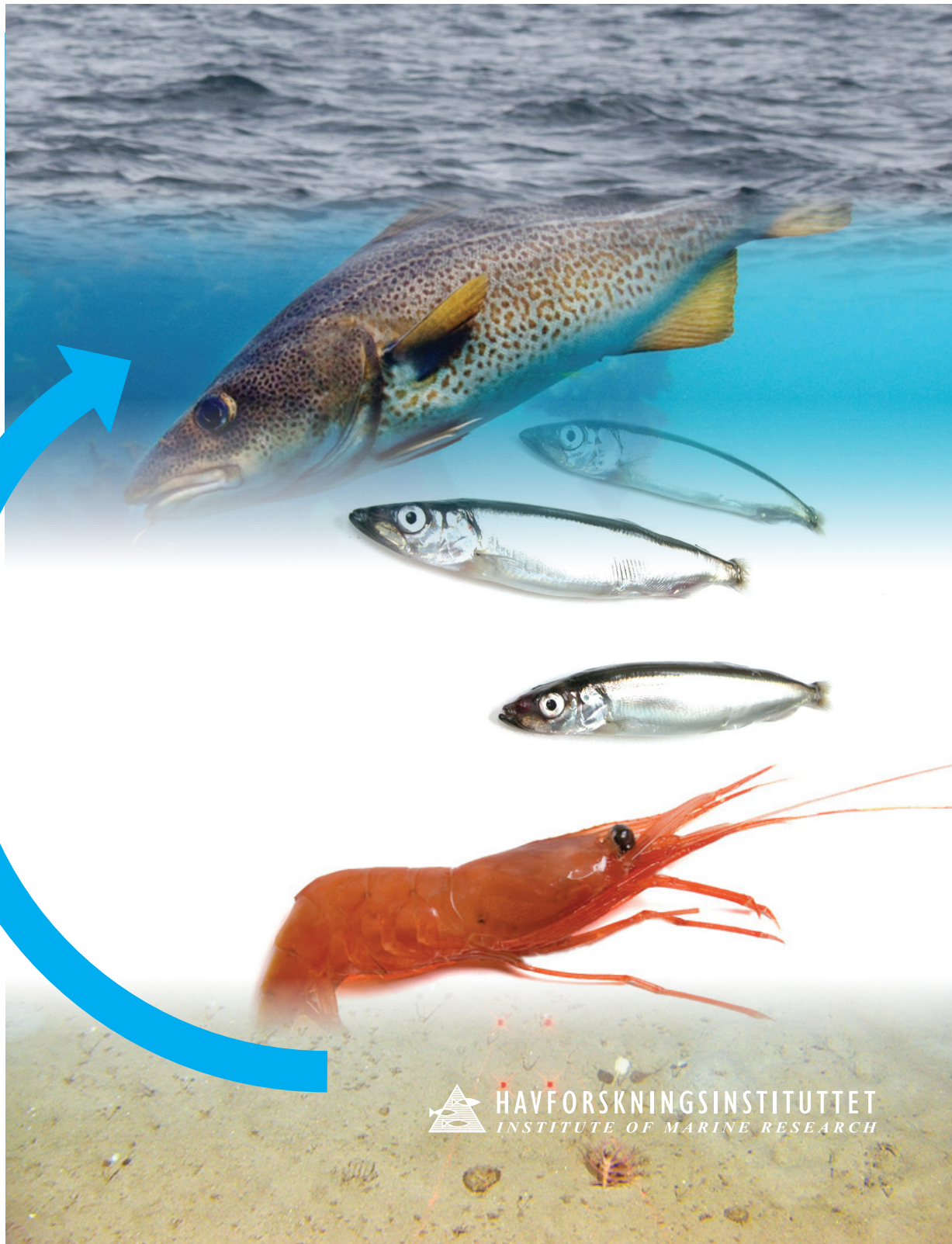


## Undersøkelser av organiske miljøgifter i fisk, skalldyr og sedimenter fra norske havområder de siste 20 årene

Stepan Boitsov, Bjørn Einar Grøsvik, Guri Nesje, Grethe Tveit og Jarle Klungsøyr



HAVFORSKNINGSINSTITUTTET  
INSTITUTE OF MARINE RESEARCH

# PROSJEKTRAPPORT



Nordnesgaten 50, Postboks 1870 Nordnes, 5817 BERGEN  
Tlf. 55 23 85 00, Fax 55 23 85 31, [www.imr.no](http://www.imr.no)

Tromsø	Flødevigen	Austevoll	Matre
9294 TROMSØ	4817 HIS	5392 STOREBØ	5984 MATREDAL
Tlf. 55 23 85 00	Tlf. 37 05 90 00	Tlf. 55 23 85 00	Tlf. 55 23 85 00
Fax 77 60 97 01	Fax 37 05 90 01	Fax 56 18 22 22	Fax 56 36 75 85

**Distribusjon:**

Åpen

**HI-prosjektnr.:**

14379

**Oppdragsgiver(e):****Oppdragsgivers referanse:****Dato:**

Oktober 2016

**Program:****Forskningsgruppe:**

429 Miljøkjemi

**Antall sider totalt:**

132

**Rapport:**

Rapport fra Havforskningen nr. 29-2016

**Tittel:****Undersøkelser av organiske miljøgifter i fisk, skaldyr og sedimenter fra norske havområder de siste 20 årene****Forfatter(e):**S. Boitsov  
B.E. Grøsvik  
G. Nesje  
G. Tveit  
J. Klungsøyr**Sammendrag (norsk):**

Rapporten viser målinger av PCB, klorerte pesticider, bromerte flammehemmere (PBDE) og hydrokarboner (PAH) i fisk (lever og i noen tilfeller muskel eller helfisk av 16 arter, samt 3 skaldyrarter) samlet av Havforskningsinstituttet i løpet av de siste 20 årene, samt målinger av PAH i sedimenter fra de siste fire årene. Mens nivåer av PBDE og PAH i fisk ligger under eller rett over målegrensen, varierer nivåene av PCB og klorerte pesticider kraftig. Dette er avhengig av flere faktorer som trofisk nivå, fiskens størrelse, alder m.m. Generelt er det funnet høyere nivåer i Nordsjøen enn i Norskehavet og Barentshavet. Tidstrender for nivåene er presentert der de er tilgjengelige. Det er funnet nedadgående trend av klorerte miljøgifter i mange av de undersøkte artene, mens nivåene holder seg stabilt forhøyet eller ligger gjennomgående lavt i andre arter.

**Summary (English):**

*Measurements of PCB, chlorinated pesticides, brominated flame retardants (PBDE) and hydrocarbons (PAH) in fish (liver and in some cases muscle or whole fish of 16 species, together with 3 crustacean species) collected by IMR during the last 20 years, and measurements of PAH in sediments for the last four years, are presented in the report. While the levels of PBDE and PAH in fish are below or just above the detection limits, the levels of PCB and chlorinated pesticides vary strongly depending on several factors, such as trophic level, fish size and age, etc. Generally, higher levels are found in the North Sea than in the Norwegian and Barents Seas. Time trends for the levels are presented where available. Decreasing trends of chlorinated pollutants are found in many of the studied species, while in some other species the levels are stable (elevated or low) throughout the period of measurements.*

**Emneord (norsk):**

1. Organiske miljøgifter
2. Fisk
3. Skaldyr
4. Sediment

**Subject heading (English):**

1. Organic contaminants
2. Fish
3. Crustaceans
4. Sediments

## **Innholdsfortegnelse**

<b>I. Innledning</b>	.....5
1.1. Studier av organiske miljøgifter gjennomført på Havforskningsinstituttet	.....5
1.2. Marin biota: fisk og skalldyr	.....6
1.3. Sedimentstudier	.....7
1.4. Polyklorerte bifenyler (PCB) og organiske klorerte pesticider	.....7
1.5. Polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH)	.....12
1.6. Bromerte flammehemmere	.....14
<b>II. Metoder</b>	.....16
2.1. Prøvetaking	.....16
2.1.1. Prøvetakingsstrategi	.....16
2.1.2. Prøvetaking av biota	.....18
2.1.3. Prøvetaking av sediment	.....18
2.2. Analysemetoder	.....19
2.2.1. PCB, klorerte pesticider og PBDE i fiskelever, og klorerte pesticider i fiskemuskel og skalldyr	.....19
2.2.2. PCB i fiskemuskel og skalldyr	.....20
2.2.3. PAH i sedimenter	.....20
2.2.4. PAH i biota	.....21
<b>III. Resultater av målinger i biota</b>	.....22
3.1. Blåkkeite	.....22
3.1.1. PCB og klorerte pesticider i blåkkeitelever	.....22
3.1.2. PBDE i blåkkeitelever	.....28
3.2. Brosme	.....29
3.2.1. PCB og klorerte pesticider i brosmelever	.....29
3.2.2. PBDE i brosmelever	.....32
3.3. Gapeflyndre	.....33
3.3.1. PCB og klorerte pesticider i gapeflyndre	.....33
3.3.2. PBDE i gapeflyndrelever	.....37
3.3.3. PAH i gapeflyndremuskel	.....37
3.4. Hyse	.....38
3.4.1. PCB og klorerte pesticider i hyse	.....38
3.4.2. PBDE i hyselever	.....54
3.4.3. PAH i hyse	.....55
3.5. Kolmule	.....57

3.5.1. PCB og klorerte pesticider i kolmule	....57
3.5.2. PBDE i kolmulelever	....60
3.6. Lange	....61
3.6.1. PCB og klorerte pesticider i lange	....61
3.7. Lodde	....63
3.7.1. PCB og klorerte pesticider i lodde	....63
3.7.2. PBDE i lodde	....64
3.8. Makrell	....63
3.8.1. PCB og klorerte pesticider i makrellever	....65
3.8.2. PBDE i makrellever	....67
3.9. Polartorsk	....68
3.9.1. PCB og klorerte pesticider i polartorsk	....68
3.9.2. PBDE i polartorsk	....69
3.10. Sei	....68
3.10.1. PCB og klorerte pesticider i seilever	....70
3.10.2. PBDE i seilever	....83
3.10.3. PAH i sei	....84
3.11. Sild	....85
3.11.1. PCB og klorerte pesticider i sildelever	....85
3.11.2. PBDE i sildelever	....87
3.11.3. PAH i sildemuskel	....87
3.12. Skolest	....88
3.12.1. PCB og klorerte pesticider i skolestlever	....88
3.13. Snabeluer	....90
3.13.1. PCB og klorerte pesticider i snabeluerlever	....90
3.13.2. PBDE i snabeluerlever	....92
3.14. Torsk	....93
3.14.1. PCB og klorerte pesticider i torskelever	....93
3.14.2. PBDE i torskelever	...107
3.14.3. PAH i torsk	...108
3.15. Uer	...109
3.15.1. PCB og klorerte pesticider i uerlever	...109
3.15.2. PBDE i uerlever	...119
3.16. Øyepål	...120
3.16.1. PCB og klorerte pesticider i øyepål	...120

3.17. Reker, krill og sjøkreps	...121
3.17.1. PCB og klorerte pesticider i reker, krill og sjøkreps	...121
3.17.2. PBDE i reker	...122
<b>IV. Resultater av målinger i sedimenter</b>	...123
4.1. Nivåer av hydrokarboner i sedimenter fra Barentshavet og Nordsjøen	...123
<b>V. Konklusjoner</b>	...131
<b>VI. Referanser</b>	...133

## Liste over forkortelser

AA-EQS	Engelsk: <i>Environmental quality standard, annual average</i>
ASE	Engelsk: <i>Accelerated Solvent Extraction</i>
BFH	Bromerte flammehemmere
BH	Barentshavet
DDD	Diklordifenyldikloretan
DDE	Diklordifenyldikloretylen
DDT	Diklordifenyldikloretan
∑DDT	Summen av p,p'-DDT, p,p'-DDD og p,p'-DDE
ECD	Engelsk: <i>Electron Capture Detector</i>
EI	Engelsk: <i>Electron Ionisation</i>
GC	Engelsk: <i>Gas chromatography</i>
HCB	Heksaklorbenzen
HCH	Heksaklorsyklusheksaner
∑HCH	Summen av α-HCH, β-HCH og γ-HCH
LOQ	Kvantifiseringsgrense (Engelsk: <i>Limit of Quantification</i> )
LSI	Leversomatisk indeks
MAC-EQS	Engelsk: <i>Environmental quality standard, maximum annual concentration</i>
NCI	Engelsk: <i>Negative Chemical Ionisation</i>
NGU	Norges geologiske undersøkelse
NH	Norskehavet
NIFES	Nasjonalt institutt for ernærings- og sjømatforskning
NPD	Summen av naftalen, fenantren, dibenzotiofen og deres alkylerte homologer
NS	Nordsjøen
PAH	Polysykliske aromatiske hydrokarboner
PAH16	Summen av 16 PAH brukt som internasjonal miljøindikator (naftalen, acenaftylen, acenaften, fluoren, fenantren, antracen, fluoranten, pyren, benz[ <i>a</i> ]antracen, krysen, benzo[ <i>b</i> ]fluoranten, benzo[ <i>k</i> ]fluoranten, benzo[ <i>a</i> ]pyren, indeno[1,2,3- <i>cd</i> ]pyren, dibenz[ <i>a,h</i> ]antracen, benzo[ <i>ghi</i> ]perylene)
PBDE	Polybromerte difenyletere
PCB	Polyklorerte bifenyler
PCB6	Summen av PCB28, PCB52, PCB101, PCB138, PCB153 og PCB180, brukt som indikator av matkvalitet
PCB7	Summen av PCB28, PCB52, PCB101, PCB118, PCB138, PCB153 og PCB180, brukt som internasjonal miljøindikator
dl-PCB	Dioksinlignende PCB
POPs	Persistente organiske miljøgifter (Engelsk: <i>Persistent Organic Pollutants</i> )
SIM	Engelsk: <i>Selected Ion Monitoring</i>
SPE	Fastfaseekstraksjon (Engelsk: <i>Solid-phase Extraction</i> )
TNC	<i>Trans</i> -nonaklor
TOC	Organisk karboninnhold (Engelsk: <i>Total Organic Carbon</i> )



## I. Innledning

### **1.1. Studier av organiske miljøgifter gjennomført på Havforskningsinstituttet**

Denne rapporten inneholder resultater av målinger av persistente organiske miljøgifter (POPs) i fisk og skalldyr samlet under Havforskningsinstituttets regelmessige overvåkningstokt og andre tokt i norske havområder i perioden 1994-2014, samt resultater av målinger i sedimenter fra de siste fire årene. Havforskningsinstituttets overvåkningsprogram omfatter målinger av organiske miljøgifter fra tre havområder: Nordsjøen, Norskehavet og Barentshavet. Overvåkningstokt utføres i hvert av disse områdene på regelmessig basis hvert tredje år. Resultater fra disse toktene utgjør hoveddelen i denne rapporten. I løpet av denne perioden er det også utført en rekke andre, mer uregelmessige studier i forskjellige andre marine områder, som Skagerrak, rundt Jan Mayen m.m. Disse er også omtalt i rapporten. De fleste resultatene er tidligere presentert år for år i en kortfattet, aggregert form i den årlige Havforskningsrapporten. Her presenterer vi dataene samlet, diskuterer eventuelle tidstrender og andre fellestrekk som man kan finne ved helhetlig presentasjon av resultatene, og tilføyer en del resultater som ikke er presentert tidligere.

Innsamlingen av prøvene ble som regel utført av Havforskningsinstituttets kjemikere på våre egne forskningsfartøy. Prøvene ble analysert for innhold av organiske miljøgifter på kjemilaboratoriet vårt i løpet av samme år eller året etter prøvetakingen.



*"G.O. Sars" – ett av fartøyene benyttet til prøvetaking. Foto: Kjartan Mæstad, Havforskningsinstituttet.*

## 1.2. Marine biota: fisk og skalldyr

Studier av miljøgifter i marine organismer skal ta hensyn til flere biologiske faktorer som kan påvirke nivåene av miljøgifter. Når en organisme tar opp en sent nedbrytbar eller persistent miljøgift fra miljøet og ikke klarer å skille den ut igjen, lagres miljøgiftene. Dette kan føre til økt konsentrasjon over tid. Mange miljøgifter er fettløselige, og forhøyete konsentrasjoner av disse kan akkumuleres i fettholdige organer, som leveren hos fisk eller i innmaten i skalldyr. Eksponering til samme miljøgift i løpet av livet kan føre til en opphoping av miljøgiften i organismen, noe som kalles bioakkumulering. Bioakkumulering er en årsak til at eldre organismer av samme art kan ha høyere nivåer av miljøgifter. **Alder** er derfor en viktig parameter ved vurdering av miljøgiftnivåer i fisk og blir bestemt ved avlesing av årringer i øresteinen (otolitten). Det kan være vanskelig å bestemme nøyaktig alder på fisk, derfor nøyer man seg ofte med å notere **lengde** og **vekt** på fisken, siden disse korrelerer med alderen. **Leversomatisk indeks (LSI)**, som er levervekt i forhold til totalvekt i %, gir informasjon om ernæringsstatus. Ernæringsstatus og opplagret energi som **fettinnhold** kan påvirke miljøgiftinnholdet. leveren hos fisk er et fettrikt organ og kan inneholde opptil 90 % fett hos enkelte fiskearter. Muskelvevet (fiskefilet) er som regel mye mer magert, med ca. 1 % fett hos magre fiskearter som torsk og sei, og vil derfor ha betydelig lavere nivåer av miljøgifter i seg. Andre fiskearter, som sild og makrell, er derimot fettrike og kan ha nesten like mye fett i fileten som i leveren (ca. 5-15 %). Hos disse artene kan man finne like høye nivåer av miljøgifter i både lever og filet.

Fiskens **kjønn** kan også påvirke miljøgiftnivå i kroppen, siden hunnfisk kan kvitte seg med miljøgifter ved gyting. Av samme grunn kan **årstiden for prøvetaking** spille en viss rolle for nivåene som måles. Vi prøver derfor å gjennomføre prøvetakingen utenom gytesesongen for de ulike artene.

Miljøgiftene kan oppkonsentrere seg ikke bare i hver enkelt organisme, men også oppover i næringskjeden. Dette skjer når organismer som ligger på høyere trofiske nivåer, spiser organismer på et lavere trofisk nivå som også er eksponert til miljøgifter. Dette kan føre til at organismen på et høyere trofisk nivå får i seg større mengde miljøgifter enn de enkelte organismene fra et lavere trofisk nivå. Dette kalles for biomagnifisering. Denne rapporten omtaler ikke organismer som ligger på de høyeste trofiske nivåene i havet som sel og hval, men tar for seg fisk som ligger på et mellomhøyt trofisk nivå, som for eksempel blåveite og torsk, samt fiskearter fra lavere trofiske nivåer, som polartorsk og lodde, og organismer fra enda lavere trofiske nivåer, som reker og krill. Det er derfor nødvendig å ta med **trofisk nivå** som en av de viktige biologiske faktorene som kan være med på å forklare miljøgiftnivåene i de studerte organismene.

Når vi skal beskrive hvor påvirket det ene eller andre geografiske området egentlig er, må vi ta hensyn til alle de overnevnte faktorene. Mens utslipp og nivåer i marin fisk av en rekke forskjellige POPs, som klorerte miljøgifter og bromerte flammehemmere, har minket på global skala gjennom de siste tiårene (Bonito et al., 2016), blir mange av disse miljøgiftene fortsatt funnet i fisk over hele verden. Enkelte steder er nivåene betydelig forhøyet lokalt, også i norske havområder (se for eksempel Green et al., 2014).



### **1.3. Sedimentstudier**

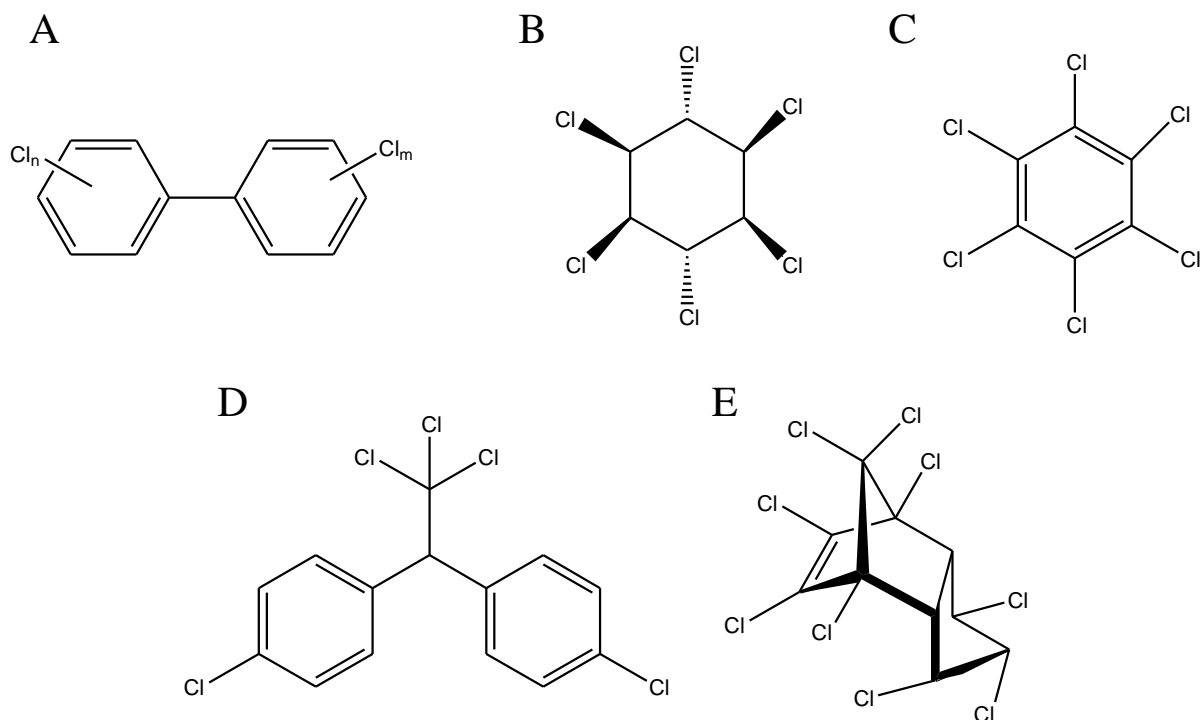
Sedimenter kan utgjøre et betydelig lager av miljøgifter. Organiske forbindelser føres ofte til sedimentene bundet til organiske partikler, og avsettes først og fremst der det er mye finkornet materiale som leire og silt. Grovere sedimenter som sand osv. inneholder vanligvis lite organisk materiale og egner seg derfor dårligere for analyse av organiske miljøgifter. Sedimentprøver blir av denne grunn i hovedsak innsamlet fra lokaliteter der man har bløtbunn med stor andel finkornet sediment (<63 µm kornstørrelse, dvs. silt og leire). Man kan videre bestemme nøyaktig mengde organisk materiale som finnes i sedimentene, uttrykt som prosent totalt organisk karbon (engelsk: *total organic carbon*, TOC), samt kornstørrelsesfordeling i prøvene (leire, silt, sand, grus).

Sedimentasjonshastighet kan variere sterkt fra sted til sted. Den ligger typisk på rundt 1,0-2,5 mm/år på sokkelen og skråningen i åpent hav, og er enda lavere i dypere hav, ca. 0,5 mm/år, mens det i fjordområder og enkelte kystnære strøk, spesielt i østlige deler av Skagerrak/Norskerenna, kan ligge på 1,5-3,0 mm/år, og enkelte steder helt opp til 6,0-10,0 mm/år (se for eksempel Heldal et al., 2002; Zaborska et al., 2008; Longva & Thorsnes, 1997). Dette betyr at det øverste sedimentlaget brukt for de fleste analyser (0-1 cm-sjiktet) tilsvarer de siste 10 eller opptil 20 årene for prøver fra åpent hav, og kun de siste 1-2 år for prøver tatt i områder med høy sedimentasjonshastighet.

### **1.4. Polyklorerte bifenyler (PCB) og organiske klorerte pesticider**

Polyklorerte bifenyler (PCB) er en stoffgruppe som brytes sent ned og er derfor persistent, har en global spredning og finnes i spormengder også i uberørte områder. De er toksiske og kan ha giftig effekt via flere virkningsmekanismer som kan påvirke immunsystem, nervesystem, hormonsignal og være mutagen. Selv om produksjon av PCB ble forbudt så tidlig som på slutten av 1970-tallet i USA og på 1980-tallet i Europa, fortsatte produksjonen av PCB i enkelte andre land også senere, bl.a. i Russland fram til midten av 1990-tallet. I Norge ble ny bruk av PCB forbudt i 1980, og i 1995 var store kondensatorer med PCB tatt ut av bruk (miljostatus.no). PCB ble i 2004 ført opp på Stockholm-konvensjonen sin liste over stoff som skal fases ut. Til tross for forbud og restriksjoner mot bruk av PCB, finner man stadig PCB i åpent havmiljø langt fra kildene, både i sediment og i biota. Grunnen til dette er at PCB var produsert i stor skala over hele verden og brukt som komponent i blant annet maling og elektrisk utstyr.

Det finnes 209 mulige varianter (kongenere) av PCB (se figur 1.1A). Havforskningsinstituttet analyserer 9 av disse variantene, inkludert standardparameteren PCB7. PCB7 er en internasjonalt etablert parameter for PCB-forurensning, som inngår i mange studier, og det er etablert tilstandsklasser for denne hos Miljødirektoratet (se tabell 1.1 nedenfor). PCB7 består av PCB28, PCB52, PCB101, PCB118, PCB138, PCB153 og PCB180. Av disse hører PCB118 til såkalte dioksin-lignende PCB (dl-PCB). Disse stoffene har, i motsetning til de fleste andre PCB, en flat struktur som ligner kjemisk på dioksiner og har lignende toksikologiske effekter på marine organismer. I tillegg til PCB118, analyserer Havforskningsinstituttet på to andre dl-PCB, PCB105 og PCB156.



Figur 1.1. Kjemiske strukturer for PCB og klorerte pesticider: den generelle formelen for PCB (A); lindan ( $\gamma$ -HCH) (B); heksaklorbenzen (C); *p,p'*-diklordifenyltrikloretan (DDT) (D); *trans*-nonaklor (E).

Vi har analysert klororganiske forbindelser som har vært brukt som plantevernmidler eller pesticider, men som nå er blitt faset ut. Disse stoffene er: Lindan ( $\gamma$ -HCH), heksaklorbenzen (HCB), DDT og *trans*-nonaklor. Alle disse forbindelsene er svært toksiske og persistente i havmiljøet. Mange klororganiske forbindelser er spesielt giftige for kaldblodige organismer, som insekter og fisk, og kan biomagnifiseres oppover i næringskjeden.

Havforskningsinstituttet analyserer på 3 heksaklorcycloheksaner (HCH-isomerer), som vurderes som de mest toksiske blant de 8 stereoisomerene som finnes:  $\alpha$ -HCH,  $\beta$ -HCH og  $\gamma$ -HCH (lindan, Figur 1.1B). Disse rapporteres sammen som  $\Sigma$ HCH. Lindan er navnet på det egentlige pesticidet, og finnes i spormengder over hele kloden. Den har vært i masseproduksjon og var en periode på 2. plass etter DDT i produserte og brukte mengder. Lindan er nå forbudt til bruk i utviklede land, men er fortsatt brukt andre steder i verden. I 17 land inkludert USA og Canada er det tillatt begrenset bruk av lindan i farmakologi, og det finnes derfor fortsatt noe produksjon av stoffet. Siden 2009 er de tre mest toksiske isomerer av HCH inkludert i Stockholm-konvensjonen med mål om utfasing.

Heksaklorbenzen (HCB) (figur 1.1C) har vært brukt som fungicid. Det er svært toksisk og persistent. HCB er omfattet av Stockholm-konvensjonen siden 2004. Likevel er det fortsatt tilførsler av denne miljøgiften til miljøet, bl.a. fordi at den oppstår som biprodukt ved produksjon av noen organiske løsemidler og enkelte pesticider. Den kan også tilføres miljøet ved ufullstendig forbrenning av variert industriavfall som inneholder klorerte organiske materialer.

Pesticidet DDT (diklordifenyltrikloretan) og dets degraderingsprodukter, DDD (diklordifenylidikloretan) og DDE (diklordifenylidikloretylen), tilhører også klorerte pesticider.

Havforskningsinstituttet analyserer p,p'-DDT (figur 1.1D), som utgjør mesteparten i den kommersielle DDT-blandingen, og på degraderingsproduktene, p,p'-DDD og p,p'-DDE (rapportert sammen som  $\Sigma$ DDT). Til tross for reguleringer og forbud mot bruken av stoffet, som er av de mest og lengst brukte i verden, er det fortsatt i bruk i flere land. India og Kina produserer fortsatt stoffet i store volum. Også i land hvor det har vært forbudt produsert i mange år, som tidligere Sovjetunionen, tok det gjerne flere tiår før bruken av DDT opphørte, og det kan ikke utelukkes sporadisk bruk selv i dag. Dette bidrar til fortsatt godt sporbare nivåer i miljøet, som man kan finne både i sedimenter og fisk, bl.a. i Barentshavet. DDT ble ført opp på Stockholm-konvensjonens liste av stoff som skal fases ut i 2004.

*Trans*-nonaklor (TNC) er et pesticid som er en komponent i tekniske klordan-blandinger. Det er svært toksisk også for fisk.

Tilstandsklasser for PCB og enkelte klorerte pesticider er kun utarbeidet av Miljødirektoratet for noen arter av marin biota. Av disse er det kun torskelever, torskefilet og sildefilet som er undersøkt av Havforskningsinstituttet under overvåkningsprogrammet, mens skrubbefilet kan brukes som en pekepinn for andre flatfiskarter. Disse tilstandsklassene er vist i tabell 1.1.

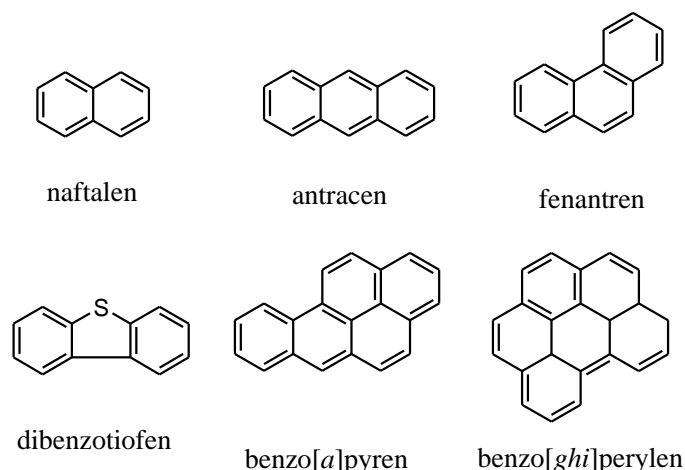
I forbindelse med matkvalitet og mattrygghet opereres det også med kriterium satt av EU-kommisjonen for enkelte typer miljøgifter i forskjellige mattyper. Det er bl.a. etablert en grense for PCB6 (samme som PCB7 unntatt PCB118) på 200 µg/kg våtvekt i fiskelever, og på 75 µg/kg våtvekt i fiskefilet (EU, 2006). For fiskelever faller dette grensenivået innenfor Miljødirektoratets Klasse I ("bakgrunn"), mens for fiskefilet kan dette klassifiseres som både "moderat forurenset" for sild og som "sterkt forurenset" for torsk og skrubbe, se tabell 1.1.

Tabell 1.1. Miljødirektoratets tilstandsklasser på PCB- og klorerte pesticid-forurensninger i marine biota (SFT, 1997).

Tilstandsklasse (biota)	Klasse I Ubetydelig – lite forurenset	Klasse II Moderat forurenset	Klasse III Markert forurenset	Klasse IV Sterkt forurenset	Klasse V Meget sterkt forurenset
1. Torskelever (i µg/kg våtvekt)					
ΣDDT	<200	200-500	500-1500	1500-3000	>3000
HCB	<20	20-50	50-200	200-400	>400
ΣHCH	<50	50-200	200-500	500-1000	>1000
PCB7	<500	500-1500	1500-4000	4000-10000	>10000
2. Torskefilet (i µg/kg våtvekt)					
ΣDDT	<1	1-3	3-10	10-25	>25
HCB	<0,2	0,2-0,5	0,5-2	2-5	>5
ΣHCH	<0,5	0,5-2	2-5	5-15	>15
PCB7	<5	5-20	20-50	50-150	>150
3. Skrubbefilet (i µg/kg våtvekt)					
ΣDDT	<2	2-4	4-15	15-40	>40
HCB	<0,2	0,2-0,5	0,5-2	2-5	>5
ΣHCH	<1	1-3	3-10	10-30	>30
PCB7	<5	5-20	20-50	50-150	>150
4. Sildefilet (i µg/kg våtvekt)					
ΣDDT	<20	20-50	50-150	150-300	>300
HCB	<2	2-5	5-20	20-50	>50
ΣHCH	<10	10-30	30-100	100-250	>250
PCB7	<50	50-150	150-500	500-1000	>1000

### 1.5. Polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH)

PAH består av to eller flere aromatiske ringer (se figur 1.2) og har lav vannløselighet. PAH er derfor i liten grad løst i vannmassene, men knyttet til ulike typer partikler som for eksempel organiske kolloider, plankton eller mineralpartikler. Alle PAH er lipofile (løses lett i fett) og kan bioakkumuleres i noen marine organismer som blåskjell, mens andre organismer som fisk har en effektiv måte å kvitte seg med PAH og vil kun vise høye nivåer i leveren direkte etter eksponering. Eksponering til PAH kan føre til forskjellige skader, siden mange PAH er giftige og kreftfremkallende. I marine sedimenter kan PAH bli bevart i lang tid, og man kan studere trendene i tilførsel av PAH ved å analysere sedimentkjerner. Egenskapene til PAH er beskrevet mer detaljert av Neff (2002).



