 2,3	100
15	Lofoten til Tromsøflaket	40	72 \pm 7	3952 \pm 1155	19 \pm 3	12,0 \pm 2,1	100
16	Lofoten til Tromsøflaket	50	60 \pm 7	2174 \pm 1067	15 \pm 4	11,9 \pm 3,0	71
17	Lofoten til Tromsøflaket	30	69 \pm 7	3228 \pm 1033	18 \pm 3	11,4 \pm 3,0	90
18	Øst-Finnmark	52	61 \pm 5	2466 \pm 781		11,0 \pm 2,9	63
19	Øst-Finnmark	50	67 \pm 5	3117 \pm 745	18 \pm 3	12,8 \pm 1,4	90
20	Øst-Finnmark	50	61 \pm 7	2447 \pm 968	15 \pm 3	10,9 \pm 2,3	56
21	Øst-Finnmark	40	70 \pm 5	4041 \pm 854		17,3 \pm 2,6	100
22	Bjørnøya vest til Svalbard	50	64 \pm 8	2393 \pm 998	16 \pm 4	9,2 \pm 3,5	66
23	Bjørnøya vest til Svalbard	50	69 \pm 6	3421 \pm 1113	19 \pm 2	9,3 \pm 3,2	98
24	Bjørnøya vest til Svalbard	50	75 \pm 7	4253 \pm 1446	20 \pm 2	8,0 \pm 2,1	98
25	Bjørnøya vest til Svalbard	50	69 \pm 7	3593 \pm 1288	20 \pm 3	9,3 \pm 3,2	100
26	Bjørnøya vest til Svalbard	50	67 \pm 3	2969 \pm 397	18 \pm 2	8,7 \pm 2,6	98
27	Bjørnøya vest til Svalbard	50	66 \pm 5	3101 \pm 909	18 \pm 2	8,8 \pm 3,9	98



Figur 2. Fordeling av hunnfisk og hannfisk av blåkkeite i ulike lengdegrupper.



Figur 3. Fordeling av hunnfisk og hannfisk av blåkkeite i ulike vektgrupper.

Metaller og andre grunnstoffer

Alle 1288 blåkkeiteprøver ble analysert for metaller og andre grunnstoffer. Gjennomsnitt, standardavvik samt største og minste konsentrasjon for alle metaller og andre grunnstoffer som ble bestemt er vist i tabell 4.

Tabell 4. Konsentrasjoner av metaller og andre grunnstoffer som er analysert i blåkkeite. Middelverdi, standardavvik (SD), minste og største verdi er gitt for alle prøvene (N= 1288). Antall prøver under kvantifiseringsgrensen (LOQ) og EUs øvre grenseverdi for kadmium (Cd), kvikksølv (Hg) og bly (Pb) i filet av fisk er også vist.

	Middelverdi (mg/kg v.v.)	SD	Min (mg/kg v.v.)	Maks (mg/kg v.v.)	Antall prøver <LOQ	EUs øvre grenseverdi (mg/kg v.v.)
Cd			<0,003	0,063	751	0,050
Hg	0,22	0,17	0,01	1,2	0	0,50
Pb			<0,01	0,19	1219	0,30
As	8,7	6,2	0,63	51	0	
Ag			<0,003	0,055	1235	
Ba			<0,06	0,26	1272	
Mo			<0,008	6,4	832	
Sn			<0,01	0,096	1239	
Sr	0,51	0,51	0,10	6,9	0	
V			<0,004	0,035	560	
Co			<0,01	0,018	1261	
Mn	0,044	0,036	<0,025	1,2	20	
Cu	0,16	0,24	<0,1	5,2	1	
Zn	3,1	0,52	1,6	6,5	0	
Fe	1,3	1,0	<0,4	17	26	
Se	0,55	0,29	0,14	2,2	0	

De aller fleste blåkkeiteprøvene hadde svært lave konsentrasjoner av bly og kadmium. Hele 1291 prøver hadde konsentrasjoner av bly under kvantifiseringsgrensen (LOQ) på 0,01 mg/kg våtvekt, og 751 av de 1288 prøvene hadde konsentrasjoner av kadmium under LOQ på 0,003 mg/kg våtvekt. Ingen av prøvene hadde konsentrasjoner av bly over EUs øvre grenseverdi, og kun én prøve hadde kadmiumkonsentrasjon som oversteg EUs øvre grenseverdi for kadmium i fiskefilet på 0,05 mg/kg våtvekt (tabell 4). Maksimumsverdiene for bly og kadmium som ble funnet i denne undersøkelsen er høyere enn tidligere verdier registrert for blåkkeite i Sjømatdata (www.nifes.no/sjomatdata) noe som trolig skyldes at det tidligere var analysert kun få prøver (50 prøver i 1999 og 8 prøver i 2006).

For arsen ble det funnet mange prøver med høye verdier. I alt 100 prøver hadde en arsenkonsentrasjon høyere enn 18 mg/kg våtvekt som er den høyeste verdien som er registrert tidligere for blåkveite i Sjømatdata (www.nifes.no/sjomatdata). Maksimumsverdien for arsen som ble funnet i denne basisundersøkelsen var 51 mg/kg våtvekt (tabell 4). Det er totalarsen som er analysert, det vil si summen av både uorganiske og organiske former av arsen. I fiskefilet er det normalt organiske former av arsen, hovedsaklig arsenobetain, som dominerer. Ulike arsenformer har imidlertid svært ulik toksisitet, og for mennesker er uorganisk arsen mye mer toksisk enn organiske former av arsen. Tre blåkveiteprøver med høyt innhold av totalarsen (35, 48 og 51 mg/kg våtvekt) ble analysert for uorganisk arsen, og resultatene viste at konsentrasjonen av uorganisk arsen i alle tre prøver var svært lav, < 10 µg/kg i to prøver og 16 µg/kg i én prøve. Her behøves imidlertid mer dokumentasjon før man med sikkerhet kan si om innholdet av uorganisk arsen i blåkveite generelt er lavt. Mattilsynet har bedt om mer data for uorganisk arsen i ulike arter, og rundt 200 av blåkveiteprøvene fra denne basisundersøkelsen vil bli analysert for uorganisk arsen i 2010.

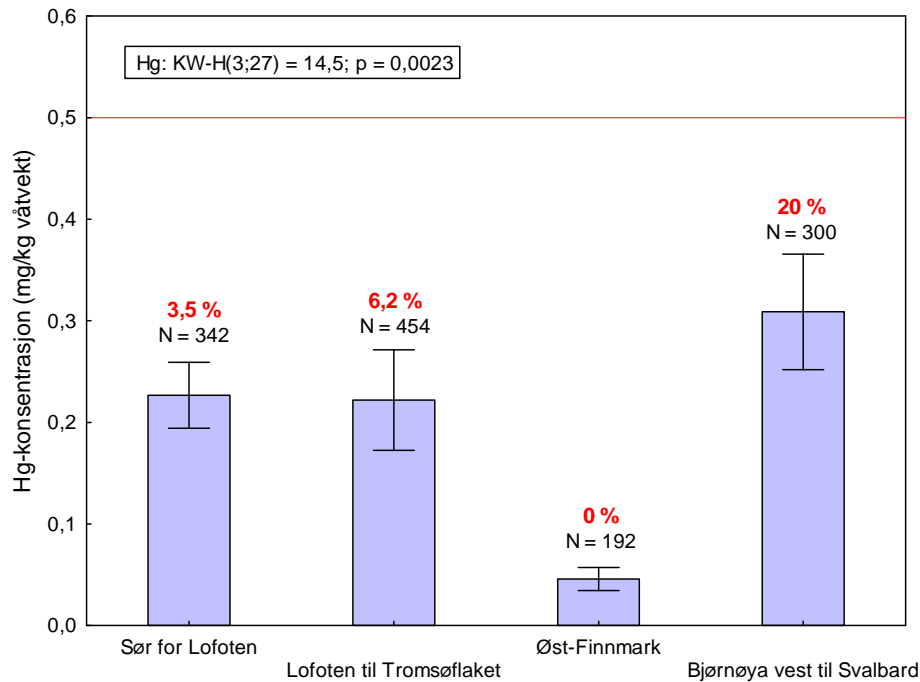
Også konsentrasjonen av kvikksølv var høy i svært mange av blåkveiteprøvene. I alt 99 av 1288 prøver (7,7 %) hadde kvikksølvkonsentrasjoner høyere enn EUs øvre grenseverdi på 0,5 mg/kg våtvekt. Kvikksølvkonsentrasjonene varierte mellom 0,01 og 1,2 mg/kg våtvekt med en middelværdi på 0,22 mg/kg våtvekt. Disse verdiene bekrefter tidligere resultater registrert i Sjømatdata for 320 blåkveiter som ble analysert i 2006 (www.nifes.no/sjomatdata).

Kvikksølvkonsentrasjonen i blåkveite varierte ut fra hvilket geografisk område fisken ble fanget i (figur 4). Når stasjonene ble delt inn i fire ulike områder, Sør for Lofoten, Lofoten til Tromsøflaket, Øst-Finnmark og Bjørnøya vest til Svalbard var det større forskjeller i kvikksølvkonsentrasjonen mellom områdene enn mellom stasjoner innenfor hvert område.

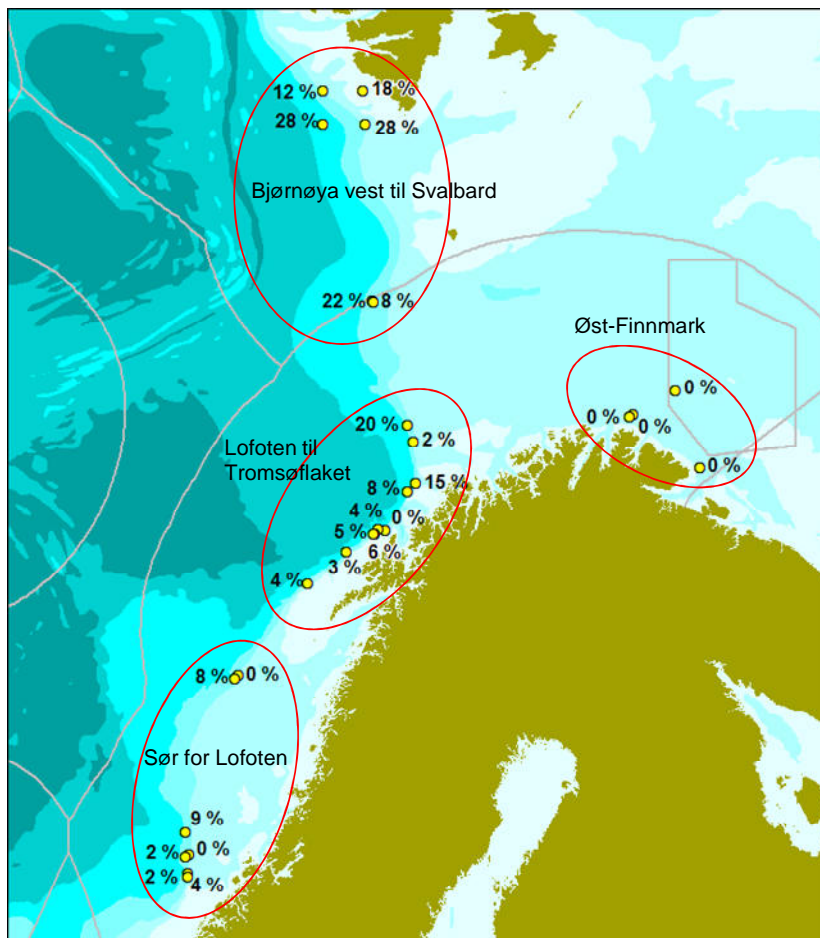
Blåkveite fanget i området Øst-Finnmark hadde den absolutt laveste gjennomsnittlige kvikksølvkonsentrasjonen. Kruskal-Wallis ikke-parametrisk ANOVA viste at blåkveite fra området Øst-Finnmark hadde signifikant lavere kvikksølvkonsentrasjon enn blåkveite fra alle de tre andre områdene, med gjennomsnittlig konsentrasjon på 0,046 mg/kg våtvekt. I dette området var det heller ingen blåkveiteprøver som hadde kvikksølvkonsentrasjoner over EUs øvre grenseverdi. Motsatt hadde blåkveite fra området Bjørnøya vest til Svalbard relativt høy gjennomsnittlig kvikksølvkonsentrasjon (0,31 mg/kg våtvekt) sammenlignet med de andre områdene, og 20 % av prøvene herfra hadde kvikksølvkonsentrasjoner over EUs øvre grenseverdi. Forskjellen i gjennomsnittlig kvikksølvkonsentrasjon var ikke statistisk signifikant mellom området Bjørnøya vest til Svalbard og områdene Lofoten til Tromsøflaket og Sør for Lofoten, men andelen blåkveite som oversteg EUs øvre grenseverdi var lavere både i området Lofoten til Tromsøflaket (6,2 %) og i området Sør for Lofoten (3,5 %) (figur 4).

Ingen av områdene hadde en gjennomsnittlig kvikksølvkonsentrasjon over EUs øvre grenseverdi. Det var heller ingen enkeltstasjoner som hadde en gjennomsnittlig kvikksølvkonsentrasjon over EUs øvre grenseverdi, men på de fleste stasjonene var det en eller flere enkeltprøver som overskred grenseverdien. Prosentvis andel av fisken som overskred grenseverdien på hver stasjon er vist på kart i figur 5.

Resultatene fra denne basisundersøkelsen har gitt sterkt utvidet kunnskap om hvordan kvikksølvkonsentrasjonen varierer med området blåkveiten blir fanget i, og bekrefter samtidig en del av våre tidligere resultater fra analyser av 65 blåkveiter fanget sørvest for Bjørnøya i januar 2006 (Julshamn et al. 2006) og fra 320 blåkveiter fanget i tre ulike områder langs kysten av Nord-Norge i mai og juni 2006 (Julshamn et al., in preparation). I disse tidligere studiene ble det vist at en relativt høy andel av fisken fanget sørvest for Bjørnøya og utenfor Lofoten og Troms hadde Hg-konsentrasjoner over EUs grenseverdi, mens ingen blåkveiter fanget utenfor Øst-Finnmark oversteg grenseverdien for kvikksølv.



