Statens forurensningstilsyn
Norwegian Pollution Control Authority

Bromerte flammehemmere og andre miljøgifter i fisk og zooplankton fra Mjøsa

2006

Eirik Fjeld
Norsk institutt for vannforskning (NIVA)

TA-2307/2007
ISBN 978-82-7655-523-3

Innledning

Som et ledd i SFTs overvåkningen av miljøgifter har NIVA samlet inn prøvemateriale fisk og zooplankton fra Mjøsa, høsten 2006. Prøvene ble analysert for ulike organiske miljøgifter og kvikksølv ved NILUs analyselaboratorium.

I dette notatet redegjøres det for resultatene i fisk og zooplankton/krepsdyr for bromerte flammehemmere av typen PBDE og HBCDD, PCB og kvikksølv.

Konsentrasjoner i fisk

Prøvematerialet av fisk bestod av blandprøver av renskåren muskelfillet av ørret, lågåsild og krøkle. Hver prøve bestod av materiale fra 10–18 individer. Gjennomsnittlig størrelse og standard avvik var som følger:

ørret:	1,90 kg	(± 0,47 kg)	55,0 cm (± 5,1 cm)	n = 18
lågåsild:	69,2 g	(± 7,1 g)	20,4 cm (± 0,6 cm)	n = 10
krøkle:	83,1 g	(± 12,4 g)	23,0 cm (± 1,0 cm)	n = 10

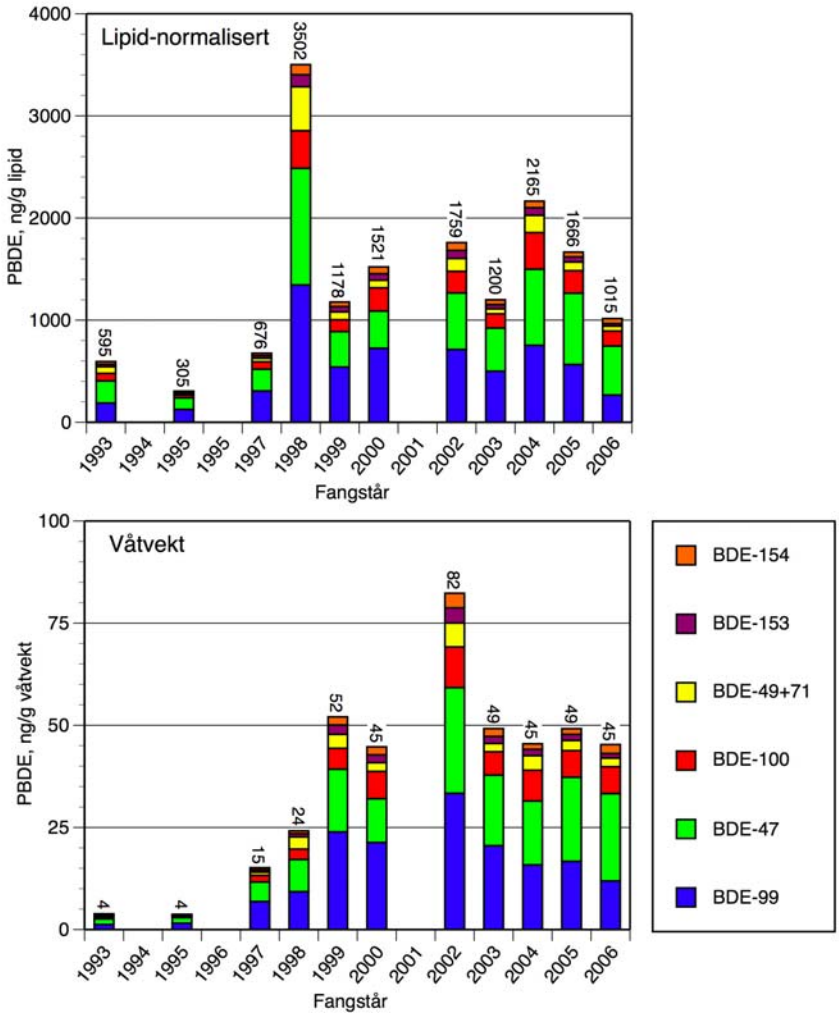
Lågåsild og krøkle er viktige byttefisk for ørret. De er begge pelagiske zooplankton-spisende bestander, men har et noe ulikt næringsvalg. Lågåsilda spiser i første rekke vannlopper (cladocerer) og hoppekreps (copepoder), mens krøkla i tillegg spesialiserer seg mer på *Mysis relicta* (såkalt «istidskreps», et lite rekeliknende krepsdyr som ernærer seg av annet mindre zooplankton). Prøvematerialet av zooplankton besto av en prøve av Mysis og en prøve av cladocerer (vannlopper, beiter på planteplankton) fra 2 stasjoner i Mjøsa (Brøttum nord i Mjøsa, Skreia sentralt i Mjøsa). Videre ble det også innsamlet en prøve av copepoder (hoppekreps, hovedsakelig *Limnocalanus macrurus*) ved de samme stasjonene.