Figur 1.2. Eksempler på PAH-forbindelser.

PAH kan stamme fra forskjellige kilder, både naturlige og menneskeskapt, se tabell 1.2. Siden det kan være vanskelig å skille mellom de ulike kildene i miljøprøver, studerer man karakteristiske PAH i prøvene. Høye nivåer av enkelte PAH-indikatorforbindelser eller grupper av forbindelser kan tyde på én eller flere bestemte kilder, som beskrevet i tabell 1.2.

Tabell 1.2. Kilder for PAH i havmiljø og typer PAH som er karakteristiske for hver kilde.

PAH opprinnelse	Petrogen	Pyrogen	Biogen
Kilder	Fossile stoffer	Produkter av ufullstendig forbrenning	Biologiske prosesser
Eksempel på naturlig kilde	Naturlig forekomst av f.eks. kull, olje	Skogbrann, vulkan	Mikrobiell aktivitet
Eksempel på menneskeskapt kilde	Oljeutslipp fra båt eller oljeplattform	Kull- og vedfyring, bil- og båt eksos	-
Typer PAH	Lette og alkylerte	Tunge, ikke alkylerte	Enkelte tunge PAH
Eksempler på representative PAH	Naftalen, fenantren, alkylnaftalener, alkylfenantrener	Fenantren, fluoranten, pyren, benzo[a]pyren, benzo[ghi]perylene	Perylen
Indikator*	NPD	PAH16	Perylen

\* NPD – summerte nivåer av naftalen, fenantren, dibenzotiofen og deres alkylerte homologer.

PAH16 – summerte nivåer av naftalen, acenaftalen, acenaften, fluoren, fenantren, antracen, fluoranten, pyren, benz[a]antracen, krysen, benzo[b]fluoranten, benzo[k]fluoranten, benzo[a]pyren, indeno[1,2,3-cd]pyren, dibenz[a,h]antracen, benzo[ghi]perylene.

Det er først og fremst petrogene og pyrogene PAH som skaper forurensningsproblemer. Det er generelt lave nivåer av PAH i sedimenter i norske havområder, men det finnes både naturlige forekomster av PAH og lokale punktkilder for utslipp fra menneskelig aktivitet. Over hele havet finner man også bakgrunnsnivåer som kan forklares av langtransport fra fjerntliggende områder.

Miljødirektoratet har utarbeidet et eget klassifiseringssystem for nivåene av enkelte PAH-forbindelser i marine sedimenter (Miljødirektoratet, 2014). En av disse, benzo[*a*]pyren, vurderes som spesielt viktig siden den er sterkt kreftfremkallende. Denne komponenten måles både i forbindelse med vurderinger av miljøtilstand og sjømattrygghet. Miljødirektoratets klassifisering er imidlertid utviklet for fjord- og havneområder, og kan ikke uten videre brukes direkte i åpent hav. Det er ikke utarbeidet tilstandsklasser for PAH i torsk eller annen fisk siden denne stoffgruppen metaboliseres og skilles effektivt ut i fisk. Miljødirektoratets tilstandsklasser for benzo[*a*]pyren i sedimenter er vist i tabell 1.3.

Tabell 1.3. Miljødirektoratets tilstandsklasser på PAH-forurensning i marine sedimenter (Miljødirektoratet, 2014).

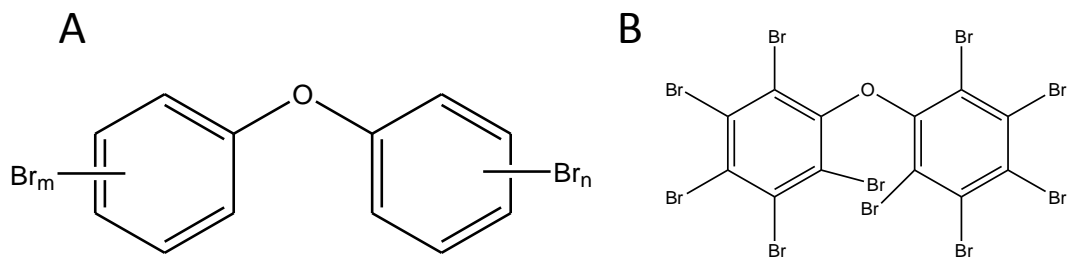
Tilstandsklasse	Klasse I Bakgrunn	Klasse II AA-EQS	Klasse III MAC-EQS	Klasse IV	Klasse V Omfattende akutt tox eff.
Benzo[ <i>a</i> ]pyren, µg/kg t.v.	<6	6–183	183–230	230–13100	> 13100

### 1.6. Bromerte flammehemmere

Bromerte flammehemmere (BFH) er masseproduserte kjemikalier som har vært brukt av industrien siden 1970-tallet, for det meste som flammehemmere og branddempere i forskjellige typer plast, tekstiler, møbler, byggmaterialer, elektronisk utstyr, osv. BFH består av flere typer kjemiske forbindelser med felles evne til å dempe brann, men med forskjellig grad av giftighet og ulike kjemiske egenskaper. Det som er felles for BFH i miljøet, er at dette er lite nedbrytbare (persistente) forbindelser som kan transporteres med luft- og havstrømmer over store avstander. De finnes derfor i små mengder selv i uberørte områder uten noe betydelig menneskelig aktivitet, som for eksempel i arktiske strøk. De er lite løselige i vann, fettløselige og kan samles opp i fettholdige organer som fiskelever.

Mens produksjon og bruk av noen av disse stoffgruppene nå er forbudt over store deler av verden på grunn av deres skadelige miljøvirkninger, som for eksempel bromerte bifenyler, er flere andre grupper fortsatt i bruk, også i Europa. Den mest utbredte gruppen BFH som fortsatt er i bruk er polybromerte difenyletere (PBDE). PBDE er produsert av mennesker og finnes ikke naturlig i miljøet. Likevel kan man finne spor av disse forbindelsene i miljøprøver fra hele verden på grunn av langtransport fra fjerne kildeområder. På lik linje med PCB, finnes det 209 teoretisk mulige varianter (kongener) for PBDE, se eksempler på strukturen i figur 1.3.<sup>1</sup> Titalls av disse finnes i miljøet. Det er først og fremst den fullbromerte kongeneren, BDE-209 (vist i figur 3B) som ofte finnes i størst mengde i marine sedimenter, mens biota inneholder stort sett de lavtbromerte kongenene.

<sup>1</sup> Betegnelsen "PBDE" brukes når man snakker om de totale summerte nivåene eller om PBDE-forurensning generelt, og "BDE" (med spesifikt nummer) når man snakker om enkeltforbindelser, slik som for eksempel BDE-209.



Figur 1.3. Kjemisk struktur for PBDE: den generelle formelen (A) og den fullbromerte kongeneren BDE-209 (B).

Miljødirektoratet har ikke utarbeidet tilstandklasser for PBDE i torsk eller annen fisk. Enkelte PBDE kan likevel fungere som indikatorer for sine opphavsprodukter. BDE-99 er en markør for en av de kommersielle PBDE-blandingene som var brukt mye i industri, "penta-blandingen". Det finnes også to andre slike blandinger, "okta-blandingen", med BDE-183 som markør, og "deka-blandingen", med BDE-209 som markør. Mens okta- og penta-blandingene nå er omfattet av Stockholm-konvensjonen og dermed skal være forbudt over hele verden (se <http://chm.pops.int>), er deka-blandingen fortsatt tillatt i store deler av verden og Europa. Dekablanding ble forbudt i Norge i 2008.



## II. Metoder

### 2.1. Prøvetaking

#### 2.1.1. Prøvetakingsstrategi

Prøver av fisk ble samlet i forskjellige deler av Barentshavet (BH), Norskehavet (NH) og Nordsjøen (NS) ca. hvert 3. år i hvert av de tre områdene. Analyser av 25 fisk regnes som nødvendig for å få et statistisk godt resultat, og det ble derfor samlet 25 individer for hver art i hvert område. Noen ganger fikk man imidlertid ikke nok fisk og et mindre antall individer ble analysert. Om nødvendig ble fisk fra ulike trålhal og nærliggende lokaliteter i samme område slått sammen til ett prøvesett. For fisk av liten størrelse, som for eksempel polartorsk, ble det som regel analysert samleprøver av 5x5 fisk, mens andre arter var som regel analysert som enkeltfisk. Fisk av mindre størrelse ble noen ganger analysert hel, men som regel analyserte man adskilte organer som lever eller muskel. Hovedparten av resultatene er på fiskelever, mens muskelvev ble bare unntaksvis analysert.

Artene som ble analysert er vist i tabell 2.1. Som regel forsøker man å få et utvalg av de viktigste artene til analyse, og å skaffe prøver av samme arter hver gang. Det er dermed oppnådd tidsserier for blåkkeite, gapeflyndre, hyse, lodde, makrell, polartorsk, sei, sild, torsk og uer. En rekke andre arter ble analysert mer uregelmessig eller unntaksvis. Dette ble gjort når man ikke klarte å samle de vanlige artene i et eller annet område; når man ønsket å undersøke statusen på en konkret art uten at den skulle undersøkes regelmessig; eller når man hadde håpet å oppnå en tidsserie for en art som så viste seg til å være vanskelig å få tak i regelmessig i store nok mengder i samme område.

Tabell 2.1 viser videre hvilket havområde prøvene ble tatt i. Hvert av de tre havområdene ble videre fordelt i mindre områder, som er omtalt for hver fiskeart videre i rapporten. Dette ble gjort for å undersøke mulige variasjoner i nivåer mellom forskjellige geografiske områder i åpent hav. Man skiller dermed i Barentshavet mellom BH Vest og/eller Nordvest, BH Sør, BH Øst og/eller BH Nordøst, og BH Nord. I Norskehavet ble det undersøkt prøver fra Haltenbanken, områdene ved kysten av Møre, Trænabanken, Vesterålsbankene, områdene nord for kysten av Troms, områdene rundt Jan Mayen, og enkelte områder i NH Nord og/eller vest for Svalbard. Områdene vest for Bjørnøya hører geografisk også til Norskehavet, men ble i noen tilfeller vurdert sammen med barentshavsområdene. I Nordsjøen har vi tatt prøver av fisk fra Tampen-området og Vikingbanken, som er det området på norsk sektor med størst oljeaktivitet og størst utslipp av produsert vann. Som referanseområde i Nordsjøen har vi brukt Egersundbanken/Lingbanken. Andre områder undersøkt mer uregelmessig ble også inkludert, som Skagerrak, områdene rundt Færøyene og sør for Island. De fleste toktene har gått om sommeren eller tidlig høst (fram til oktober).

Tabell 2.1. Biologiske arter tatt til analyse, og områdene hvor prøvene ble tatt.

Artsnavn		Område	Prøvetakingsår
Norsk	Latinsk		
blåkveite	<i>Reinhardtius hippoglossoides</i>	BH	2003, 2007, 2009, 2012
		NH	1994, 2004, 2007, 2014
brosme	<i>Brosme brosme</i>	NH	2014
		NS	1995, 1996
gapeflyndre	<i>Hippoglossoides platessoides</i>	BH	1998, 2003, 2007, 2009, 2012
		NH	1994, 2004
hyse	<i>Melanogrammus aeglefinus</i>	BH	1998, 2000, 2003, 2007, 2009, 2012
		NH	2004, 2011, 2014
		NS	2005, 2008, 2010, 2011, 2013
kolmule	<i>Micromesistius poutassou</i>	BH	2007, 2009
		NH	2011
		NS	1996, 2010
lange	<i>Molva molva</i>	NS	1995, 1996
lødde	<i>Mallotus villosus</i>	BH	1998, 2003, 2007, 2009, 2012
makrell	<i>Scomber scombrus</i>	NH	2011, 2014
		NS	2005, 2008, 2010, 2013
		BH	1998, 2003, 2009, 2012
polartorsk	<i>Boreogadus saida</i>	NH	1994
sei	<i>Pollachius virens</i>	BH	2007, 2009, 2012
		NH	2004, 2011, 2014
		NS	2005, 2008, 2010, 2013
sild	<i>Clupea harengus</i>	BH	1998, 2009, 2012
		NH	2011
		NS	2005, 2008, 2010, 2013
skolest	<i>Coryphaenoides rupestris</i>	NS	1996
snabeluer	<i>Sebastes mentella</i>	BH	2007
		NH	2011
torsk	<i>Gadhus morhua</i>	BH	1998, 2000, 2003, 2007, 2009, 2012
		NH	1994, 1995, 1997, 2004
		NS	1994, 1995, 1996, 2005, 2008, 2011, 2013
uer	<i>Sebastes norvegicus</i>	BH	1998, 2003, 2009, 2012
		NH	1994, 2004, 2011, 2014
øyepål	<i>Trisopterus esmarkii</i>	BH	2007, 2009
		NS	1996
reke	<i>Pandalus borealis</i>	BH	2009, 2012
		NS	1996
krill	<i>Thysanoessa inermis</i>	NS	1996
sjøkreps	<i>Nephrops norvegicus</i>	NS	1995

### 2.1.2. Prøvetaking av biota

Prøver av fisk ble samlet med trål fra Havforskningsinstituttets egne fartøy. Det ble notert båt, trålstasjonsnummer, posisjon, dato, lengde, vekt og kjønn. På prøver av enkeltfisk ble det i tillegg notert gonade- og levervekt. Otolitter for aldersbestemmelse ble tatt ut på hyse, torsk, sei, uer og blåkveite. Når det gjelder utvalgt størrelse på fisken, ble det tatt prøver som er representative for området, mens ekstremt stor eller liten fisk ble unngått, for eksempel ble det tatt prøver av hyse over 30 cm lengde, og av torsk over 40 cm. Det ble kun tatt prøver av fisk som var i tilsynelatende god tilstand, og det ble notert om det var parasitter i fisken eller om leveren var misfarget.

Fra fisk som var stor nok ble hele leveren tatt ut og oppbevart på glødede glass ved -20 °C. Små fisk ble samlet hele som samleprøver à 25 fisk, pakket i aluminiumsfolie og fryst ved -20 °C. Reker ble samlet i samleprøver à 100 reker, mens for krill ble det samlet 100 g per prøve. Sjøkrepsene ble samlet hele. På laboratoriet i forkant av analyse ble det tatt ut innmat fra rekehaler og sjøkrepsshaler som ble analysert. Aldersbestemmelse ble utført på Havforskningsinstituttet kun på et utvalg av prøvene.

### 2.1.3. Prøvetaking av sediment

Sedimentprøver ble tatt med Van Veen-grabb, og øverste sedimentlag (ca. 0-2 cm dypt) ble tatt ut fra grabben, pakket i aluminiumsfolie og frosset umiddelbart etter prøvetaking. Kun redskap av rustfritt stål ble brukt for å håndtere prøvene. Prøvene ble oppbevart ved -20 °C om bord, under transport til laboratoriet, og videre fram til analyse. Målinger av totalt organisk karboninnhold (TOC, %) ble utført på Norges geologiske undersøkelse (NGU, Trondheim) på oppdrag fra Havforskningsinstituttet.

Sedimentkjernene fra østlige Skagerrak ble samlet med bruk av en Vibrocorer av Marine Sampling Holland AB på bestilling av Statnett i november 2011. Kjernene var opptil 3 m lange og ble kuttet i 1-m seksjoner, forseglert i hver ende og lagret hele i uberørt tilstand i vertikal stilling under kjølige forhold. Prøvene ble fraktet til laboratorieanalyse på Havforskningsinstituttet i november 2012. Målinger av totalt organisk karboninnhold (TOC, %) ble utført på geoteknisk laboratorium ved Wiertsema & Partners B.V., Tolbert i Nederland.

## 2.2. Analysemetoder

### 2.2.1. PCB, klorerte pesticider og PBDE i fiskelever, og klorerte pesticider i fiskemuskel og skalldyr

Havforskningsinstituttet benytter akkreditert metode for analyse av PCB og pesticider i biota. Før analyse tines prøvene i ca. 1 time ved romtemperatur. Ca 2 g fiskelever eller 8-10 g skalldyrinmat homogeniseres i Waring blender og tilsettes gjenvinningsstandard PCB29 og internstandarder BDE139 (brukt til kvantifisering av alle PBDE unntatt BDE-209) og <sup>13</sup>C-BDE-209 (brukt til kvantifisering av BDE-209). Prøvene ekstraheres med 50 ml aceton og deretter 50 ml heksan-aceton (3:1) vha. Ultra Turrax. Opprensning skjer ved væske-væske-ekstraksjon med 60 ml 0,2 M NaCl i 0,1 M ortofosforsyre – 10 ml heksan – 20 ml dest. H<sub>2</sub>O. Heksanfasen reduseres til ca. 2-3 ml og fett fjernes med konsentrert svovelsyre. Heksanfasen dampes videre inn under nitrogengass, N<sub>2</sub>, løses i ca. 0,3 ml isooktan og analyseres for PBDE som beskrevet nedenfor. Det er utført analyser av 15 PBDE-forbindelser. Kvantifiseringsgrensen er 0,15 µg/kg våtvekt.

Prøver analyseres for PBDE på gasskromatograf HP-6890 koblet til Agilent N-5973 massepektrometer med negativ kjemisk ionisering (NCI) ionekilde i "selected ion monitoring" (SIM) modus. En DB-5ms analytisk GC-kolonne (Agilent J&W Scientific, USA) benyttes, lengde: L = 15 m, indre diameter: I.D. = 0,25 mm, filmtykkelse: df = 0,10 µm. Helium (99,9999 %) brukes som bæregass ved 32 cm/s strømningshastighet gjennom kolonnen. Prøver (2 µl isooktanløsning) injiseres i et "pulsed splitless" modus (injektortemperatur, 310°C) og split-ventilen åpnes etter 2 min. GC-ovn-programmet er som følger: 90 °C ved injeksjon; etter 2 min økes temperaturen til 200 °C med en programmert økning på 30 °C/min; heretter økes den videre til 305 °C ved 4 °C/min og så til 320 °C ved 10 °C/min, og holdes på 320 °C i 10 min. Analyseprogrammets varighet er 43,4 min. Hele spektrumet er skannet for massene til brom (78,9 og 80,9) og relevante fragmenter av BDE-209 og <sup>13</sup>C-merket BDE-209 (486,5 og 494,7). BDE-49 og BDE-71 rapporteres som summert nivå på grunn av koeluering.

Etter PBDE-analysen separeres ekstraktet i en PCB-fraksjon og en pesticidfraksjon ved kolonneseparasjon på 2 g Florisil® deaktivert med 1,2 % destillert vann. Det samles to fraksjoner, F1=8 ml heksan (PCB-fraksjon) og F2=14ml 10 % aceton i heksan (pesticid-fraksjon). Begge fraksjoner dampes inn på rotavapor og deretter under en strøm av nitrogen til nesten tørrhet og løses i injeksjonsstandard PCB112-løsning og analyseres for PCB og klorerte pesticider som beskrevet under. PCB112 brukes som intern standard ved kvantitering, mens % utbytte gjennom opparbeidingen beregnes ut ifra gjenvinning av PCB29. Det analyseres for 10 PCB og 8 klorerte pesticider som rapporteres enkeltvis og summert i grupper.

Prøvene analyseres for PCB og klorerte pesticider på gasskromatograf HP 6890 med mikro-ECD (*Electron Capture Detector*). Det er brukt en SGE HT-8 GC-kolonne, 50 m x 0,22 mm i.d., filmtykkelse 0,25 µm med helium (99,9999 %) som bæregass med en strømningshastighet på 0,9 ml/min. Prøver (1 µl isooktanløsning) er injisert i "pulsed splitless" modus (injektortemperatur 280 °C) og split-ventilen åpnes etter 1,4 min. Detektortemperaturen er 320 °C. GC-ovn-programmet er som følger: 90 °C ved injeksjon; etter 2 min økes temperaturen til 170 °C med en programmert økning på 30 °C/min; heretter økes den videre til 290 °C ved 4 °C/min, og holdes på 290 °C i 25,3 min. Analyseprogrammets varighet er ca. 60 min.

### 2.2.2. PCB i fiskemuskel og skalldyr

Før analyse tines prøvene i ca. 1 time ved romtemperatur. Det veies inn 5-15 g fiskemuskel eller 8-10 g skalldyr innmat som homogeniseres i Waring-blender og tilsettes gjenvinningsstandard PCB29. Deretter tilsettes det 10 ml 30 % KOH i destillert vann og 90 ml metanol og noen kokstein. Prøvene kokes under refluks i 2 timer og avkjøles deretter til romtemperatur. Prøvene sentrifugeres ved 2000 rpm i 5 min. Opprensning skjer ved væske-væske-ekstraksjon med 2x30 ml heksan. Heksanfasen reduseres til ca. 2-3 ml og fett fjernes med konsentrert svovelsyre. Ekstraktet dampes deretter inn til nesten tørrhet under N<sub>2</sub> og løses i injeksjonsstandard PCB112 og analyseres for PCB som beskrevet under. PCB112 brukes som intern standard ved kvantitering, mens % utbytte gjennom opparbeidingen beregnes ut ifra gjenvinning av PCB29. Det analyseres for 9 PCB som rapporteres enkeltvis og som PCB7.

Prøvene analyseres for PCB på gasskromatograf HP 6890 med mikro-ECD. Det brukes en SGE HT-8 GC-kolonne, 50 m x 0,22 mm i.d., filmtykkelse 0,25 µm med helium (99,9999 %) som bæregass med en strømningshastighet på 0,9 ml/min. Prøver (1 µl isooktanløsning) injiseres i "pulsed splitless" modus (injektortemperatur 280 °C) og split-ventilen åpnes etter 1,4 min. Detektortemperaturen er 320 °C. GC-ovn-programmet er som følger: 90 °C ved injeksjon; etter 2 min økes temperaturen til 170 °C med en programmert økning på 30 °C/min; heretter økes den videre til 290 °C ved 4 °C/min, og holdes på 290 °C i 25,3 min. Analyseprogrammets varighet er ca. 60 min.

### 2.2.3. PAH i sedimenter

Havforskningsinstituttet benytter akkreditert metode for analyse av PAH i sedimenter. Sedimentprøvene lufttørkes ved romtemperatur før videre opparbeiding. Ca. 10 g tørket sediment tas til automatisert sediment-ekstraksjon på ASE (*Accelerated Solvent Extraction*, Dionex ASE 300). Betingelser for ekstraksjon: to sykluser, temperatur 150 °C, trykk 1500 psi, "flush volume" 60 %, løsemiddel – 1:1 heksan:diklormetan-blanding. ASE-celler av 34 ml volum brukes til ekstraksjon og fylles med en blanding av sediment og "Diatomaceous Earth". Ekstraktet dampes ned til 0,5 ml volum og behandles med kobber over natt (minst 12 timer) for å fjerne rester av svovel. Etterpå renses prøven på Bond Elute SPE kolonne (0,5 g). Prøvene løses så i 300 µl heksan. Syv deutererte PAH-forbindelser brukes som interne standarder for kvantifisering av PAH. Analysene inkluderer 48 PAH-forbindelser. Kvantifiseringsgrensen er 0,5 µg/kg tørrvekt.

Prøver analyseres for PAH på gasskromatograf HP-6890 koblet til Agilent N-5975 massespektrometer med "electron-impact" (EI) ionekilde i "selected ion monitoring" (SIM) modus. En DB-17ms analytisk GC-kolonne (Agilent J&W Scientific, Folsom, USA) benyttes, lengde: L = 50 m, indre diameter: I.D. = 0,25 mm, filmtykkelse: df = 0,25 µm. Helium (99,9 %) brukes som bæregass ved 49 cm/s strømningshastighet gjennom kolonnen. Prøver (1 µl heksanløsning) injiseres i et "splitless" modus (injektortemperatur, 300 °C) og splitventilen åpnes etter 2 min. GC-ovn-programmet er som følger: 50 °C ved injeksjon; etter 2 min økes temperaturen til 110 °C med en programmert økning på 10 °C/min; heretter økes den videre til 290 °C med 6 °C/min, og holdes på 290 °C i 20 min. Analyseprogrammets varighet er totalt 58 min. Spektrumet er delt i seks SIM-vinduer og er skannet for molekylarmassene til de 48 valgte forbindelsene og internstandardene.

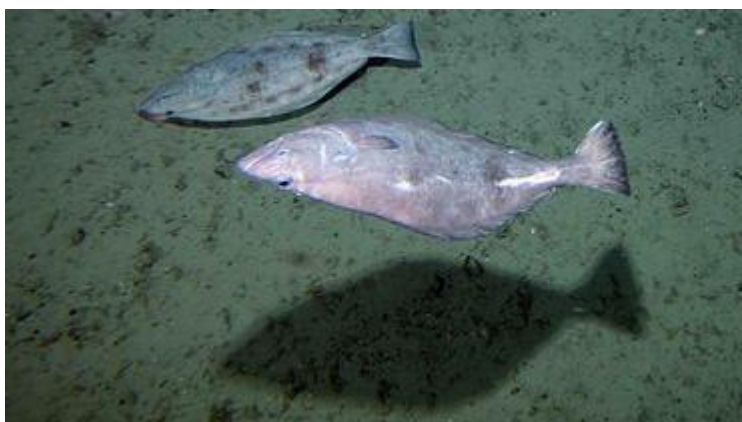
#### 2.2.4. PAH i biota

Havforskningsinstituttet benytter akkreditert metode for analyse av PAH i fiskemuskel, mens analyse av fiskelever ikke er akkreditert. Ca. 2 g fiskelever eller 5-15 g fiskemuskel homogeniseres i Waring blender og tilsettes intern standard (fire deutererte PAH). Prøvene ekstraheres ved forsåpning med metanolisk kalilut (0,5 N) og deretter to ganger væske-væske-ekstraksjon med 30 ml heksan. Prøvevolumet reduseres til 0,5 ml og prøven renses på alumina-silika kolonne (5 g silica og 1 g alumina på toppen), med 1:9 diklormetan-heksan-blanding som elueringsmiddel. Prøvevolumet reduseres til nesten tørrhet og prøven løses i 50 µl deuterert fenantren (gjenvinningsstandard).

Prøvene analyseres på gasskromatograf HP-6890 koblet til Micromass Autospec Ultima mass spektrometer, i SIR-modus, «Selected Ion Recording». Resultatene kvantifiseres med Opus Quan software package. Det er brukt en DB-5MS GC-kolonne, 30 m x 0,25 mm i.d., filmtykkelse 0,25 µm med helium (99,9999 %) som bæregass med en strømningshastighet på 1,5 ml/min. Prøver (1 µl isooktanløsning) er injisert i splitless modus (injektortemperatur 280 °C) og split-ventilen åpnes etter 1 min. GC-ovn-programmet er som følger: 60 °C ved injeksjon; etter 1 min økes temperaturen til 100 °C med en programmert økning på 15 °C/min; heretter økes den videre til 290 °C ved 6 °C/min, og holdes på 290 °C i 14 min.

## Resultater av målinger i biota

### 3.1. Blåkveite



Blåkveite (*Reinhardtius hippoglossoides*)\*

**Maks størrelse:** 20 kg og 120 cm

**Levetid:** Sannsynligvis mer enn 30 år

**Havområder:** Norskehavet, Barentshavet

#### 3.1.1. PCB og klorerte pesticider i blåkveitelever

Blåkveite har vært en hovedart i forurensningsstudier de siste årene på grunn av at det ble påvist høye nivåer av bl.a. dioksinlignende PCB og andre miljøgifter i muskelprøver for denne arten (Nilsen et al., 2010; 2012). De høyeste nivåene ble funnet i Norskehavet utenfor kysten av Nordland (nordvest for Trænabanken og langs Eggakanten), bl.a. opptil 100 µg/kg våtvekt PCB7 (Nilsen et al., 2012). I andre områder ble det målt betydelig lavere nivåer som minket fra sør mot nord. Tidligere studier fra andre områder, inkludert Grønland og kanadisk Arktis, har også vist lave nivåer PCB og klorerte pesticider i blåkveitemuskel og lever (AMAP, 2004; Letcher et al., 2010), men ikke så lave nivåer i blåkveitemuskel fra Nordsjøen og Norskehavet i 1999, i snitt 22,5 µg/kg våtvekt PCB7 og opptil 16,5 µg/kg våtvekt HCB og 67,8 µg/kg våtvekt ΣDDT (Julshamn et al., 2004). Den seneste undersøkelsen utført på blåkveite i Norskehavet der det tidligere ble funnet høye nivåer, har påvist nivåer i blåkveitemuskel på 25 µg/kg våtvekt PCB6 i gjennomsnitt, og opptil 87 µg/kg våtvekt PCB6 som maksimalt nivå (Nilsen & Måge, 2016). Dette tyder på fortsatt problem med forurensning i blåkveite i dette området, selv om gjennomsnittsnivåene nå er lavere enn det som ble funnet i 2012.

Målinger av PCB og klorerte pesticider i blåkveitelever fra Norskehavet ble utført i 1994, 2004, 2007 og 2014. I 1994 ble fisken fanget i to forskjellige områder, nord for Jan Mayen og vest for kysten av Møre og Romsdal. Resultatene fra de to områdene viser lignende lave nivåer for alle stoffgrupper (se tabell 3.1.) Data fra 2004 og 2007 er basert på lokaliteter vest for Bjørnøya. Her ble det funnet litt

---

\* Her og videre er fotografiene tatt fra Havforskningsinstituttets arkiv, med mindre annet er oppgitt.



høyere nivåer av PCB7,  $\Sigma$ DDT, HCB og TNC, men lavere nivåer av  $\Sigma$ HCH, enn i områdene som ble prøvetatt i 1994. Det er imidlertid for stor avstand mellom områdene til å kunne vurdere tidstrendene. Prøver fra Haltenbanken fra 2014 ligger på omtrent samme nivå som ved Bjørnøya.

Tabell 3.1. Nivåer av klorerte miljøgifter i blåkveitelever fra Norskehavet ( $\mu\text{g}/\text{kg}$  våtvekt, gjennomsnitt  $\pm$  standardavvik).