Figur 4. Konsentrasjon av kvikksølv (mg/kg våtvekt) i blåkkeite fra ulike områder. Resultatene er vist som gjennomsnitt \pm 95 % konfidensintervall av middelverdiene for hver stasjon. Totalt antall fisk i hvert område (N) er vist over hver kolonne, sammen med andelen fisk (%) som oversteg EUs øvre grenseverdi. Resultat av Kruskal-Wallis ikke-parametrisk ANOVA er vist. Rød linje viser EUs øvre grenseverdi for kvikksølv i fiskefilet på 0,5 mg/kg våtvekt.



Figur 5. Kart over stasjonene som viser hvor stor andel av blåkkeitene (%) på hver stasjon som hadde kvikksølv-konsentrasjon over EUs øvre grenseverdi. Stasjonene er gruppert i fire geografiske områder.

Noe av variasjonen i kvikksølvkonsentrasjon som ble funnet i blåkveite kan forklares med variasjon i alder og størrelse. Oppkonsentrering av kvikksølv i organismer over tid slik at konsentrasjonen øker med økende alder og størrelse er et kjent fenomen, og spredningsplot for de 716 blåkveitene som så langt er aldersbestemt viste at det var en signifikant positiv korrelasjon mellom kvikksølvkonsentrasjon og alder (figur 6). For den fisken som hittil er aldersbestemt viste resultatene at all fisk som overskred EUs øvre grenseverdi for kvikksølv var 15 år eller eldre.

Spredningsplot viste også at kvikksølvkonsentrasjonen var positivt korrelert med fiskens lengde, selv om korrelasjonen ikke var like sterk i alle de geografiske områdene (figur 7). Inndeling av prøvene i lengdeklasser viste en tydelig økning i kvikksølvkonsentrasjon med økende lengde (figur 8). Ingen av lengdeklassene hadde en gjennomsnittlig kvikksølvkonsentrasjon som oversteg EUs øvre grenseverdi, men innenfor de fleste lengdeklasser var det enkeltprøver som oversteg grenseverdien, og andelen av fisken som oversteg grenseverdien økte med økende lengde (figur 8). Blant blåkveite med lengde over 79 cm hadde 54 % av fisken kvikksølvkonsentrasjoner over EUs øvre grenseverdi, mens kun 3,5 % av fisken med lengde under 70 cm hadde kvikksølvkonsentrasjoner over grenseverdien.

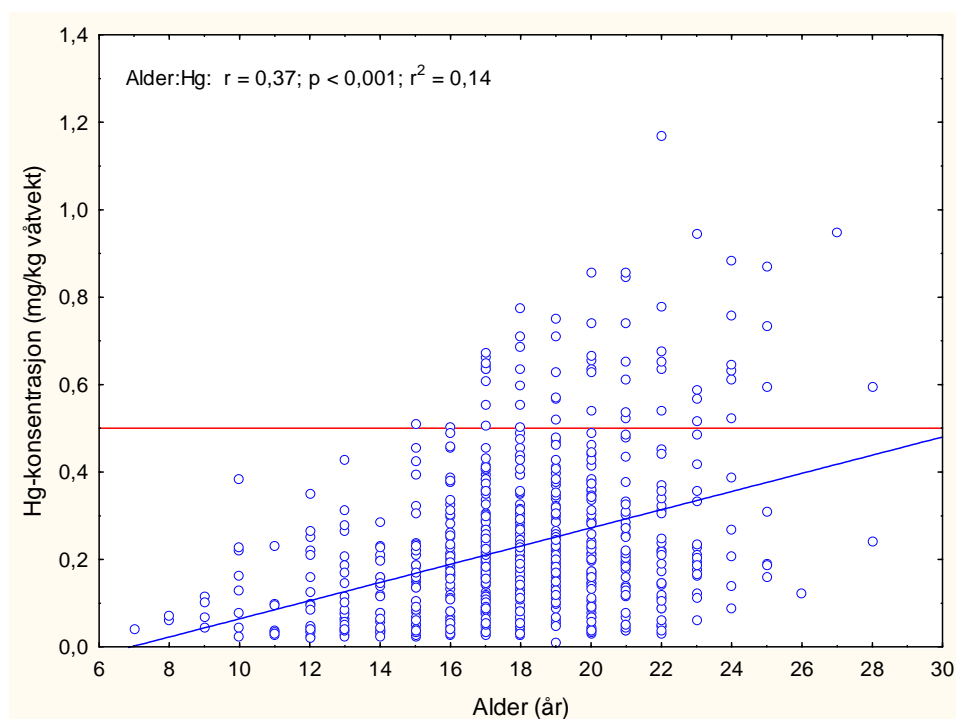
Kvikksølvkonsentrasjonen i blåkveite var også positivt korrelert med fiskens vekt, men i mindre grad enn med lengde (ikke vist). Ved inndeling av blåkveiteprøvene i vektclasser var det en tydelig økende trend for kvikksølvkonsentrasjonen med økende vekt på fisken (figur 9). Ingen av vektclassene hadde en gjennomsnittlig kvikksølvkonsentrasjon som oversteg EUs øvre grenseverdi, men det var enkeltprøver innenfor alle vektclassene som oversteg grenseverdien, og andelen av fisken som oversteg grenseverdien økte med økende vekt (figur 9). Kun 2,9 % av fisken som veide mindre enn tre kilo oversteg EUs øvre grenseverdi for kvikksølv, mens 42 % av fisken som veide over fem kilo hadde kvikksølvkonsentrasjoner over grenseverdien.

Også tidligere studier har vist at det er en positiv sammenheng mellom kvikksølvkonsentrasjon og vekt for blåkveite og at andelen av fisken som overstiger grenseverdien øker med økende vekt. I en studie av 65 blåkveiter fanget i 2006 ble det funnet at ingen fisk med vekt under tre kilo oversteg EUs øvre grenseverdi for kvikksølv, mens 38 % av blåkveiten med vekt over tre kilo oversteg grenseverdien (Julshamn et al. 2006). En oppfølgingsstudie av 320 blåkveiter fanget senere samme år viste at 6,1 % av fisken under tre kilo og 17 % av fisken over tre kilo hadde kvikksølvkonsentrasjoner over EUs øvre grenseverdi. Blant fisk over fem kilo var det i oppfølgingsstudien 35 % av fisken som oversteg grenseverdien (Julshamn et al., in preparation).

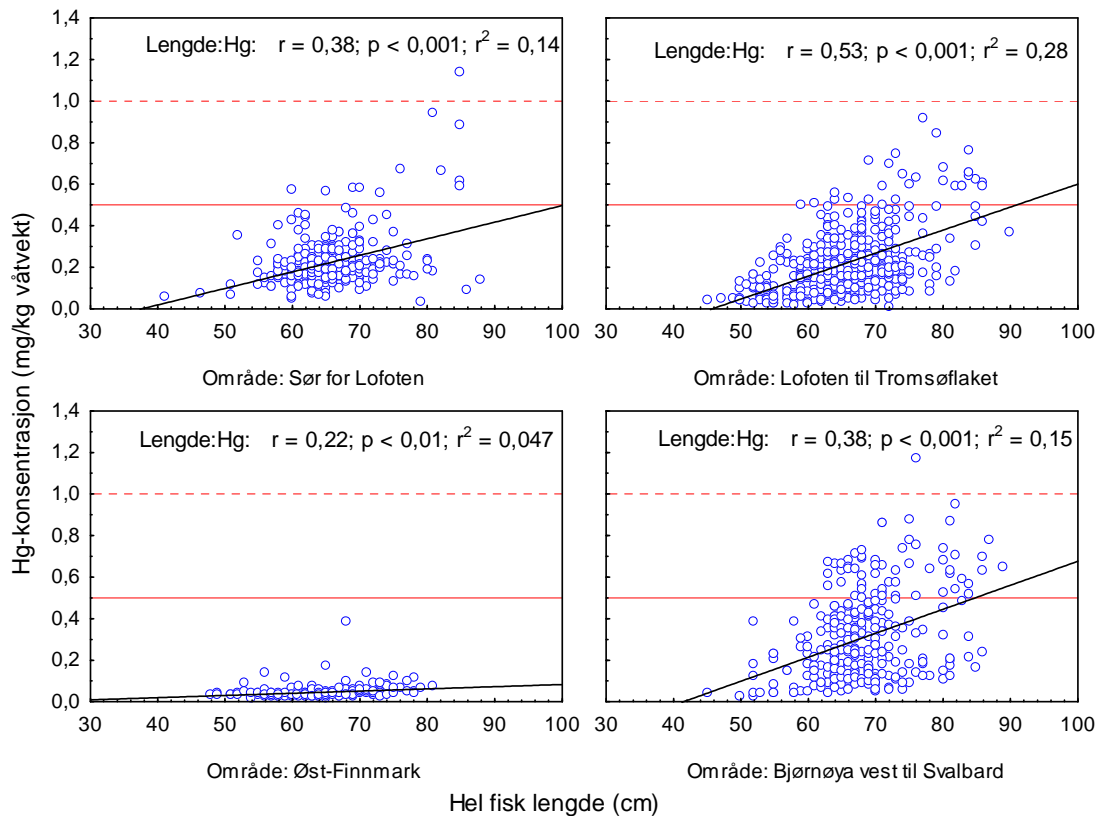
I tillegg til at kvikksølvkonsentrasjon i blåkveite er positivt korrelert med alder, lengde og vekt har vi i denne basisundersøkelsen funnet at kvikksølvkonsentrasjonen er negativt korrelert med fettinnholdet i fisken (figur 10). At kvikksølvkonsentrasjonen øker med avtagende fettinnhold kan forklares ved at lavere fettinnhold i fisken betyr at proteininnholdet utgjør en større del av fiskens vekt. Siden kvikksølv binder seg primært til proteiner og ikke til fett, kan derfor et lavere fettinnhold gi en høyere konsentrasjon av kvikksølv i fileten.

Det ble ikke funnet noen signifikant sammenheng mellom konsentrasjon av kvikksølv og årstid blåkveiten var fanget i (figur 11). Prøvetaking av blåkveite ble i denne undersøkelsen foretatt bare i de perioder det var lovlig å fiske blåkveite, det vil si fra mai/juni til ut november, og ikke gjennom hele året. I den delen av året som ble undersøkt var det imidlertid ikke noe som tydet på at uttakstidspunktet hadde betydning for kvikksølvkonsentrasjonen i blåkveite. Heller ikke i basisundersøkelsen for NVG-sild ble det funnet noen sammenheng mellom kvikksølvkonsentrasjon og årstid (Frantzen et al. 2009).

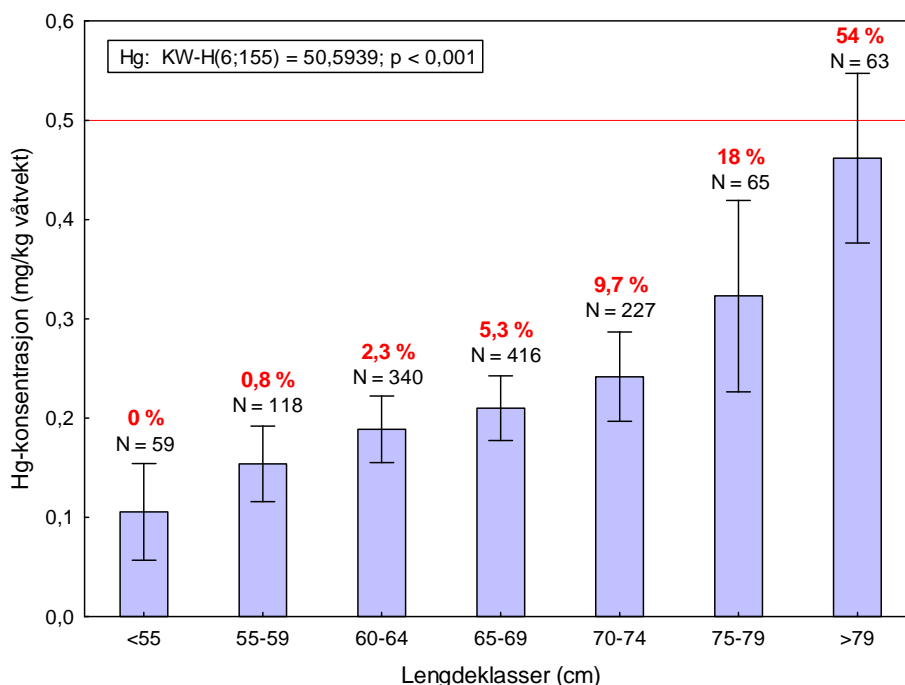
Sammenhengene mellom kvikksølvkonsentrasjon og størrelse og fettinnhold kan trolig forklare noe av variasjonen i kvikksølvkonsentrasjon mellom områder som vi har registrert i denne basisundersøkelsen. Den relativt høye kvikksølvkonsentrasjonen i blåkkeite fra området Bjørnøya vest til Svalbard (figur 4) kan skyldes at fisken som ble fanget i dette området hadde høyere gjennomsnittslengde og –vekt enn blåkkeite fra de andre områdene, samtidig som fettinnholdet var lavere her enn i alle de andre områdene (resultater ikke vist). I Øst-Finmark var det imidlertid lave kvikksølvkonsentrasjoner i blåkkeite av alle størrelser (figur 7), så de lave kvikksølvkonsentrasjonene i dette området kan ikke skyldes mindre størrelse på fisken. Det må derfor også være andre faktorer som har betydning for variasjonene i kvikksølvkonsentrasjon mellom de ulike områdene, og dette er diskutert nærmere lenger ute i rapporten (se side 34).