Konsentrasjonene av organiske miljøgifter i fisk har vi oppgitt både på våtvektsbasis og lipidvektsbasis (lipidnormaliserte, dvs. beregnet som konsentrasjonen i fett ekstrahert fra prøven: ng/g lipid). Dette er en vanlig presentasjonsmåte for fettløselige (lipofile) miljøgifter som PCB og PBDE. Konsentrasjonene beregnet ut fra våtvekt viser de faktiske nivåene i fisken, og de benyttes til å vurdere den spiselighet, beregne dens totale innhold av miljøgifter o.l. Lipidnormaliserte konsentrasjoner benyttes ofte når konsentrasjonene av lipofile miljøgifter skal sammenliknes mellom arter eller vevstyper med forskjellig fettinnhold, eller i tidsserier når fettinnholdet i en art kan varierer fra år til år.

Flammehemmere, PBDE

Lågåsild
Konsentrasjonen av sum PBDE (sju viktigste kongenerer) i prøven av lågåsild fra 2006 var 45 ng/g våtvekt. For lågåsild eksisterer det en tidsserie av PBDE-analyser fra 1993 av. For de vanligste kongenerene av PBDE var det på våtvektsbasis ingen vesentlige endringer i nivået for prøven fra 2006 sammenliknet med de tre siste år (Figur 1). De ligger alle omkring 45–50 ng/g våtvekt.

Justert til lipidvektbasis var konsentrasjonen i år 1015 ng/g lipid. For 2004–2006 har det vært synkende konsentrasjoner på lipidvektsbasis (2004: 2165 ng/g lipid, 2005: 1666 ng/g lipid). Inkluderes data fra 2002-2003 (1759 og 1200 ng/g lipid) finner vi derimot ikke noen indikasjon på en systematisk synkende trend. 2003 var siste år som Gudbranddalens Uldvarefabrikk AS benyttet PBDE i sin produksjon.

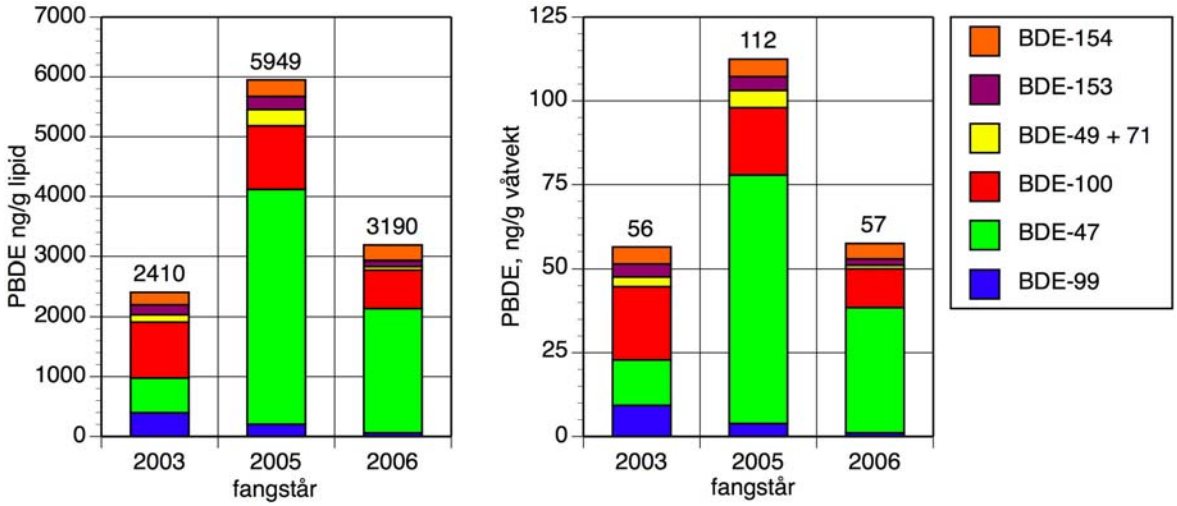


Figur 1. *Konsentrasjoner av PBDE i lågåsild fra Mjøsa i perioden 1993 til 2006. Øvre panel: lipid-justerte konsentrasjoner. Nedre panel: konsentrasjoner på våtvektsbasis.*

Krøkle

Konsentrasjonen av sum PBDE (sju viktigste kongenerer) i prøven av krøkle fra 2006 var 57 ng/g våtvekt. For krøkle har vi ingen tilsvarende lang tidsserie som for lågåsild, men har resultater fra prøver tatt i 2003, 2005 og 2006 (Figur 2). For de sju vanligst forekommende PBDE-kongenerene var konsentrasjonene i 2003 og 2006 omlag identiske med henholdsvis 56 og 57 ng/g våtvekt. Konsentrasjonen i prøven fra 2005 hadde omlag dobbelt så høy konsentrasjon (112 ng/g våtvekt) som disse prøvene.