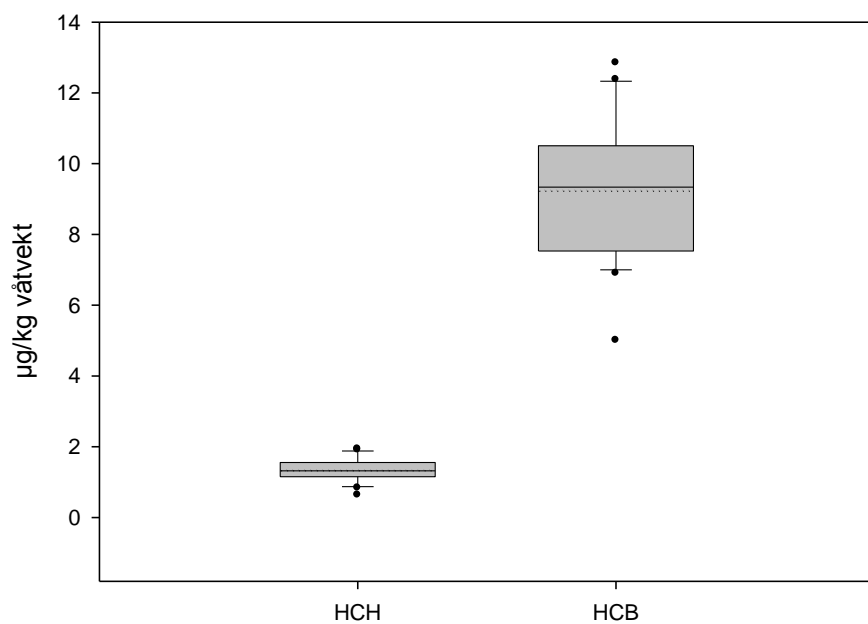
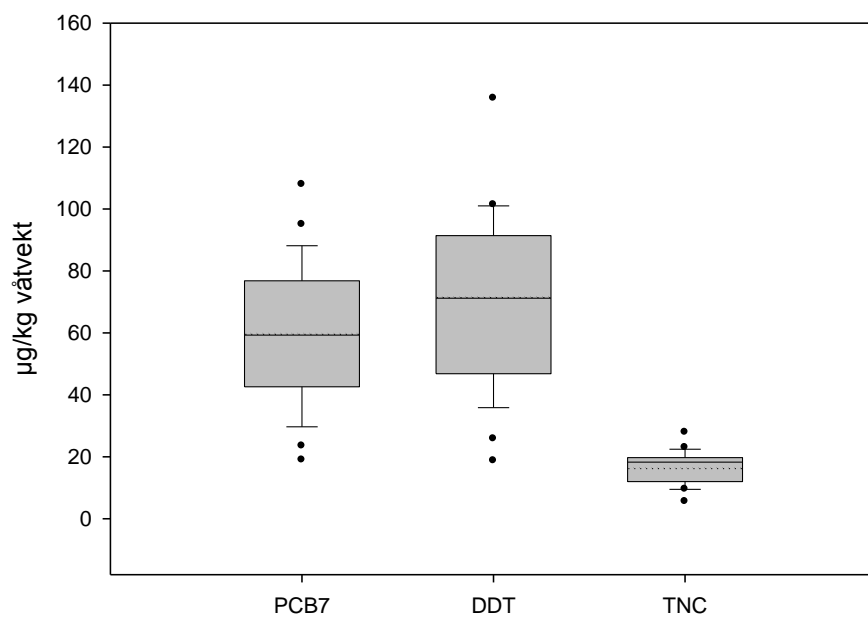
År	Område	Antall		PCB7	$\Sigma$ DDT	$\Sigma$ HCH	HCB	TNC
		lokaliteter	individer					
1994	Vest for Mørekylen	1	5x5	14 $\pm$ 2,7	12 $\pm$ 2,0	3,5 $\pm$ 0,68	5,0 $\pm$ 0,49	4,6 $\pm$ 0,59
	Nord for Jan Mayen	2	5x5	20 $\pm$ 4,7	21 $\pm$ 6,2	3,2 $\pm$ 0,85	4,9 $\pm$ 1,2	5,9 $\pm$ 2,0
2004	Vest for Bjørnøya	1	5x5	40 $\pm$ 35	53 $\pm$ 47	1,4 $\pm$ 0,29	12 $\pm$ 6,0	16 $\pm$ 14
2007	Vest for Bjørnøya	3	5x5	31 $\pm$ 30	36 $\pm$ 39	1,4 $\pm$ 0,32	7,7 $\pm$ 2,5	9,6 $\pm$ 8,3
2014	Haltenbanken	1	25	60 $\pm$ 22	72 $\pm$ 28	1,4 $\pm$ 0,34	9,3 $\pm$ 2,0	17 $\pm$ 5,1

Spredningen i nivåene er vist i figur 3.1 for prøvene fra 2014 (det ble analysert kun samleprøver av blåkveitelever før 2014, som gjør det umulig å lage boksplokk). Figur 3.1 viser bl.a. at de maksimale nivåene ikke ligger mye over gjennomsnittet, og tyder ikke på betydelig forurensning i noen av prøvene. Det er imidlertid ikke mulig å sammenligne disse nivåene med tidligere år, siden tidligere prøvetaking ble utført i andre områder i Norskehavet som ligger langt unna hverandre.

En klarere tidsutvikling er tilgjengelig for prøver av blåkveitelever fra Barentshavet. Her ble det utført flere prøvetakinger i forskjellige områder i 2003, 2007, 2009 og 2012. Resultatene er vist i tabell 3.2, og tidstrendene er vist for PCB7 og  $\Sigma$ HCH i figur 3.2 (sammen med prøver tatt vest for Bjørnøya). Resultatene for 2009 og 2012 er også vist som boksplokk i figur 3.3.

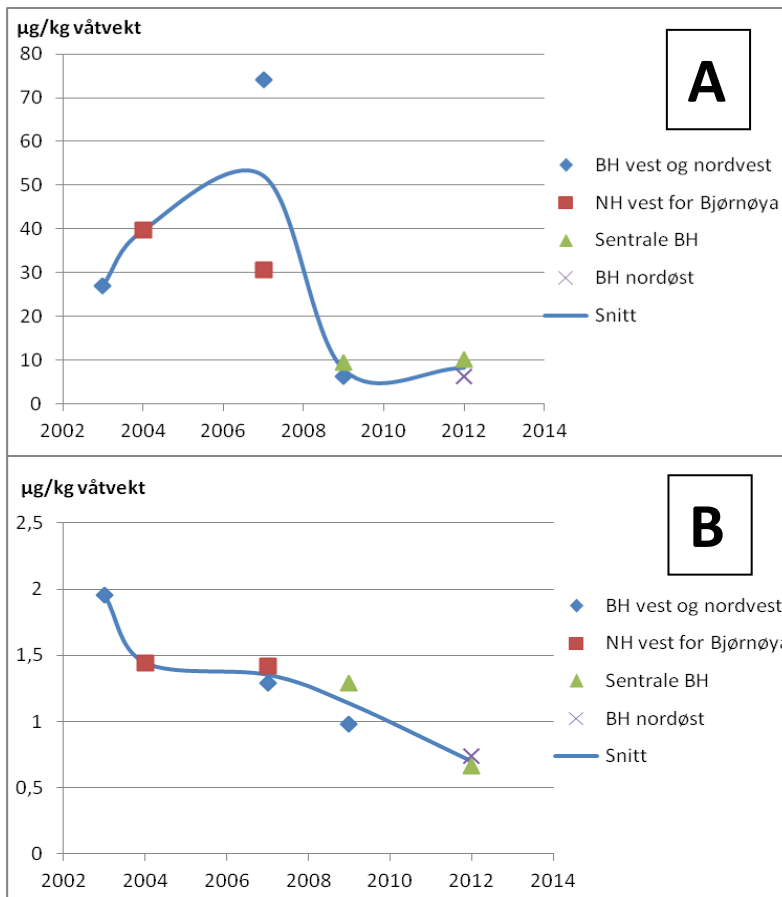
Tabell 3.2. Nivåer av klorerte miljøgifter i blåkveitelever fra Barentshavet ( $\mu\text{g}/\text{kg}$  våtvekt, gjennomsnitt  $\pm$  standardavvik).

År	Område	Antall		PCB7	$\Sigma$ DDT	$\Sigma$ HCH	HCB	TNC
		lokaliteter	individer					
2003	BH vest	4	5x5	27 $\pm$ 7,0	25 $\pm$ 11	2,0 $\pm$ 0,06	5,9 $\pm$ 3,6	9,1 $\pm$ 4,2
2007	BH vest	3	5x5	74 $\pm$ 93	84 $\pm$ 106	1,3 $\pm$ 0,21	13 $\pm$ 11	25 $\pm$ 28
2009	BH nordvest	3	25	6,4 $\pm$ 3,5	5,8 $\pm$ 1,4	1,0 $\pm$ 0,26	4,8 $\pm$ 1,0	3,1 $\pm$ 0,88
	Sentrale BH	4	26	9,4 $\pm$ 4,5	8,1 $\pm$ 3,8	1,3 $\pm$ 0,71	5,7 $\pm$ 1,8	3,7 $\pm$ 1,6
2012	BH nordøst	7	20	6,4 $\pm$ 2,7	6,1 $\pm$ 3,1	0,77 $\pm$ 0,19	5,7 $\pm$ 1,9	3,0 $\pm$ 1,4
	Sentrale BH	6	25	10 $\pm$ 5,2	9,3 $\pm$ 5,0	0,66 $\pm$ 0,19	5,5 $\pm$ 1,7	3,7 $\pm$ 1,7



Figur 3.1. Klorerte miljøgifter i blåkveitelever fra Haltenbanken i Norskehavet (2014-prøvetaking).

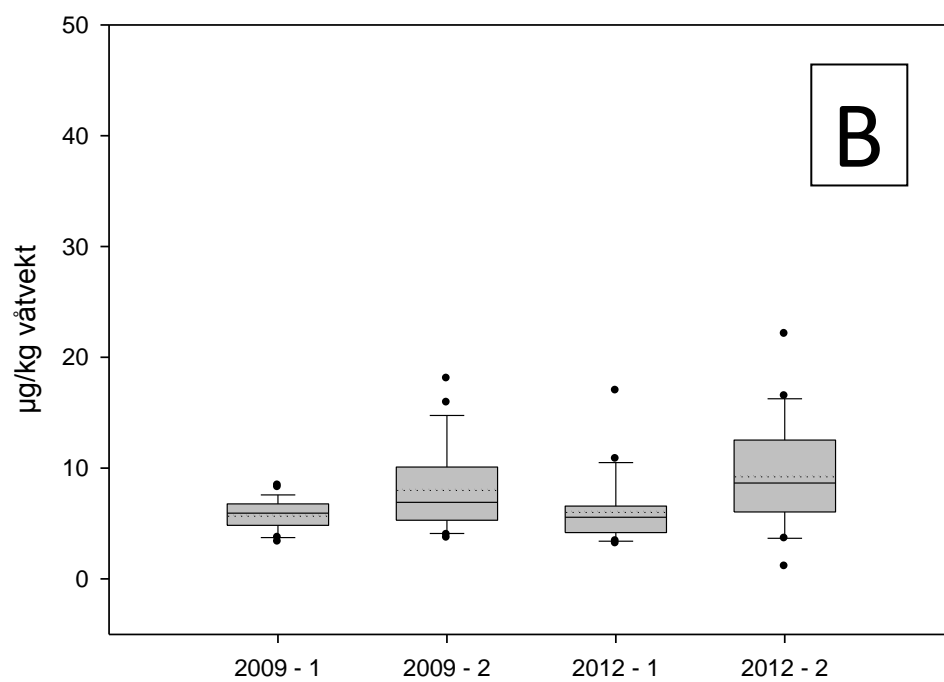
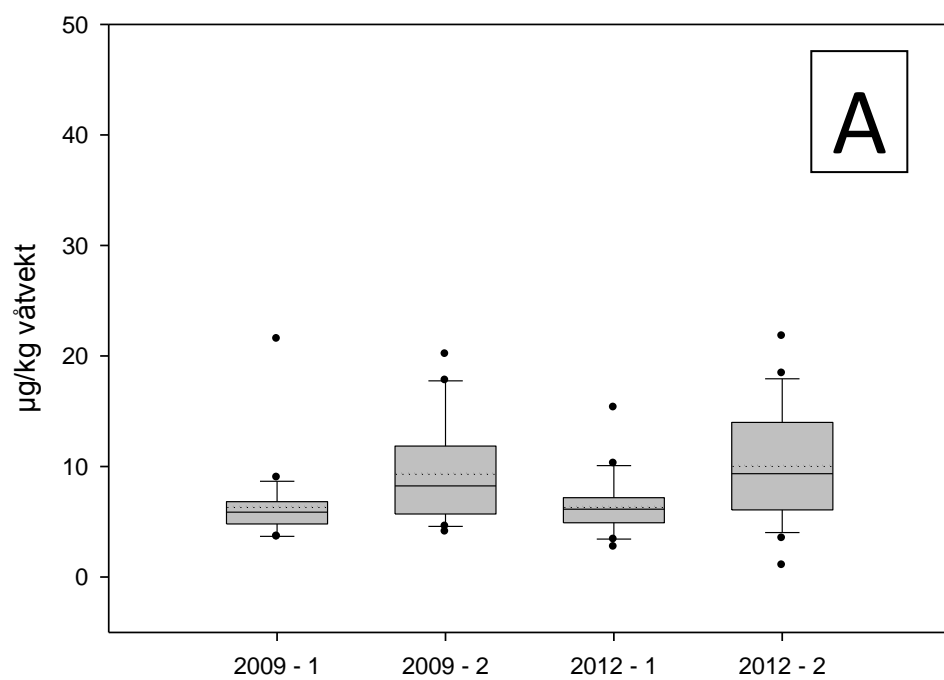
Resultatene viser tydelige tidstrender (se figur 3.2), med kraftig nedgang i nivåene av PCB7,  $\Sigma$ DDT, HCB og TNC siden 2009. Nivåene i 2009-2012 er lavere enn i 2003-2007, og er også lavere enn det som er funnet i Norskehavet i 2004-2014. For  $\Sigma$ HCH er nedgangen noe mer moderat, men nivåene av  $\Sigma$ HCH er lavere enn for de andre stoffene.

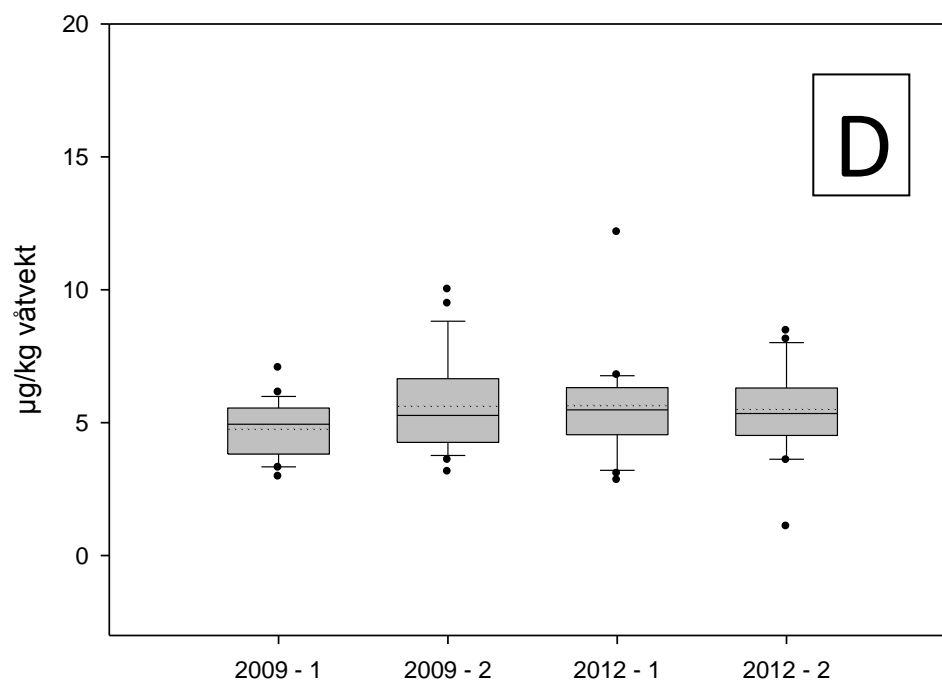
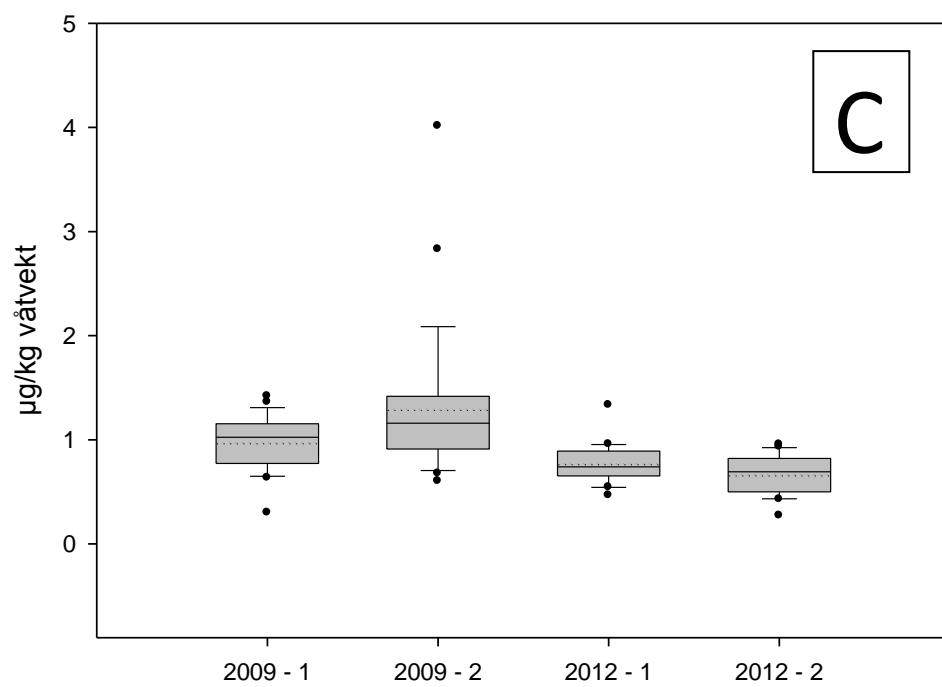


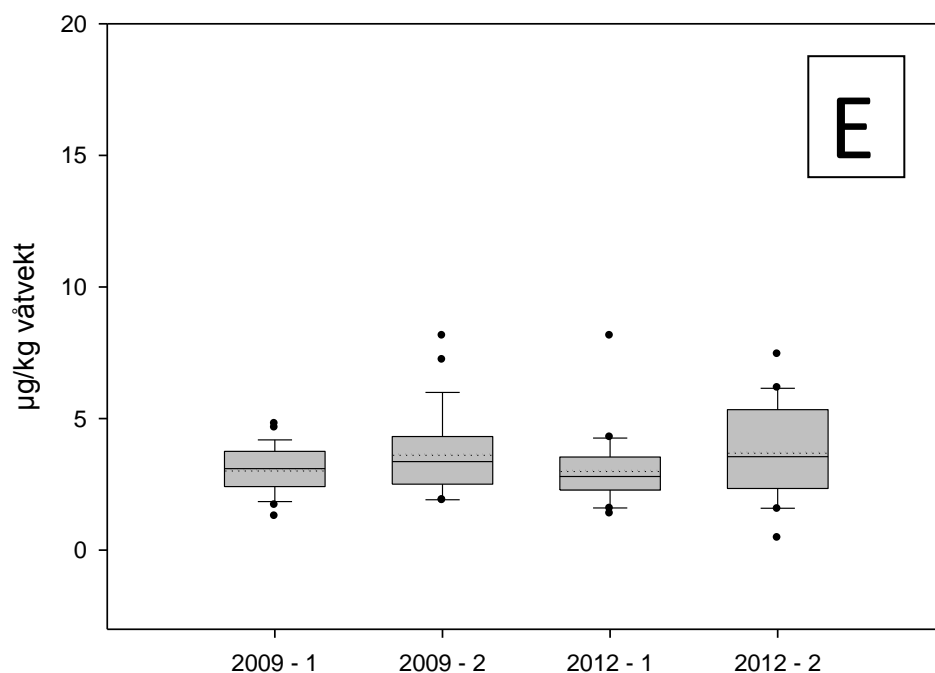
Figur 3.2. Gjennomsnittsnivåer av PCB7 (A) og  $\Sigma$ HCH (B) i blåkveitelever fra barentshavsområdet.

Resultatene for prøver fra Barentshavet er vist i boksplokk (figur 3.3 nedenfor) kun for 2009 og 2012 fordi at det tidligere år ble analysert kun samleprøver av blåkveitelever. Boksplokkene viser kun moderat spredning i nivåene mellom enkelte individer for de fleste stoffgrupper, og lignende mønster i fordelingen mellom stoffgruppene fra år til år. De maksimale nivåene korrelerer som regel med fiskens størrelse og vekt.  $\Sigma$ HCH-nivåer skiller seg imidlertid ut fra fellesmønsteret (figur 3.3 C) i det at de maksimale nivåene, funnet i 2009 i det sentrale Barentshavet, er mye høyere enn gjennomsnittsnivået, men dette er ikke funnet i de største fiskene. Vekt på leveren i de to individene fra 2009 er derimot noe av det laveste som er funnet i blåkveite fra denne prøvetakingen.

Det skal presiseres at som for andre arter, var det som regel blåkveite av middels størrelse og vekt som ble valgt til analyse, mellom 0,50 og 1,98 kg i Barentshavet i 2012, mellom 0,13 og 2,54 kg i Barentshavet i 2009, og mellom 0,73 og 2,78 kg i Norskehavet (Haltenbanken) i 2014. Dette er betydelig lavere enn blåkveite analysert tidligere på NIFES der forhøyete nivåer PCB7 ble funnet, og der fisken veide mellom 0,67 og 8,80 kg (Nilsen et al., 2010), og mellom 0,40 og 6,50 kg (Nilsen et al., 2012). Dette kan være en del av årsaken til at det ikke ble funnet like høye nivåer i denne undersøkelsen. Aldersbestemmelse ble ikke utført.







Figur 3.3. Klorerte miljøgifter i blåkveitelever fra Barentshavet. 2009-1: Barentshavet Nordvest. 2009-2: Sentrale Barentshavet. 2012-1: Barentshavet Nordøst. 2012-2: Sentrale Barentshavet. A: PCB7. B:  $\Sigma$ DDT. C:  $\Sigma$ HCH. D: HCB. E: TNC.

### 3.1.2. PBDE i blåkveitelever

Det ble gjennomført målinger av PBDE i blåkveitelever fra Barentshavet innsamlet i 2012 og fra Norskehavet i 2014. Nivåene i Barentshavet er meget lave og ligger under deteksjonsgrensen for flere av de målte komponentene. I Norskehavet var nivåene noe høyere, men fortsatt relativt lave. Resultatene er vist i tabell 3.3.

Tabell 3.3. Nivåer av PBDE i blåkveitelever fra Barentshavet ( $\mu\text{g}/\text{kg}$  våtvekt, gjennomsnitt  $\pm$  standardavvik).

År	Område	Antall lokaliteter	Antall individer	Sum 15 PBDE
2012	BH nordøst	7	20	0,53 $\pm$ 0,16
	Sentrale BH	6	25	0,80 $\pm$ 0,30
2014	Haltenbanken	1	25	4,7 $\pm$ 1,9

### 3.2. Brosme



Brosme (*Brosme brosme*)

**Maks størrelse:** ca. 15 kg og 110 cm

**Levetid:** Sannsynligvis mer enn 20 år

**Havområder:** Norskehavet, Nordsjøen

#### 3.2.1. PCB og klorerte pesticider i brosmelever

Det har vært få studier av nivåer av organiske miljøgifter i brosme fra norske havområder. NIFES har et eget overvåkningsprogram på spiselige deler av fisk og har rapportert lave snittnivåer av PCB og enkelte pesticider i brosmemuskel fra Norskehavet samlet i 1997: 0,6 µg/kg våtvekt PCB7, 0,16 µg/kg våtvekt HCB, 0,53 µg/kg våtvekt ΣDDT, og 0,4 µg/kg våtvekt ΣHCH (Julshamn et al., 2004). Det har imidlertid vært rapportert forhøyet nivå av PCB i brosmelever fra et begrenset kystnært område i sørvest Norge, i Vatsfjorden, med lokal industri som kilde (snittnivå PCB7 på 850 µg/kg våtvekt, og maksimalt opptil 1294 µg/kg våtvekt: Frantzen & Måge, 2015). Slike lokale kilder kan trolig ikke vesentlig påvirke fiskebestanden utenfor påvirket område, men skaper et bidrag til bakgrunnsnivåer som man finner i åpent hav. På grunn av mangel på informasjon om nivåer av miljøgifter i brosme, og siden man har påvist høye nivåer i Vatsfjorden, ble det bestilt en større kartlegging av miljøgifter i brosme fra bl.a. åpent hav, som skal rapporteres sommeren 2016 (Frantzen & Måge, 2015). En studie fra 2007 har også påvist høye nivåer PCB7 i brosmelever fra fjordene ved Ålesund, opptil 1300 µg/kg våtvekt, men lavere nivåer ute i Norskehavet (på Storegga), 253 µg/kg våtvekt (Berge et al., 2007). HCB-nivåer i samme studie var betydelig lavere og viste ingen vesentlig forskjell mellom fjordområder og åpent hav, mellom 5,45 og 6,97 µg/kg våtvekt. Også en tidligere studie i et fjordområde (Nordfjorden i Sogn og Fjordane) har påvist høye nivåer PCB og ΣDDT i brosmelever, mens HCB-nivå var lavt og HCH ikke ble påvist i prøvene (Berg et al., 1998).

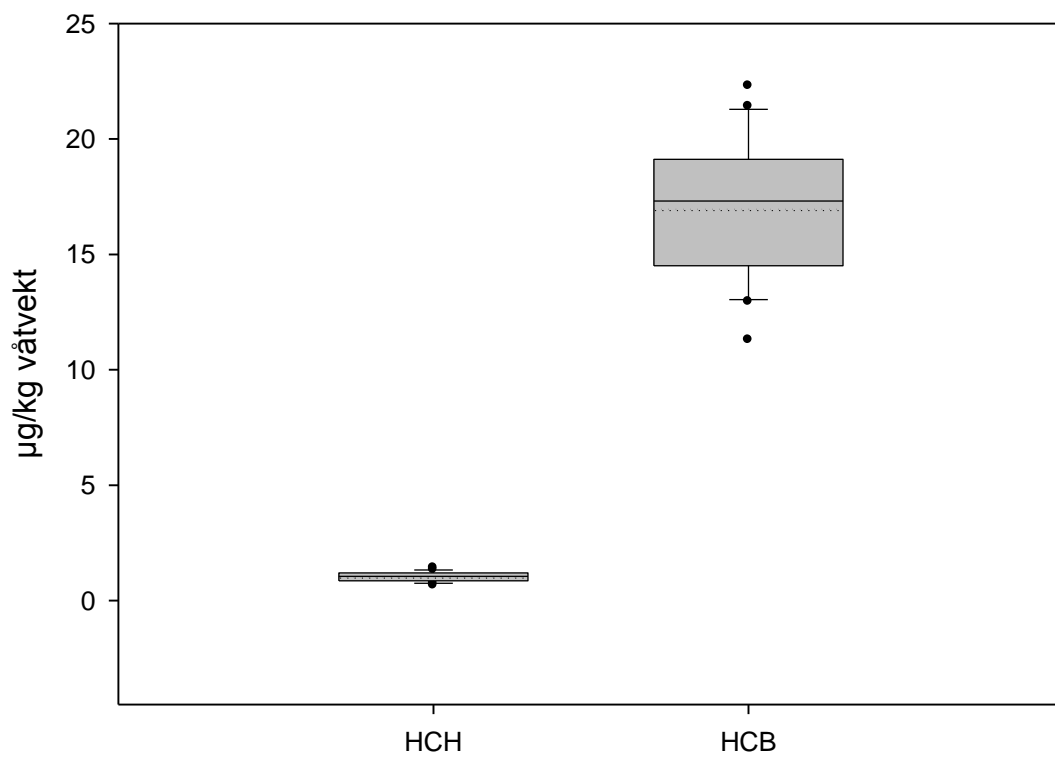
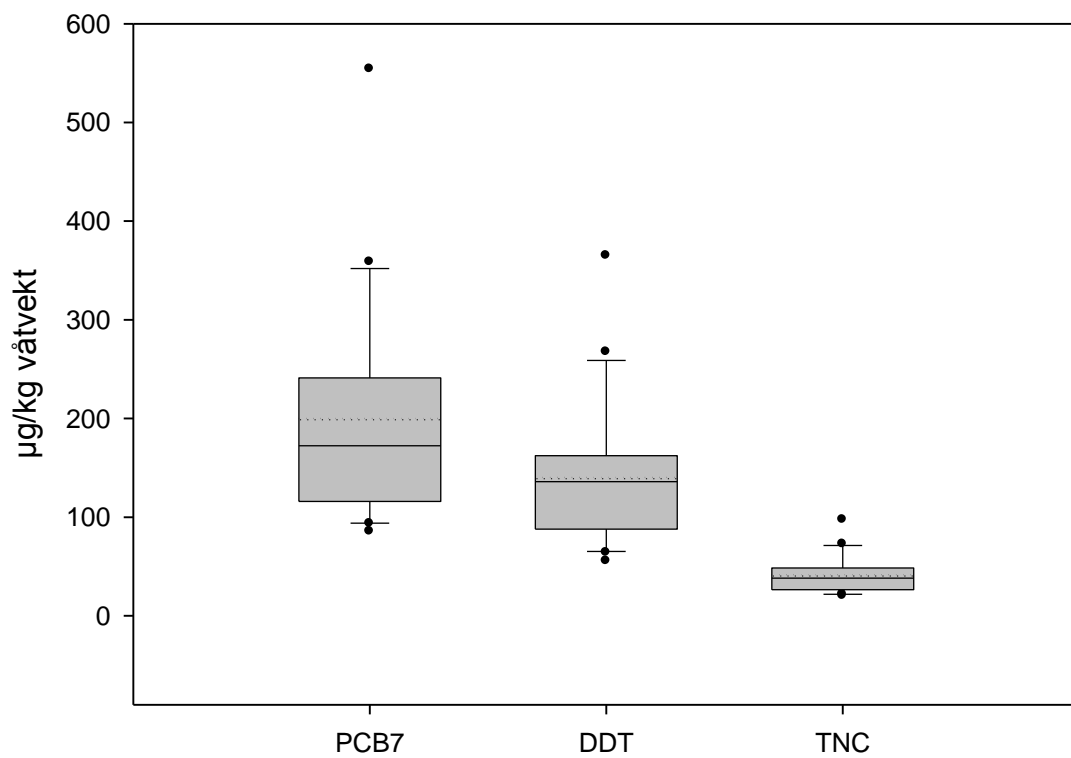
Havforskningsinstituttet har gjennomført målinger av PCB og klorerte pesticider i brosmelever fra forskjellige områder i Nordsjøen i 1995 og 1996, og fra Haltenbanken i 2014. Resultatene er vist i tabell 3.4, mens spredningen i nivåene fra prøvetaking i Norskehavet er vist i figur 3.4 (det var kun analysert samleprøver av brosme i 1995 og 1996).



Det er funnet relativt høye nivåer PCB7 og  $\Sigma$ DDT i brosmelever både i Nordsjøen og i Norskehavet. Mens de høyeste nivåene var funnet i Skagerrak i 1995, ligger også nivåene i Norskehavet i 2014 relativt høyt. De er bl.a. høyere enn for blåkveite, hyse, uer, makrell og sei fra samme område i 2014. De maksimale nivåene i flere områder (se figur 3.4 for Haltenbanken) overskrider EU-grensen på 200  $\mu\text{g}/\text{kg}$  våtvekt for PCB6 i fiskelever. Det gjelder også snittnivåer i Skagerrak i 1995, der det ble målt 558  $\mu\text{g}/\text{kg}$  våtvekt PCB6. I noen tilfeller overskrider nivåene også grensen til Klasse II ("moderat forurenset") etablert av Miljødirektoratet for PCB7 i torskelerver (tabell 1.1), også for gjennomsnittnivåer i tilfellet prøver fra Skagerrak i 1995. Nivåene er likevel lavere enn det som er funnet i fjordområder i studier omtalt ovenfor, og passer bra med resultatene fått ute i Norskehavet i 2007 (Berge et al., 2007). Mens man ikke kan si noe om tidstrender på grunn av manglende målinger i samme områder gjennom år, kan man merke at nivåene målt i 2014 i Norskehavet ligger på omtrent samme nivå som nivåene funnet i noen områder i Nordsjøen på 1990-tallet. De laveste nivåene PCB7 ble funnet ved Færøyene i 1995 og 1996. Pesticidene  $\Sigma$ HCH, HCB og TNC ligger betydelig lavere enn PCB og  $\Sigma$ DDT, men (med unntak av  $\Sigma$ HCH) viser heller ingen forskjell i nivåene mellom Nordsjøen på 1990-tallet og Norskehavet i 2014. Nivåene av HCH er ca. 5-10 ganger lavere i Norskehavet.

Tabell 3.4. Nivåer av klorerte miljøgifter i brosmelever fra Nordsjøen og Norskehavet ( $\mu\text{g}/\text{kg}$  våtvekt, nivå i samleprøven eller gjennomsnitt  $\pm$  standardavvik der mer enn én prøve ble analysert).

År	Område	Antall		PCB7	$\Sigma$ DDT	$\Sigma$ HCH	HCB	TNC
		lokaliteter	individer					
1995	Nordsjøen – Færøyene	1	3x5	147 $\pm$ 36	179 $\pm$ 28	7,9 $\pm$ 1,2	16 $\pm$ 2,3	44 $\pm$ 6,1
	Nordsjøen – Skagerrak	1	5x5	589 $\pm$ 207	392 $\pm$ 156	10 $\pm$ 1,3	7,8 $\pm$ 0,74	32 $\pm$ 12
1996	Nordsjøen – Færøyene	1	1x5	72	90	6,8	12	30
	Nordlige Nordsjøen	3	5x5	201 $\pm$ 115	121 $\pm$ 44	4,9 $\pm$ 0,51	7,6 $\pm$ 3,3	28 $\pm$ 15
2014	Norskehavet - Haltenbanken	9	20	200 $\pm$ 111	140 $\pm$ 72	1,0 $\pm$ 0,22	17 $\pm$ 2,9	42 $\pm$ 19



Figur 3.4. Klorerte miljøgifter i brotselever fra Haltenbanken i Norskehavet (2014-prøvetaking).

### 3.2.2. PBDE i brosmelever

Det ble gjennomført målinger av PBDE i brosmelever fra Norskehavet i 2014. Nivåene er forholdsvis lave og ligger under deteksjonsgrense for noen av de målte komponentene. Resultatene er vist i tabell 3.5. Nivåene er likevel høyere enn de man finner i andre fiskearter fra Norskehavet og Barentshavet, og kan sammenlignes med det som man finner i andre fiskearter i Nordsjøen.

Tabell 3.5. Nivåer av PBDE i brosmelever fra Norskehavet ( $\mu\text{g}/\text{kg}$  våtvekt, gjennomsnitt  $\pm$  standardavvik).