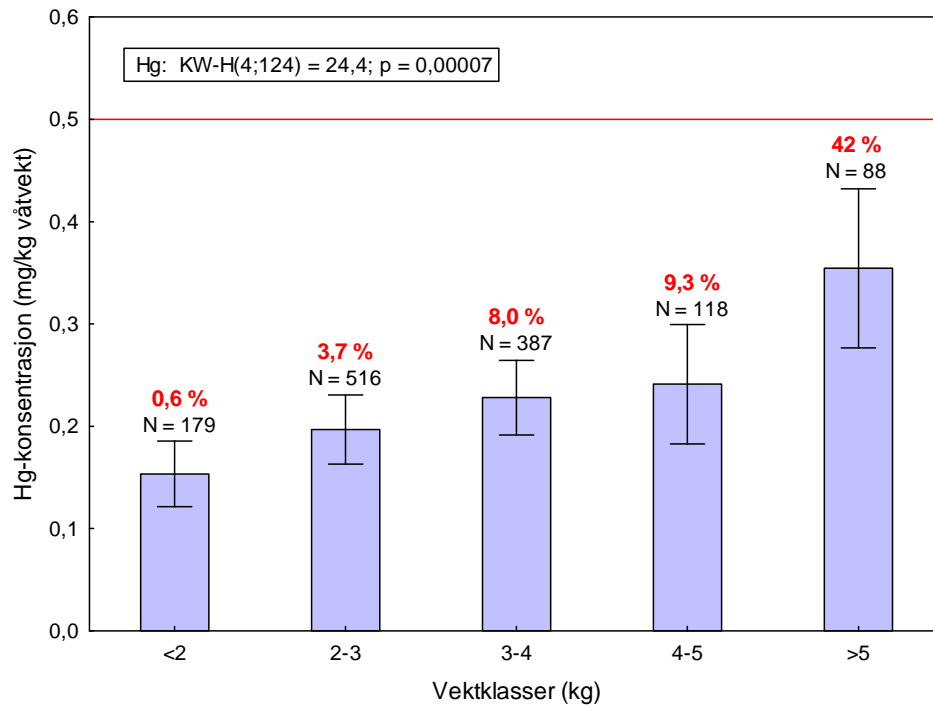
Figur 6. Korrelasjon mellom konsentrasjon av kvikksølv (mg/kg våtvekt) og alder (år) for de 716 blåkkeitene som har blitt aldersbestemt (pr. 02.02.10). Rød linje viser EUs øvre grenseverdi for kvikksølv i fiskefilet på 0,5 mg/kg våtvekt.



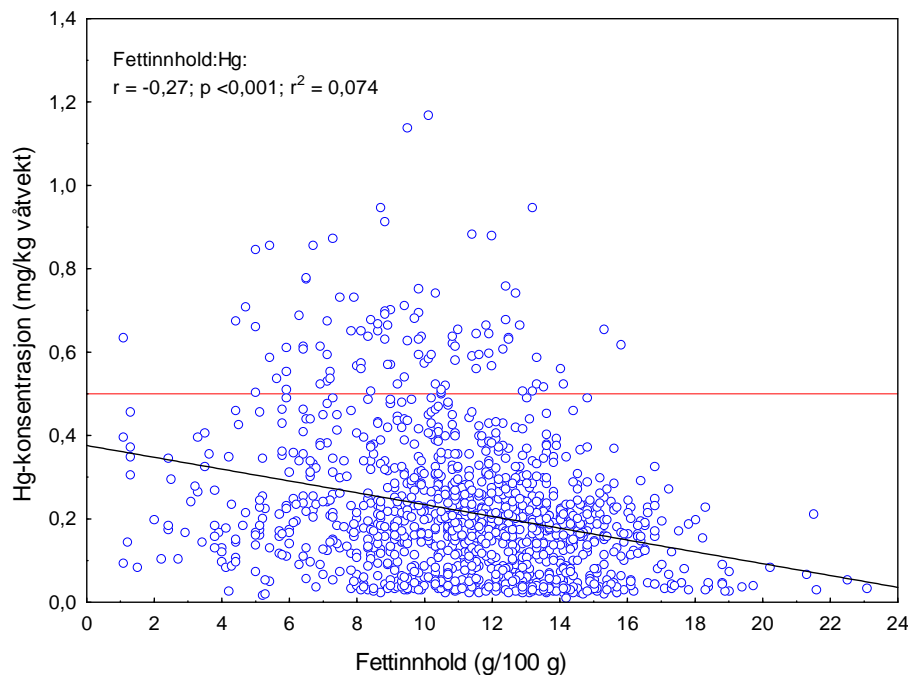
Figur 7. Korrelasjon mellom konsentrasjon av kvikksølv (mg/kg våtvekt) og lengde (cm) av blåkveite. Rød linje viser EUs øvre grenseverdi for kvikksølv i fiskefilet på 0,5 mg/kg våtvekt, mens rød stiplet linje viser EUs øvre grenseverdi for kvikksølv på 1,0 mg/kg våtvekt i en rekke arter som blant andre atlantisk kveite, breiflabb, steinbit, ål og uer.



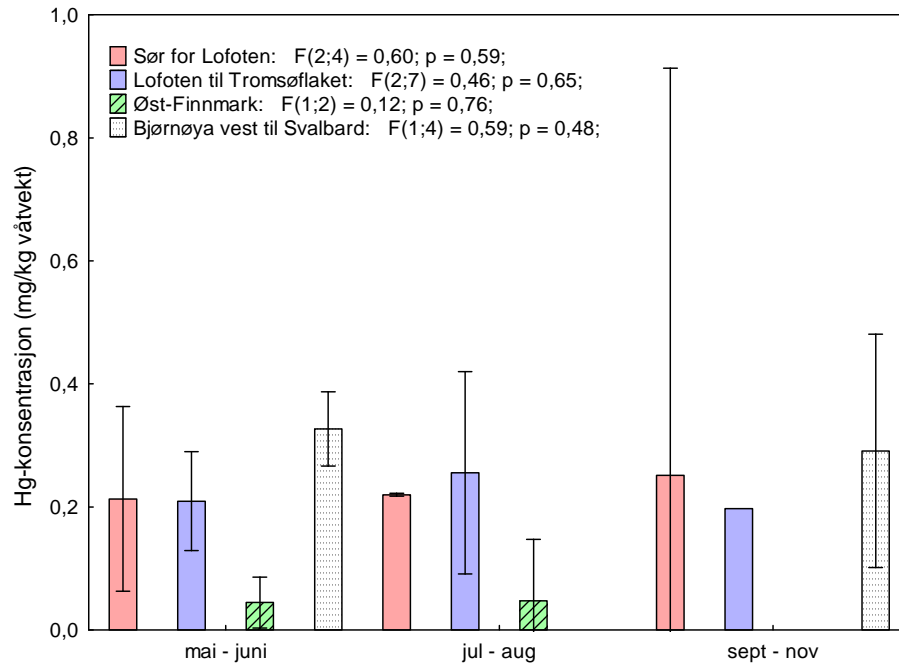
Figur 8. Konsentrasjon av kvikksølv (mg/kg våtvekt) i ulike lengdeklasser av blåkveite. Resultatene er vist som gjennomsnitt \pm 95 % konfidensintervall av middelverdiene for stasjonene i hver lengdeklasse. Antall fisk (N) i hver lengdeklasse er vist over hver kolonne sammen med prosentandel av fisken som oversteg EUs øvre grenseverdi. Resultat av Kruskal-Wallis ikke-parametrisk ANOVA er vist. Rød linje viser EUs øvre grenseverdi for kvikksølv i fiskefilet på 0,5 mg/kg våtvekt.



Figur 9. Konsentrasjon av kvikksølv (mg/kg våtvekt) i ulike vektclasser av blåkveite. Resultatene er vist som gjennomsnitt \pm 95 % konfidensintervall av middelverdiene for stasjonene i hver vektclasser. Antall fisk (N) i hver vektclasser er vist over hver kolonne sammen med prosentandel av fisken som oversteg EUs øvre grenseverdi. Resultat av Kruskal-Wallis ikke-parametriske ANOVA er vist. Rød linje viser EUs øvre grenseverdi for kvikksølv i fiskefilet på 0,5 mg/kg våtvekt.



Figur 10. Korrelasjon mellom konsentrasjon av kvikksølv (mg/kg våtvekt) og fettinnhold (g/100 g) i blåkveite. Rød linje viser EUs øvre grenseverdi for kvikksølv i fiskefilet på 0,5 mg/kg våtvekt.



Figur 11. Konsentrasjon av kvikksølv i blåkveite fanget til ulik tid på året i ulike områder. Resultatene er vist som gjennomsnitt \pm 95 % konfidensintervall av middelverdier for stasjonene. Resultat av enveis variansanalyse er vist for hvert av områdene.

Organiske miljøgifter (POPs)

Totalt 1028 blåkveiteprøver ble analysert for de organiske miljøgiftene dioksiner (PCDD), furaner (PCDF) og dioksinlignende PCB (mono-orto og non-orto PCB, dl-PCB), 1040 prøver ble analysert for polyklorerte bifenyler (PCB₇) og 1030 prøver ble analysert for bromerte flammehemmere (polybromerte difenyletere, PBDE). Gjennomsnitt, standardavvik samt største og minste konsentrasjon for de ulike forbindelsene er vist i tabell 5 og 6.

Konsentrasjonen av sum dioksiner og dioksinlignende PCB (PCDD/F+dl-PCB) varierte fra 0,47 til 24 ng TE/kg våtvekt med en middelvei på 5,4 ng TE/kg våtvekt (tabell 5). Totalt 262 prøver (25 %) hadde konsentrasjoner av sum dioksiner og dioksinlignende PCB over EUs øvre grenseverdi på 8 ng TE/kg våtvekt. Av disse var det 186 prøver (18,1 %) som også overskred EUs øvre grenseverdi for sum dioksiner og furaner (PCDD/F) på 4 ng TE/kg våtvekt. To prøver oversteg grenseverdien for sum dioksiner og furaner, men ikke grenseverdien for dioksiner og dioksinlignende PCB. Sum non-orto PCB og sum furaner (PCDF) bidro mest til summen av dioksiner og dioksinlignende PCB, med middelveier på henholdsvis 2,3 og 1,6 ng TE/kg våtvekt (Tabell 5).

Tabell 5. Konsentrasjoner av sum dioksiner (PCDD), sum furaner (PCDF), sum mono-orto PCB og sum non-orto-PCB, samt summen av dioksiner og furaner (PCDD/F), summen av dioksinlignende PCB (dl-PCB) og summen av dioksiner, furaner og dioksinlignende PCB (PCDD/F+dl-PCB). Middelvei, standardavvik (SD) og minste og største verdi er gitt for alle prøvene (N = 1028). EUs øvre grenseverdi er vist for sum PCDD/F og sum PCDD/F+dl-PCB. Alle summer er beregnet med "upper bound LOQ".

Parameter	Middelvei (ng TE/kg v.v.)	SD (ng TE/kg v.v.)	Min (ng TE/kg v.v.)	Maks (ng TE/kg v.v.)	EUs øvre grenseverdi (ng TE/kg v.v.)
PCDD	0,58	0,51	0,030	2,9	
PCDF	1,6	1,4	0,070	8,9	
Mono-orto PCB	1,0	0,74	0,090	6,1	
Non-orto PCB	2,3	1,5	0,26	8,2	
PCDD/F	2,2	1,9	0,11	12	4,0
dl-PCB	3,3	2,2	0,35	12	
PCDD/F+dl-PCB	5,4	4,0	0,47	24	8,0

Resultater for dioksiner og dioksinlignende PCB som er registrert for blåkveite i Sjømatdata (www.nifes.no/sjomatdata) er basert på analyser av kun 18 blåkveiteprøver i 2006. Selv om middelveien for konsentrasjonen av sum dioksiner og furaner i denne basisundersøkelsen var svært lik verdien som tidligere er registrert, var middelveien for konsentrasjonen av sum dioksiner og dioksinlignende PCB lavere enn tidligere resultater. Som forventet på grunn av et mye høyere antall prøver, ble det i denne basisundersøkelsen også funnet svært mange enkeltprøver med både høyere og lavere verdier for begge summer enn de verdier som tidligere var registrert i Sjømatdata. Få andre studier har undersøkt innholdet av dioksiner og dioksinlignende PCB i blåkveite, men i en studie av Karl og Ruoff (2008) ble det funnet at middelveien for konsentrasjonen av sum dioksiner og dioksinlignende PCB i samleprøver av blåkveite fra Barentshavet og fra østkysten av Grønland var mye lavere (< 1 ng TE/kg våtvekt) enn middelveien som ble funnet i denne basisundersøkelsen. I samme studie ble det imidlertid også analysert tre samleprøver av blåkveite fra Tampen i Nordsjøen, og

middelverdien av sum dioksiner og dioksinlignende PCB i disse prøvene (ca. 5,9 ng TE/kg våtvekt) stemte god overens med middelverdien vi har funnet i denne basisundersøkelsen.

Konsentrasjonen av sum PCB₇ (summen av PCB 28, 52, 101, 118, 138, 153 og 180) varierte mellom 2,7 og 240 µg/kg våtvekt med en middelverdi på 37 µg/kg våtvekt (tabell 6). Totalt 33 prøver (3,2 %) hadde verdier av sum PCB₇ over 100 µg/kg våtvekt. PCB 138 og PCB 153 bidro mest til sum PCB₇, begge med middelverdier på 11 µg/kg våtvekt. Det finnes ingen øvre grenseverdi for PCB₇ i filet av fisk, men en ny grenseverdi for sum PCB₆ som omfatter seks ikke-dioksinlignende PCB (summen av PCB 28, 52, 101, 138, 153 og 180) er under utarbeiding i EU. Tabell 6 viser derfor resultatene også for PCB₆. Kun et fåtall blåkveiteprøver har tidligere vært analysert for sum PCB₇ i forbindelse med Sjømatdata (50 prøver i 1999 og 8 prøver i 2006), og middelverdien for sum PCB₇ som er funnet i denne basisundersøkelsen er noe høyere enn tidligere resultater (23 µg/kg våtvekt i 1999, 32 µg/kg våtvekt i 2006). Som forventet, på grunn av et mye høyere antall prøver, ble det nå også funnet mange enkeltprøver med både høyere og lavere verdier enn de verdier som tidligere er registrert i Sjømatdata.