Justert for mengden fett endret dette mønsteret seg ikke nevneverdig, og konsentrasjonen varierte mellom 2410–5949 ng/g lipid. Sammenliknet med lågåsild var de fettvektbaserte konsentrasjonene betydelig høyere hos krøkla, og kongener-sammensetningen var også noe forskjellig ved at BDE-47 var den dominerende kongeneren og BDE-99 kun forekom i liten grad.



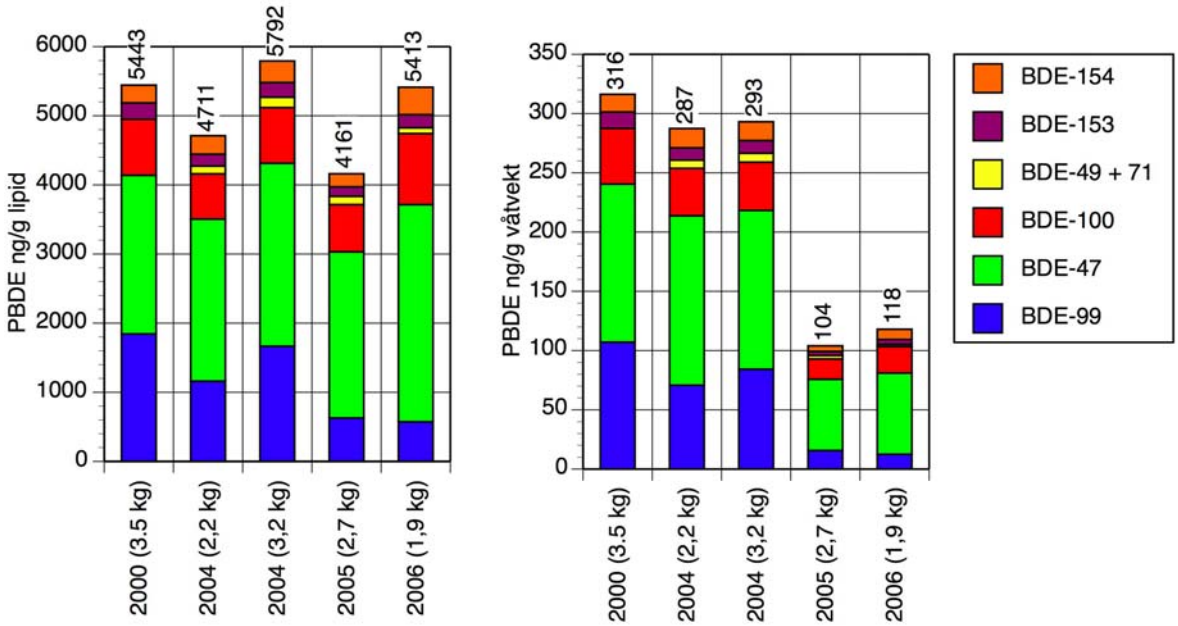
Figur 2. *Konsentrasjoner av PBDE i krøkle fra Mjøsa i perioden 2003 til 2006. Venstre panel: lipid-justerte konsentrasjonre. Høyre panel: konsentrasjoner på våtvektsbasis.*

Ørret

Vi sammenlikner her konsentrasjoner i blandprøver av ørret hvor gjennomsnittlig individvekt varierte mellom 1,9 og 3,5 kg. Vi utelater derved prøver av fisk som ligger under minstemålet for sportsfiskere (50 cm, ca 1,4 kg), og som derfor ikke er relevante som matfisk. Da de første analysene inkluderte færre PBDE-kongenerer enn hva som analyseres på i dag, inkluderer vi kun de sju vanligste PBDE-kongenerene i prøvene. Disse utgjør vanligvis mer enn 95 % av den totale PBDE-konsentrasjonen fisk fra Mjøsa.