År	Område	Antall lokaliteter	Antall individer	Sum 15 PBDE
2014	Haltenbanken	9	20	18 $\pm$ 7,8

### 3.3. Gapeflyndre



Gapeflyndre (*Hippoglossoides platessoides*)

**Maks størrelse:** ca. 6 kg og 50-52 cm (i Norge)

**Levetid:** Sannsynligvis 30 år

**Havområder:** Barentshavet, Norskehavet

#### 3.3.1. PCB og klorerte pesticider i gapeflyndre

Få studier er gjort av nivåer av organiske miljøgifter i gapeflyndre, til tross for at den har vært utpekt som en nyttig fiskeart for å studere miljøbelastning med persistente organiske miljøgifter (Khan, 2008), bl.a. fordi at den beiter nært sjøbunnen der miljøgiftene kan samle seg i sedimentene. En studie fra Havforskningsinstituttet basert på prøver fra Barentshavet i 1992 og 1993 har rapportert gjennomsnittsnivåer for 25 fisk på mellom 7 og 33 µg/kg våtvekt for  $\Sigma$ DDT, 1,3 til 4,0 µg/kg våtvekt for  $\Sigma$ HCH og 2,2 til 7,5 µg/kg våtvekt for HCB for forskjellige lokaliteter (Stange & Klungsøyr, 1997). Gjennomsnittsnivåer av PCB7 var på mellom 10 og 50 µg/kg våtvekt for 25 fisk, og av TNC på mellom 3,1 og 12 µg/kg våtvekt for 25 fisk (rapportert for 13 PCB og for summen av klordan-komponenter i Stange & Klungsøyr, 1997). Nivåene var lavere enn det som ble funnet i torskelever fra samme områder. I andre områder har det vært rapportert lave nivåer i gapeflyndrelever ved Jan Mayen på 1990-tallet, i gjennomsnitt ved 24,5 µg/kg våtvekt  $\Sigma$ DDT, 3,2 µg/kg våtvekt  $\Sigma$ HCH, og 4,9 µg/kg våtvekt HCB (AMAP, 2004).

Havforskningsinstituttet har gjennomført målinger av PCB og klorerte pesticider i gapeflyndrelever fra forskjellige områder i Barentshavet i 1998, 2003, 2007, 2009 og 2012, og fra Norskehavet i 1994 og 2004. Resultatene er vist hhv. i tabellene 3.6 og 3.7, og tidstrender for prøver fra barentshavsområdet er vist i figur 3.5 sammen med resultatene fra 1992-1993.

Tabell 3.6. Nivåer av klorerte miljøgifter i gapeflyndrelever fra Norskehavet (µg/kg våtvekt, gjennomsnitt ± standardavvik).

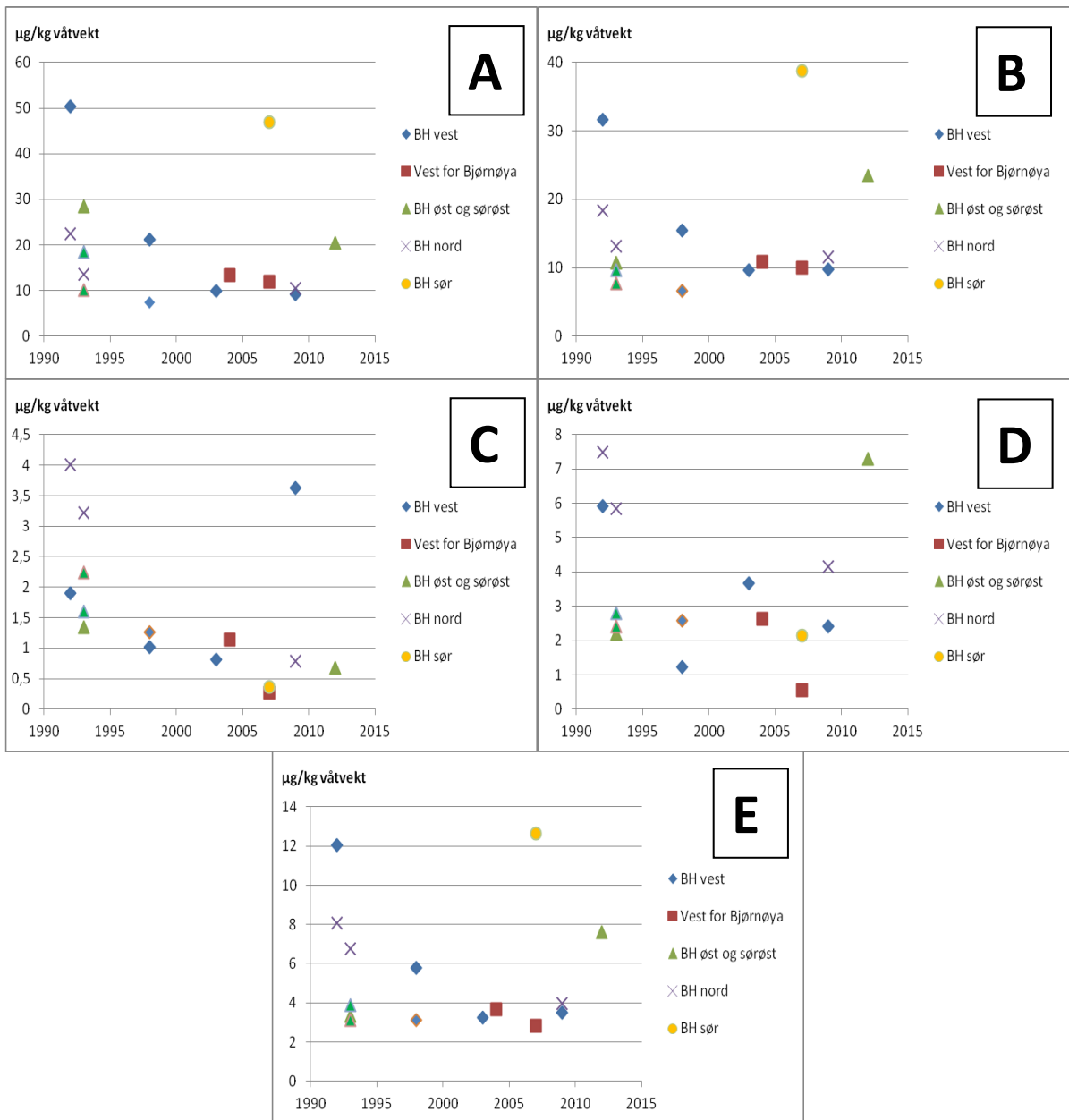
År	Område	Antall		PCB7	$\Sigma$ DDT	$\Sigma$ HCH	HCB	TNC
		lokaliteter	individer					
1994	Haltenbanken	1	5x5	36±6,4	51±12	5,5±0,71	10±1,4	17±3,4
2004	Vest for Bjørnøya	2	5x5	13±3,8	11±3,5	1,1±0,53	2,6±0,72	3,7±1,5

Tabell 3.7. Nivåer av klorerte miljøgifter i gapeflyndrelever fra Barentshavet ( $\mu\text{g}/\text{kg}$  våtvekt, nivå i samleprøven eller gjennomsnitt  $\pm$  standardavvik der mer enn 1 prøve er analysert).

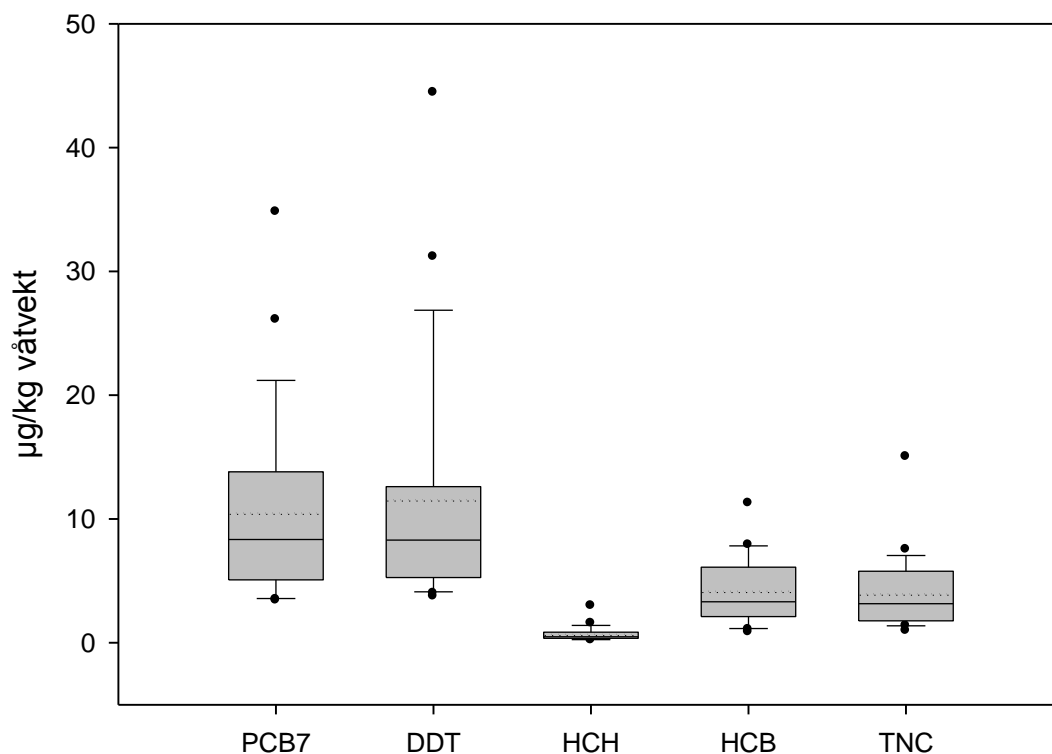
År	Område	Antall		PCB7	$\Sigma\text{DDT}$	$\Sigma\text{HCH}$	HCB	TNC
		lokaliteter	individer					
1998	BH vest	1	1x25	21	15	1,0	1,2	5,8
	BH vest	1	1x25	7,3	6,6	1,3	2,6	3,1
2003	BH vest	1	5x5	9,9 $\pm$ 4,9	9,7 $\pm$ 4,4	0,81 $\pm$ 0,36	3,7 $\pm$ 2,4	3,3 $\pm$ 1,9
2007	BH vest	1	5x5	12 $\pm$ 2,3	10 $\pm$ 2,2	0,27 $\pm$ 0,08	0,55 $\pm$ 0,06	2,8 $\pm$ 0,75
	BH sør og sørvest	5	5x5	47 $\pm$ 51	39 $\pm$ 49	0,37 $\pm$ 0,09	2,1 $\pm$ 0,54	13 $\pm$ 16
2009	BH vest	6	1x25	9,3	9,8	3,6	2,4	3,5
	BH nordøst	4	24	10 $\pm$ 7,4	12 $\pm$ 9,7	0,79 $\pm$ 0,59	4,2 $\pm$ 2,7	4,0 $\pm$ 3,1
2012	Sentrale BH	5	5x5	20 $\pm$ 12	23 $\pm$ 16	0,68 $\pm$ 0,47	7,3 $\pm$ 6,1	7,6 $\pm$ 5,4

Det er funnet relativt lave nivåer av miljøgiftene i prøvene. De ligger godt innenfor tilstandsklasse I ("Ubetydelig – lite forurenset"), etablert av Miljødirektoratet for torskelever (tabell 1.1). I Barentshavet (sammen med Norskehavsområder vest for Bjørnøya) er det funnet en nedadgående tidstrend for de fleste stoffgruppene, vist i figur 3.5. Denne trenden er dog mindre åpenbar enn for blåkveite, og varierer mellom stoffgruppene. Trenden er mindre tydelig for  $\Sigma\text{HCH}$  (figur 3.5C), med en kraftig nedgang i nivåene allerede i 1998, og er minst tydelig for HCB (figur 3.5D), der nivåene varierer mye i gapeflyndre fra forskjellige områder fra år til år. For alle stoffgruppene finnes det også uteliggere fra trenden i senere år, dvs. i 2009 eller 2012. For PCB7,  $\Sigma\text{DDT}$ , HCB og TNC gjelder dette resultatene fra den sørlige delen av Barentshavet ("BH sør" og til dels "BH øst og sørøst" i figurene 3.5A,B,D,E,F), der man finner relativt høye nivåer samtidig som nivåene i andre områder ligger mye lavere. For  $\Sigma\text{HCH}$  (figur 3.5C) finner man relativt høye nivåer i den vestlige delen av Barentshavet i 2009, mens nivåene er mye lavere i alle områdene studert i gapeflyndre fisket etter 1998. Dette kan tyde på at det fortsatt finnes bidrag til forurensningen også i de siste årene, og da særlig langs Finnmarkskysten i den sørlige delen av Barentshavet for de fleste stoffgruppene.

Mens gjennomsnittsnivåene omtalt her stort sett er relativt lave, er det påvist høyere nivåer i noen få enkeltindivider. Det har kun vært analysert samleprøver av gapeflyndre i de fleste tilfeller, og dette gjør det umulig å vise spredningen i nivåene for enkeltindivider, bortsett fra ett område i Barentshavet i 2009. Denne er vist i figur 3.6. De høyeste nivåene finner man for  $\Sigma\text{DDT}$  og for PCB7 i de samme to individene på 729 g og 675 g vekt. Mens dette er relativt store fisk, er de ikke de største i denne prøvetakingen, og levervekten hos disse individene er også middels stor. De høye nivåene funnet i disse fiskene kan derfor være et tegn på ekstra eksponering til miljøgiftene.



Figur 3.5. Gjennomsnittsnivåer av PCB7 (A), ΣDDT (B), ΣHCH (C), HCB (D) og TNC (E) i gapeflyndrelever fra barentshavsområdet.



Figur 3.6. Klorerte miljøgifter i gapeflyndrelever fra Barentshavet nordøst (2009-prøvetaking).

Det ble også utført målinger av klorerte miljøgifter i muskelvevet fra gapeflyndre fra 1998-prøvetaking i Barentshavet Vest. Resultater av disse målingene er vist i tabell 3.8 (kun én måling av samleprøve på 25 fisk ble utført på hver av de to lokalitetene). Alle nivåene ligger relativt lavt i prøvene, og er innenfor klasse I ("ubetydelig – lite forurenset"), etablert av Miljødirektoratet for skrubbefilet (tabell 1.1).

Tabell 3.8. Nivåer av klorerte miljøgifter i gapeflyndremuskel fra Barentshavet Vest (µg/kg våtvekt).

År	Område	Antall		PCB7	ΣDDT	ΣHCH	HCB	TNC
		lokaliteter	individer					
1998	BH Vest	1	1x25	1,7	0,63	0,09	0,03	0,17
	BH Vest	1	1x25	1,7	0,83	0,31	0,09	0,29

### 3.3.2. PBDE i gapeflyndrelever

Det ble gjennomført målinger av PBDE i gapeflyndrelever fra Barentshavet innsamlet i 2012. Nivåene er meget lave, og ligger under deteksjonsgrense for flere av de målte komponentene. Resultatene er vist i tabell 3.9.

Tabell 3.9. Nivåer av PBDE i gapeflyndrelever fra Barentshavet ( $\mu\text{g}/\text{kg}$  våtvekt, gjennomsnitt  $\pm$  standardavvik).

År	Område	Antall lokaliteter	Antall individer	Sum 15 PBDE
2012	Sentrale BH	5	5x5	0,96 $\pm$ 0,68

### 3.3.3. PAH i gapeflyndremuskel

Det ble gjennomført målinger av PAH i gapeflyndremuskel fra Barentshavet Vest innsamlet i 1998. Nivåene er meget lave. Resultatene er vist i tabell 3.10.

Tabell 3.10. Nivåer av PAH i gapeflyndremuskel fra Barentshavet Vest ( $\mu\text{g}/\text{kg}$  våtvekt  $\pm$  standardavvik).

År	Område	Antall lokaliteter	Antall individer	Sum PAH	NPD	PAH16
1998	BH Vest	1	5	7,1 $\pm$ 0,55	5,5 $\pm$ 0,69	4,0 $\pm$ 0,13



### 3.4. Hyse



Hyse (*Melanogrammus aeglefinus*)

**Maks størrelse:** ca. 14 kg og 110 cm (i Norge)

**Levetid:** Maks 20 år

**Havområder:** Barentshavet, Norskehavet, Nordsjøen

#### 3.4.1. PCB og klorerte pesticider i hyse

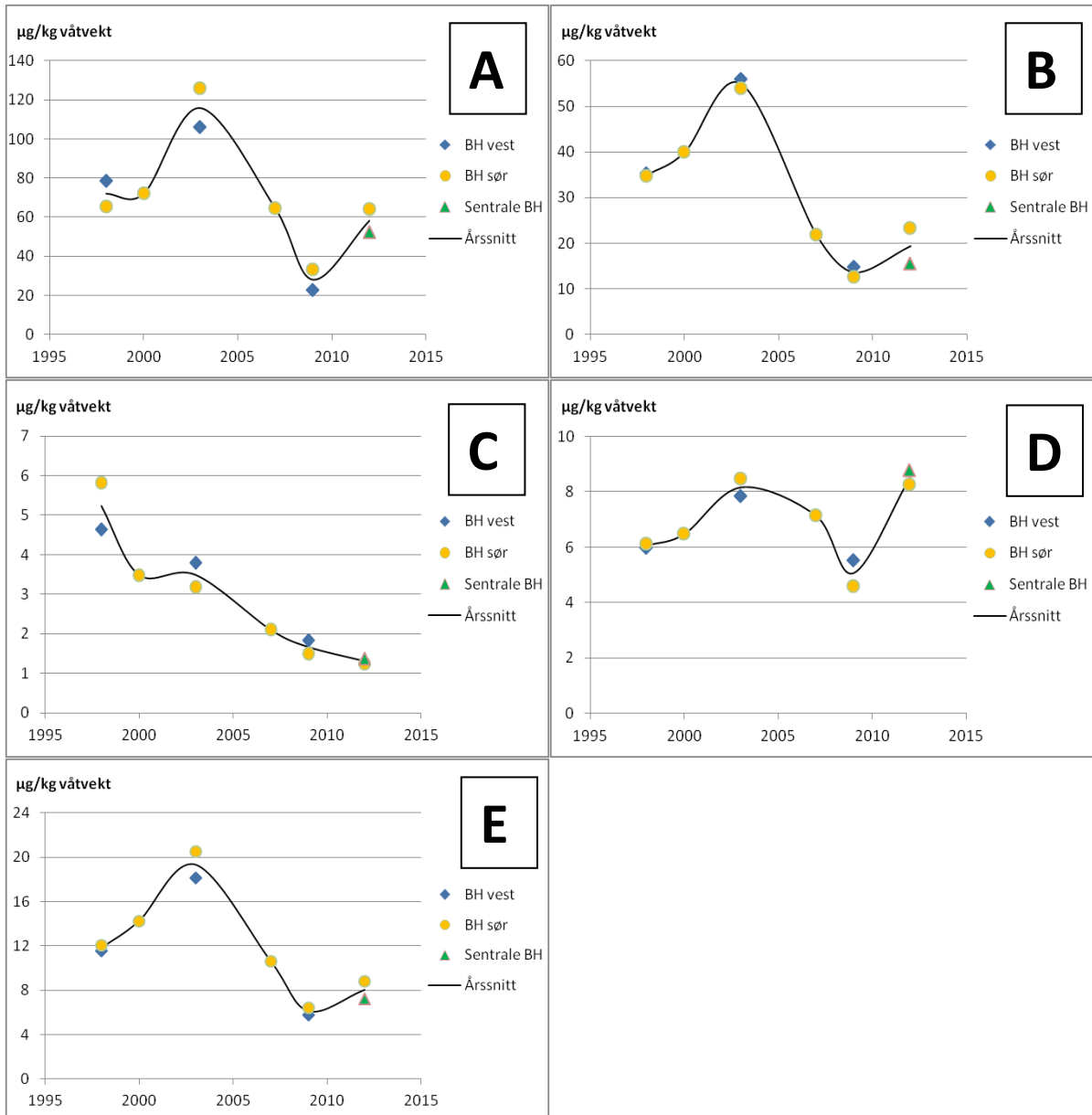
Hyse er en viktig kommersiell fiskeart, med to bestander i norske havområder – i Norskehavet/ Barentshavet og i Skagerrak/Nordsjøen. Det foreligger imidlertid få studier av klorerte miljøgifter i hyse fra norske havområder, og de fleste studiene som finnes omfatter hysemuskel. Det ble funnet lave nivåer PCB og klorerte pesticider i hysemuskel fra Grønfjorden på Svalbard, opptil 0,38 µg/kg våtvekt PCB7, og enda lavere nivåer av pesticider (Evenset & Christensen, 2009). I den britiske delen av Nordsjøen ble det nylig rapportert nivåer opptil 1,7 µg/kg våtvekt PCB6 i hysemuskel (Webster et al., 2015), mens en studie fra 1990-tallet fant opptil 2,24 µg/kg våtvekt PCB7 i hysemuskel og opptil 360 µg/kg våtvekt PCB7 i hyselever (Kelly & Campbell, 1994). NIFES har rapportert snittnivåer av PCB og enkelte pesticider i hysemuskel fra Barentshavet samlet i 1997 på 0,8 µg/kg våtvekt PCB7, 0,61 µg/kg våtvekt HCB og 0,16 µg/kg våtvekt ΣDDT, mens HCH ikke ble detektert i muskelprøvene (Julshamn et al., 2004).

Havforskningsinstituttet har analysert hyselever samlet inn i alle tre norske havområder, i Barentshavet i 1998, 2000, 2003, 2007, 2009 og 2012, i Norskehavet i 2004, 2011 og 2014, og i Nordsjøen i 2005, 2008, 2010, 2011 og 2013. Resultatene er oppsummert som gjennomsnittsnivåer i tabellene 3.11-3.13, mens spredningen i nivåene er vist som boksplott i figurene 3.8, 3.12 og 3.15. Tidstrendene for Barentshavet og Nordsjøen er vist i figurene 3.7 og 3.14.

Tabell 3.11. Nivåer av klorerte miljøgifter i hyselever fra Barentshavet ( $\mu\text{g}/\text{kg}$  våtvekt, gjennomsnitt  $\pm$  standardavvik).

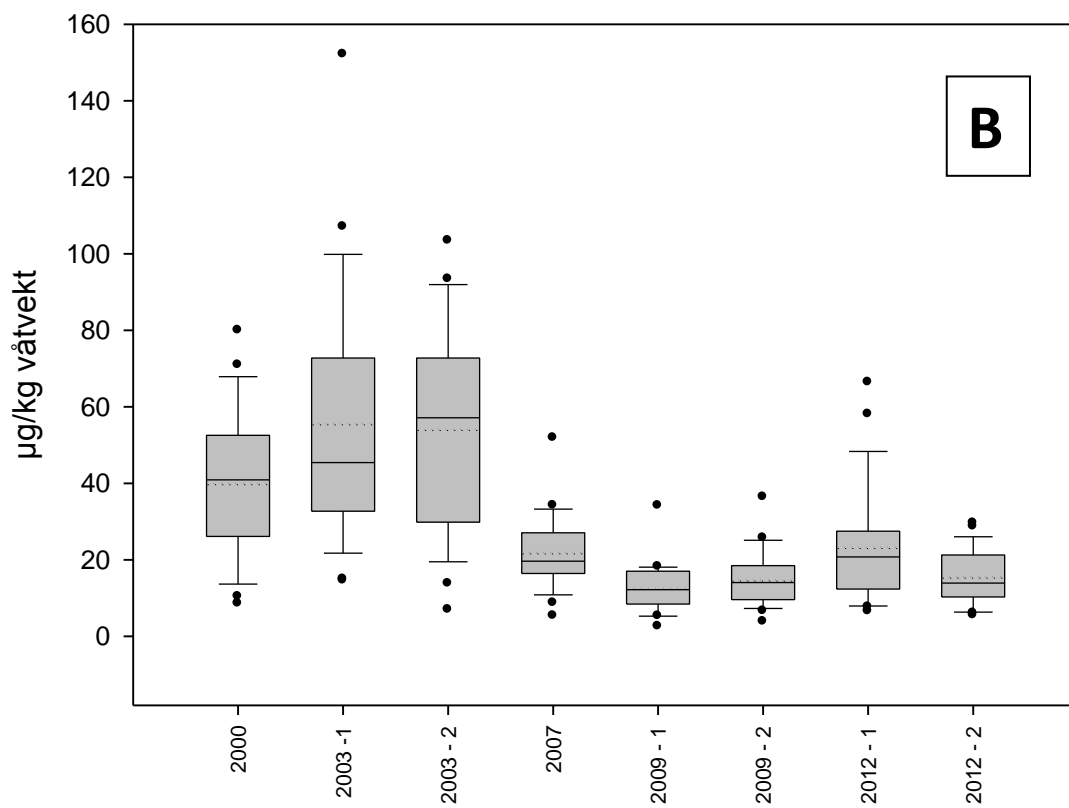
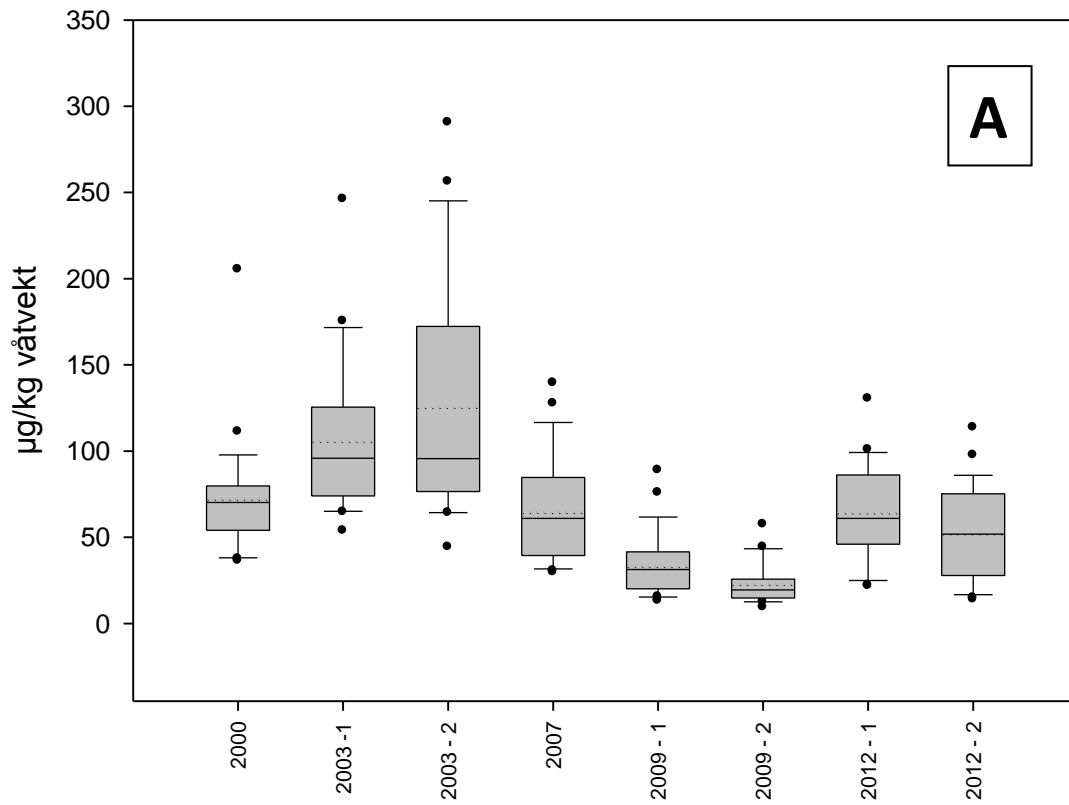
År	Område	Antall lokaliteter	Antall individer	PCB7	DDT	HCH	HCB	TNC
1998	BH vest	1	1x17	79	35	4,6	6,0	12
	BH sør	1	1x25	66	35	5,8	6,1	12
2000	BH sør	1	25	72 $\pm$ 33	40 $\pm$ 19	3,5 $\pm$ 1,1	6,5 $\pm$ 3,0	14 $\pm$ 6,3
2003	BH vest	3	25	106 $\pm$ 42	56 $\pm$ 32	3,8 $\pm$ 1,8	7,8 $\pm$ 4,0	18 $\pm$ 7,9
	BH sør	2	25	126 $\pm$ 66	54 $\pm$ 27	3,2 $\pm$ 1,1	8,5 $\pm$ 3,7	21 $\pm$ 11
2007	BH sør	2	25	65 $\pm$ 30	22 $\pm$ 9,5	2,1 $\pm$ 0,50	7,1 $\pm$ 3,2	11 $\pm$ 3,9
2009	BH vest	3	25	23 $\pm$ 11	15 $\pm$ 7,1	1,8 $\pm$ 0,46	5,5 $\pm$ 1,5	5,8 $\pm$ 1,7
	BH sør	2	25	33 $\pm$ 19	13 $\pm$ 6,3	1,5 $\pm$ 0,24	4,6 $\pm$ 2,7	6,5 $\pm$ 3,7
2012	BH sør	1	24	64 $\pm$ 27	23 $\pm$ 15	1,3 $\pm$ 0,31	8,2 $\pm$ 2,7	8,9 $\pm$ 4,3
	Sentrale BH	4	27	52 $\pm$ 26	16 $\pm$ 6,8	1,4 $\pm$ 0,24	8,8 $\pm$ 2,1	7,2 $\pm$ 2,4

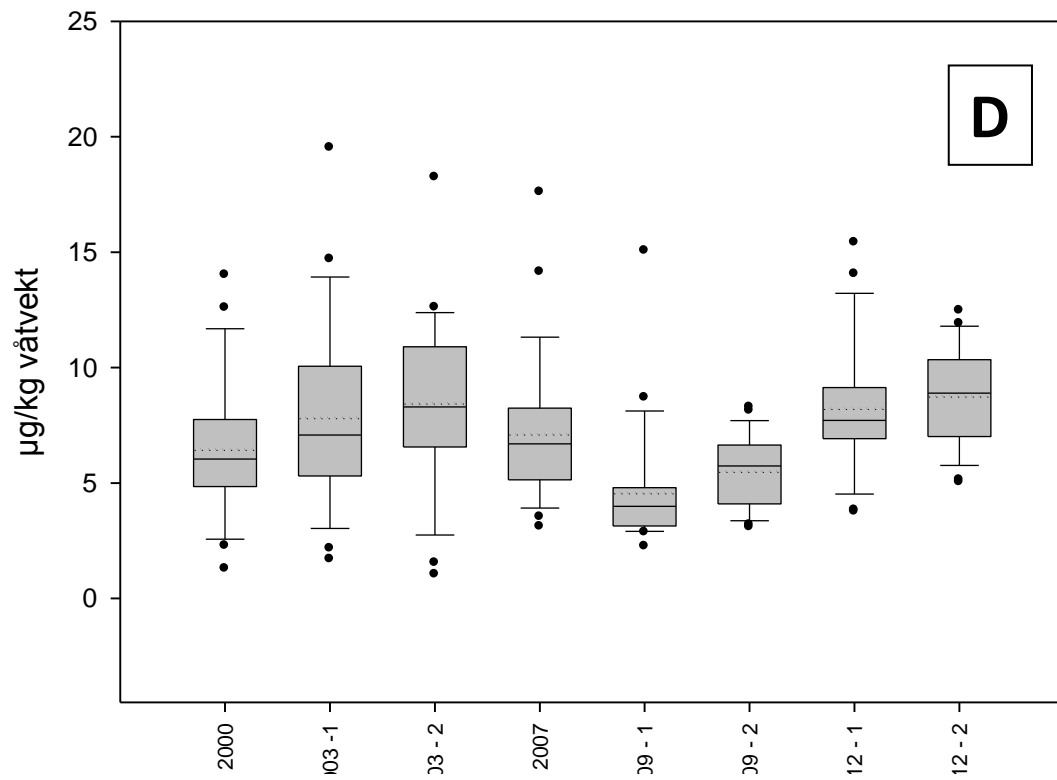
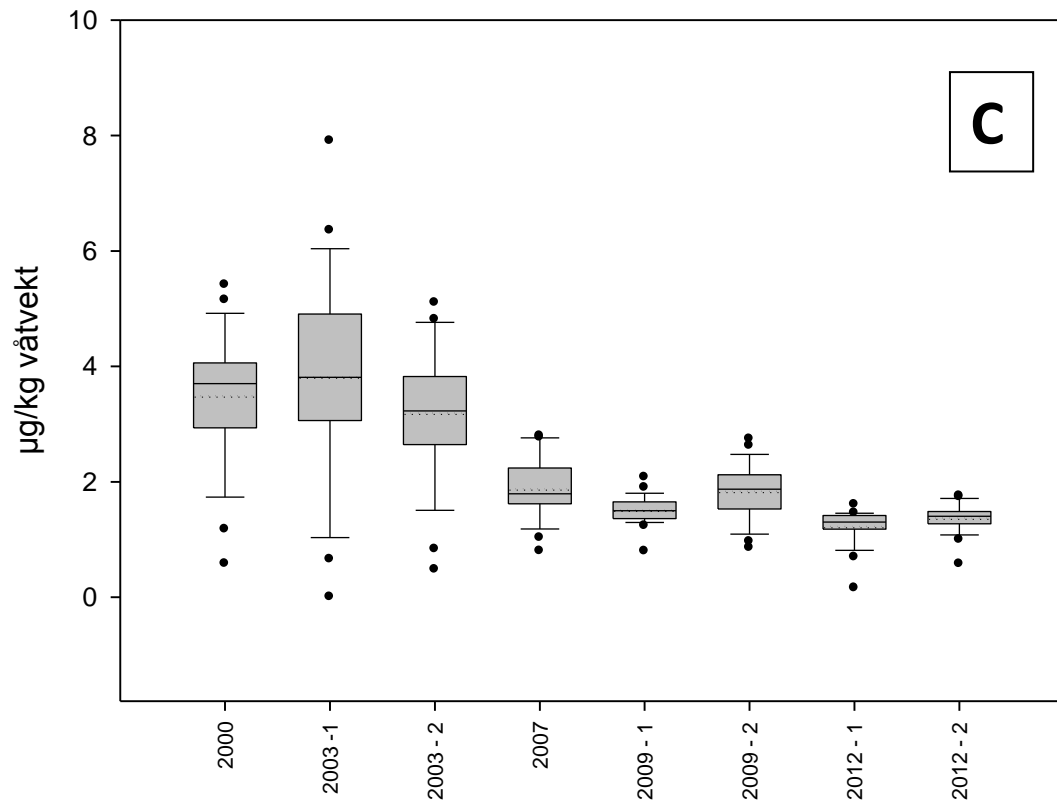
Nivåene av klorerte miljøgifter i hyselever fra Barentshavet faller innenfor tilstandsklasse I ("ubetydelig – lite forurenset), etablert for torskelever (tabell 1.1). Nivåene minker fra 2003 for de fleste stoffgruppene unntatt HCB (se figur 3.7). Tidstrendene ligner det som ble funnet for blåkveite, men forskjellen mellom forskjellige områder i Barentshavet er små. Som for de fleste andre fiskeartene, ligger nivåene av HCH lavest av alle stoffgruppene, og viser den tydeligste nedadgående trend gjennom årene (figur 3.7C).