Konsentrasjonen av sum PBDE (summen av PBDE 28, 47, 99, 100, 153, 154 og 183) varierte mellom 0,12 og 9,8 µg/kg våtvekt med en middelverdi på 2,0 µg/kg våtvekt (tabell 6). Totalt 51 prøver (4,9 %) hadde verdier av sum PBDE over 5,0 µg/kg våtvekt. PBDE 47 bidro mest til sum PBDE mens PBDE 183 var til stede i svært små mengder i prøvene (resultater ikke vist). EU har ikke fastsatt noen øvre grenseverdi for sum PBDE i filet av fisk. Middelverdien for konsentrasjonen av sum PBDE i denne undersøkelsen er noe høyere enn middelverdien fra åtte analyser av blåkveitefilet fra 2006 som er registrert i Sjømatdata. I den foreliggende undersøkelsen ble det også funnet mange enkeltprøver med både høyere og lavere verdier enn resultatene i Sjømatdata.

Tabell 6. Konsentrasjoner av sum PCB₇, PCB₆ og sum PBDE (µg/kg våtvekt). Middelverdi, standardavvik (SD) og minste og største verdi er gitt for alle prøvene (N = 1040). Summene er beregnet med "lower bound LOQ".

Parameter	Middelverdi (µg/kg v.v.)	SD (µg/kg v.v.)	Min (µg/kg v.v.)	Maks (µg/kg v.v.)	Antall prøver <LOQ
Sum PCB ₇	37	31	2,7	240	0
Sum PCB ₆	33	27	2,3	224	0
Sum 7 PBDE	2,0	1,6	0,12	9,8	0

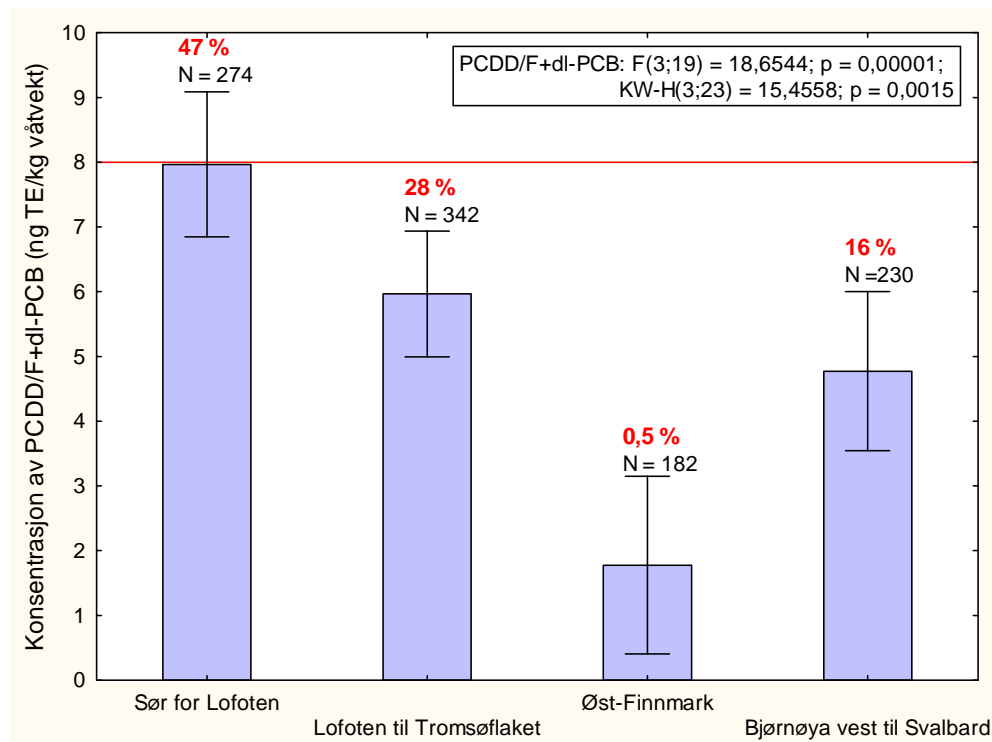
Konsentrasjonen av de organiske miljøgiftene i blåkveite varierte med området de var fanget i. Når stasjonene ble delt inn i fire ulike områder, Sør for Lofoten, Lofoten til Tromsøflaket, Øst-Finnmark og Bjørnøya vest til Svalbard, var det større forskjeller i konsentrasjonen av de organiske miljøgiftene mellom områdene enn mellom stasjonene innenfor områdene. Enveis ANOVA viste at gjennomsnittskonsentrasjonen av sum dioksiner og dioksinlignende PCB varierte signifikant mellom områdene (figur 12).

Konsentrasjonen av sum dioksiner og dioksinlignende PCB i blåkveite fra Øst-Finnmark var signifikant lavere enn i alle de tre andre områdene, med gjennomsnittlig konsentrasjon på 1,7 ng TE/kg våtvekt (figur 12). Her var det kun én eneste blåkveiteprøve (0,8 %) som hadde en konsentrasjon av sum dioksiner og dioksinlignende PCB over EUs øvre grenseverdi på 8,0 ng TE/kg våtvekt (figur 12). Motsatt var gjennomsnittlig konsentrasjon av sum dioksiner og dioksinlignende PCB i området Sør for Lofoten signifikant høyere enn i alle de tre andre

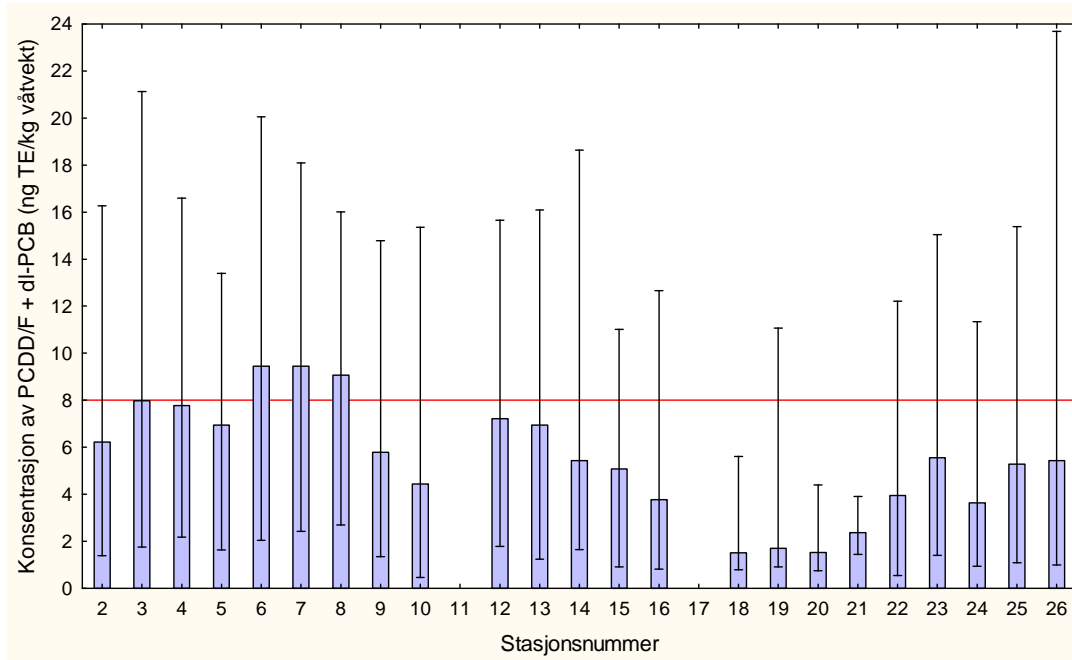
områdene, med en middelværdi på 7,9 ng TE/kg våtvekt, og her overskred hele 47 % av prøvene EUs øvre grenseverdi. Det var ingen statistisk signifikant forskjell mellom områdene Lofoten til Tromsøflaket og området Bjørnøya vest til Svalbard.

Ingen av områdene hadde en gjennomsnittskonsentrasjon av sum dioksiner og dioksinlignende PCB over EUs øvre grenseverdi på 8 ng TE/kg våtvekt. Likevel var det to enkeltstasjoner innenfor området Sør for Lofoten (stasjon 6 og 7 nordvest for Trænabanken) og én enkeltstasjon innenfor området Lofoten til Tromsøflaket (stasjon 8 i eggakanten utenfor Lofoten) som hadde en gjennomsnittlig konsentrasjon av dioksiner og dioksinlignende PCB over EUs øvre grenseverdi (figur 13). I tillegg var det to stasjoner innenfor området Sør for Lofoten som hadde en gjennomsnittsverdi som lå på eller svært nær opptil EUs øvre grenseverdi (stasjon 3: 8,0 ng TE/kg, stasjon 4: 7,8 ng TE/kg). Prosentvis andel av fisken ved hver stasjon som overskred EUs øvre grenseverdi er vist i kart i figur 14. Som det fremgår av kartet, var det tre stasjoner, to i området Sør for Lofoten (stasjon 6 og 7 nordvest for Trænabanken) og én i området Lofoten – Tromsøflaket (stasjon 8 i eggakanten utenfor Lofoten) der mer enn 60 % av fisken hadde konsentrasjoner av sum dioksiner og dioksinlignende PCB over EUs øvre grenseverdi (figur 14). I motsatt ende av skalaen var det kun tre stasjoner, alle i Øst-Finnmark, der det ikke ble fanget en eneste blåkkeite med konsentrasjon av dioksiner og dioksinlignende PCB over EUs øvre grenseverdi.

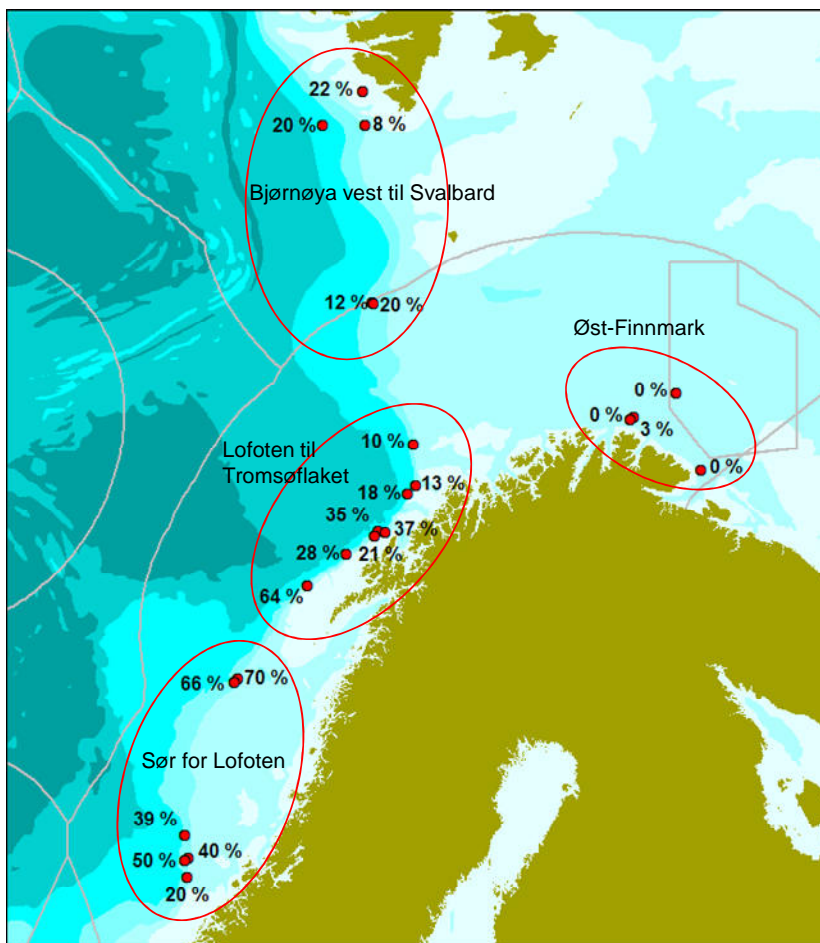
Konsentrasjonene av sum PCB₇ og sum PBDE₇ varierte mellom områdene på samme måte som konsentrasjonen av sum dioksiner og dioksinlignende PCB (figur 15 og 16).



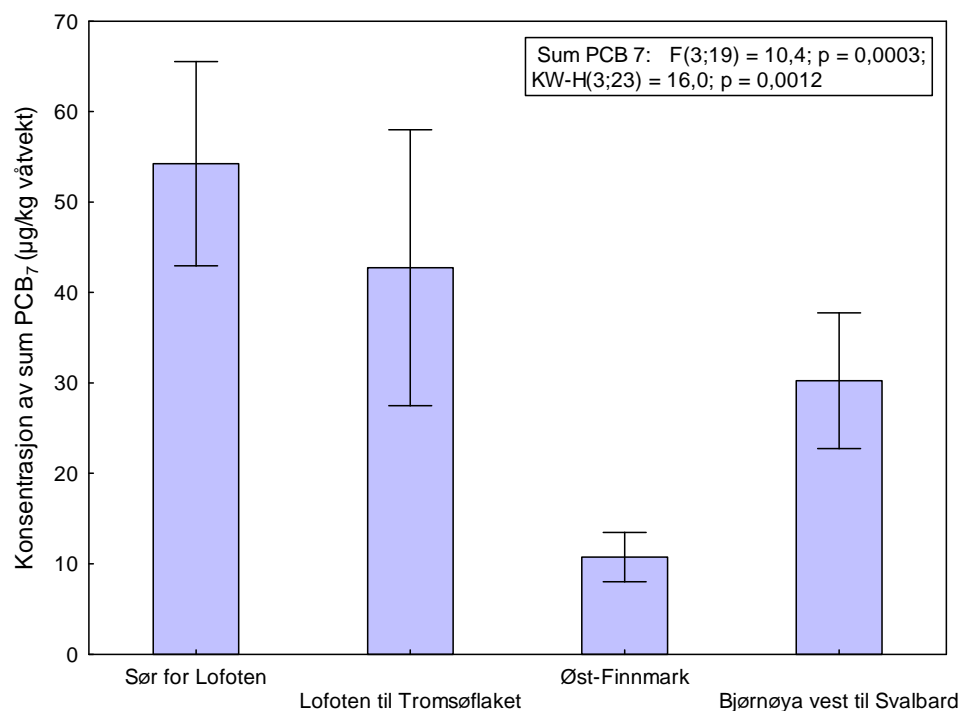
Figur 12. Konsentrasjon av sum dioksiner og dioksinlignende PCB (sum PCDD/F+dl-PCB) (ng TE/kg våtvekt) i blåkkeite fra ulike områder. Resultatene er vist som gjennomsnitt ± 95 % konfidensintervall av middelværdier for stasjonene med pooled (sammenvektet) varians. Resultat av enveis ANOVA og Kruskal-Wallis ikke-parametrisk ANOVA er vist. Rød linje viser EUs øvre grenseverdi for sum PCDD/F+dl-PCB i fiskefilet på 8 ng TE/kg våtvekt, og røde tall over hver kolonne viser prosentandel av fisken i hvert område som oversteg grenseverdien.