Konsentrasjonen av summen av de sju vanligste PBDE-kongenerene i prøven av ørret fra 2006 var 118 ng/g våtvekt eller 5413 ng/g lipid. I årene 2004 og 2005 varierte summen av de sju PBDE-kongenerene i tre ørretprøver mellom 104–293 ng/g våtvekt, mens de på fettvektsbasis varierte mellom 4161–5792 ng/g lipid (Figur 3). I prøver innfanget i 2000 (gjennomsnittsvekt: 3,5 kg)[1] var middelkonsentrasjonen 316 ng/g våtvekt eller 5443 ng/g lipid (denne mangler data på BDE 49+71, men disse to kongenerene utgjør en liten andel av sum PBDE). På lipidvekstbasis synes konsentrasjonen derfor ikke å ha endret seg betydelig fra tidligere år. Sammenliknet med internasjonale data på tilsvarende laksefisk må konsentrasjonene karakteriseres som svært høye.

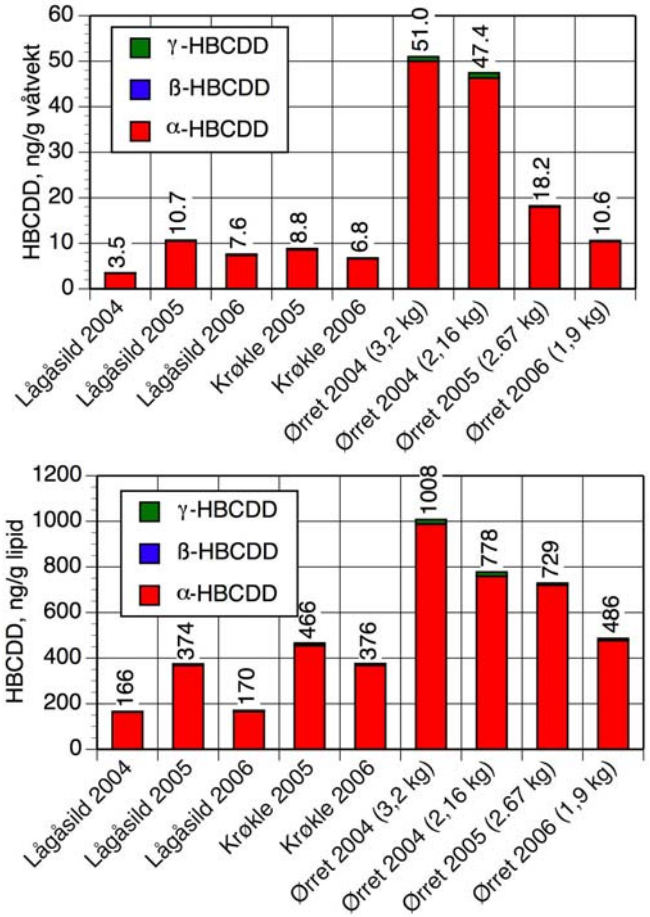
[1] Dette analyseresultatet er et gjennomsnitt av ti analyser av individuell fisk, innsamlet i 2000 i forbindelse med et NFR-støttet prosjekt. I fjorårets notat om PBDE i fisk fra Mjøsa ble det feilaktig anført at de ble fanget i 2003.



Figur 3. *Konsentrasjoner av PBDE (sju viktigste kongenerer) i ørret fra Mjøsa i perioden 2003 til 2006. Venstre panel: lipid-justerte konsentrasjonre. Høyre panel: konsentrasjoner på våtvektsbasis.*