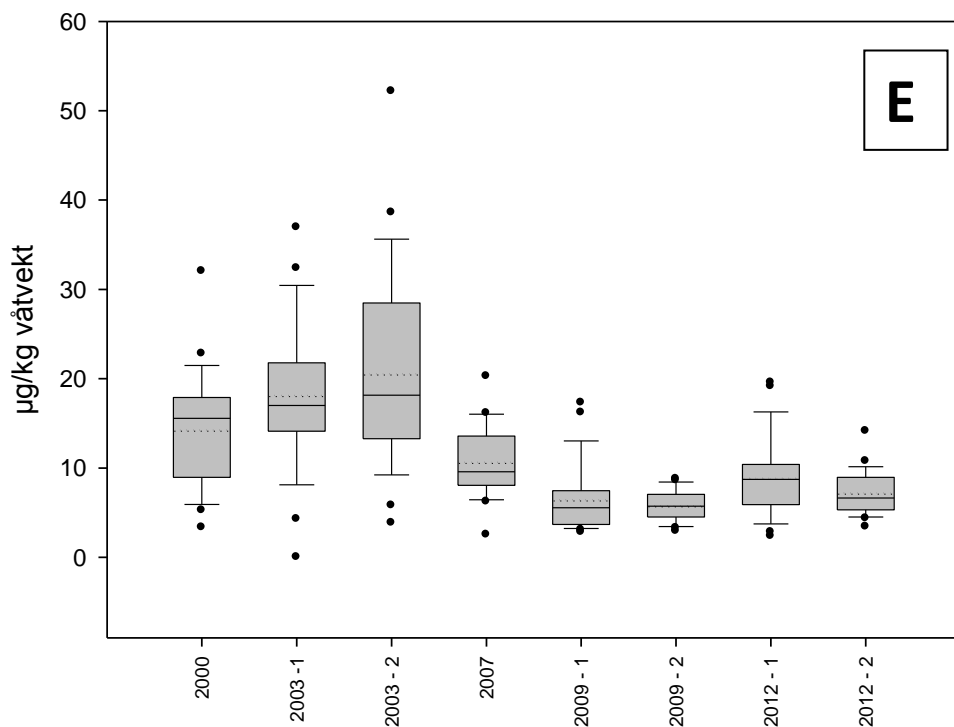


Figur 3.7. Gjennomsnittsnivåer av PCB7 (A),  $\Sigma$ DDT (B),  $\Sigma$ HCH (C), HCB (D) og TNC (E) i hyselever fra Barentshavet.

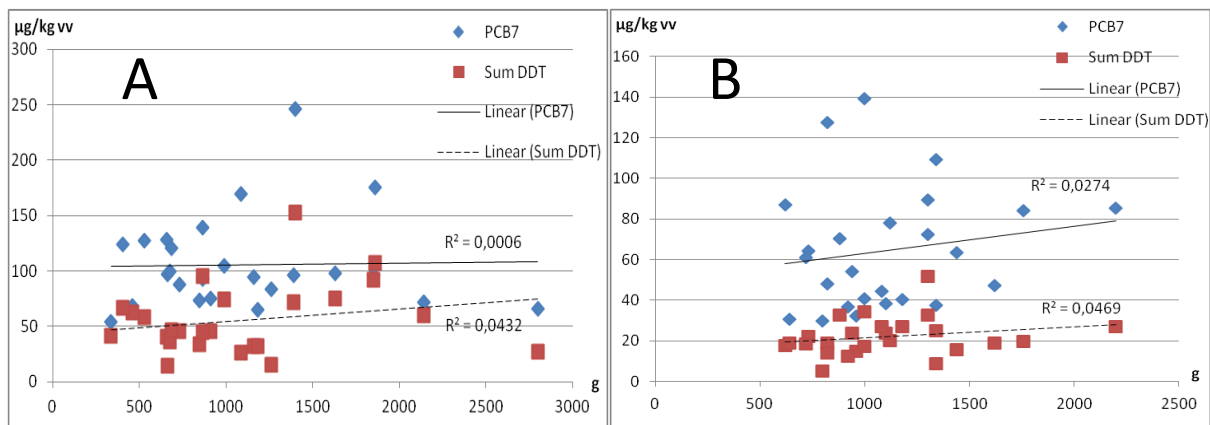
Spredningen i nivåene er vist i figur 3.8 for alle år unntatt 1998, siden det da kun ble analysert samleprøver. Spredningen er størst i 2003, da det ble funnet høyeste nivåer av alle stoffer unntatt HCB, som viser ingen vesentlig endring gjennom årene. Nivåene av  $\Sigma$ HCH viser minst variasjon, spesielt i de senere årene. Det er dårlig sammenheng mellom fiskens vekt og nivå av miljøgifter, de høyeste nivåene finner man i fisk av middels størrelse. De laveste nivåene finnes i fisk av alle størrelser. Dette er illustrert i figur 3.9 for PCB7 og  $\Sigma$ DDT i prøver fra Barentshavet Vest fra 2003 (figur 3.9-A) og fra Barentshavet Sør fra 2007 (figur 3.9-B).





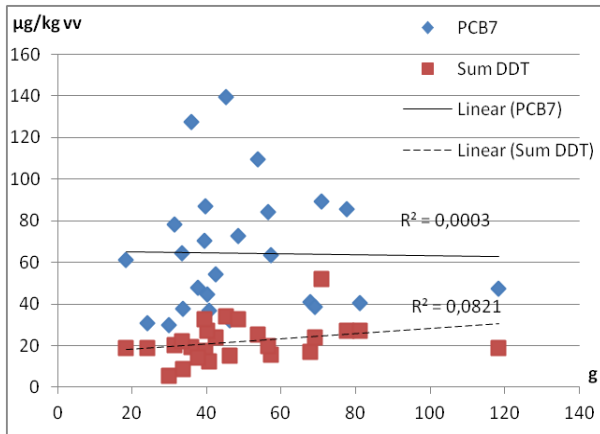


Figur 3.8. Klorerte miljøgifter i hyselever fra Barentshavet. 2000, 2003-2, 2007, 2009-2, 2012-1: Barentshavet Sør. 2003-1, 2009-1: Barentshavet Vest. 2012-2: Sentrale Barentshavet. A: PCB7. B:  $\Sigma$ DDT. C:  $\Sigma$ HCH. D: HCB. E: TNC.



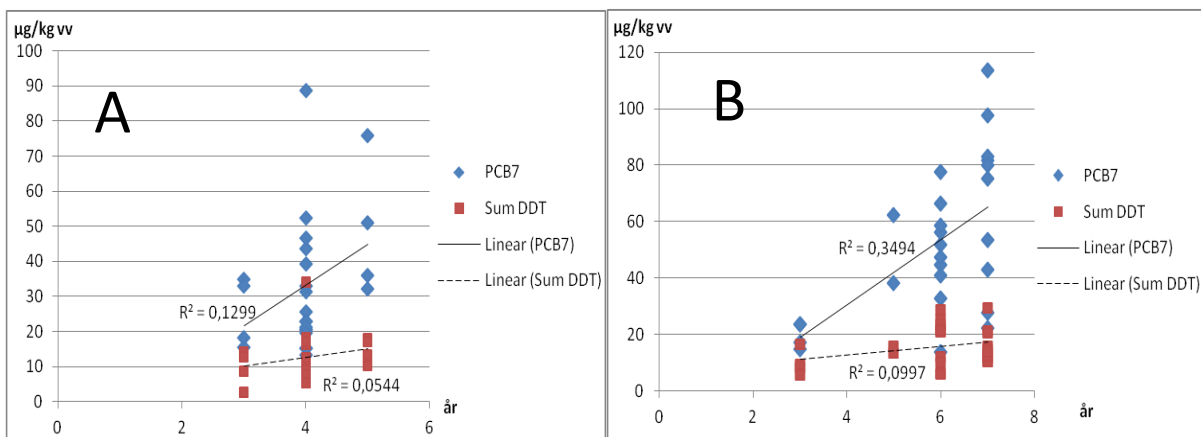
Figur 3.9. Nivåer av PCB7 og  $\Sigma$ DDT i hyselever fra Barentshavet i forhold til fiskevekt. A: Barentshavet Vest, 2003; B: Barentshavet Sør, 2007.

Det var heller ikke funnet vesentlige trender i forhold til vekt på leveren, som vist i figur 3.10 i et eksempel for hyselever fra Barentshavet Sør fra 2007.



Figur 3.10. Nivåer av PCB7 og  $\Sigma$ DDT i hyselever fra Barentshavet Sør fra 2007 i forhold til levervekt.

Det ble funnet noe bedre korrelasjon mellom nivåene og fiskens alder, vist for to eksempler i figur 3.11. Det er dessverre få prøvesett hvor aldersbestemmelsen ble utført. Det er likevel langt fra direkte sammenheng mellom alderen og nivåene, som kan ha noe å gjøre med at individene valgt til analyse ikke har store forskjeller i alderen, mellom 3 og 5 år i tilfellet 2009-prøver (figur 3.11-A) og mellom 3 og 7 år i tilfellet 2012-prøver (figur 3.11-B).



Figur 3.11. Nivåer av PCB7 og  $\Sigma$ DDT i hyselever fra Barentshavet i forhold til fiskens alder. A: Barentshavet Sør, 2009; B: Sentrale Barentshavet, 2012.

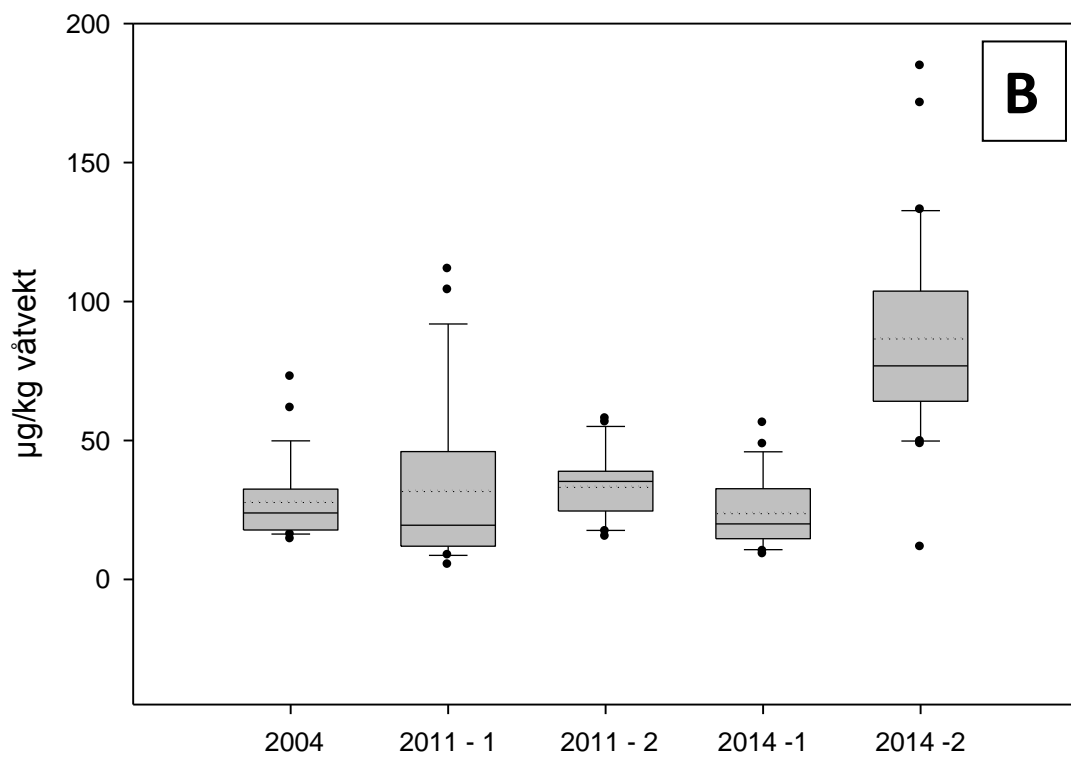
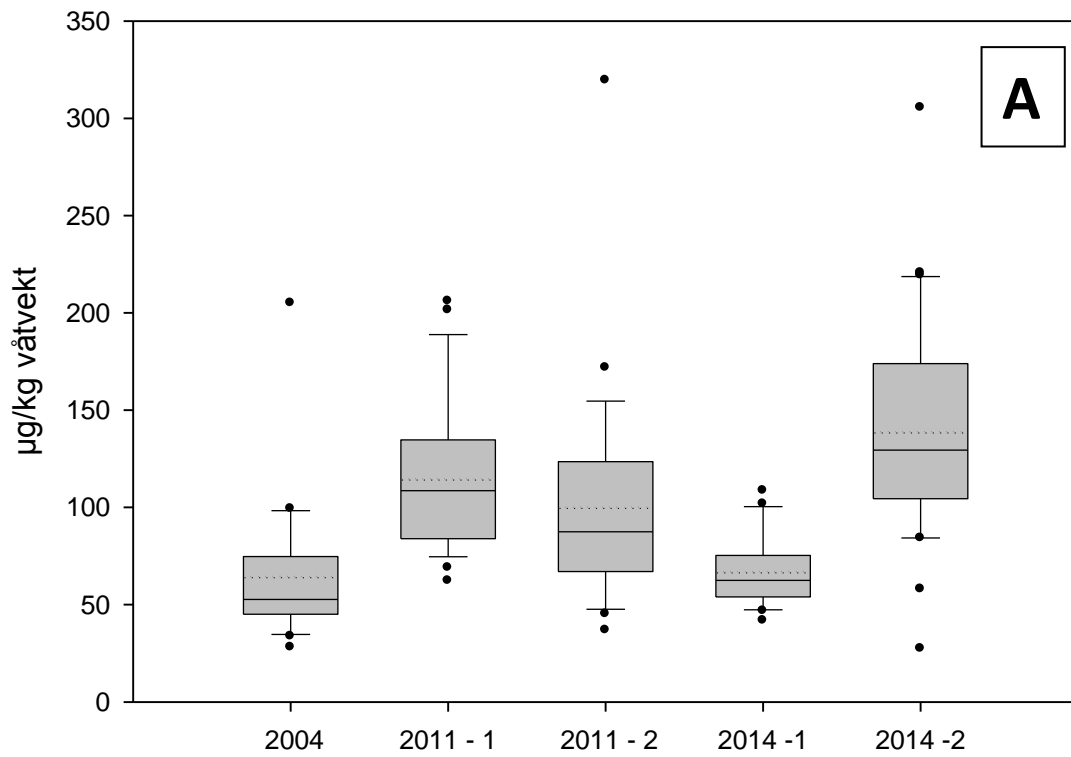
Nivåene funnet i forskjellige områder i Norskehavet, vist i tabell 3.12, ligger omtrent likt med nivåene funnet i Barentshavet. De høyeste nivåene av alle miljøgifter unntatt  $\Sigma$ HCH finner man ved noen stasjoner på Haltenbanken i 2014. Nivåene av HCH målt i 2014 var derimot lavere enn det som ble målt tidligere i andre områder i Norskehavet.

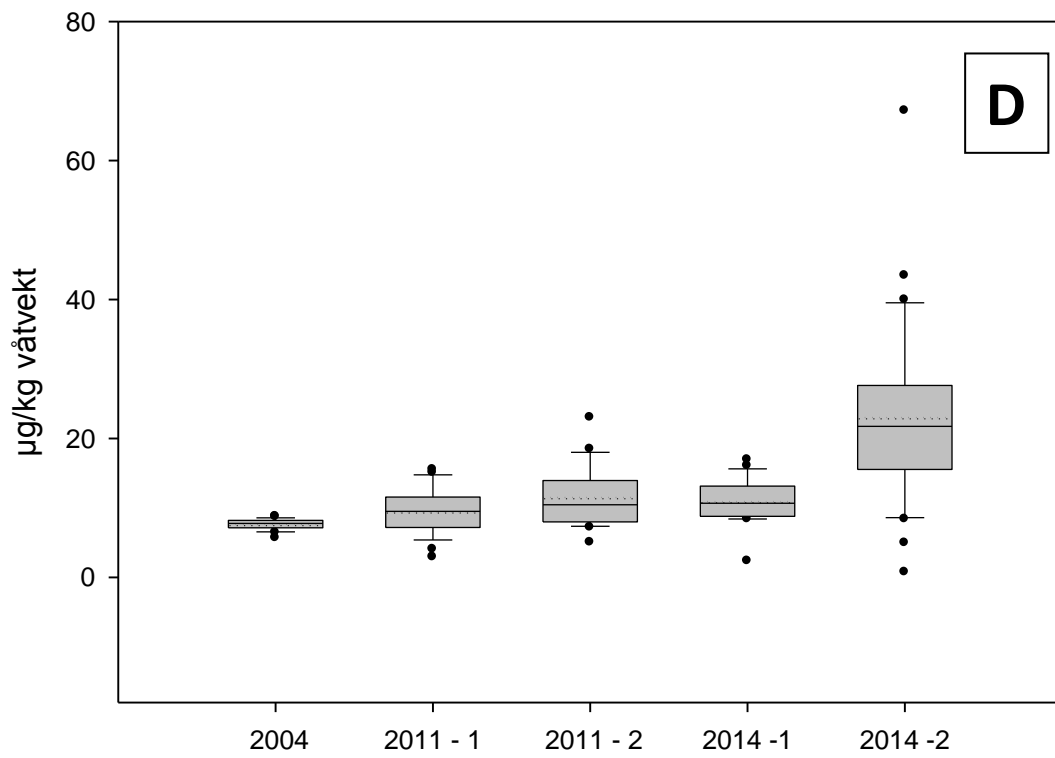
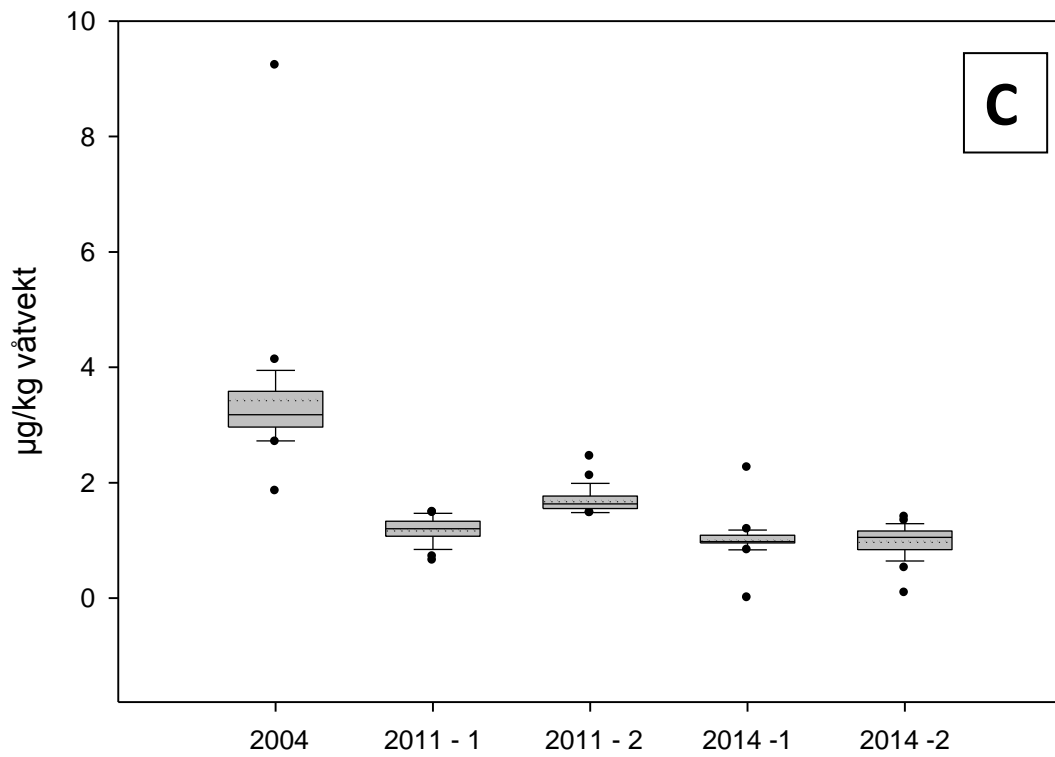
Tabell 3.12. Nivåer av klorerte miljøgifter i huselever fra Norskehavet ( $\mu\text{g}/\text{kg}$  våtvekt, gjennomsnitt  $\pm$  standardavvik).

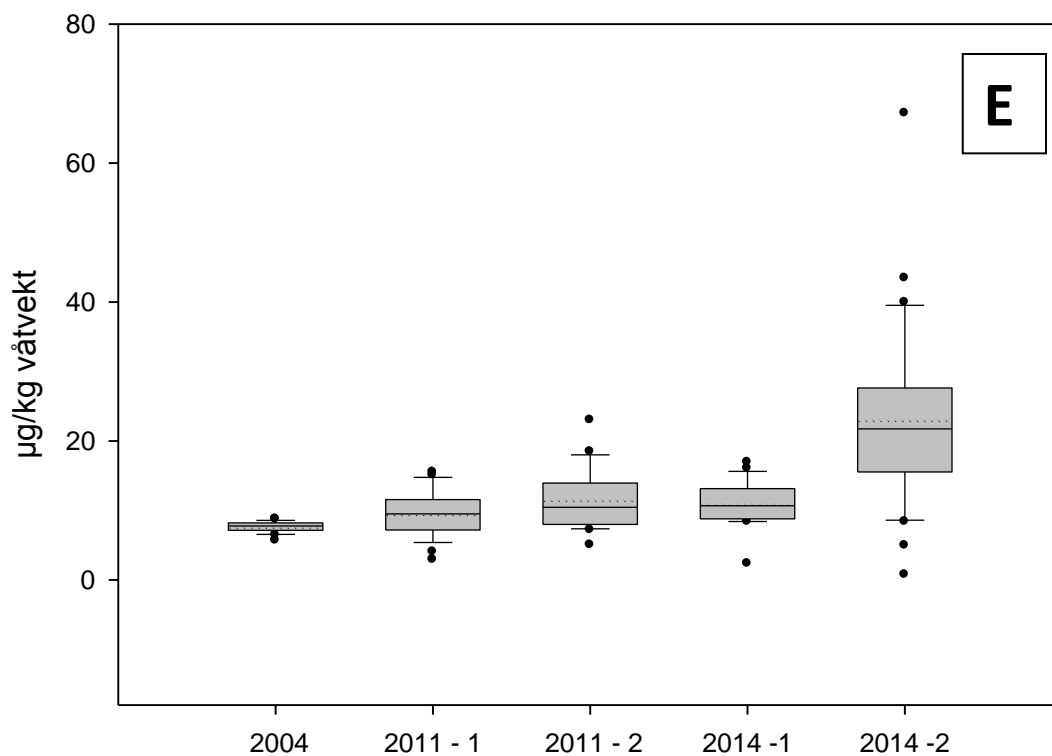
År	Område	Antall		PCB7	$\Sigma\text{DDT}$	$\Sigma\text{HCH}$	HCB	TNC
		lokaliteter	individer					
2004	Nord for kysten av Troms	1	25	65 $\pm$ 35	28 $\pm$ 14	3,5 $\pm$ 1,3	7,6 $\pm$ 0,76	11 $\pm$ 4,7
2011	Vesterålsbankene	1	25	100 $\pm$ 57	34 $\pm$ 12	1,7 $\pm$ 0,22	11 $\pm$ 4,3	11 $\pm$ 2,6
	Vest for kysten av Møre	1	25	116 $\pm$ 41	32 $\pm$ 30	1,2 $\pm$ 0,22	9,4 $\pm$ 3,2	11 $\pm$ 3,4
2014	Haltenbanken	3	21	67 $\pm$ 18	24 $\pm$ 12	1,0 $\pm$ 0,37	11 $\pm$ 3,2	5,4 $\pm$ 2,4
	Haltenbanken	5	29	139 $\pm$ 56	87 $\pm$ 36	0,99 $\pm$ 0,27	23 $\pm$ 13	21 $\pm$ 7,9

Det er betydelige forskjeller i nivåene funnet i enkeltindivider, se figur 3.12. Dette gjelder spesielt PCB7 og  $\Sigma\text{DDT}$ , mens for  $\Sigma\text{HCH}$  finner man stor spredning i nivåene kun i 2004-prøvene, og for HCB og TNC kun i ett av de to 2014-datasettene. De maksimale nivåene PCB7 er opptil ca. 3 ganger høyere enn snitt- og mediannivåene. For PCB6 overskrider disse EU-grensen på 200  $\mu\text{g}/\text{kg}$  våtvekt i enkeltindivider. Nivåer av alle miljøgifter unntatt HCB ligger likevel innenfor tilstandsklasse I ("Ubetydelig – lite forurenset"), etablert for torskelever (tabell 1.1). Når det gjelder HCB ligger flere enkeltindivider fått i 2011 vest for Møre og Romsdal og i 2014 på Haltenbanken i klasse II, "moderat forurenset", og i 2014 også i klasse III, "markert forurenset". Snittnivåene i 2014 overskrider også grensen til klasse II for HCB i torskelever.



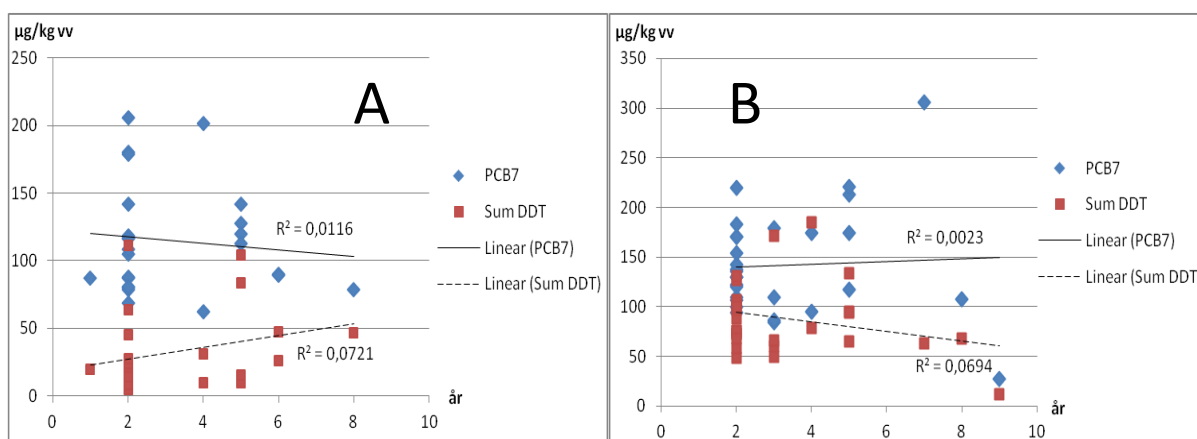






Figur 3.12. Klorerte miljøgifter i hyselever fra Norskehavet. 2004: Nord for kysten av Troms. 2011-1: Vesterålsbankene. 2011-2: Vest for Møre og Romsdal. 2014-1 og 2014-2: Haltenbanken. A: PCB7. B:  $\Sigma$ DDT. C:  $\Sigma$ HCH. D: HCB. E: TNC.

Det er imidlertid ingen god korrelasjon mellom nivåene og størrelsen på fisk. Det ble heller ikke funnet god korrelasjon mellom nivåene og alderen, selv om det var noe større spredning i alderen enn for fisken fra Barentshavet. Figur 3.13 under viser tilsvarende plott for hyselever fra Norskehavet, der fisken var mellom 1 og 8 år gammel (vest for kysten av Møre, 2011) og mellom 2 og 9 år gammel (Haltenbanken, 2014).



Figur 3.13. Nivåer av PCB7 og  $\Sigma$ DDT i hyselever fra Norskehavet i forhold til fiskens alder. A: Vest for kysten av Møre, 2011; B: Haltenbanken, 2014.

Nivåer av PCB7, DDT og TNC i Nordsjøen ligger høyere i Tampen-området enn i referanseområdet (Egersundbanken) (se tabell 3.13). Nivåene i Tampen-området er høyere enn i Norskehavet og Barentshavet når det gjelder PCB7 og  $\Sigma$ DDT, mens nivåene i referanseområdet er omtrent lik de man finner i de nordlige havene. I motsetning til dette er det ingen vesentlige forskjeller mellom de to områdene i Nordsjøen når det gjelder nivåer av  $\Sigma$ HCH og HCB. Dette kommer også tydelig fram fra tidstrendene vist på plottene i figur 3.14. Det er ingen åpenbare tidstrender for  $\Sigma$ HCH og HCB, bortsett fra kanskje en nedgang i nivåene av  $\Sigma$ HCH fra 2005 til senere år. Nivåene av PCB7, DDT og TNC viser også noe nedgang siden 2005, men nedgangen er mindre uttrykt enn for  $\Sigma$ HCH, og man finner forhøyete nivåer på Tampen i forhold til Egersundbanken gjennom hele tidsperioden. Alle gjennomsnittsnivåer er for øvrig innenfor tilstandsklasse I ("Ubetydelig – lite forurenset") etablert for torskelerver (se tabell 1.1), men overskrider i ett tilfelle EU-grensen på 200  $\mu\text{g}/\text{kg}$  våtvekt for PCB6 i fiskelever; dette i Tampen-område i 2010, med 210  $\mu\text{g}/\text{kg}$  våtvekt PCB6.

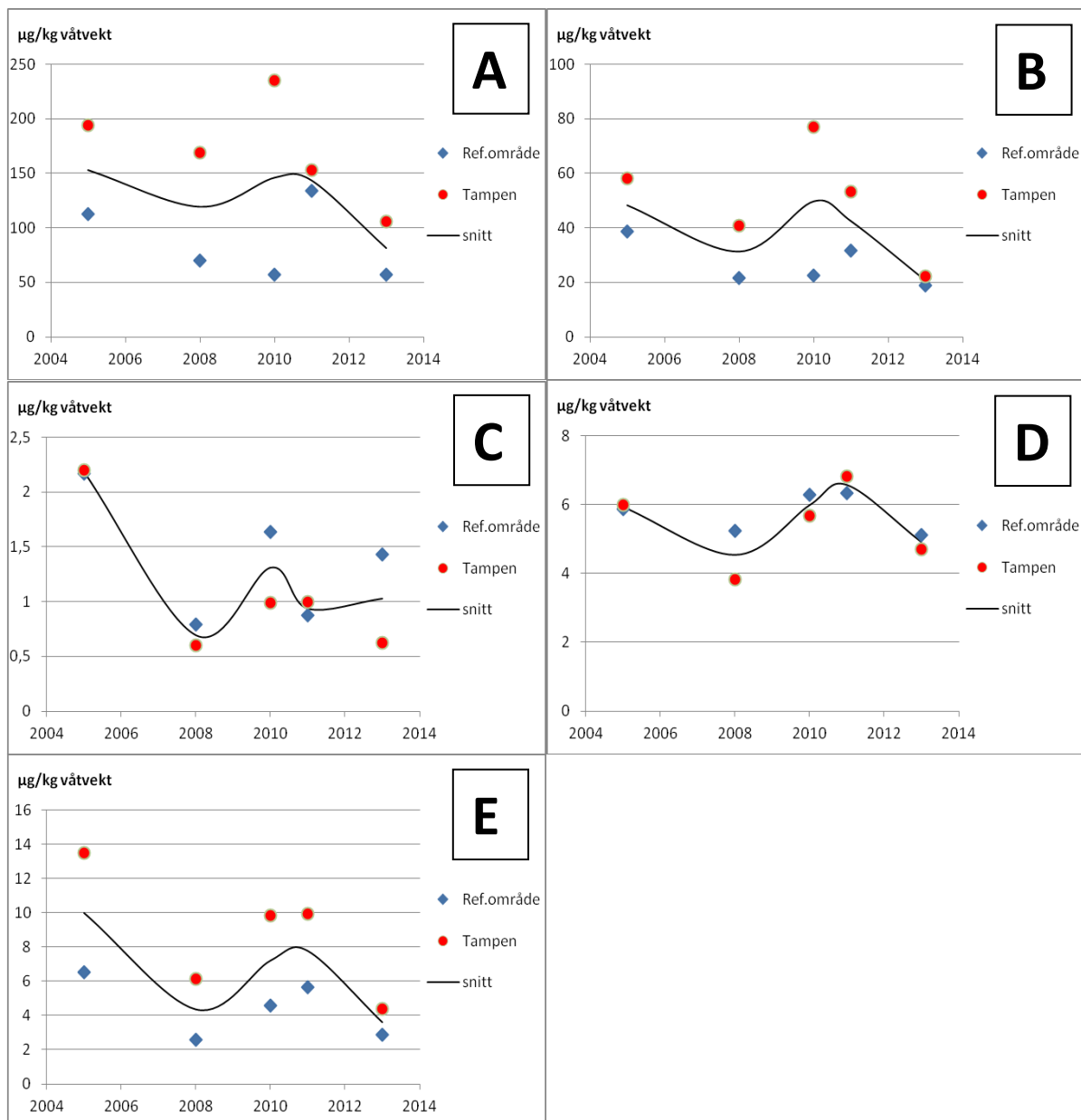
Tabell 3.13. Nivåer av klorerte miljøgifter i hyselever fra Nordsjøen ( $\mu\text{g}/\text{kg}$  våtvekt, gjennomsnitt  $\pm$  standardavvik).