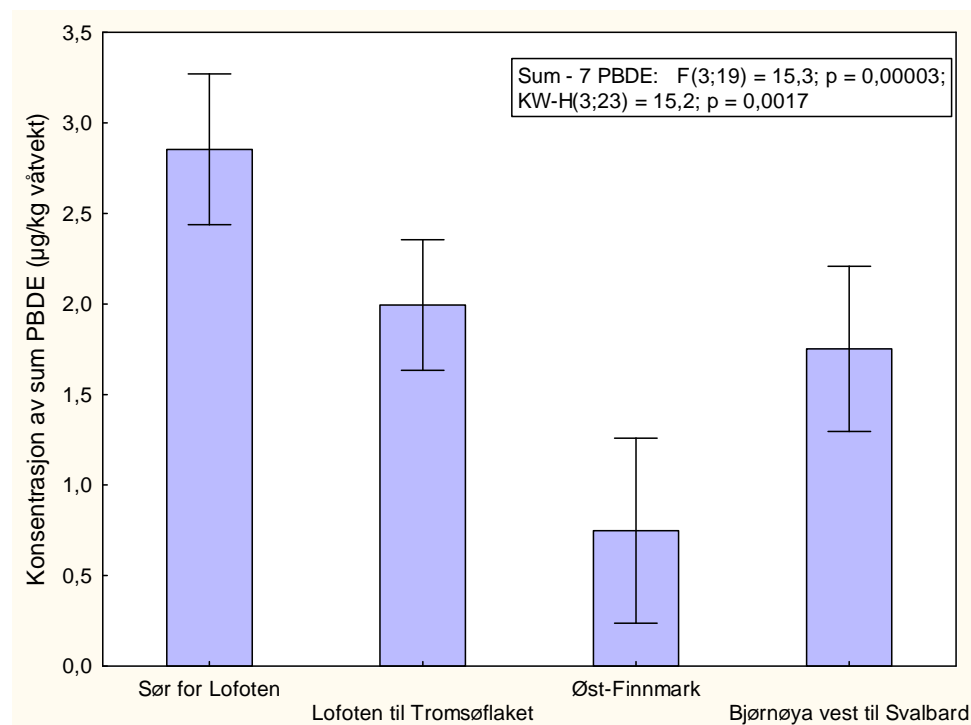
Figur 13. Konsentrasjon av sum dioksiner og dioksinlignende PCB (sum PCDD/F + dl-PCB) (ng TE/kg våtvekt) i blåkveite fra hver stasjon. Resultatene er vist som gjennomsnitt ± største og minste konsentrasjon. Fisk fra stasjon 1, 11, 17 og 27 er ikke analysert for dioksiner og dioksinlignende PCB. Stasjon 2-7 = Sør for Lofoten, Stasjon 8-16 = Lofoten til Tromsøflaket, stasjon 18-21 = Øst-Finnmark, stasjon 22-26 = Bjørnøya vest til Svalbard. Rød linje viser EUs øvre grenseverdi for sum PCDD/F+dl-PCB i fiskefilet på 8 ng TE/kg våtvekt.



Figur 14. Prosentvis andel av blåkveite fra hver stasjon med konsentrasjon av sum PCDD/F+dl-PCB over EUs øvre grenseverdi. Stasjonene er gruppert i fire geografiske områder.



Figur 15. Konsentrasjon av sum PCB₇ (µg/kg våtvekt) i blåkkeite fra ulike områder. Resultatene er vist som gjennomsnitt ± 95 % konfidensintervall av middelverdier for stasjonene. Resultat av enveis ANOVA og Kruskal-Wallis ikke-parametrisk ANOVA er vist.

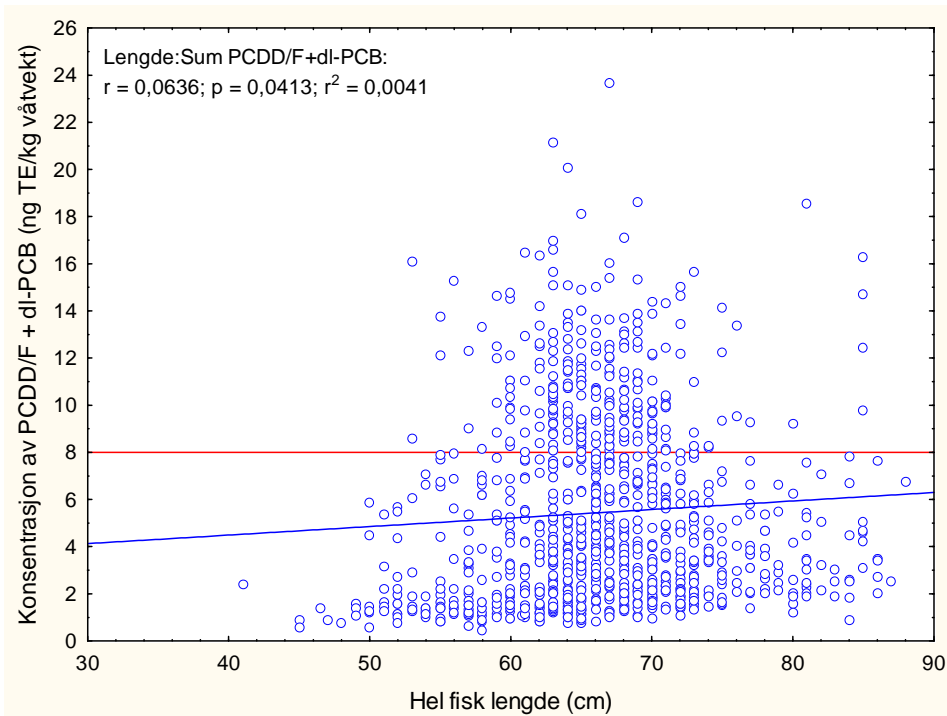


Figur 16. Konsentrasjon av sum PBDE₇ (µg/kg våtvekt) i blåkkeite fra ulike områder. Resultatene er vist som gjennomsnitt ± 95 % konfidensintervall av middelverdier for stasjonene med pooled (sammenvektet) varians. Resultat av enveis ANOVA og Kruskal-Wallis ikke-parametrisk ANOVA er vist.

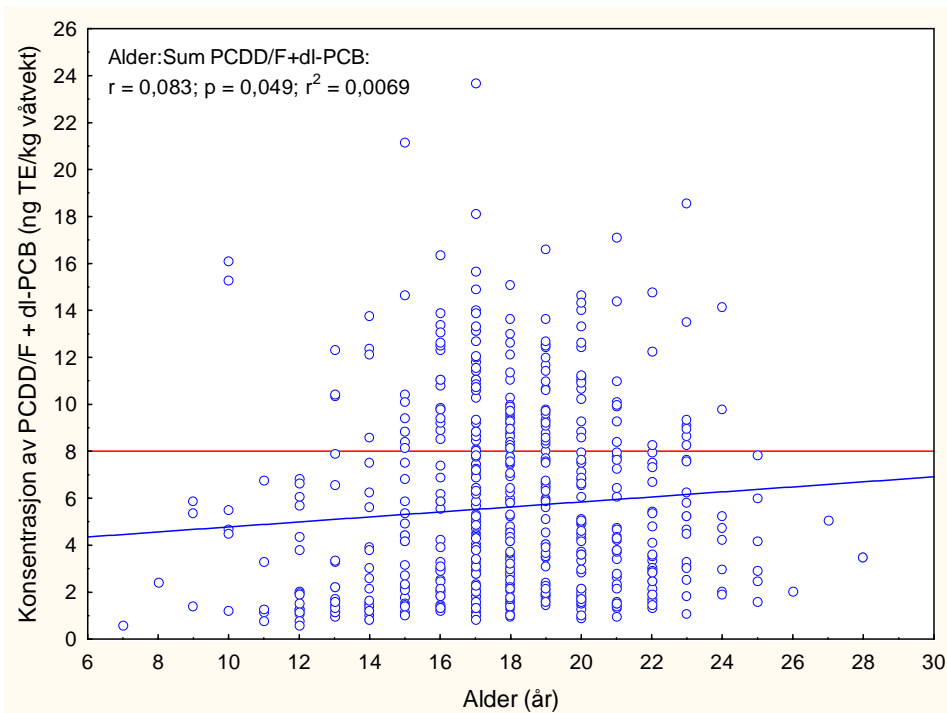
Variasjon mellom områdene i konsentrasjon av organiske miljøgifter kan skyldes flere ulike faktorer. Noen faktorer som kan ha betydning for konsentrasjon av ikke nedbrytbare (persistente) miljøgifter er alder, størrelse, fettinnhold, årstid og diett. For blåkveite var det imidlertid svært dårlig korrelasjon mellom konsentrasjonen av sum dioksiner og dioksinlignende PCB og lengde og alder av fisken (figur 17 og 18), og det var ingen korrelasjon mellom konsentrasjonen av sum dioksiner og dioksinlignende PCB og fiskens vekt (resultater ikke vist). Det var også svært svak korrelasjon mellom konsentrasjonen av sum dioksiner og dioksinlignende PCB og fiskens fettinnhold (figur 19). Heller ikke sum PCB₇ eller sum PBDE₇ var korrelert med lengde, vekt eller fettinnhold (resultater ikke vist). Selv om både alder, størrelse og fettinnhold hadde betydning for variasjonen i kvikksølvkonsentrasjonen, hadde altså ingen av disse faktorene noen vesentlig betydning for variasjonen i konsentrasjon av de organiske miljøgiftene i blåkveite.

At det ikke er de samme faktorene som er med på å påvirke konsentrasjonen av de organiske miljøgiftene og konsentrasjonen av kvikksølv i blåkveite, illustreres også ved at det ikke ble funnet noen klar sammenheng mellom prøver som overskred EUs øvre grenseverdi for sum dioksiner og dioksinlignende PCB og prøver som oversteg EUs øvre grenseverdi for kvikksølv. Spredningsplot viste at konsentrasjonen av sum dioksiner og dioksinlignende PCB var positivt korrelert med kvikksølvkonsentrasjonen, men de fleste prøver som lå over EUs øvre grenseverdi for sum dioksiner og dioksinlignende PCB lå under grenseverdien for kvikksølv, og omvendt. Kun 13 av de 1288 blåkveiteprøvene (1 %) oversteg grenseverdiene for både kvikksølv og sum dioksiner og dioksinlignende PCB (figur 20).

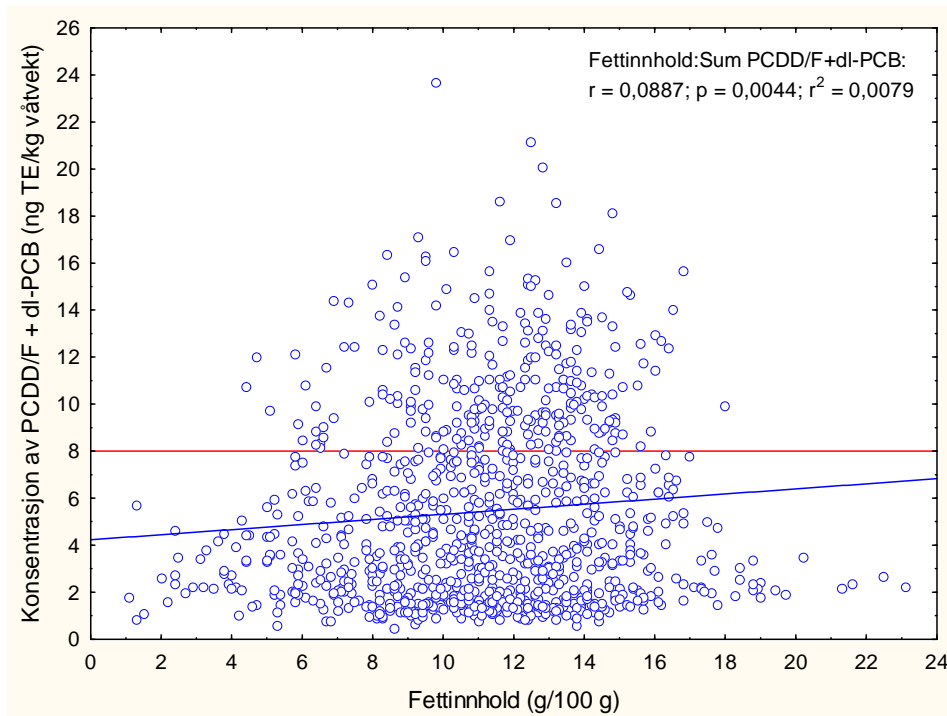
Det ble ikke funnet noen signifikant sammenheng mellom konsentrasjon av sum dioksiner og dioksinlignende PCB og årstid (figur 21). Selv om det tilsynelatende kan se ut som om det var en viss årstidsvariasjon i noen av områdene, varierte konsentrasjonen på forskjellig måte fra område til område, og det var ikke noe som tydet på at uttakstidspunktet hadde betydning for den geografiske variasjonen. Hos NVG-sild har det gjennom basisundersøkelsen blitt funnet klare årstidsvariasjoner i konsentrasjon av fettløselige organiske miljøgifter knyttet til en svært regelmessig føde- og gytesyklus, der det var høyest konsentrasjon rett før gyting og lavest like etter gyting (Frantzen et al. 2009). Manglende årstidsvariasjon i konsentrasjoner av miljøgifter hos blåkveite kan skyldes at blåkveite har en helt annen biologi enn NVG-sild, med mindre sesongavhengig fødeopptak og mindre synkron gyting. Det er imidlertid også mulig at årstidsvariasjoner ikke ble avdekket i denne undersøkelsen fordi det ikke ble tatt noen prøver like før eller like etter hovedgyteperioden i januar og februar på grunn av fiskeforbud i denne perioden. Det er mulig at vi ville ha sett mer tydelige årstidsvariasjoner dersom det hadde blitt tatt prøver i januar og mars.