Flammehemmere, HBCDD

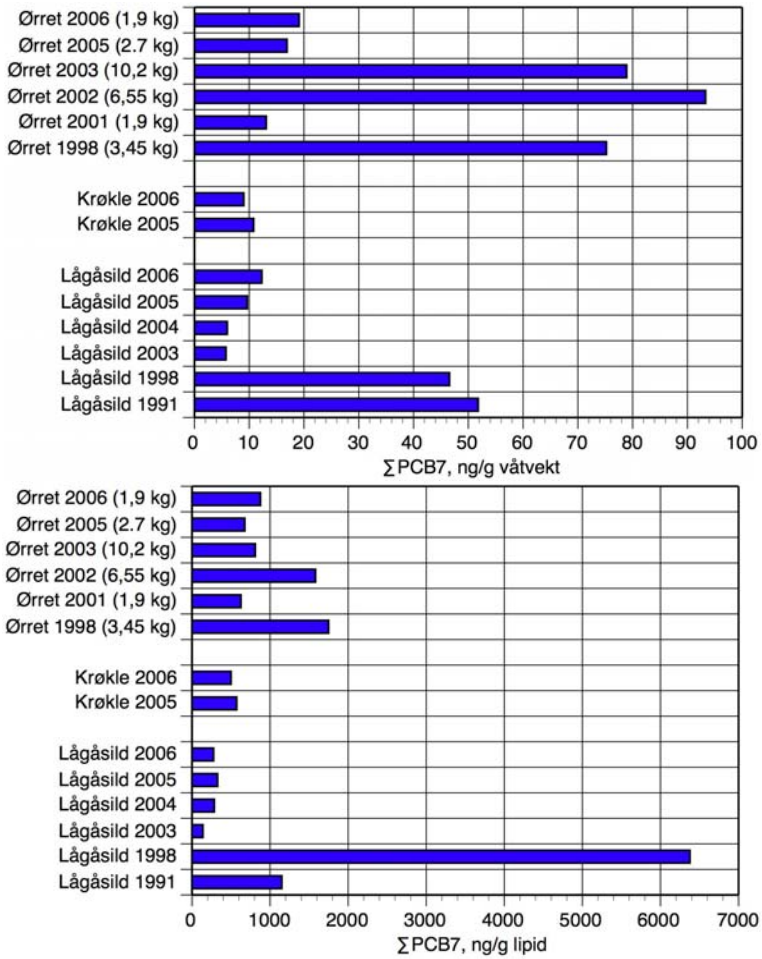
Konsentrasjonene av flammehemmere av typen HBCDD ble i all hovedsak dominert av isomeren α-HBCDD (Figur 4). Dette er i tråd med hva som tidligere har blitt funnet i Mjøsa. Konsentrasjonene av HBCDD i årets prøver varierte fra 6,8 til 10,6 ng/g våtvekt, lavest hos lågåsild og krøkle, høyest hos ørret. Dataserien er for kort til å si noe om det finnes signifikante trender i materialet, men for ørret kan vi observere en reduksjon i konsentrasjonene fra 2004 av. Nivåene i ørret må karakteriseres som betydelig forhøyet. Til sammenlikning ble det i en prøve av storørret fra Losna i 2004 funnet en konsentrasjon på 1,08 ng/g våtvekt eller 23 ng/g lipid.



Figur 4. *Konsentrasjoner av HBCDD i fisk fra Mjøsa. Øvre panel: konsentrasjoner på våtvektsbasis. Nedre panel: lipid-justerte konsentrasjoner.*

PCB

Nivåene av ΣPCB7 (summen av sju vanlige kongenerer: PCB-28, 52, 101, 118, 138, 153 og 180) i fiskeprøvene (muskelvev) fra 2006 varierte fra 9,0 til 19,1 ng/g våtvekt, eller 276 til 876 ng/g lipid (Figur 5). Det høyeste nivået var i ørret. Konsentrasjonen av total PCB var 2–3ganger høyere. Resultatene er mye like de fra foregående år. Sammenlikning med et tidligere ørretmateriale fra 1998–2005 viser at det kan være betydelige forskjeller i konsentrasjonen av PCB mellom både år og størrelsesgrupper. Det er derfor vanskelig å si noe definitivt om hvorvidt vi kan spore en avtagende trend.



Figur 5. *Konsentrasjoner av PCB i fisk fra Mjøsa. Øvre panel viser nivåene på våtvektbasis, nedre panel viser dem på lipidvektbasis.*

For lågåsild har vi inkludert prøver fra 1991, 1998 og fra 2003 av. De våtvektbaserte konsentrasjonene av ∑PCB7 i muskelprøver fra 1991 og 1998 (ca 46–52 ng/g våtvekt) er markert høyere enn konsentrasjonene fra 2003–2006 (ca 6–12 ng/g våtvekt). Prøven fra 1998 viser en avvikende høy konsentrasjon på lipidbasis sammenliknet med både tidligere og seinere år. Denne prøven hadde imidlertid en uvanlig lav fettprosent, noe som tyder på at fisken var i dårlig kondisjon. Omsetningen av fettreservene kan da skje raskere enn utskillelsen av de fettløselige miljøgiftene, slik at det på fettvektsbasis vil skje en konsentrasjonsøkning i fisken.

Klorerte parafiner, tetrabrombisfenol A og bisfenol A
For ørret og lågåsild finnes det målinger av ovennnevnte organiske forbindelser fra tre ulike år, mens vi har to målinger for krøkle. Det er ingen indikasjoner på noen systematisk trend i materialet (Tabell 1).

Kortkjedede klorerte parafiner (SCCP) har gjennomgående de høyeste konsentrasjonene. I prøvene fra 2006 hadde lågåsild en konsentrasjon på 22 ng/g våtvekt, mens ørret hadde et en lavere konsentrasjon på 6, 3 ng/g våtvekt. konsentrasjoner på 22 ng/g. Konsentrasjonene synes å varierer mye mellom årene, med de laveste nivåene i 2005.