År	Område	Antall		PCB7	$\Sigma$ DDT	$\Sigma$ HCH	HCB	TNC
		lokaliteter	individer					
2005	Egersundbanken	3	25	112 $\pm$ 97	39 $\pm$ 28	2,2 $\pm$ 0,29	5,9 $\pm$ 0,93	6,5 $\pm$ 3,5
	Tampen	3	25	194 $\pm$ 155	58 $\pm$ 61	2,2 $\pm$ 0,30	6,0 $\pm$ 0,89	13 $\pm$ 18
2008	Egersundbanken	1	25	73 $\pm$ 41	23 $\pm$ 11	0,79 $\pm$ 0,16	5,2 $\pm$ 1,3	2,7 $\pm$ 2,4
	Tampen	5	25	165 $\pm$ 74	41 $\pm$ 36	0,60 $\pm$ 0,33	3,8 $\pm$ 1,7	6,0 $\pm$ 4,1
2010	Egersundbanken	6	25	57 $\pm$ 18	22 $\pm$ 8,1	1,6 $\pm$ 0,26	6,3 $\pm$ 0,96	4,6 $\pm$ 1,7
	Tampen	5	25	235 $\pm$ 137	77 $\pm$ 66	0,99 $\pm$ 0,43	5,7 $\pm$ 2,3	9,9 $\pm$ 4,5
2011	Egersundbanken	5	26	134 $\pm$ 66	32 $\pm$ 20	0,88 $\pm$ 0,36	6,3 $\pm$ 2,1	5,6 $\pm$ 3,3
	Tampen	6	25	153 $\pm$ 91	53 $\pm$ 41	1,0 $\pm$ 0,34	6,8 $\pm$ 2,0	9,9 $\pm$ 4,5
2013	Egersundbanken	1	25	57 $\pm$ 30	19 $\pm$ 9,1	1,4 $\pm$ 0,15	5,1 $\pm$ 0,64	2,9 $\pm$ 0,98
	Tampen	1	25	106 $\pm$ 35	22 $\pm$ 18	0,63 $\pm$ 0,25	4,7 $\pm$ 1,3	4,4 $\pm$ 1,7

Nivåer av miljøgifter i fiskelever kan knyttes til fiskens ernæringstilstand, som i sin tur gjenspeiles i leversomatisk indeks (LSI). En klar sammenheng mellom LSI og lipidinnholdet i lever ble tidligere påvist i bl.a. hyse fra Nordsjøen (Grøsvik et al., 2012). Gjennomsnittsverdiene for LSI i hyse er vist i tabell 3.14. LSI ligger høyere i fisk fra Egersundbankområdet enn på Tampen i 2008, 2010 og 2013, men ikke i 2005 og 2011. Det er ingen klar sammenheng mellom LSI og nivåer av miljøgifter vist i tabell 3.13 og figur 3.14. LSI alene kan dermed ikke forklare nivåer av miljøgifter i hyselever.

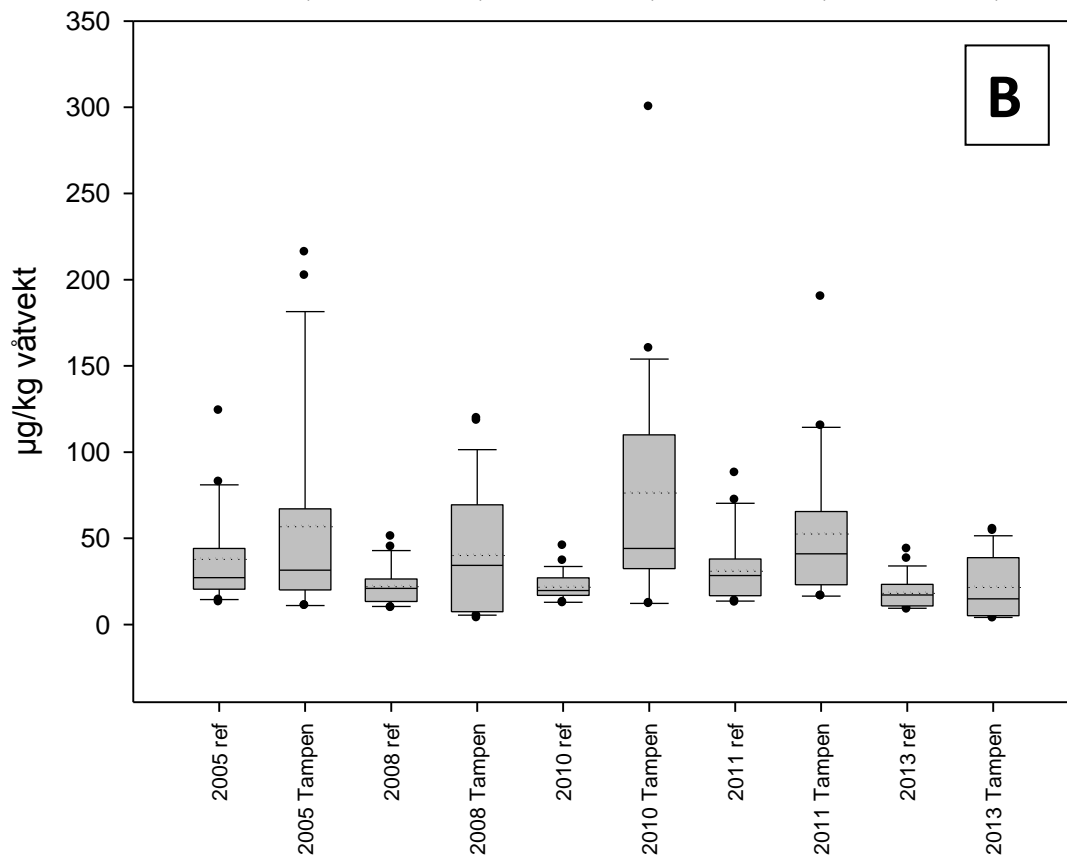
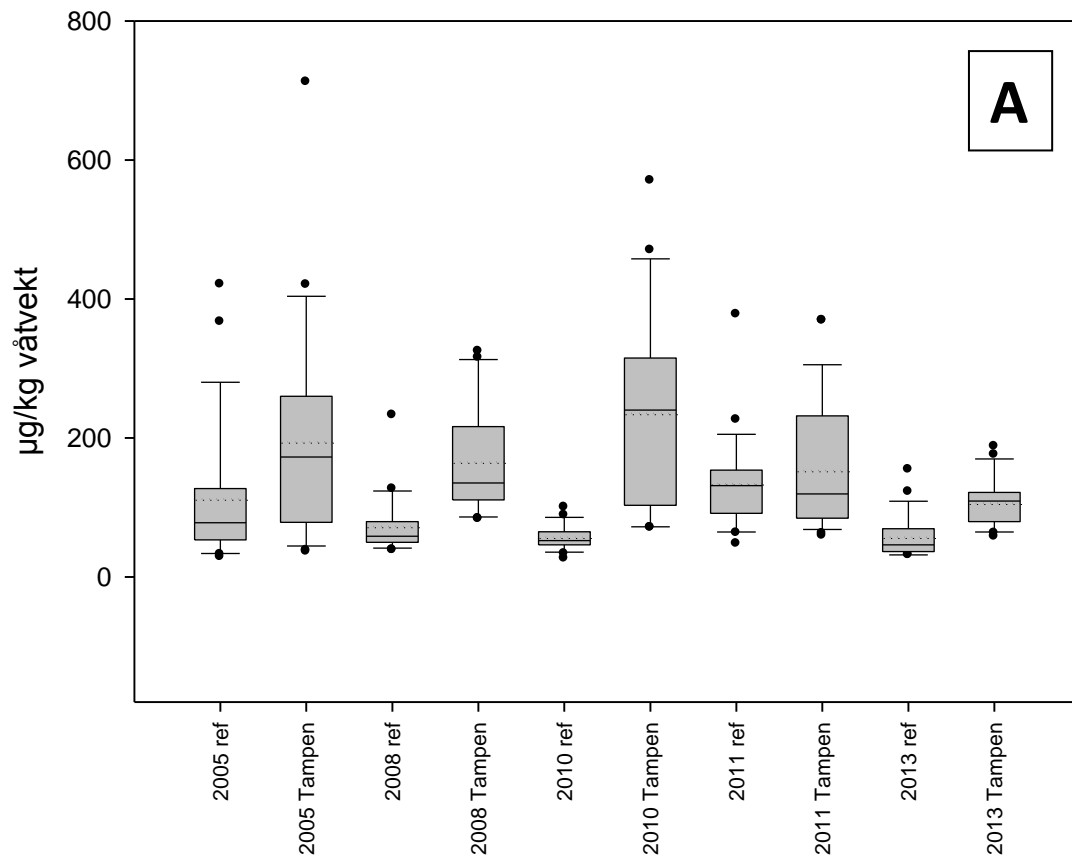
Tabell 3.14. LSI i hyselever fra Nordsjøen (%), gjennomsnitt  $\pm$  standardavvik.)

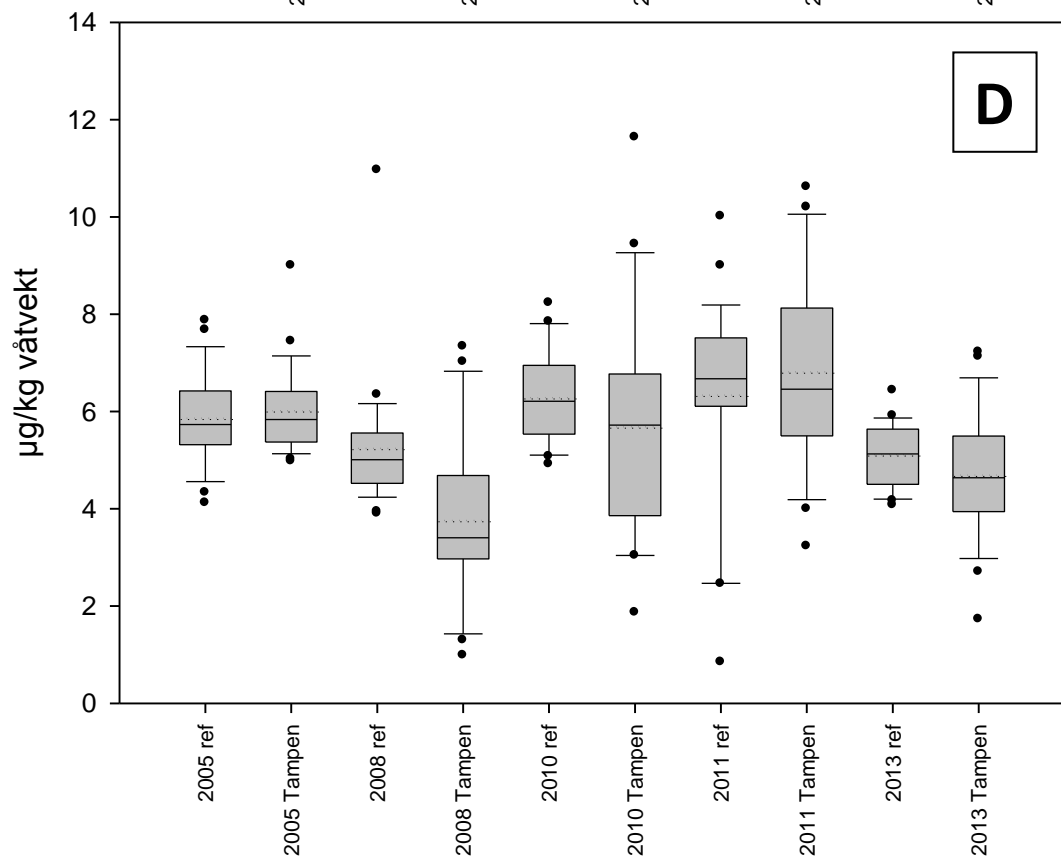
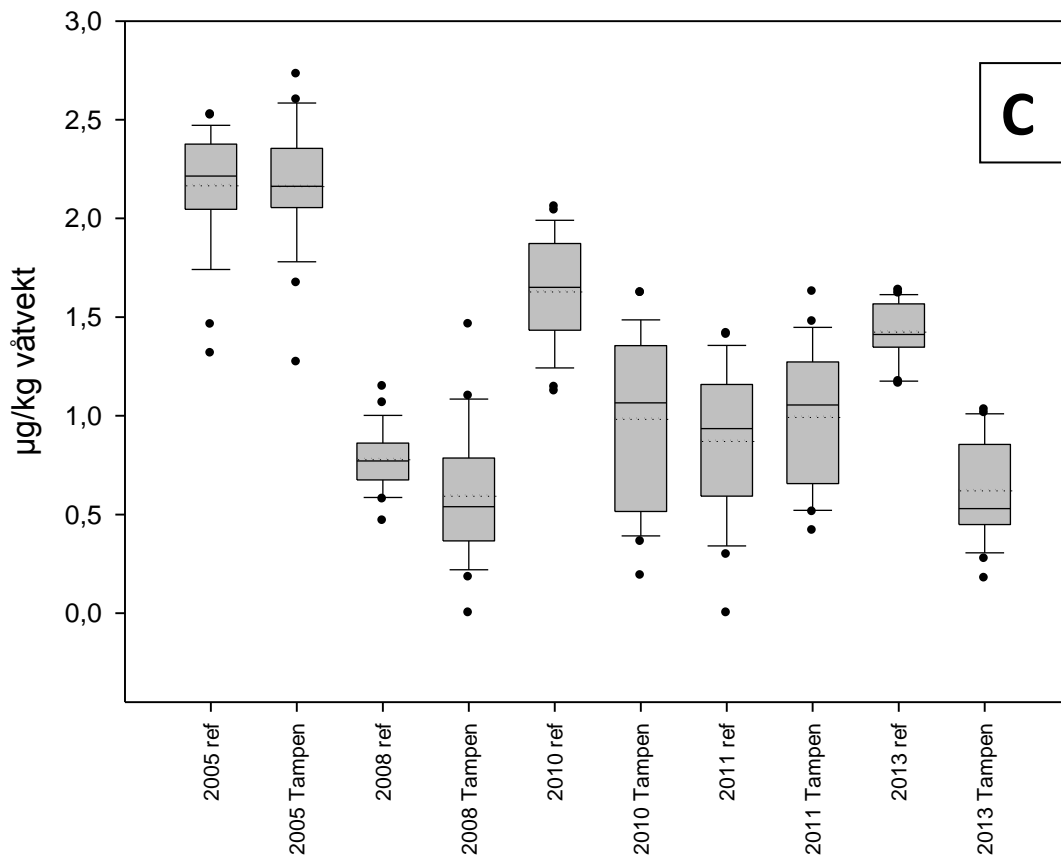
Område	2005	2008	2010	2011	2013
Egersundbanken	5,4 $\pm$ 1,6	4,2 $\pm$ 1,0	4,8 $\pm$ 1,6	2,8 $\pm$ 0,95	5,8 $\pm$ 1,3
Tampen	5,6 $\pm$ 1,4	2,7 $\pm$ 0,76	2,7 $\pm$ 1,1	2,8 $\pm$ 0,67	2,7 $\pm$ 0,59

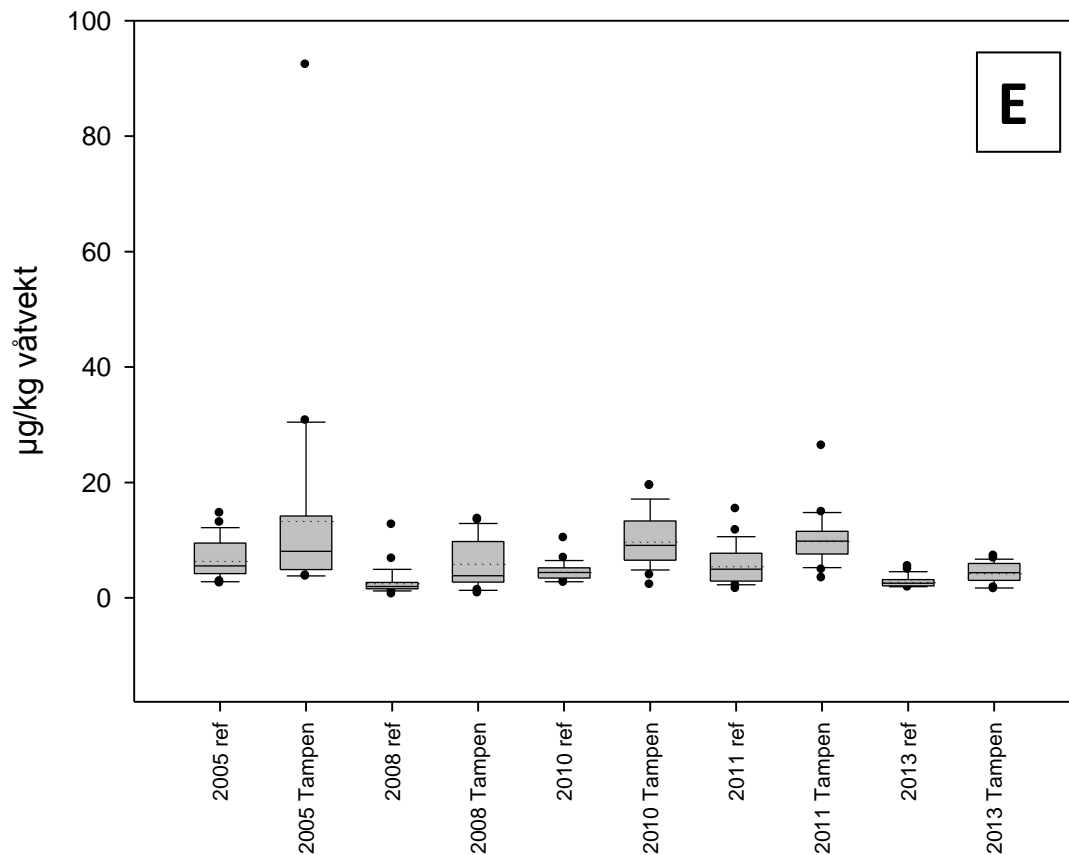


Figur 3.14. Gjennomsnittsnivåer av PCB7 (A),  $\Sigma$ DDT (B),  $\Sigma$ HCH (C), HCB (D) og TNC (E) i hyselever fra Nordsjøen.

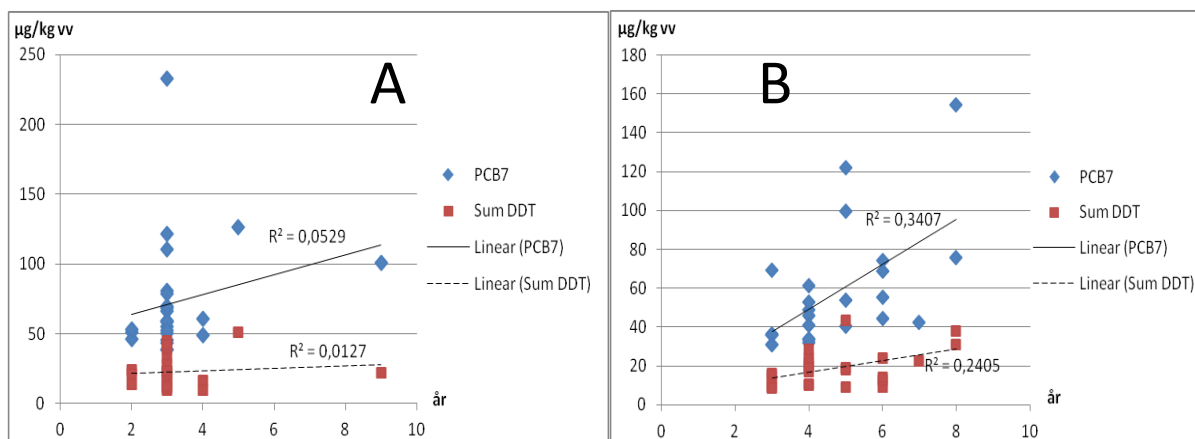
Spredningen i nivåene vist i figur 3.15 er imidlertid stor, og er som regel større for prøver fra Tampen enn fra Egersundbankområdet. De høyeste nivåene PCB7,  $\Sigma$ DDT og TNC som man finner i enkeltindivider, finner man i fisk fra Tampen-området. Det er mange enkeltfisk, både fra Tampen og fra Egersundbanken, som overskrider EU-grensen på 200 µg/kg våtvekt for PCB6 fra alle år, unntatt 2013. To individer fra Tampen havner i klasse II, "moderat forurenset", for PCB7 i torskelever, og tre individer fra samme området kommer i samme klasse II for  $\Sigma$ DDT, mens de maksimale nivåene av både  $\Sigma$ HCH og HCB ligger kun i klasse I. Det er imidlertid ingen god korrelasjon mellom fiskens størrelse og nivåene, og kun svak korrelasjon med alder (se to eksempler i figur 3.16 under).







Figur 3.15. Klorerte miljøgifter i hyseliver fra Nordsjøen. A: PCB7. B:  $\Sigma$ DDT. C:  $\Sigma$ HCH. D: HCB. E: TNC.



Figur 3.16. Nivåer av PCB7 og  $\Sigma$ DDT i hyseliver fra Nordsjøen i forhold til fiskens alder. A: Egersundbanken, 2008; B: Egersundbanken, 2013.

Det ble også utført målinger av klorerte miljøgifter i muskelvevet fra hysel fra 1998-prøvetaking i Barentshavet Vest. Resultater av disse målingene er vist i tabell 3.15 (kun én måling av samleprøve på 25 fisk ble utført på hver av de to lokalitetene). Alle nivåene ligger relativt lavt i prøvene og er innenfor klasse I ("ubetydelig – lite forurenset"), etablert av Miljødirektoratet for torskefilet (tabell 1.1).



Tabell 3.15. Nivåer av klorerte miljøgifter i hysemuskel fra Barentshavet Vest ( $\mu\text{g}/\text{kg}$  våtvekt).

År	Område	Antall		PCB7	$\Sigma\text{DDT}$	$\Sigma\text{HCH}$	HCB	TNC
		lokaliteter	individer					
1998	BH Vest	1	1x25	1,4	0,18	0,25	0,04	0,04
	BH Vest	1	1x25	1,3	0,18	0,20	0,03	0,05

### 3.4.2. PBDE i hyselever

Det ble gjennomført flere målinger av PBDE i hyselever i Norskehavet, Barentshavet og Nordsjøen. Resultatene er vist i tabell 3.16 for Norskehavet og Barentshavet, og i tabell 3.17 for Nordsjøen. I Barentshavet ligger nivåene lavest og er under deteksjonsgrensen for noen av de målte komponentene. Nivåene i Norskehavet er også lave, men ligger som regel ca. 2 ganger høyere enn i Barentshavet.

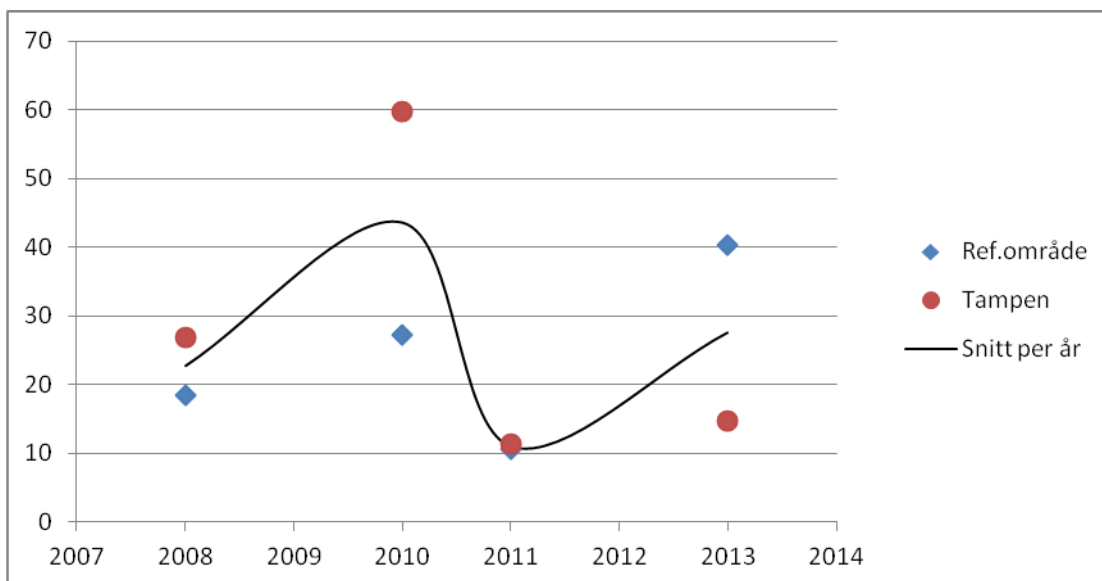
Tabell 3.16. Nivåer av PBDE i hyselever fra Norskehavet og Barentshavet ( $\mu\text{g}/\text{kg}$  våtvekt, gjennomsnitt  $\pm$  standardavvik).

År	Område	Antall lokaliteter	Antall individer	Sum 15 PBDE
2011	Vesterålsbankene	1	25	4,5 $\pm$ 1,4
	Vest for Møre	1	25	8,0 $\pm$ 3,1
2014	Vest for Møre	3	21	8,8 $\pm$ 3,4
	Haltenbanken	5	30	9,6 $\pm$ 4,1
2009	BH vest	3	25	2,4 $\pm$ 0,99
	BH sør	2	25	4,8 $\pm$ 1,6
2012	BH sør	2	28	3,4 $\pm$ 2,8
	Sentrale BH	4	27	1,7 $\pm$ 0,78

I Nordsjøen ble målinger gjennomført i 2008, 2010, 2011 og 2013 i Tampen-området og et referanseområde (Egersundsbanken). Nivåene er høyere enn det som man finner i Norskehavet og Barentshavet. De høyeste nivåene ble funnet i Tampen-området i 2010 (ca. 15 ganger høyere enn det som man finner i Barentshavet). Nivåene var imidlertid mye lavere i 2011 og 2013, og i 2013 ble det funnet nesten 3 ganger høyere nivåer på Egersundsbanken enn i Tampen-området (se figur 3.17). Man finner dermed ingen åpenbar påvirkning i Tampen-området sammenlignet med andre deler av Nordsjøen, slik det er tilfellet for PCB og klorerte pesticider.

Tabell 3.17. Nivåer av PBDE i hyselever fra Nordsjøen ( $\mu\text{g}/\text{kg}$  våtvekt, gjennomsnitt  $\pm$  standardavvik).

År	Område	Antall lokaliteter	Antall individer	Sum 15 PBDE
2008	Egersundbanken	2	24	18 $\pm$ 11
	Tampen	5	19	27 $\pm$ 13
2010	Egersundbanken	7	26	27 $\pm$ 7,4
	Tampen	5	25	60 $\pm$ 32
2011	Egersundbanken	5	26	11 $\pm$ 4,3
	Tampen	6	25	11 $\pm$ 6,2
2013	Egersundbanken	1	25	40 $\pm$ 23
	Tampen	1	25	15 $\pm$ 4,3



Figur 3.17. Nivåer av PBDE i hyselever fra Nordsjøen.

### 3.4.3. PAH i hyse

Det ble gjennomført målinger av PAH i hyselever og hysemuskel fra Nordsjøen i 2008. Målingene ble utført i Tampen-området samt i et referanseområde i forbindelse med et oljeutslipp (4400 m<sup>3</sup>) ved Statfjord-feltet i desember 2007 (Grøsvik et al., 2008). Resultatene er vist i tabell 3.18. Alle nivåer i muskelprøvene ligger under målegrensen, mens i leverprøvene ble det funnet nivåer av oljerelaterte PAH (NPD) over målegrensen i Tampen-området. Disse nivåene var også lave, og gjenspeiler hurtig metabolisering av PAH i fisk, som fører til lave nivåer i alle fiskevev når det ikke skjer akutt høy eksponering til PAH-forurensning.

Tabell 3.18. Nivåer av PAH i hyse fra Nordsjøen (µg/kg våtvekt, gjennomsnitt ± standardavvik. LOQ PAH16 i lever: 41 µg/kg våtvekt; LOQ PAH16 i muskel: 17 µg/kg våtvekt; LOQ NPD i lever: 32 µg/kg våtvekt; LOQ NPD i muskel: 19 µg/kg våtvekt).

År	Område	Antall lokaliteter	Antall individer	NPD	PAH16
<i>Lever</i>					
2008	Tampen	2	24	141±125	<LOQ
	Ref.område	5	26	<LOQ	<LOQ
<i>Muskel</i>					
2008	Tampen	2	24	<LOQ	<LOQ
	Ref.område	5	26	<LOQ	<LOQ

### 3.5. Kolmule



Kolmule (*Micromesistius poutassou*)

**Maks størrelse:** ca. 0,8 kg og 50 cm

**Levetid:** Maks 20 år

**Havområder:** Barentshavet, Norskehavet, Nordsjøen

#### 3.5.1. PCB og klorerte pesticider i kolmule

Kolmule er en meget tallrik fiskeart som er viktig kommersielt. Den er også viktig som en av hovedartene brukt i produksjon av norsk fiskefôr, noe som har vært koblet til nivåer av miljøgifter funnet i fôret tidligere (Sissener et al., 2013). NIFES har rapportert snittnivåer av PCB og enkelte pesticider i kolmule (helfisk) fra Nordsjøen samlet i 2000 på 0,82 µg/kg våtvekt for HCB og under deteksjongrense for PCB7, ΣDDT og ΣHCH (Julshamn et al., 2004). Undersøkelser i 2012 og 2013 i Norskehavet har påvist lave nivåer av PCB7 og pesticider i kolmule (helfisk), bl.a. 0,79-1,0 µg/kg våtvekt for HCB, og under deteksjongrensen for lindan (Miljostatus.no).

Havforskningsinstituttet har analysert kolmule fra alle tre norske havområder, Barentshavet i 2007 og 2009, Norskehavet i 2011, og i Nordsjøen i 1996 og 2010. Resultatene er oppsummert som gjennomsnittsnivåer i tabell 3.19, mens spredningen i nivåene i Norskehavet vest for kysten av Møre er vist som boksplott i figur 3.18.