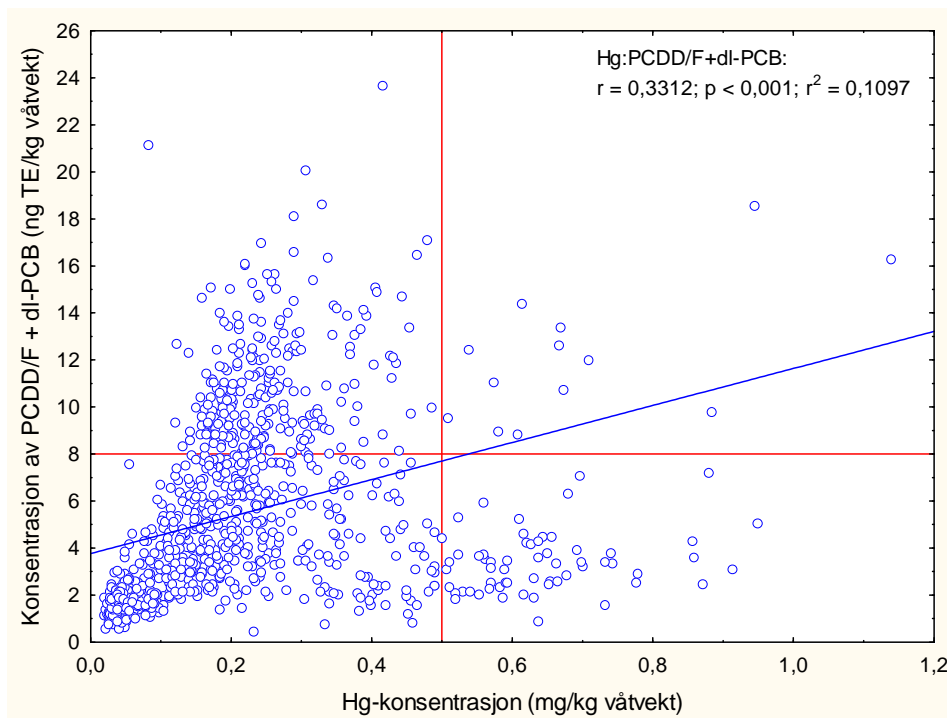
Figur 17. Korrelasjon mellom konsentrasjon av sum dioksiner og dioksinlignende PCB (sum PCDD/F+dl-PCB) (ng TE/kg våtvekt) og lengde av blåkkeite (cm). Rød linje viser EUs øvre grenseverdi for sum PCDD/F+dl-PCB i fiskefilet på 8 ng TE/kg våtvekt.



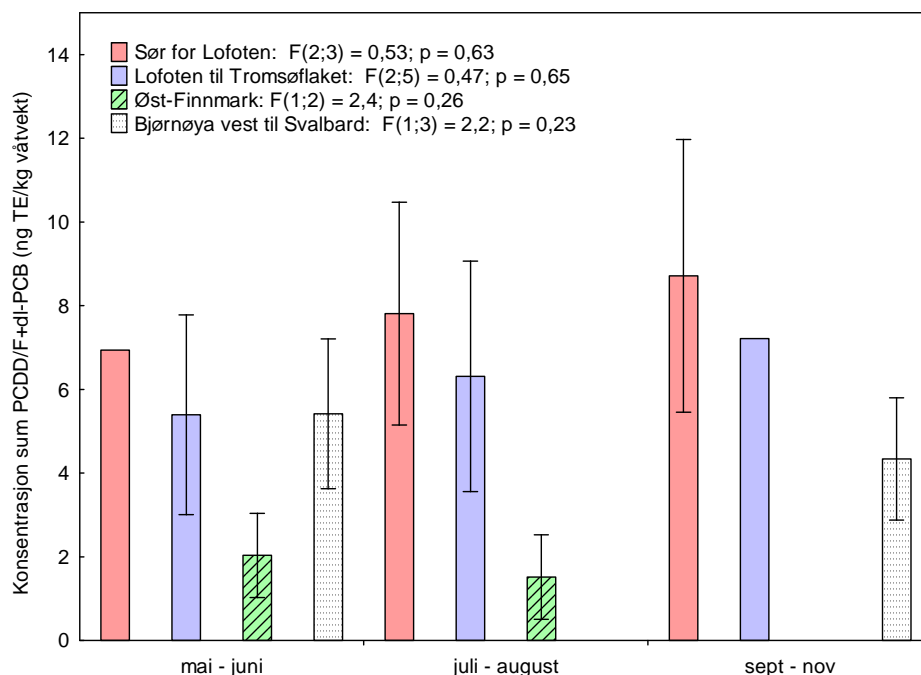
Figur 18. Korrelasjon mellom konsentrasjon av sum dioksiner og dioksinlignende PCB (sum PCDD/F+dl-PCB) (ng TE/kg våtvekt) og alder (år) for de 716 blåkkeitene der alder har blitt bestemt (pr. 02.02.10). Rød linje viser EUs øvre grenseverdi for sum PCDD/F+dl-PCB i fiskefilet på 8 ng TE/kg våtvekt.



Figur 19. Korrelasjon mellom konsentrasjon av sum dioksiner og dioksinlignende PCB (sum PCDD/F+dl-PCB) (ng TE/kg våtvekt) og fettinnhold i blåkveite (g/100 g). Rød linje viser EUs øvre grenseverdi for sum PCDD/F+dl-PCB i fiskefilet på 8 ng TE/kg våtvekt.



Figur 20. Korrelasjon mellom konsentrasjon av sum dioksiner og dioksinlignende PCB (sum PCDD/F+dl-PCB) (ng TE/kg våtvekt) og konsentrasjon av kvikksølv (mg/kg våtvekt). Røde linjer viser EUs øvre grenseverdi i fiskefilet for sum PCDD/F+dl-PCB på 8 ng TE/kg våtvekt og for kvikksølv på 0,5 mg/kg våtvekt.



Figur 21. Konsentrasjon av sum PCDD/F+dl-PCB (ng TE/kg våtvekt) i blåkkeite fanget til ulik tid på året i ulike områder. Resultatene er vist som gjennomsnitt \pm 95 % konfidensintervall av middelverdier for stasjonene. Resultat av enveis variansanalyse er vist for hvert av områdene.

Mulige forklaringer på variasjoner i konsentrasjon av miljøgifter mellom ulike områder

Resultatene i denne basisundersøkelsen har vist at både kvikksølvkonsentrasjon og konsentrasjon av organiske miljøgifter i blåkkeite varierer med området blåkkeiten er fanget i. Et viktig fellestrekk er at fileten fra blåkkeite fanget i Øst-Finnmark har mye lavere konsentrasjoner av både kvikksølv og organiske miljøgifter enn fileten fra blåkkeite fanget i de andre tre områdene. En mulig forklaring på disse områdeforskjellene kan være ulik type diett. Fisk tar opp i seg ulike miljøgifter hovedsakelig gjennom det de spiser, og innholdet av miljøgifter i byttedyrene vil ha betydning for konsentrasjon av miljøgifter i fileten. Byttedyrene vil i sin tur være påvirket av det de har spist, og så videre helt ned til planteplankton, det laveste leddet på næringskjeden. Ikke nedbrytbare miljøgifter har den egenskapen at de er biomagnifiserende, det vil si at konsentrasjonen øker for hvert ledd oppover i næringskjeden. Dette betyr at jo høyere i næringskjeden et individ befinner seg, jo høyere konsentrasjon av miljøgifter vil det få, under ellers like betingelser. Dersom blåkkeite i Øst-Finnmark gjennomsnittlig spiser dyr som er litt lavere i næringskjeden enn det blåkkeite i de andre tre områdene som ligger langs eggkanten gjør, kan det føre til at konsentrasjonen av miljøgifter blir lavere. Studier av dietten til blåkkeite har vist at blåkkeite er en rovfisk med både fisk (som torsk, polartorsk, sild og lodde) og krepsdyr (f.eks. reker) som byttedyr (Vollen et al. 2004, Woll og Gundersen 2004), og at de spiser det som til enhver tid er tilgjengelig. Det er imidlertid ikke gjort noen undersøkelser av dietten til blåkkeite i Øst-Finnmark spesielt som kan vise om blåkkeite i dette området befinner seg lavere i næringskjeden enn blåkkeite langs eggkanten, altså om blåkkeite i Øst-Finnmark er på et lavere trofisk nivå. Analyser av stabile nitrogenisotoper ($\delta^{15}\text{N}$) i fileten er en metode som brukes

til å sammenligne trofisk nivå (se for eksempel Senn et al. 2010), og slike analyser av restmateriale av blåkveitefilet ville kunne bidra til å kaste lys over dette spørsmålet.

En annen mulig forklaring på at blåkveite fanget i ulike områder hadde så ulik konsentrasjon av miljøgifter kan være at de ulike områdene tilføres miljøgifter i ulik grad. Langs eggakanten (kontinentalskråningen) går Atlanterhavsstrømmen nordover, og når den når Tromsøflaket fortsetter den videre nordover langs eggakanten mot Bjørnøya og Svalbard. Parallelt med Atlanterhavsstrømmen, lenger inne langs norskekysten, går Den norske kyststrømmen som i stedet for å fortsette nordover langs eggakanten svinger østover langs kysten utenfor Troms og Finnmark. Det vil altså være miljøgifter transportert med Atlanterhavsstrømmen som påvirker blåkveite i områdene som ligger langs eggakanten, mens miljøgifter transportert med Den norske kyststrømmen påvirker blåkveite i området Øst-Finnmark. Siden det var så mye lavere konsentrasjoner av miljøgifter i blåkveite fra Øst-Finnmark enn i de andre områdene, kan det derfor virke som om det er mer miljøgifter som føres med Atlanterhavsstrømmen enn det som føres med Den norske kyststrømmen. For sum dioksiner og dioksinlignende PCB som ble funnet i høyest konsentrasjoner i området Sør for Lofoten og i lavere konsentrasjoner lenger nord kan det se ut som om påvirkningen av miljøgifter er større jo nærmere man kommer de mer tettbefolkede områdene i sør. Dette mønsteret ser vi imidlertid ikke for kvikksølv der de høyeste konsentrasjonene ble funnet i det nordligste området Bjørnøya vest til Svalbard. Men som diskutert tidligere i rapporten (side 22) kan den relativt høye konsentrasjonen av kvikksølv i området Bjørnøya vest til Svalbard trolig i hvert fall delvis forklares ved faktorer som størrelse og fettinnhold i fisken.

Blåkveite er en art som kan vandre over lange avstander, og man skulle derfor kanskje tro at denne arten ikke ville være så sterkt påvirket av miljøet i et bestemt område der den ble fanget, siden det er samlet påvirkning gjennom hele livet som har betydning for konsentrasjon av miljøgifter i fileten. Merking av blåkveite har imidlertid vist at det er liten utveksling mellom blåkveite som lever i vest langs eggakanten mot Norskehavet og blåkveite utenfor Finnmark. Havforskningsinstituttet har i perioden 1995-2008 merket 58 929 blåkveiter i norske havområder inklusive Svalbard, de fleste langs eggakanten mellom 65°N og 80°N. Av til sammen 1 522 gjenfangster har bare 3 blåkveiter blitt gjenfanget øst for 25°E og utenfor Finnmark (Tone Vollen, Havforskningsinstituttet, pers. komm.; Nedreaas et al. 1999). En såpass liten utveksling mellom disse områdene er med og forklarer hvorfor blåkveite fra områdene utenfor Finnmark skiller seg ut fra blåkveite fra de andre områdene med hensyn til innhold av ulike miljøgifter.

Mattrygghet

Inntak av for høye mengder av miljøgifter gjennom mat kan gi helseskade, og det er derfor internasjonalt fastsatt trygge inntaksverdier for en rekke fremmedstoffer. De trygge inntaksverdiene angis som tolerabelt daglig eller ukentlig inntak (TDI/TWI) og er fastsatt slik at også de mest sårbare individene/befolkningsgruppene blir beskyttet. For eksempel er TWI for metylkvikksølv og sum dioksiner og dioksinlignende PCB satt for å beskytte fosteret som er mest følsomt for disse stoffene. For andre individer/befolkningsgrupper som er mindre følsomme, vil TWI-verdiene ha en betydelig sikkerhetsmargin.

I forhold til øvre grenseverdier satt av EU for disse stoffene i fisk samt internasjonale verdier for tolerabelt inntak, er innholdet av bly og kadmium i blåkveite så lavt at det har liten eller ingen betydning for vårt inntak av disse potensielt helseskadelige forbindelsene. Også innholdet av arsen, som i svært mange tilfeller er høyt i blåkveite, kan anses som uproblematisk siden arsen i fisk primært foreligger som arsenobetain som ikke er giftig.