Tabell 1. *Konsentrasjonen av klorerte parafiner (kortkjedede: SCCP, mellomkjedede: MCCP), tetrabrombisfenol A (TBBPA) og bisfenol A i muskelvev fra fisk fra Mjøsa (ng/g våtvekt).*

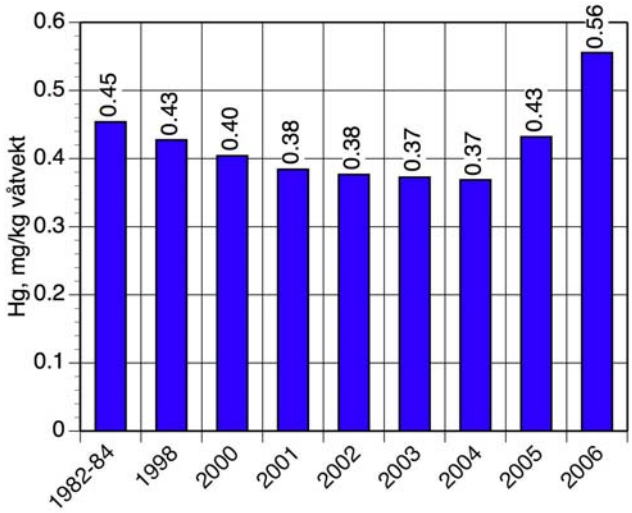
Art	Fangstår	middelvekt, kg	SCCP	MCCP	TBBPA	BPA
Krøkle	2003	.	6,9	<0,3	<2,90	2,04
Krøkle	2005	.	0,8	2,5	0,08	<10
Lågåsild	2000	.	8,2	<0,1	0,01	2,68
Lågåsild	2005	.	1,2	5,8	0,07	<10
Lågåsild	2006	.	22	1,0	<0,03	3,2
Ørret	2003	10,20	28	8,9	0,05	6,36
Ørret	2005	2,67	1,0	3,2	0,05	<10
Ørret	2006	1,90	6,3	<0,08	<0,03	5,5

Kvikksølv
Konsentrasjonene av kvikksølv i fiskeprøvene fra 2006 var som følger.
Lågåsild: 0,26 mg/kg. Krøkle: 0,68 mg/kg. Ørret: 0,53 mg/kg. Ørretprøven var en blandprøve av fisk med en gjennomsnittsvekt på 1,90 kg. For 2006 har vi også en analyse av en blandprøve av noe større ørret med middelvekt 4,96 kg (4 stk), og konsentrasjonen i denne var 0,83 mg Hg/kg.

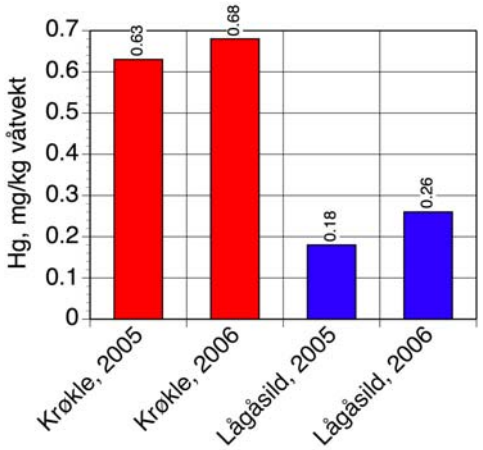
Ved å inkludere et større materiale fra 1982 av kunne vi lage en tidsserie for kvikksølvkonsentrasjon i ørret (Figur 6). Tidsserien er basert på både enkeltanalyser av fisk (individuelle prøver), samt blandprøver. Ut fra forholdet mellom konsentrasjon og fiskestørrelse for de individuelle prøvene har vi lengde er justert de midlere årlige konsentrasjonene for størrelsesforskjeller mellom årene, og framstiller nivåene i en gjennomsnittsfisk på omlag 2 kg.

Som det framgår av grafen har nivået vært forholdsvis stabilt og variert mellom 0,37–0,56 mg Hg/kg, men det kan synes som om det har vært en svak økning i nivåene de to siste årene. Desverre er resultatene fra 2006 basert på to blandprøver, noe som gjør det vanskelig med tradisjonelle statistiske metoder (kovariansanalyser) å si noe om det har skjedd en statistisk signifikant økning sammenliknet med tidligere år. En slik år-til-år sammenlikning bør gjøres på et materiale bestående av flere enkeltprøver.

For krøkle og lågåsild var konsentrasjonene svakt høyere enn i 2005 (Figur 7).