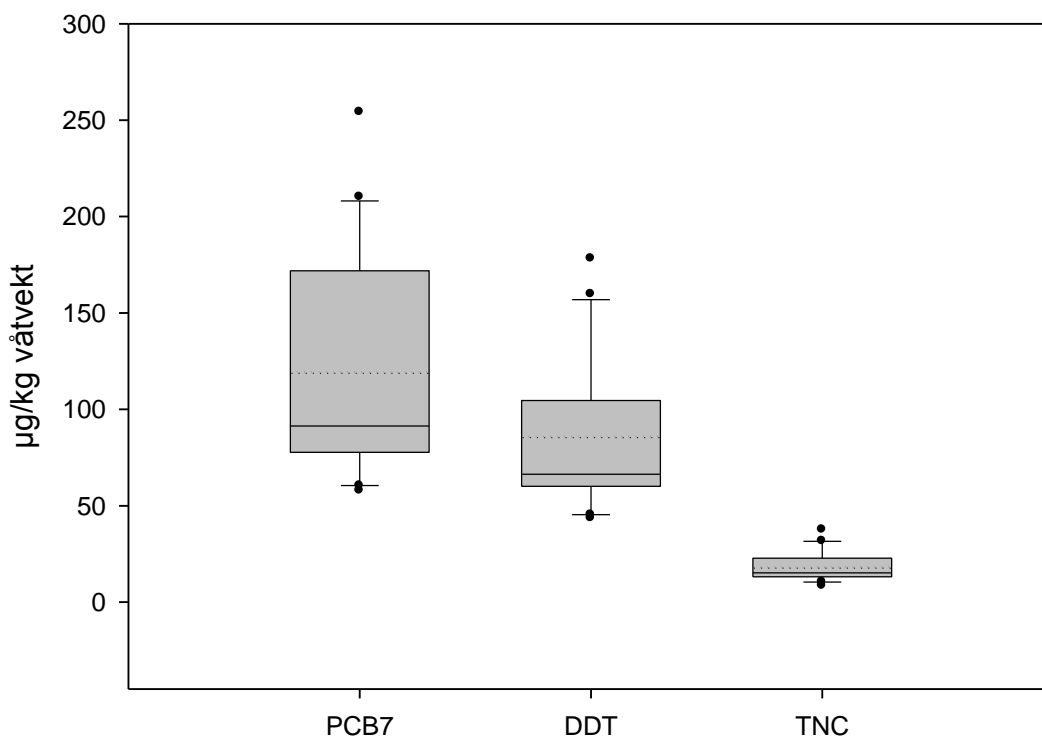
Tabell 3.19. Nivåer av klorerte miljøgifter i kolmulelever fra Barentshavet, Nordsjøen og Norskehavet (µg/kg våtvekt, nivå i samleprøven eller gjennomsnitt ± standardavvik der mer enn 1 prøve ble analysert).

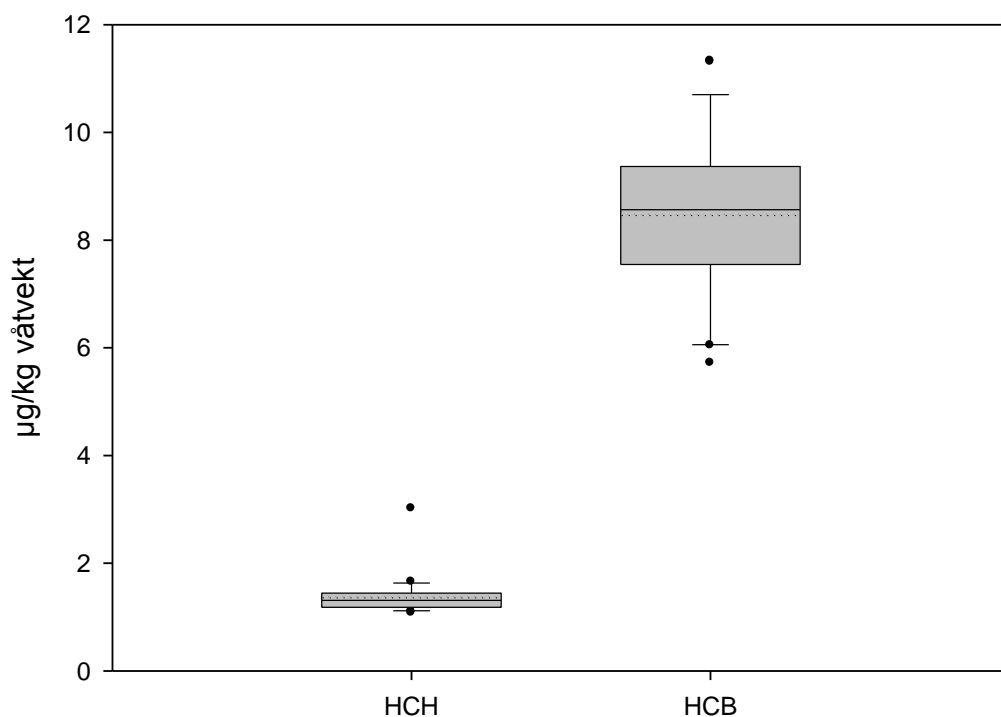
År	Område	Antall lokaliteter	Antall individer	PCB7	ΣDDT	ΣHCH	HCB	TNC
2007	BH sør	1	5x5	77±12	67±8,3	2,2±0,26	7,8±0,84	18±2,4
2009	BH sør	1	1x25	92	82	21	8,2	20
2011	Sentrale Norskehavet	1	3x5	105±26	100±24	1,9±0,11	15±2,0	26±5,6
	Norskehavet – vest for Møre	1	5x5	183±82	165±84	1,2±0,2	17±3,0	43±20
	Norskehavet – vest for Møre	1	25	120±57	86±39	1,4±0,37	8,5±1,4	18±7,8
1996	Nordsjøen – Skagerrak	1	5x5	423±252	360±164	21±5,8	11±0,95	43±18
2010	Nordsjøen – Egersund. område	1	1x25	120	98	1,5	8,2	18
	Nordsjøen – Tampen	1	1x25	32	33	0,96	3,9	7,7

Snitnivåene funnet i Skagerrak (i arendalområdet) i 1996 ligger for PCB6 på 369  $\mu\text{g}/\text{kg}$  våtvekt, som overskrider EU-grensen på 200  $\mu\text{g}/\text{kg}$  våtvekt PCB6 i fiskelever. De ligger likevel innenfor klasse I ("Ubetydelig – lite forurenset"), etablert av Miljødirektoratet i torskelever, for alle stoffgrupper unntatt  $\Sigma\text{DDT}$  som ligger i klasse II, "moderat forurenset". Nivåene i senere år ligger relativt lavt, også i Nordsjøen. De laveste nivåene av alle stoffgrupper ble målt i hyse fra Tampen-området i Nordsjøen (prøvetatt i 2010), mens nivåene i egersundbankområdet samme år ligger 2-4 ganger høyere. Kystnære områder i Skagerrak kan ha høyere forurensningsgrad enn åpent hav. Dette ser man tydelig for alle stoffgruppene unntatt HCB, og nivåene av  $\Sigma\text{HCH}$  er spesielt høye sammenlignet med det man vanligvis finner i åpent hav, også i forhold til andre fiskearter.

I Norskehavet ligger nivåene ikke lavere enn i Nordsjøen, og spredningen blant enkeltindivider (vist i figur 3.18) er relativt liten for de fleste stoffgruppene. Spredningen er størst for PCB7, og de maksimale nivåene er ca. 3 ganger høyere enn medianverdi som ligger ganske lavt, under 100  $\mu\text{g}/\text{kg}$  våtvekt (se figur 3.18). Det er dårlig sammenheng mellom nivåene og lengde eller vekt på fiskene, men de høyeste nivåene finner man i fisk med lavest levervekt, opptil 254  $\mu\text{g}/\text{kg}$  våtvekt PCB7 i fisken med levervekt på 6 g, mot gjennomsnittsverdi på 120  $\mu\text{g}/\text{kg}$  våtvekt PCB7 og snittvekt på lever på 18 g. De maksimale nivåene for PCB overskrider EU-grensen på 200  $\mu\text{g}/\text{kg}$  våtvekt, men er innenfor tilstandsklasse I etablert av Miljødirektoratet for torskelever (tabell 1.1). De samme gjelder de maksimale nivåene av andre stoffgrupper som det er etablert tilstandsklasser for (se figur 3.18).

I Barentshavet ligger nivåene lavere enn i andre havområder, med unntak av HCH ved en av stasjonene (fra 2009), som ligger like høyt som i Skagerrak.





Figur 3.18. Klorerte miljøgifter i kolmulelever fra Norskehavet ved for kysten av Møre i 2011.

### 3.5.2. PBDE i kolmulelever

Det ble gjennomført målinger av PBDE i kolmulelever fra Norskehavet i 2011 og Nordsjøen i 2010. Resultatene er vist i tabell 3.20. I Norskehavet ligger nivåene lavest og er under deteksjonsgrense for noen av de målte komponentene. Nivåene i Nordsjøen er også lave, men noe høyere i referanseområdet (Egersundsbanken).

Tabell 3.20. Nivåer av PBDE i kolmulelever fra Norskehavet og Nordsjøen ( $\mu\text{g}/\text{kg}$  våtvekt, gjennomsnitt  $\pm$  standardavvik).

År	Område	Antall lokaliteter	Antall individer	Sum 15 PBDE
2011	Sentrale Norskehavet	1	3x5	4,3 $\pm$ 1,5
	Vest for Møre	1	25	14 $\pm$ 6,1
	Vest for Møre	1	5x5	7,5 $\pm$ 4,2
2010	Egersundsbanken	1	1x25	43
	Tampen	1	1x25	14

### 3.6. Lange



Lange (*Molva molva*)

**Maks størrelse:** 40 kg og 2 m

**Levetid:** 30 år

**Havområder:** Nordsjøen

#### 3.6.1. PCB og klorerte pesticider i lange

Det er få studier av miljøgifter i lange fra norske havområder. En studie fra 1998 fant lave nivåer PCB og klorerte pesticider i langelever fra Nordfjord (Berg et al., 1998). En annen studie rapporterte nivåer av klorerte miljøgifter i langemuskel fra Norskehavet i 1997, der det ble rapportert nivå på 0,7 µg/kg våtvekt PCB7, 0,21 µg/kg våtvekt HCB, og 0,79 µg/kg våtvekt ΣDDT, mens HCH var under deteksjonsgrense (Julshamn et al., 2004).

Havforskningsinstituttet har analysert lange fra Nordsjøen i 1995 og 1996. Kun samleprøver ble analysert. Resultatene er oppsummert som gjennomsnittsnivåer i tabell 3.21.

Tabell 3.21. Nivåer av klorerte miljøgifter i langelever fra Nordsjøen (µg/kg våtvekt, nivå i samleprøven eller gjennomsnitt ± standardavvik der mer enn 1 prøve ble analysert).

År	Område	Antall		PCB7	ΣDDT	ΣHCH	HCB	TNC
		lokaliteter	individer					
1995	Færøyene	1	5x5	229±56	278±59	16±4,8	22±2,0	72±14
	Færøyene	1	5x5	554±155	628±178	7,5±0,56	32±5,1	130±37
1996	Færøyene	1	1x5	79	107	5,9	11	33
	Nordsjøen nord	2	6x5	467±155	327±115	5,5±0,88	21±6,9	77±31

Det ble funnet relativt høye snittnivåer i langelever i de fleste prøvene, som kan sammenlignes med det som ble funnet i brosmelever fra samme prøvetaking (se seksjon 3.2). De laveste nivåene finner man ved Færøyene i 1996, mens nivåer funnet i andre prøver ligger høyere (unntatt HCH). PCB-nivåer overskrider EU-grensen for mattrygghet på 200 µg/kg våtvekt PCB6 i to av fire prøvetakinger, med 478 µg/kg våtvekt ved Færøyene i 1995 og med 405 µg/kg våtvekt i den nordlige delen av Nordsjøen i 1996. PCB7-nivåer tilsvarer Miljødirektoratets klasse II ("moderat forurenset") i Nordsjøen vest i 1995.

$\Sigma$ DDT- og HCB-nivåer ligger i klasse II i tre av fire prøvetakinger. Nivå av  $\Sigma$ DDT tilsvarer tilstandsklasse III, "markert forurenset", ved en prøvetaking i 1995. Det ble også funnet høye nivåer av PCB7 og  $\Sigma$ DDT, tilsvarende tilstandsklasser III og IV, i torskelever fra samme prøvetaking (se seksjon 3.14), mens torskeleverprøver fra senere år i Nordsjøen (2005-2013) hadde betydelig lavere nivåer. Det mangler tilsvarende data på lange for å kunne si noe om tidsutviklingen i denne arten.

### 3.7. Lodde



Lodde (*Mallotus villosus*)

**Maks størrelse:** 50 g og 20 cm

**Levetid:** 5 år

**Havområder:** Barentshavet

#### 3.7.1. PCB og klorerte pesticider i lodde

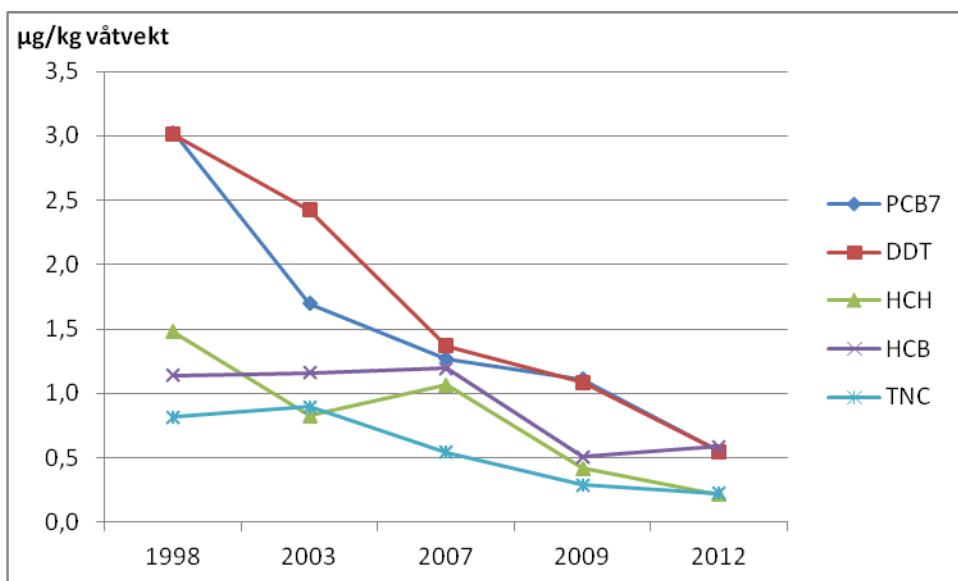
Lodde er en viktig kommersiell art. Den ligger på lavt trofisk nivå, med plankton som føde, og man kan derfor forvente lavere nivåer av miljøgifter i den enn i flere andre av de studerte fiskeartene. På grunn av liten størrelse analyseres denne fisken ofte hel, mens noen studier rapporterer nivåer kun i loddemuskel eller loddelever, som gjør de vanskelig å sammenligne. Det ble rapportert lave nivåer av klorerte miljøgifter i loddelever fra Jan Mayen-området i 1995-1996, på 0,4 µg/kg våtvekt HCB, 0,4 µg/kg våtvekt ΣHCH, 2,8 µg/kg våtvekt ΣDDT og 12,5 µg/kg våtvekt Sum 33 PCB (AMAP, 2004). En annen studie rapporterte også lave nivåer i hel lodde fra sentrale Barentshav fra år 2000, på 2,5 µg/kg våtvekt HCB, 4,8 µg/kg våtvekt ΣDDT og under deteksjonsgrense for PCB7 og ΣHCH (Julshamn et al., 2004).

Havforskningsinstituttet har analysert samleprøver av hel lodde fra Barentshavet gjennom flere år i perioden 1998-2012. Resultatene er vist i tabell 3.22, mens tidstrendene er vist i figur 3.19.

Tabell 3.22. Nivåer av klorerte miljøgifter i lodde (hel fisk) fra Barentshavet (µg/kg våtvekt, nivå i samleprøven eller gjennomsnitt ± standardavvik der mer enn 1 prøve ble analysert).

År	Område	Antall lokaliteter	Antall individer	PCB7	ΣDDT	ΣHCH	HCB	TNC
1998	BH vest	1	1x25	1,8	2,0	1,9	1,0	0,56
	BH sør	1	1x25	4,3	4,1	1,0	1,3	1,1
2003	BH sør	1	5x5	1,7±0,21	2,4±0,18	0,83±0,15	1,2±0,17	0,90±0,10
2007	BH vest	1	1x25	1,3	1,4	1,1	1,2	0,54
2009	BH vest	1	1x25	0,68	0,95	0,42	0,45	0,28
	BH nordvest	1	1x25	1,5	1,2	0,42	0,57	0,30
2012	Sentrale BH	1	1x25	0,46	0,48	0,16	0,50	0,17
		1	1x25	0,64	0,61	0,27	0,68	0,27





Figur 3.19. Nivåer av PCB og klorerte pesticider i hel lodde fra Barentshavet (samleprøver, se tabell 3.22. For 1998, 2009 og 2012 vises gjennomsnitt av samleprøver fra to områder).

Mens man ikke kan direkte sammenligne nivåene i hel fisk med nivåene i fiskelever funnet for andre arter, er det likevel tydelig lave nivåer funnet i lodde gjennom alle år, som forventet ut fra lavt trofisk nivå for denne arten. Nivåene minker konsekvent siden 1998 for alle miljøgifter (figur 3.19). I tilfellet PCB7 og  $\Sigma$ DDT er nivåene i 2012 ca. 6 ganger lavere enn det som ble funnet i 1998.

### 3.7.2. PBDE i lodde

Det ble gjennomført målinger av PBDE i hel lodde fra Barentshavet i 2012. Resultatene er vist i tabell 3.23. Nivåene ligger under eller i nærheten av deteksjonsgrense.

Tabell 3.23. Nivåer av PBDE i hel lodde fra Barentshavet (µg/kg våtvekt, gjennomsnitt).

År	Område	Antall lokaliteter	Antall individer	Sum 15 PBDE
2012	Sentrale BH	1	1x25	<LOQ
		1	1x25	0,02

### 3.8. Makrell



Makrell (*Scomber scombrus*)

**Maks størrelse:** 3,5 kg og 65 cm

**Levetid:** 25 år

**Havområder:** Norskehavet, Nordsjøen

#### 3.8.1. PCB og klorerte pesticider i makrellever

Makrell er en fiskeart med høyt fettinnhold i filet, men ikke lever, sammenlignet med andre arter. Nylige studier av PCB i makrellfilet fra norske havområder (i hovedsak Nordsjøen) har vist nivåer av PCB7 på 6,8 µg/kg våtvekt i gjennomsnitt, mens de høyeste nivåene på opptil 85 µg/kg våtvekt ble funnet i makrell fra Skagerrak (Frantzen et al., 2010). En tidligere studie av makrell fra Nordsjøen og Norskehavet fant gjennomsnittsnivåene i filet i 1994 og 2000 på henholdsvis 8,5 og 9,8 µg/kg våtvekt PCB7, 0,43 og 1,49 µg/kg våtvekt HCB, 7,89 og 7,01 µg/kg våtvekt ΣDDT og 3,5 og under deteksjonsgrense ΣHCH (Julshamn et al., 2004).

Havforskningsinstituttet har analysert leverprøver i makrell fra Norskehavet i 2011 og 2014 og fra Nordsjøen i 2005, 2008, 2010 og 2013. Resultatene er vist nedenfor i tabellene 3.24 og 3.25, mens tidstrendene for Nordsjøen er vist i figur 3.20.

Tabell 3.24. Nivåer av klorerte miljøgifter i makrell lever fra Norskehavet (µg/kg våtvekt, gjennomsnitt ± standardavvik).

År	Område	Antall		PCB7	ΣDDT	ΣHCH	HCB	TNC
		lokaliteter	individer					
2011	Vest for Møre	1	5x5	11±4,6	5,2±1,4	0,15±0,05	1,2±0,30	1,4±0,31
	Sentrale NH	1	5x5	14±4,7	5,4±1,3	0,14±0,03	1,5±0,19	1,4±0,42
2014	Haltenbanken	2	5x5	3,8±0,89	2,4±0,35	0,15±0,02	0,53±0,08	0,44±0,08

Nivåene i makrellever funnet på Haltenbanken i 2014 er noe lavere enn det som ble funnet i andre deler av Norskehavet i 2011 for alle miljøgiftgrupper unntatt ΣHCH som ligger meget lavt alle steder.

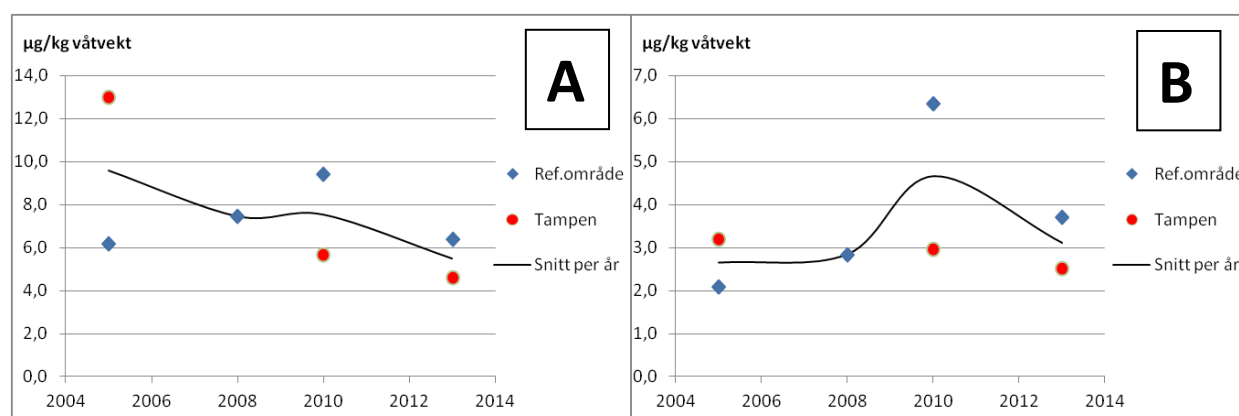
Alle nivåene er imidlertid relativt lave, og selv de høyeste nivåene funnet i makrell er betydelig lavere enn det som man finner i leverprøver fra noen andre fiskearter fra samme områder, for eksempel, hyse, sei og torsk. Det er for øvrig analysert kun samleprøver av makrell, og det er dermed umulig å vise spredningen i individdata.

Tabell 3.25. Nivåer av klorerte miljøgifter i makrell lever fra Nordsjøen ( $\mu\text{g}/\text{kg}$  våtvekt, nivå i samleprøven eller gjennomsnitt av samleprøver  $\pm$  standardavvik der mer enn en prøve er analysert).

År	Område	Antall lokaliteter	Antall individer	PCB7	$\Sigma\text{DDT}$	$\Sigma\text{HCH}$	HCB	TNC
2005	Egersundbanken	1	5x5	6,2 $\pm$ 2,7	2,1 $\pm$ 0,43	0,85 $\pm$ 0,04	0,85 $\pm$ 0,11	0,42 $\pm$ 0,07
	Tampen	1	5x5	13 $\pm$ 5,3	3,3 $\pm$ 0,98	0,54 $\pm$ 0,11	1,2 $\pm$ 0,23	0,65 $\pm$ 0,13
2008	Egersundbanken	1	5x5	7,5 $\pm$ 12,6	2,8 $\pm$ 2,4	0,35 $\pm$ 0,07	0,48 $\pm$ 0,11	0,26 $\pm$ 0,19
2010	Egersundbanken	1	1x25	9,4	6,4	0,30	0,79	1,1
	Tampen	1	1x25	5,7	3,0	0,59	0,64	*
2013	Egersundbanken	1	5x5	6,4 $\pm$ 3,4	3,7 $\pm$ 0,91	0,22 $\pm$ 0,06	0,45 $\pm$ 0,08	0,58 $\pm$ 0,22
	Tampen	1	5x5	4,6 $\pm$ 4,0	2,5 $\pm$ 1,75	0,24 $\pm$ 0,03	0,49 $\pm$ 0,15	0,52 $\pm$ 0,27

\* - ikke rapportert.

Nivåene i Nordsjøen ligger like lavt som i Norskehavet, og det er lite forskjell mellom Tampen-området og Egersundbanken. Nivåene varierer også ganske lite fra år til år, og med unntak av PCB7 som viser nedgang i nivåene i Tampen-området siden 2005, er det ingen antydning til noen vesentlige tidstrender (se figur 3.20). Nivåene i makrellever ligger for øvrig relativt likt det som ble funnet i makrellfilet i andre studier omtalt ovenfor, noe som strider sterkt med miljøgiftfordelingen funnet i andre studerte fiskearter, hvor konsentrasjonene i fiskelever er typisk mye høyere enn det man finner i fiskefilet. Fettinnholdet i leveren i lå som regel mellom 4 % og 10 %. Fiskelever kan derfor være mindre aktuell å måle på for organiske miljøgifter hos makrell enn hos andre fiskearter.



Figur 3.20. Gjennomsnittsnivåer av PCB7 (A) og  $\Sigma\text{DDT}$  (B) i makrellever fra Nordsjøen.

### 3.8.2. PBDE i makrellever

Det ble gjennomført målinger av PBDE i makrellever fra Norskehavet i 2011 og Nordsjøen i 2010 og 2013. Resultatene er vist i tabell 3.25. Nivåene ligger lavt og er under deteksjonsgren for flere målte komponenter.

Tabell 3.26. Nivåer av PBDE i makrellever fra Norskehavet og Nordsjøen ( $\mu\text{g}/\text{kg}$  våtvekt, gjennomsnitt  $\pm$  standardavvik).

År	Område	Antall lokaliteter	Antall individer	Sum 15 PBDE
2011	Norskehavet - vest for Møre	1	5x5	0,75 $\pm$ 0,19
	Sentrale Norskehavet	1	5x5	1,4 $\pm$ 1,2
2010	Nordsjøen - Egersundsbanken	1	1x25	5,6
	Nordsjøen - Tampen	1	1x25	0,12
2013	Nordsjøen - Egersundsbanken	1	5x5	2,4 $\pm$ 0,48
	Nordsjøen - Tampen	1	5x5	1,1 $\pm$ 0,85

### 3.9. Polartorsk



Polartorsk (*Boreogadus saida*)

**Maks størrelse:** 100 g og 25 cm

**Levetid:** 5 år

**Havområder:** Norskehavet, Barentshavet

#### 3.9.1. PCB og klorerte pesticider i polartorsk

Polartorsk ligger lavt i næringskjeden og har relativt kort levetid, som gjør at man kan forvente lavere nivåer av miljøgifter enn i noen andre fiskearter (se, for eksempel, Borgå et al., 2001). Det er tidligere rapportert nivåer i polartorsklever fra Barentshavet fra 1992-1993, i gjennomsnitt mellom 47 og 91 µg/kg våtvekt 13 PCB, 11-45 µg/kg våtvekt ΣDDT, 9-13 µg/kg våtvekt ΣHCH og 7-14 µg/kg våtvekt HCB (Stange & Klungsøyr, 1997). I andre studier på prøver av hel polartorsk fra Barentshavet ble det målt nivåer på 3 µg/kg våtvekt ΣPCB og 3 µg/kg våtvekt ΣDDT (Letchner et al., 2010). I prøver av polartorsklever fra Jan Mayen fra 1995-1996 ble det målt 9,4 µg/kg våtvekt HCB, 11 µg/kg våtvekt ΣHCH, 31 µg/kg våtvekt ΣDDT og 75 µg/kg våtvekt sum 33 PCB (AMAP, 2004).

Havforskningsinstituttet har analysert prøver av lever fra polartorsk fra Norskehavet i 1994 og fra Barentshavet i 1998 og 2003, samt muskelprøver fra Barentshavet i 1998 og hel polartorsk fra Barentshavet i 2009 og 2012. Resultatene er vist i tabell 3.27.

Tabell 3.27. Nivåer av klorerte miljøgifter i polartorsk fra Norskehavet og Barentshavet ( $\mu\text{g}/\text{kg}$  våtvekt, nivå i samleprøven eller gjennomsnitt  $\pm$  standardavvik der mer enn én prøve er analysert). Resultatene gjelder polartorsklever med mindre annet er angitt.

År	Område	Antall		PCB7	$\Sigma$ DDT	$\Sigma$ HCH	HCB	TNC
		lokaliteter	individer					
1994	Nordlige Norskehavet	1	2x5+9	22 $\pm$ 3,3	23 $\pm$ 3,7	9,4 $\pm$ 0,50	7,2 $\pm$ 0,65	12 $\pm$ 1,8
	Vest for Svalbard	1	3x5	60 $\pm$ 34	30 $\pm$ 5,8	12 $\pm$ 4,2	7,2 $\pm$ 1,7	14 $\pm$ 2,9
	Jan Mayen	2	5x5	59 $\pm$ 22	58 $\pm$ 20	7,3 $\pm$ 0,62	11 $\pm$ 3,4	22 $\pm$ 4,9
1998	BH vest	1	1x25	16	18	8,2	7,9	8,3
	Sentrale BH	1	1x25	16	18	7,5	4,3	6,5
		1	1x25*	1,5	0,52	0,50	0,19	0,16
2003	BH sør	1	5x5	20 $\pm$ 5,5	25 $\pm$ 6,9	3,3 $\pm$ 0,34	7,0 $\pm$ 0,97	9,9 $\pm$ 2,9
2009	BH nordøst	1	1x25**	1,6	1,9	0,97	1,7	0,83
	BH nordvest	1	1x25**	0,78	1,3	0,53	0,72	0,45
2012	Sentrale BH	1	1x25**	1,3	1,7	0,21	1,7	0,83

\* - muskelprøve; \*\* - helfisk.

Nivåene i polartorsk ligger rimelig lavt i alle prøver, og er i tilfellet PCB7 og  $\Sigma$ DDT omtrent like eller noe lavere enn det som var funnet i 1992-1993. De høyeste nivåene finner man i prøvene fra Jan Mayen og vest for Svalbard fra 1994, mens prøver fra forskjellige områder i Barentshavet ligger på et lavere nivå. Fra og med 2009 ble helfiskprøver analysert på grunn av lave prøvemengder lever. Nivåene ligger meget lavt, lavere enn det som ble rapportert i andre studier omtalt ovenfor. Det er ikke mulig å vurdere tidsutviklingen siden man ikke kan direkte sammenligne nivåer i leverprøver med nivåer i helfisk eller fiskemuskel, men tilgjengelige resultater fra forskjellige år er av samme størrelsesorden for samme prøvemateriale.

### 3.9.2. PBDE i polartorsk

Det ble gjennomført målinger av PBDE i hel polartorsk fra Barentshavet i 2012. Resultatene er vist i tabell 3.28. Nivåene ligger meget lavt og er i nærheten av deteksjonsgrense.

Tabell 3.28. Nivåer av PBDE i hel polartorsk fra Barentshavet ( $\mu\text{g}/\text{kg}$  våtvekt, gjennomsnitt).

År	Område	Antall lokaliteter	Antall individer	Sum 15 PBDE
2012	Sentrale BH	1	1x25	0,09

### 3.10. Sei



Sei (*Pollachius virens*)

**Maks størrelse:** 20 kg og 130 cm

**Levetid:** 30 år

**Havområder:** Norskehavet, Barentshavet, Nordsjøen

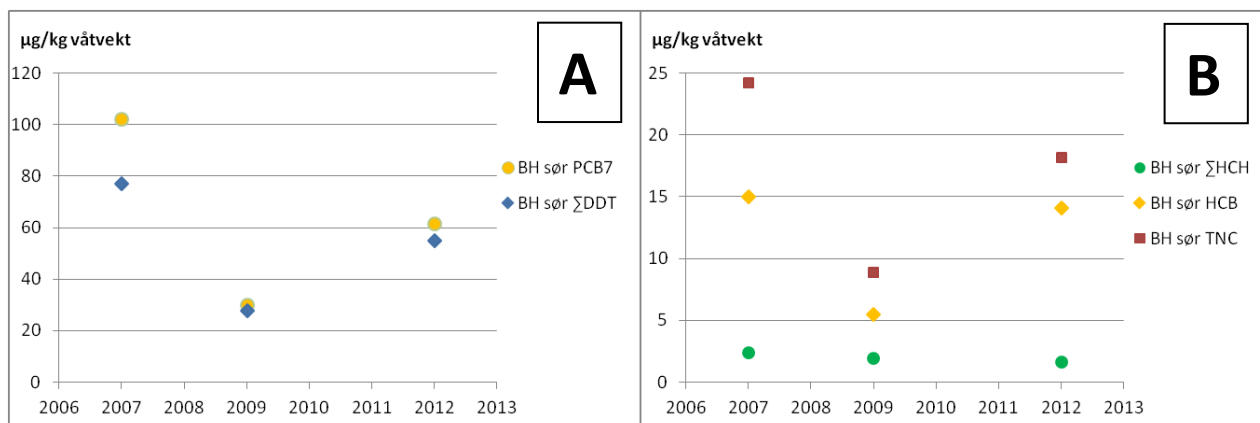
#### 3.10.1. PCB og klorerte pesticider i seilever

Sei er en av de viktigste kommersielle fiskeartene i norske havområder og er mer studert i forhold til miljøgiftnivåer. Det finnes to hovedbestander av sei i norske havområder, en i Nordsjøen og Skagerrak og en langs kysten i Norskehavet og Barentshavet, men sei er også kjent for å kunne vandre langt. En studie av klorerte og bromerte miljøgifter i sei og torsk fra kystnære områder i Nordsjøen, Norskehavet og Barentshavet har påvist mindre forskjell mellom prøver tatt ved forskjellige breddegrader av sei enn av torsk (Bustnes et al., 2012). En undersøkelse av PCB i seilever i alle norske havområder har påvist gjennomsnittnivåer av PCB7 på 159 µg/kg våtvekt i prøver fra Nordsjøen, 130 µg/kg våtvekt i prøver fra Norskehavet og 72 µg/kg våtvekt i prøver fra Barentshavet; flere av prøvene overskred EU-grensen på 200 µg/kg våtvekt for PCB6, fra 3 % av prøvene i Barentshavet opptil 32 % i kystsonen i Nordsjøen (Nilsen et al., 2013a; Nilsen et al., 2013b). En tidligere studie har påvist gjennomsnittnivåer i seimuskel fra Norskehavet og Barentshavet på mellom 0,7 og 1,9 µg/kg våtvekt PCB7, mellom 0,24 og 0,65 µg/kg våtvekt HCB, opptil 0,4 µg/kg våtvekt ΣHCH og mellom 0,33 og 2,3 µg/kg våtvekt ΣDDT (Julshamn et al., 2004). Studier av seilever fra Jan Mayen-området i Norskehavet har påvist nivåer av 8,4 µg/kg våtvekt HCB, 10,5 µg/kg våtvekt ΣHCH, 24 µg/kg våtvekt ΣDDT og 63 µg/kg våtvekt sum 33 PCB (AMAP, 2004).