Innholdet av uorganisk arsen (som er mye mer toksisk for mennesker) er trolig lavt i blåkveite, men dette skal undersøkes nærmere i en undersøkelse NIFES skal utføre for Mattilsynet i 2010.

Innholdet av kvikksølv i blåkveite er derimot noe høyere enn i de fleste artene som fiskes i norske farvann. Kvikksølv i fisk foreligger primært som metylkvikksølv som er helseskadelig for mennesker. Det er tidligere vist på et begrenset antall prøver at metylkvikksølv utgjør mellom 80 og 100 % av det totale kvikksølvinnholdet i blåkveitefilet (Julshamn et al. 2008). Mattilsynet har bedt om mer data på metylkvikksølv i blåkveite i 2010. Tolerabelt ukentlig inntak (PTWI) for metylkvikksølv er 1,6 µg/kg kroppsvekt/uke eller 96 µg/uke for en person på 60 kg. I en rapport fra Vitenskapskomiteen for mattrygghet (2006) er det på grunnlag av kostholdsundersøkelser hos voksne beregnet at gjennomsnittlig inntak av kvikksølv fra fisk og annen sjømat er på 0,4 µg/kg kroppsvekt/uke. Disse beregningene er basert på gjennomsnittsverdier for kvikksølv funnet i fisk og annen sjømat fra områder uten kjente kilder for forurensing, og det ble i samme rapport også beregnet at for fisk med høyere kvikksølvinnhold enn 1 mg/kg vil man ved høyt konsum (6-24 middagsmåltider i året) overskride PTWI for kvikksølv fra kostholdet totalt. I den foreliggende basisundersøkelsen ble det funnet kun to blåkveiter med et kvikksølvinnhold over 1 mg/kg, og bare ca. 8 % av blåkveitene hadde et kvikksølvinnhold høyere enn 0,5 mg/kg.

Det omsettes årlig ca 150 tonn blåkveite i Norge (Kilde: Eksportutvalget for fisk), og det er derfor i gjennomsnitt mindre enn 100 g blåkveite i året som er tilgjengelig for konsum per nordmann. For en blåkveite med et kvikksølvinnhold på 1,2 mg/kg (maksimumsverdien som ble funnet i denne undersøkelsen) vil 100 g gi et inntak av kvikksølv på 120 µg per år, tilsvarende ca 2,3 µg per uke eller 2,4 % av det tolerable ukentlige inntaket for en person på 60 kg. For enkelte grupper av befolkningen som spiser større mengder blåkveite vil imidlertid inntaket av kvikksølv fra blåkveite kunne bli høyere enn dette, selv om det er lite sannsynlig at man vil spise fisk med de høyeste kvikksølvnivåene hver gang. Gjennomsnittsverdien for kvikksølvinnhold i blåkveite fra området Bjørnøya vest til Svalbard, som hadde høyest gjennomsnittsverdi av de fire områdene som ble undersøkt, var på 0,31 mg/kg. Et måltid på 200 g av blåkveite fra dette området vil i gjennomsnitt gi et inntak på 62 µg kvikksølv. Dette betyr at ett slikt måltid hver fjerde uke gjennom hele livet i gjennomsnitt vil gi et inntak av metylkvikksølv på 16 µg kvikksølv per uke, det vil si ca 16 % av det tolerable ukentlige inntaket.

Blant de organiske miljøgiftene er det for fisk og sjømat generelt størst utfordring knyttet til dioksiner og dioksinlignende PCB. Siden disse miljøgiftene oppkonsentreres i fettholdig vev, er særlig fet fisk en viktig bidragsyter til eksponering for disse stoffene blant fiskespisere, og resultatene fra den foreliggende basisundersøkelsen viser at blåkveite kan ha høye nivåer av sum dioksiner og dioksinlignende PCB. Tolerabelt ukentlig inntak (TWI) for sum dioksiner og dioksinlignende PCB er 14 pg TE/kg kroppsvekt/uke eller 840 pg TE/uke for en person på 60 kg. Vitenskapskomiteen for mattrygghet (VKM) har i sin rapport fra 2006 på grunnlag av kostholdsundersøkelser for voksne estimert at gjennomsnittsverdien for inntaket av sum dioksiner og dioksinlignende PCB fra fisk og annen sjømat i befolkningen er på 5,6 pg TE/kg kroppsvekt/uke, det vil si 40 % av det tolerable ukentlige inntaket. I rapporten fra VKM er det også gjort beregninger av ukentlig inntak av dioksiner og dioksinlignende PCB fra hele kostholdet ved konsum av oppdrettslaks med ulikt innhold av disse stoffene. Beregningene viste at to ukentlige måltider á 200 g laks med et gjennomsnittlig innhold av dioksiner og dioksinlignende PCB på 1,7 ng TE/kg vil gi et samlet inntak av disse stoffene fra hele kostholdet som tilsvarer tolerabelt ukentlig inntak.

I den foreliggende basisundersøkelsen er det funnet at gjennomsnittsverdien for dioksiner og dioksinlignende PCB i blåkkeite fra området Øst-Finnmark var 1,7 ng TE/kg, det vil si samme verdi som ble benyttet i beregningene i VKM-rapporten som beskrevet over. Dersom vi legger beregningene fra VKM-rapporten til grunn betyr dette at selv om man spiser så mye som to ukentlige måltider á 200 g blåkkeite fra Øst-Finnmark vil samlet inntak av dioksiner og dioksinlignende PCB fra hele kostholdet ikke overstige det tolerable ukentlige inntaket. Blåkkeite fra Øst-Finnmark hadde imidlertid mye lavere gjennomsnittsverdi for sum dioksiner og dioksinlignende PCB enn alle de tre andre områdene som ble undersøkt, og det er derfor sannsynlig at i de fleste tilfeller vil blåkkeiten ha et vesentlig høyere innhold av dioksiner og dioksinlignende PCB enn dette. Blåkkeite fra området Sør for Lofoten, som hadde den høyeste gjennomsnittsverdien, hadde et innhold av sum dioksiner og dioksinlignende PCB på 7,9 ng TE/kg, og ett måltid blåkkeite á 200 g hver fjerde uke fra dette området vil gi et gjennomsnittlig inntak på 395 pg TE/uke, det vil si 47 % av det tolerable ukentlige inntaket fra dette ene måltidet. Lite er kjent om hvor ofte nordmenn spiser blåkkeite, men selv om det er mulig at enkelte grupper av befolkningen kan spise blåkkeite en gang hver fjerde uke, viser omsetningstall fra Eksportutvalget for fisk at det i gjennomsnitt er mindre enn 100 g blåkkeite i året som er tilgjengelig for konsum per nordmann. For en blåkkeite med et innhold av dioksiner og dioksinlignende PCB på 24 ng TE/kg (maksimumsverdien som ble funnet i denne undersøkelsen) vil 100 g gi et inntak av disse stoffene på 2400 pg TE per år, tilsvarende ca 45 pg TE per uke eller 5,4 % av det tolerable ukentlige inntaket for en person på 60 kg. Det er derfor trolig at bidraget fra blåkkeite til inntak av dioksiner og dioksinlignende PCB fra totalt kosthold normalt vil være lite.

Fremtidig overvåkning

Formålet med basisundersøkelsen for blåkkeite er først og fremst å kunne foreslå hvordan fremtidig overvåkning av fremmedstoffer i denne arten skal organiseres, med hensyn til hvilke fremmedstoffer som skal bestemmes, når og hvor prøvene skal tas og hvor mange fisk fra hver lokalitet som skal analyseres. Resultatene viser at de største utfordringene er knyttet til innholdet av dioksiner og dioksinlignende PCB i fisk fanget i området fra Lofoten og sørover langs eggakanten, men det er også viktig å følge utviklingen i kvikksølvinnholdet i fisk fanget i området Bjørnøya vest til Svalbard. Resultatene krever en årlig overvåkning uten at tidspunktet på året har noen betydning. Vi foreslår at det prøvetas 30 fisk fra totalt 10 posisjoner, åtte posisjoner i området fra 70 °N og sør til 63 °N (dvs. fra Vesterålen og sørover) og to posisjoner i området Bjørnøya vest til Svalbard. I tillegg foreslås det en overvåkning av fremmedstoffer i blåkkeite fanget i de øvrige områdene hvert 5. år. Blåkkeite er en viktig art også i forvaltningsplanarbeidet for Norskehavet og Barentshavet (Stortingsmelding 37 (2008-2009)). Det foreslåtte overvåkningsregime vil dermed også støtte opp om det forvaltningsplanarbeidet som settes i gang i dette området.

Konklusjoner

I denne basisundersøkelsen er det analysert enkeltindivider av blåkveite (ikke samleprøver) og analyseresultatene er ikke justert for metodens måleusikkerhet slik EUs regelverk angir for vurdering opp mot EUs øvre grenseverdier. Verdiene blir lavere etter justering for måleusikkerhet.

Resultatene i rapporten viser at de største utfordringene med hensyn til fremmedstoffer i blåkveite er knyttet til innholdet av kvikksølv og dioksiner og dioksinlignende PCB.

Mange blåkveiteprøver hadde høye konsentrasjoner av kvikksølv, og før resultatene ble justert for måleusikkerhet ble det vist at 7,7 % av blåkveiteprøvene hadde kvikksølvkonsentrasjoner høyere enn EUs øvre grenseverdi på 0,5 mg/kg våtvekt. Konsentrasjonen av kvikksølv varierte med området blåkveiten ble fanget i. Blåkveite fra området Øst-Finnmark hadde mye lavere gjennomsnittlig kvikksølv-konsentrasjon enn blåkveite fra alle de tre andre områdene som var undersøkt, og ingen blåkveiteprøver fra Øst-Finnmark hadde kvikksølvkonsentrasjoner over EUs øvre grenseverdi. Motsatt hadde blåkveite fra området Bjørnøya vest til Svalbard relativt høy gjennomsnittlig kvikksølvkonsentrasjon, og 20 % av blåkveitene fra dette området hadde kvikksølvkonsentrasjoner over EUs øvre grenseverdi.

Noe av variasjonen i kvikksølvkonsentrasjonen mellom områdene kunne forklares ved variasjon i fiskens alder, størrelse og fettinnhold. Konsentrasjonen økte med økende alder, lengde og vekt og avtok med økende fettinnhold.

Konsentrasjonene av de organiske miljøgiftene var høye i svært mange av blåkveiteprøvene, og 25 % av blåkveiteprøvene hadde et innhold av sum dioksiner og dioksinlignende PCB som oversteg EUs øvre grenseverdi på 8 ng TE/kg våtvekt. Igjen var det store forskjeller mellom de ulike geografiske områdene. Blåkveite fra Øst-Finnmark hadde signifikant lavere gjennomsnittlig konsentrasjon av sum dioksiner og dioksinlignende PCB enn blåkveite fra de tre andre områdene, og kun én eneste blåkveite fra dette området hadde en konsentrasjon av sum dioksiner og dioksinlignende PCB over EUs øvre grenseverdi. Motsatt hadde blåkveite fra området Sør for Lofoten signifikant høyere gjennomsnittlig konsentrasjon av sum dioksiner og dioksinlignende PCB enn blåkveite fra de andre områdene, og 47 % av fisken fra dette området hadde en konsentrasjon over EUs øvre grenseverdi.

I motsetning til resultatene for kvikksølvkonsentrasjonen kunne variasjon i konsentrasjonen av organiske miljøgifter i blåkveite fra ulike områder ikke forklares ved variasjon i fiskens alder, lengde, vekt eller fettinnhold. At det er ulike faktorer som påvirker konsentrasjonen av kvikksølv og konsentrasjonen av de organiske miljøgiftene i blåkveite ble også illustrert ved at det ikke var noen klar sammenheng mellom blåkveiteprøver med høyt innhold av kvikksølv og blåkveiteprøver med høyt innhold av dioksiner og dioksinlignende PCB.

Det ble ikke funnet noen årstidsvariasjon hverken for konsentrasjonen av kvikksølv eller konsentrasjonen av de organiske miljøgiftene i blåkveite. Andre faktorer som kan ha betydning for variasjonene i konsentrasjonen av fremmedstoffer i blåkveite, er variasjon i type diett og ulik tilførsel av miljøgifter til blåkveitens ulike leveområder. Videre studier er nødvendig for å kunne fastslå hvilke faktorer som bestemmer innholdet av fremmedstoffer i blåkveite.

Ved vurdering av de høye konsentrasjonene av fremmedstoffer i blåkveite i forhold til mattrygghet er det funnet at for fisk med de høyeste nivåene av kvikksølv eller dioksiner og

dioksinlignende PCB, kan høyt konsum av blåkveite føre til at tolerabelt ukentlig inntak av disse fremmedstoffene fra hele kostholdet blir overskredet. Men siden det er lite sannsynlig at det spises fisk med de høyeste nivåene av fremmedstoffer hver gang, og siden omsetningstall for blåkveite tyder på at det i gjennomsnitt er mindre enn 100 g blåkveite i året som er tilgjengelig for konsum per nordmann, vil inntaket av disse fremmedstoffene fra blåkveite normalt bli lavere enn dette.

Blåkveite med høyere innhold av fremmedstoffer enn EUs øvre grenseverdier er ikke tillatt frambudt for salg, og EU har gitt detaljerte regler for hvordan partier av fisk skal prøvetas og analyseres for å kontrollere om innholdet av fremmedstoffer overskrider grenseverdien. I følge regelverket skal en eventuell overskridelse være utvilsom ("beyond reasonable doubt"), og ved vurderingen skal det derfor tas hensyn til analysemetodens måleusikkerhet.