Figur 6. *Gjennomsnittlig konsentrasjon av kvikksølv i ørret fra Mjøsa, justert til en fiskstørrelse på omlag 2 kg.*



Figur 7. *Gjennomsnittlig konsentrasjon av kvikksølv i krøkle og lågåsild fra Mjøsa, 2005 og 2006.*

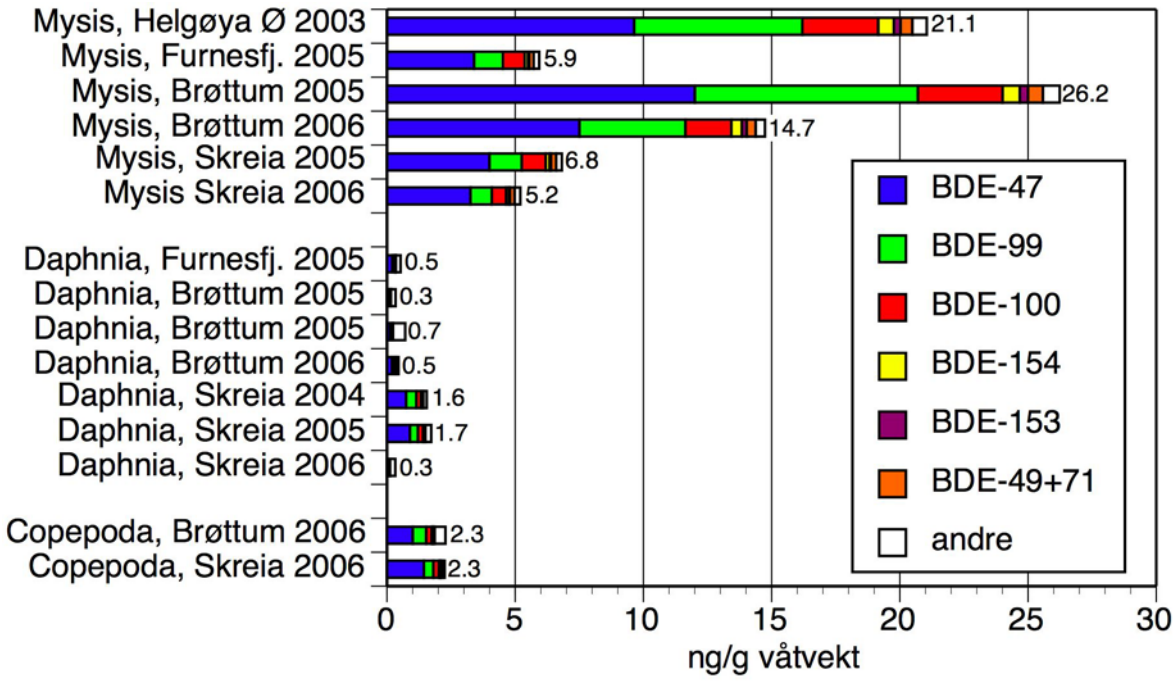
Konsentrasjoner i zooplankton/krepsdyr

For SFT ble det i 2006 innsamlet prøver av zooplankton og *Mysis relikta* (en pungreke) ved to stasjoner (Brøttum og Skreia). Zooplanktonmaterialet består av to prøver fra hver stasjon: en dominert av vannlopper (*Cladocera*, med hovedvekt av *Daphnia galeata*) med en individfrekvens på 70–90 %, samt en dominert av hoppekreps (*Copepoda,* hovedsakelig *Limnocalanus macurus*). Alle disse organismene er viktige byttedyr for det zooplanktonspisende pelagiske fiskesamfunnet (lågåsild og krøkle). Mysis står på et høyere nivå i næringskjeden enn vannlopper og hoppekreps, og de ernærer seg mye av slike.

I tillegg til dette materialet presenterer vi analysedata fra materiale innsamlet i tidligere år (2003–2005) (Figur 8).