I basisundersøkelsen for blåkveite er det analysert enkeltindivider av blåkveite (ikke samleprøver) og analyseresultatene er ikke justert for metodens måleusikkerhet som angitt i EUs regelverk. Som grunnlag for håndtering av resultatene ved matmyndighetene, ble det derfor på bakgrunn av data fra enkeltfisk utført teoretiske beregninger av hvilke analyseresultater man ville fått ved å prøveta og analysere som beskrevet i regelverket (se vedlegg, s. 41). Resultatene viste at ingen modellsamleprøver oversteg grenseverdien for kvikksølv etter at måleusikkerhet var trukket fra. For summen av dioksiner og dioksinlignende PCB ble det vist at enkelte modellsamleprøver fra fem stasjoner, tre stasjoner i området Sør for Lofoten og to stasjoner i området Lofoten til Tromsøflaket oversteg grenseverdien. De teoretiske beregningene viste at sannsynligheten for å finne overskridelser var størst for stasjon 6 og 7 nordvest for Trænabanken (31-35 % sannsynlighet) og stasjon 8 i eggakanten utenfor Lofoten (13 % sannsynlighet).

Formålet med basisundersøkelsen for blåkveite er først og fremst å kunne foreslå hvordan fremtidig overvåkning av fremmedstoffer i denne arten bør organiseres. Resultatene har vist at de største utfordringene er knyttet til innholdet av dioksiner og dioksinlignende PCB i fisk fanget i området fra Lofoten og sørover langs eggakanten, men det er også viktig å følge utviklingen i kvikksølvinnholdet i fisk fanget i området Bjørnøya vest til Svalbard. Det bør gjennomføres en årlig overvåkning av blåkveite fra begge disse områdene. I tillegg foreslås det en overvåkning hvert femte år av blåkveite fanget i andre områder innenfor blåkveitens utbredelsesområde. Siden blåkveite er en viktig art i forvaltningsplanarbeidet for Norskehavet og Barentshavet vil det foreslåtte overvåkningsregime også støtte opp om det forvaltningsplanarbeidet som settes i gang i disse områdene.

Referanser

- Albert, O. T., Kvalsund, M., Vollen, T og Salberg, A.-B. (2009). Towards Accurate Age Determination of Greenland Halibut. *J. Northw. Atl. Fish. Sci.*, 40: 81-95.
doi:10.2960/J.v.40.m659
- Frantzen, S., Måge, A. og Julshamn, K. (2009). Basisundersøkelse av fremmedstoffer i Norsk Vårgytende Sild. Sluttrapport NIFES, Bergen, 24 s.
- Huse, I., Gundersen, A.C. og Nedreaas, K.H. (1999). Relative selectivity of Greenland halibut (*Reinhardtius hippoglossoides*, Walbaum) by trawls, longlines and gillnets. *Fisheries Research* 44, 75-93.

Høines, Å. (2009). Nordøstarktisk blåkveite. Havets ressurser og miljø 2009. Statusrapport 2009 fra Havforskningsinstituttet, Bergen, s. 50-51. (Tilgjengelig på www.imr.no).

Joiris, C.R., Ali, I.B., Holsbeek, L., Kanuya-Kinoti, M. og Tekele-Michael, Y. (1997). Total and organic mercury in Greenland and Barents Seas demersal fish. Bull. Environ. Contam. Toxicol. 58, 101-107.

Julshamn, K., Grøsvik, B.E., Nedreaas, K. og Måge, A. (2006). Mercury concentration in fillets of Greenland halibut (*Reinhardtius hippoglossoides*) caught in the Barents Sea in January 2006. Sci. Tot. Environ. 372, 345-349.

Julshamn, K., Øygard, J. og Måge, A. (2008). Rapport 2007 for kartleggingsprosjektene: Dioksiner, dioksinlignende PCB og andre PCBer i fiskevarer og konsumferdige fiskeoljer, bromerte flammehemmere og andre nye miljøgifter i sjømat og tungmetaller i sjømat. Sluttrapport til Mattilsynet, NIFES, Bergen, 30 s.

Julshamn, K., Valdersnes, S., Nilsen, B. Frantzen, S. og Nedreaas, K. (in preparation). Concentration of mercury, arsenic, cadmium and lead in fillets of Greenland halibut (*Reinhardtius hippoglossoides*) caught off the coast of northern Norway in May 2006.

Karl, H., Ruoff, U. og Blüthgen, A. (2002). Levels of dioxins in fish and fishery products on the German market. Chemosphere 49, 765-773.

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

Nedreaas, K., Solbakken, L. og Sæverud, A. (1999). Merking av blåkveite – historiske og nye foreløpige resultat. S. 46-48 i Fiskerimagasinet nr. 7/8, august 1999.

Nedreaas, K. og Smirnov, O. (2004). Stock characteristics, fisheries and management of Greenland halibut (*Reinhardtius hippoglossoides* Walbaum) in the northeast Arctic. In: Bjordal et al. (eds.). Management strategies for commercial marine species in northern ecosystems. Proceedings of the 10th Norwegian-Russian Symposium, vol. 1. IMR/PINRO Joint Report series 827461-056-3, s. 56-78.

Senn, D.B., Chesney, E.J., Blum, J.D., Bank, M.S., Maage, A. og Shine J.P. (2010) Stable isotope (N, C, Hg) study of methylmercury sources and trophic transfer in the Northern Gulf of Mexico. In press.

Vitenskapskomiteen for Mattrygghet (2006) Et helhetssyn på fisk og annen sjømat i norsk kosthold. Rapport til Mattilsynet, VKM, Oslo, 171 s.

Vollen, T. og Albert, O.T. (2008). Pelagic behaviour of adult Greenland halibut (*Reinhardtius hippoglossoides*). Fish. Bull. 106, 457-470.

Vollen, T., Albert, O.T. og Nilssen E.M. (2004). Diet composition and feeding behaviour of juvenile Greenland halibut (*Reinhardtius hippoglossoides*) in the Svalbard area. J. Sea Res. 51, 251-259.

Woll, A.K. og Gundersen, A.C. (2004). Diet composition and intra-specific competition of young Greenland halibut around southern Greenland. J. Sea Res. 51, 243-249.

Vedlegg

Bearbeiding av resultater knyttet til håndtering i forhold til gjeldende regelverk.

Blåkveite med høyere innhold av fremmedstoffer enn EUs øvre grenseverdier er ikke tillatt frambudt for salg, og EU har gitt detaljerte regler for hvordan partier av fisk skal prøvetas og analyseres for å kontrollere om innholdet av fremmedstoffer overskrider grenseverdien. Disse reglene er gitt i forordning 1881/2006 og 1883/2006 om prøvetaking og analyser for dioksiner og dioksinlignende PCB og i forordning 333/2007 om prøvetaking og analyser for kvikksølv. Gjennom forskrift av 27. september 2002 nr 1028 om visse forurensende stoffer i næringsmidler (<http://www.lovdata.no/cgi-wift/ldles?doc=/sf/sf/sf-20020927-1028.htm>) er disse reglene gjort gjeldende i norsk rett. I følge dette regelverket skal det fra et parti på 50-500 kg fisk, tas ut en representativ samleprøve bestående av fem fisk som analyseres for fremmedstoffer. Dersom innholdet overskrider EUs øvre grenseverdi for det respektive fremmedstoff, skal partiet avvises. En eventuell overskridelse skal imidlertid være utvilsom ("beyond reasonable doubt"), og ved vurderingen skal det derfor tas hensyn til analysemetodens måleusikkerhet ved at måleusikkerheten trekkes fra analyseresultatet.

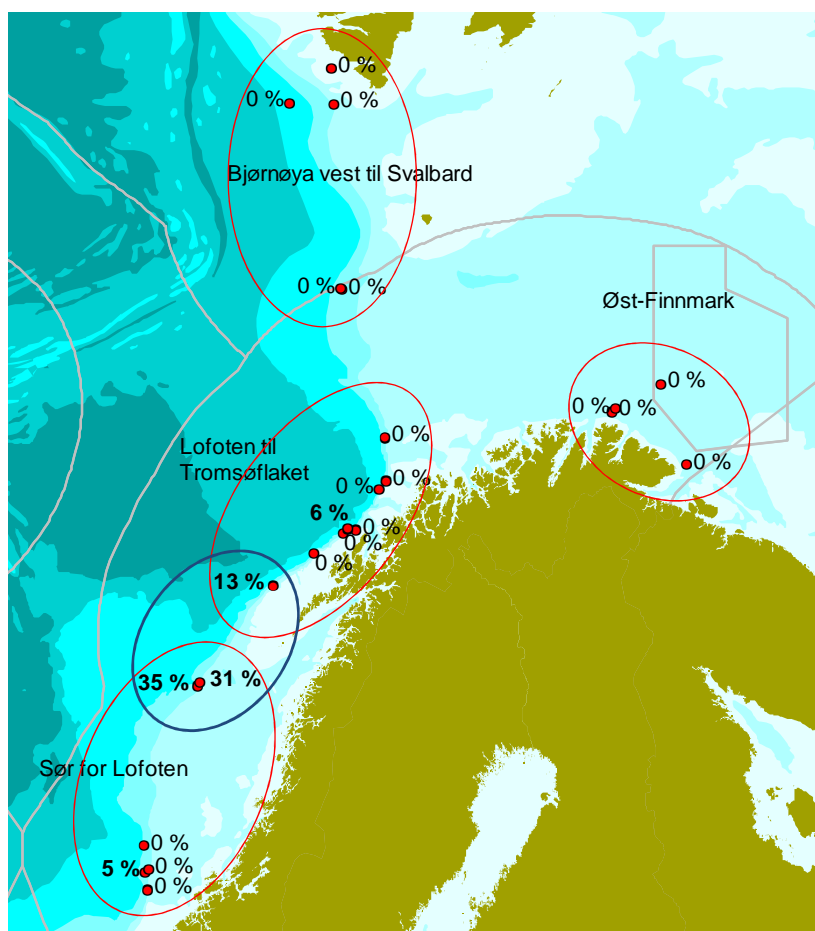
I den foreliggende basisundersøkelsen er det analysert enkeltindivider av blåkveite (ikke samleprøver) og analyseresultatene er ikke korrigert for metodens måleusikkerhet. Det kan imidlertid på grunnlag av dataene fra enkeltfisk foretas en teoretisk beregning av hvilke analyseresultater man ville fått ved å prøveta og analysere som beskrevet i regelverket. En slik teoretisk beregning er gjennomført ved at det er beregnet gjennomsnittsverdier for ulike utvalg av 5 fisk (modellsamleprøver) fra hver stasjon. For hver stasjon ble det beregnet gjennomsnittsverdier for 8-10 modellsamleprøver der fisken var tilfeldig utvalgt samt 8-10 modellsamleprøver der fisken var sortert etter størrelse (vekt). Fra hver stasjon ble det således beregnet gjennomsnittsverdier for 16-20 modellsamleprøver. Gjennomsnittsverdiene for alle modellsamleprøvene ble justert for måleusikkerhet ved at måleusikkerheten ble trukket fra gjennomsnittsverdien.

Resultatene av disse teoretiske beregningene for kvikksølv viste at ingen slike modellsamleprøver oversteg grenseverdien for kvikksølv når måleusikkerheten ble trukket fra. Resultatene av de teoretiske beregningene for dioksiner og dioksinlignende PCB er oppsummert i vedlegg tabell 1 og viser at ingen modellsamleprøver fra de to områdene Øst-Finnmark og Bjørnøya vest til Svalbard overskred grenseverdien for sum dioksiner og dioksinlignende PCB når måleusikkerheten ble trukket fra. I området Lofoten til Tromsøflaket var det tre av totalt 138 modellsamleprøver (ca 2 %) som oversteg grenseverdien for dioksiner og dioksinlignende PCB når måleusikkerheten ble trukket fra. Disse tre modellsamleprøvene kom fra stasjon 8 og 13 der henholdsvis to og én av totalt 16 modellsamleprøver fra hver stasjon overskred grenseverdien. I området Sør for Lofoten var det 13 av totalt 110 modellsamleprøver som oversteg grenseverdien (ca 12 %) når måleusikkerheten var trukket fra. Disse 13 modellsamleprøvene kom fra stasjon 3, 6 og 7 der henholdsvis én, syv og fem av 16-20 modellsamleprøver fra hver stasjon oversteg grenseverdien.

Resultatene av disse teoretiske beregningene viser at i hele området Sør for Lofoten er det 12 % sannsynlighet for at et parti blåkveite vil overskride grenseverdien, mens sannsynligheten for overskridelser i hele området Lofoten til Tromsøflaket er 2 %. Sannsynligheten for å finne overskridelser er størst for stasjon 6 og 7 nordvest for Trænabanken (31-35 % sannsynlighet) og stasjon 8 i eggakanten utenfor Lofoten (13 % sannsynlighet) (se kart i vedlegg figur 1).

Vedlegg tabell 1. Resultater fra teoretiske beregninger der gjennomsnittsverdier av sum dioksiner og dioksinlignende PCB i ulike utvalg av 5 fisk (modellsamleprøver) fra hver stasjon er beregnet og justert for måleusikkerhet. Antall modellsamleprøver fra hvert område og stasjon, og antall modellsamleprøver som oversteg EUs øvre grenseverdi på 8 ng TE/kg for sum dioksiner og dioksinlignende PCB er vist. Prosentvis andel av modellsamleprøvene som oversteg grenseverdien for hvert område eller hver stasjon er også vist. Stasjoner der det ikke var noen modellsamleprøver som overskred grenseverdien er ikke tatt med i tabellen.

Område/stasjon	Antall modellsamleprøver totalt	Antall modellsamleprøver over EUs øvre grenseverdi	Prosentandel av modellsamleprøvene som overstiger grenseverdien (%)
Øst-Finnmark	72	0	0
Bjørnøya vest til Svalbard	92	0	0
Lofoten til Tromsøflaket	138	3	2
Stasjon 8	16	2	13
Stasjon 13	16	1	6
Sør for Lofoten	110	13	12
Stasjon 3	20	1	5
Stasjon 6	20	7	35
Stasjon 7	16	5	31



Vedlegg figur 1. Prosentvis andel av modellsamleprøver fra hver stasjon som etter teoretisk beregning og justering for måleusikkerhet overskrider EUs øvre grenseverdi for sum dioksiner og dioksinlignende PCB. Stasjonene er gruppert i fire geografiske områder, og de tre stasjonene der sannsynligheten for overskridelser er størst er markert ved en blå sirkel.