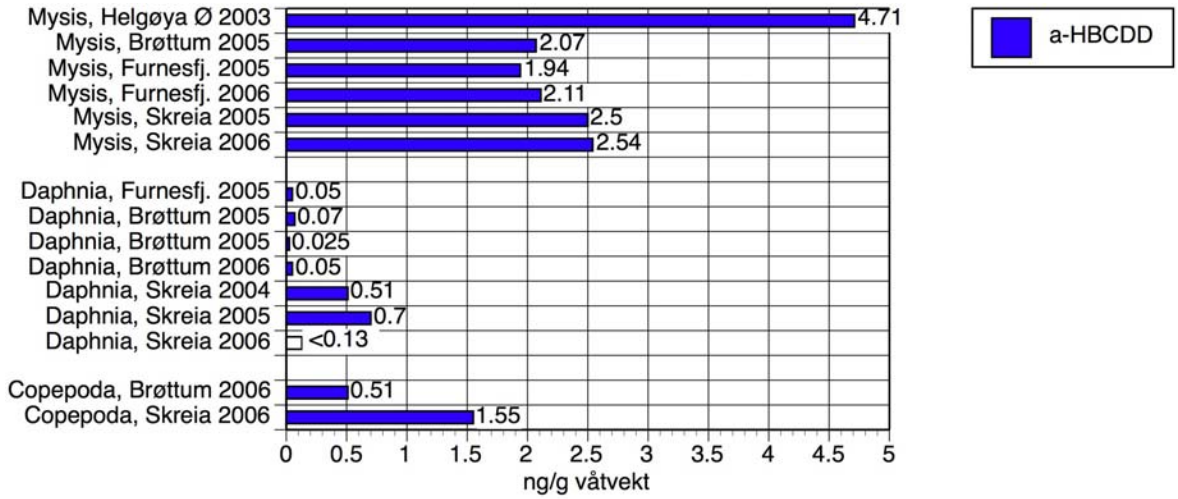
For *Mysis* fant vi i 2006 markert høyere konsentrasjoner av PBDE i prøven fra Brøttum (Ringsakerfjorden, nord i Mjøsa) enn ved Skreia (sentralt i Mjøsa) og i Furnesfjorden. Dette forholdet ble også påvist i 2005, men konsentrasjonene i 2006 var noe lavere enn i 2005. Summen av ulike PBDE-kongenerer i prøven fra Brøttum var omlag 14,7 ng/g våtvekt, mens konsentrasjonene i prøvene fra Skreia og Furnesfjorden var 5,2 ng/g våtvekt.

For zooplanktonmaterialet fra 2006 var forskjellene mellom stasjonen mindre, og svært mange av kongenerene var under metodens deteksjonsgrense. Konsentrasjonen varierte mellom 0,3–2,3 ng/g våtvekt, med de høyeste konsentasjonene hos copepodene.



Figur 8. *Konsentrasjoner av PBDE (våtvekt) i krepsdyr og zooplankton fra Mjøsa. Konsentrasjoner under metodens deteksjonsgrense er satt lik halve denne.*

For HBCDD ble det i hovedsak påvist detekterbare konsentrasjoner av α-isomeren. Det var ingen tydelige geografiske forskjeller. For materialet innsamlet i 2006 lå konsentrasjonene i *Mysis* i området 2–2,5 ng/g våtvekt, mens de for zooplankton lå i området <0.05–0,7 ng/g våtvekt (Figur 9).



Figur 9. *Konsentrasjoner av* α-HBCDD *(våtvekt) i krepsdyr og zooplankton fra Mjøsa.*

Statens forurensningstilsyn (SFT)
Postboks 8100 Dep, 0032 Oslo
Besøksadresse: Strømsveien 96

Telefon: 22 57 34 00
Telefaks: 22 67 67 06
E-post: postmottak@sft.no
Internett: www.sft.no

Utførende institusjon NIVA	Kontaktperson SFT Jon Fuglestad	ISBN-nummer 978-82-7655-523-3
	Avdeling i SFT	TA-nummer TA- 2307/2007

Oppdragstakers prosjektansvarlig Eirik Fjeld	År 2007	Sidetall 10	SFTs kontraktnummer 4006012

Utgiver NIVA	Prosjektet er finansiert av SFT

Forfatter(e)
Eirik Fjeld

Tittel - norsk og engelsk
Bromerte flammehemmere og andre miljøgifter i fisk og zooplankton fra Mjøsa, 2006.
Brominatet flame retardants and other pollutants in fish and zooplankton from Lake Mjøsa, 2006

Sammendrag – summary
Konsentrasjonen av bromerte flammehemmere og andre utvalgte miljøgifter har blitt undersøkt i prøver av fisk og zooplankton fra Mjøsa, fanget i 2006. Konsentrasjonen av flammehemmeren PBDE har ikke endret seg i vesentlig grad i perioden 2003–2006. Konsentrasjonen av kvikksølv i ørret synes å ha hatt en svak økning de de siste to årene, men dette bør bekreftes på større materiale basert på analyser av enkeltindivider (ikke blandprøver).
The concentrations of brominated flame retardants and other pollutants were determined i samplkes of fish and zooplankton from Lake Mjøsa 2006. The levels of the flame retardant PBDE have been rather stabile during the periode 2003–2006. The mercury concentration of brown trout seems to have had a slight increase the two latest years, but this should be confirmed by analyzing a larger material of individual fish samples (not pooled samples).

4 emneord fisk, ferskvann, organiske miljøgifter, kvikksølv	4 subject words fish, fresh water, persistant organic pollutants, mercury