Havforskningsinstituttet har analysert prøver av seilever fra Barentshavet i 2007, 2009 og 2012, fra Norskehavet i 2004, 2011 og 2014, og fra Nordsjøen i 2005, 2008, 2010 og 2013. Resultatene er presentert i tabellene 3.29, 3.30 og 3.31, tidstrendene er vist i figurene 3.21 og 3.24, mens spredningen i nivåene for enkeltindivider er vist i figurene 3.22, 3.23 og 3.25.

Tabell 3.29. Nivåer av klorerte miljøgifter i seilever fra Barentshavet ( $\mu\text{g}/\text{kg}$  våtvekt, gjennomsnitt  $\pm$  standardavvik).

År	Område	Antall lokaliteter	Antall individer	PCB7	$\Sigma\text{DDT}$	$\Sigma\text{HCH}$	HCB	TNC
2007	BH sør	5	25	102 $\pm$ 16	77 $\pm$ 22	2,4 $\pm$ 0,30	15 $\pm$ 4,5	24 $\pm$ 8,4
2009	BH sør	2	23	30 $\pm$ 18	28 $\pm$ 17	1,9 $\pm$ 0,63	5,5 $\pm$ 2,1	8,9 $\pm$ 5,5
2012	BH sør	1	21	62 $\pm$ 16	55 $\pm$ 15	1,7 $\pm$ 0,40	14 $\pm$ 6,4	18 $\pm$ 5,8

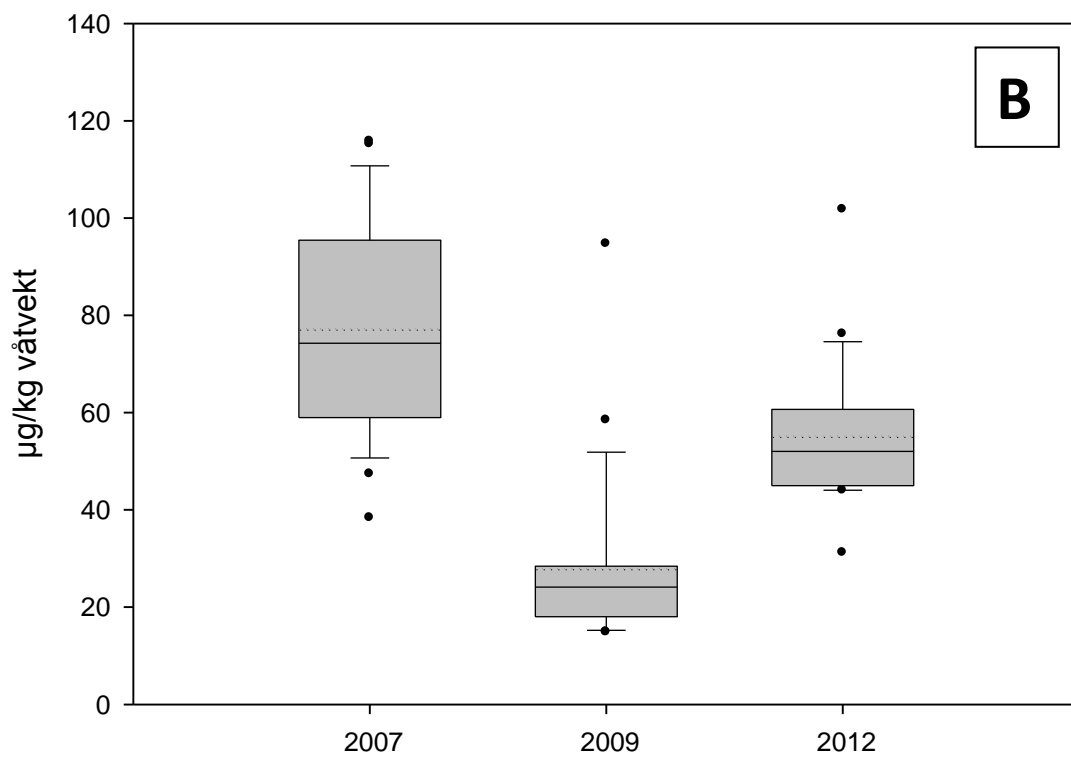
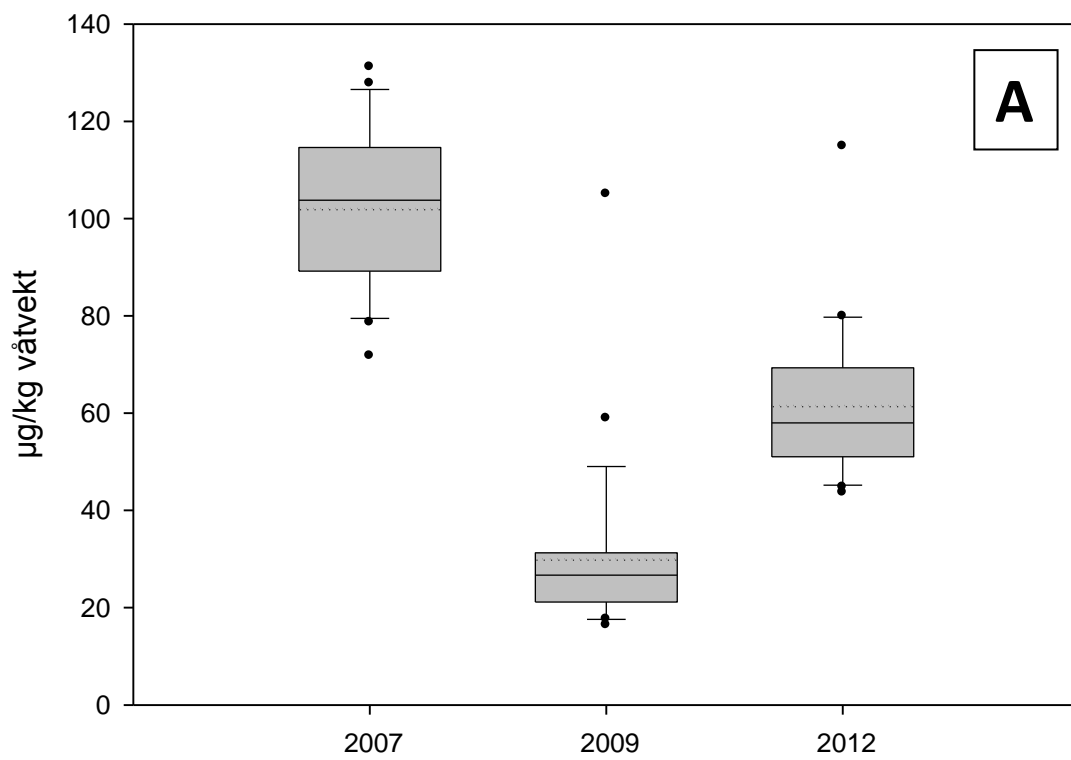


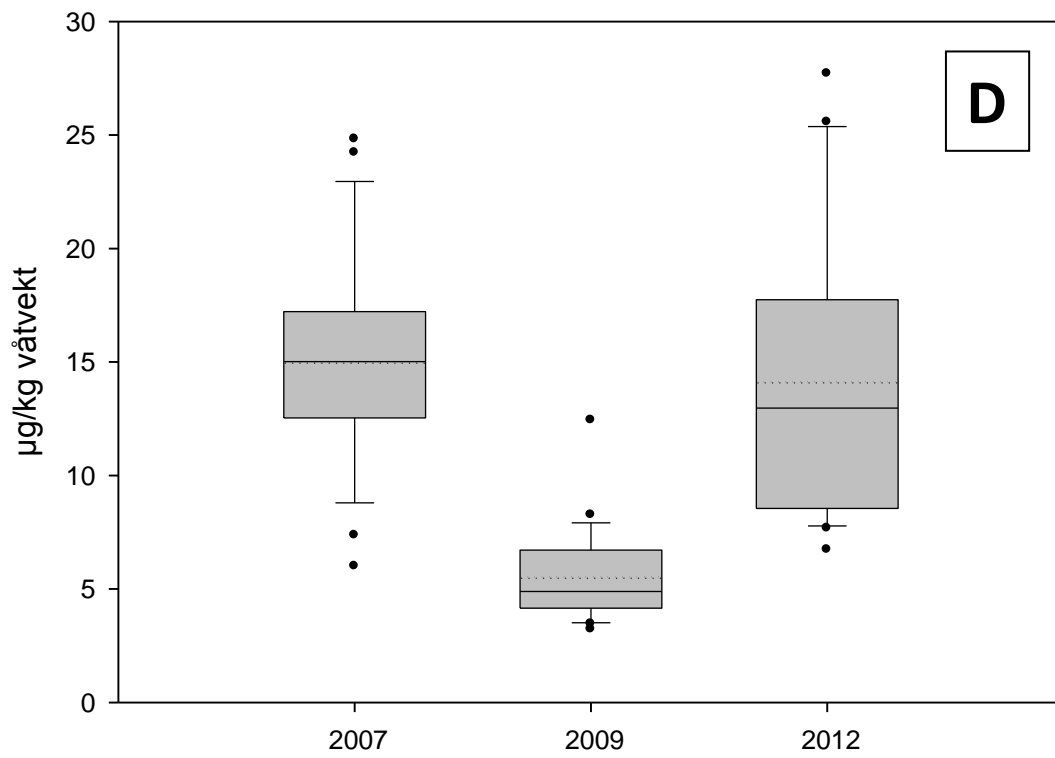
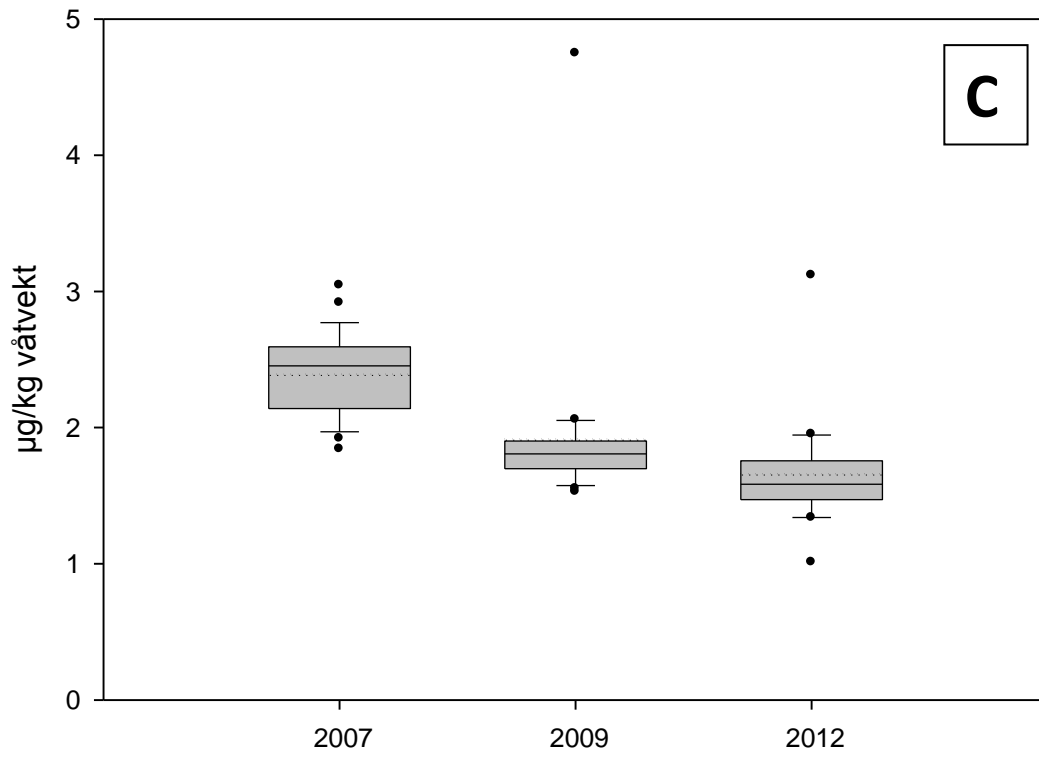
Figur 3.21. Gjenomsnittsnivåer av PCB7 og  $\Sigma\text{DDT}$  (A) og  $\Sigma\text{HCH}$ , HCB og TNC (B) i seilever fra sørlige Barentshavet.

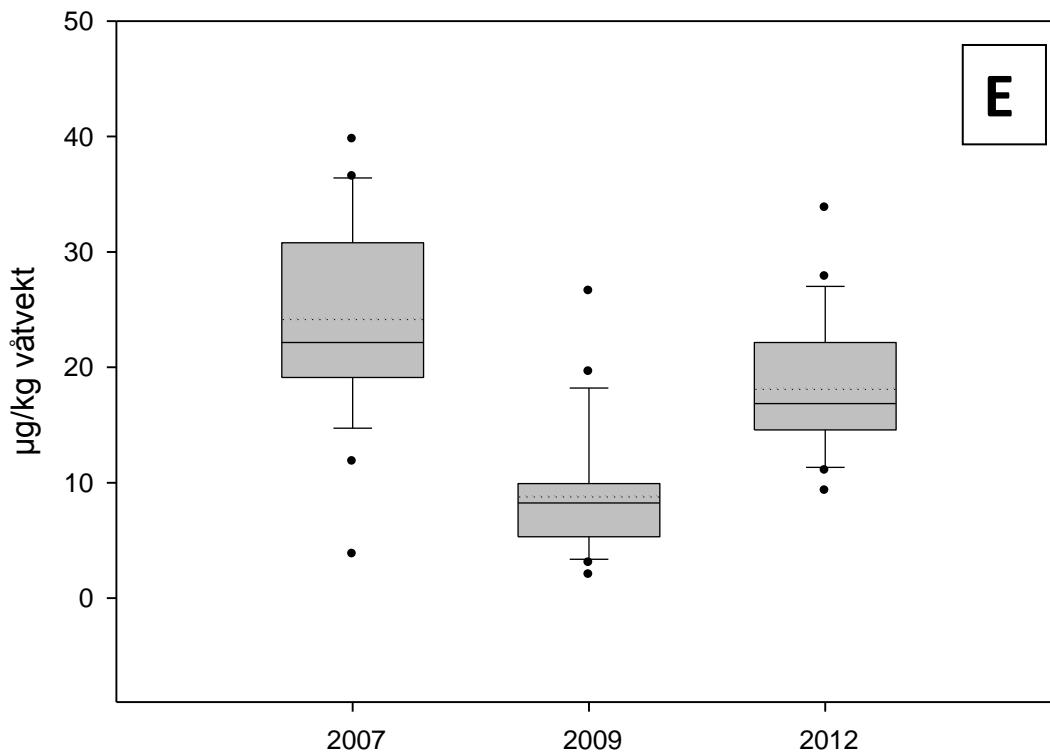
Den tilgjengelige tidsserien for seilever i Barentshavet er ikke lang. For de årene som man har data for, gjentar tidsutviklingen samme tidstrender som ble funnet for hyse i samme område og for samme år, ved at nivåene er høyest i 2007 og lavest i 2009 for alle stoffgrupper (unntatt  $\Sigma\text{HCH}$  som ligger meget lavt i alle prøver). De relativt høye nivåer av PCB7 og  $\Sigma\text{DDT}$  som man finner i 2007 kan sammenlignes med nivåene funnet i andre studier omtalt ovenfor, samt med nivåene funnet her i enkelte andre fiskearter fra Barentshavet, som hyse.

Spredningen i nivåene, vist i figur 3.22, er ikke stor. De maksimale nivåene er ikke mye høyere enn snittnivåer, og overskrider verken EU-grense for PCB6 eller Miljødirektoratets grense for torskellevers tilstandsklasse I (ubetydelig – lite forurenset) for alle stoffgrupper unntatt HCB. For HCB havner de maksimale nivåene i klasse II (moderat forurenset) både i 2007 og i 2012. Det er for øvrig ingen sammenheng mellom nivåene og vekten på fisk eller på leveren for fisk av gjennomsnittlig størrelse, men i 2009 fikk vi to individer med ca. 10 ganger større vekt og levervekt enn for resten av fisken i det året. Disse to individene hadde også høyeste nivåer av miljøgifter funnet i 2009. Alderen til disse to individene ble bestemt til 8 og 10 år, mens resten av fisken var typisk mellom 2 og 5 år gammel (aldersbestemmelse ble utført kun i 2009).









Figur 3.22. Klorerte miljøgifter i seilever fra Barentshavet. A: PCB7. B:  $\Sigma$ DDT. C:  $\Sigma$ HCH. D: HCB. E: TNC.

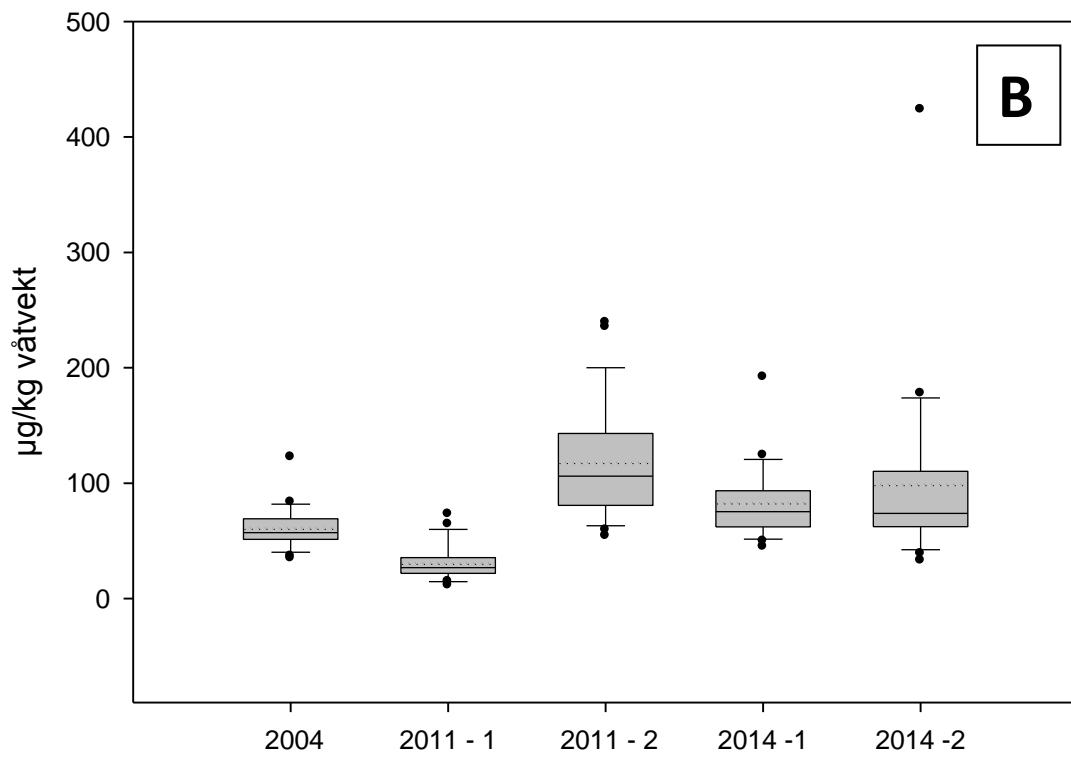
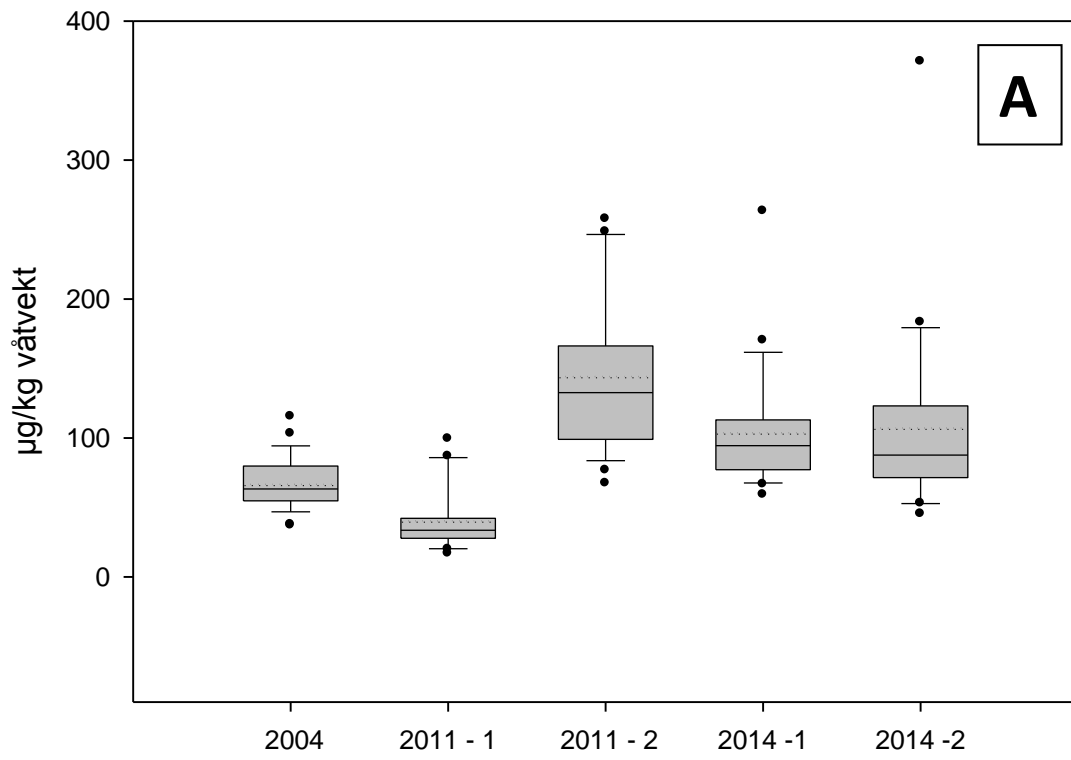
Forskjellene funnet for norskehavsprøver (se tabell 3.30) er tydelig geografisk betinget. Mens det er veldig lite forskjell mellom resultatene fra tre prøvetakinger foretatt på Haltenbanken i 2011 og 2014, ligger disse markant høyere enn nivåene funnet nord for kysten av Troms eller på Vesterålsbankene i 2004 og 2011. Nivåene på Haltenbanken ligger høyere eller like høyt som de høyeste nivåene funnet i Barentshavet (i 2007), mens nivåer i de nordlige delene av Norskehavet ligger lavere.

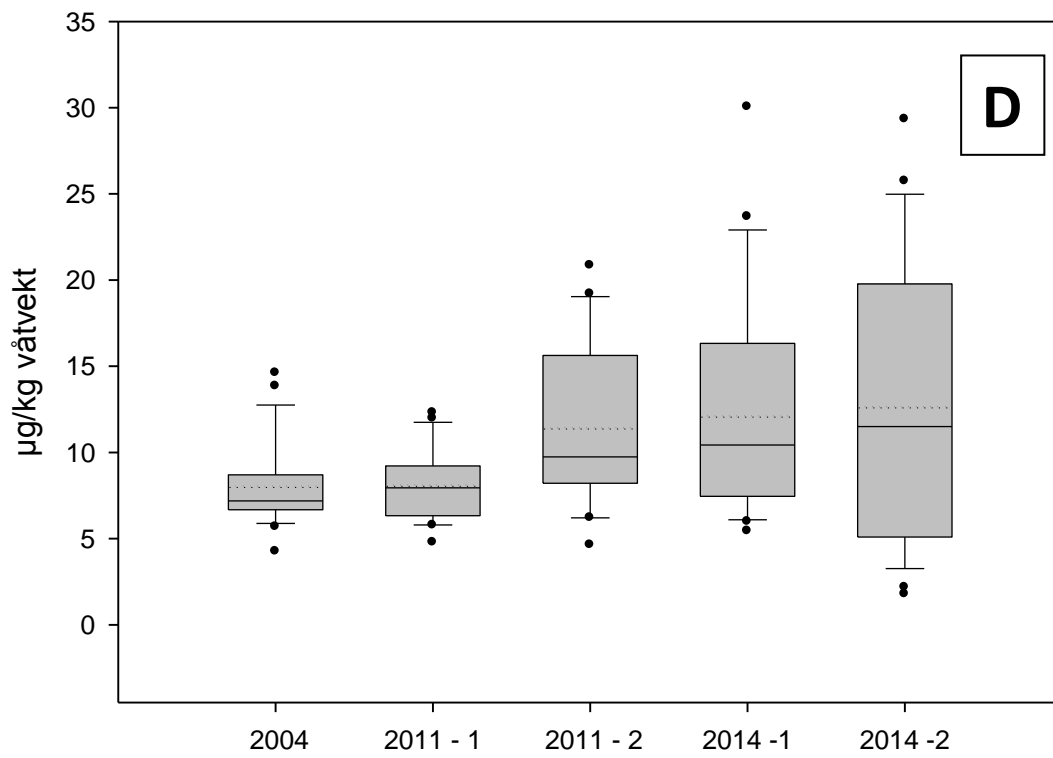
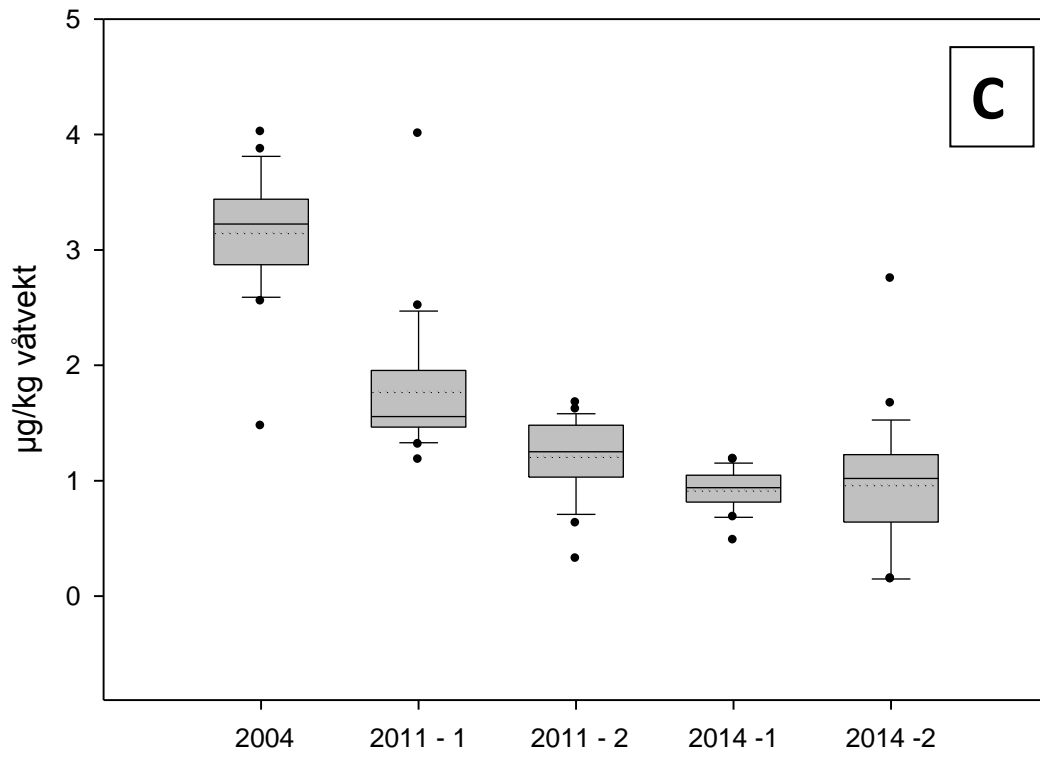
Tabell 3.30. Nivåer av klorerte miljøgifter i seilever fra Norskehavet ( $\mu\text{g}/\text{kg}$  våtvekt, gjennomsnitt  $\pm$  standardavvik).

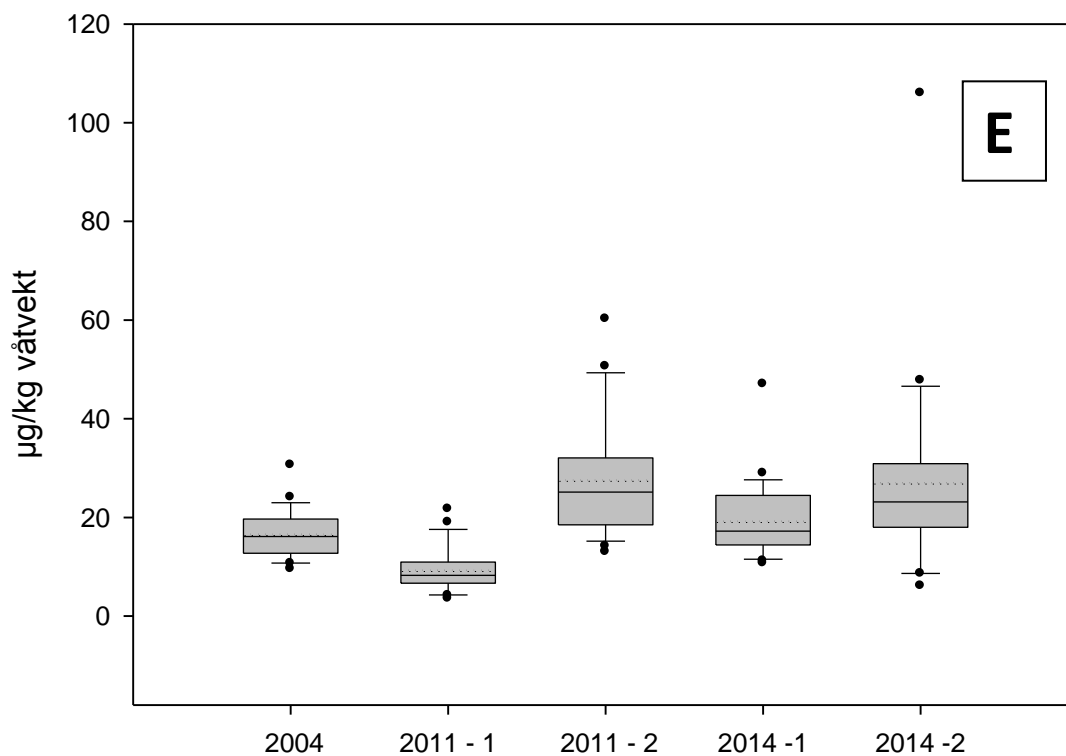
År	Område	Antall lokaliteter	Antall individer	PCB7	$\Sigma$ DDT	$\Sigma$ HCH	HCB	TNC
2004	Nord for kysten av Troms	2	25	67 $\pm$ 19	61 $\pm$ 18	3,2 $\pm$ 0,53	8,1 $\pm$ 2,4	17 $\pm$ 4,9
2011	Vesterålsbankene	1	21	40 $\pm$ 22	31 $\pm$ 15	1,8 $\pm$ 0,61	8,1 $\pm$ 2,1	9,3 $\pm$ 4,4
	Haltenbanken	2	25	144 $\pm$ 54	118 $\pm$ 49	1,2 $\pm$ 0,32	11 $\pm$ 4,5	28 $\pm$ 12
2014	Haltenbanken	4	23	104 $\pm$ 44	83 $\pm$ 31	0,92 $\pm$ 0,18	12 $\pm$ 6,5	19 $\pm$ 7,9
	Haltenbanken	6	25	107 $\pm$ 66	99 $\pm$ 78	1,0 $\pm$ 0,57	13 $\pm$ 8,1	27 $\pm$ 20

Geografiske forskjeller mellom områdene gjør det umulig å bygge tidstrender for miljøgifter i seilever fra Norskehavet, siden det ikke ble samlet inn prøver fra samme område gjennom mange nok år. Spredningen i nivåene, vist i figur 3.23, er liten for prøver fra Vesterålsbankene og nord for kysten av Troms, men er mer betydelig for prøvene fra Haltenbanken.

De maksimale nivåene funnet i enkelte individer på Haltenbanken ved hver prøvetaking overskrider EU-grensen for trygg sjømat på 200 µg/kg våtvekt PCB6 i fiskelever, og i noen tilfeller også grensen for Miljødirektoratets klasse II (moderat forurenset) for  $\Sigma$ DDT og HCB. Det er ikke funnet noe sammenheng mellom fiskens størrelse/vekt eller vekten på leveren og nivåene. Aldersdateringen utført på fisken i 2011 viser alder mellom 4 og 6 år for de fleste individene fra Haltenbanken, og 7 og 8 år for to individer som imidlertid ikke peker seg ut verken i forhold til størrelsen på fisk eller lever, eller nivåene. Fisken fra Vesterålsbankene samlet i 2011 var mellom 2 og 5 år gammel.





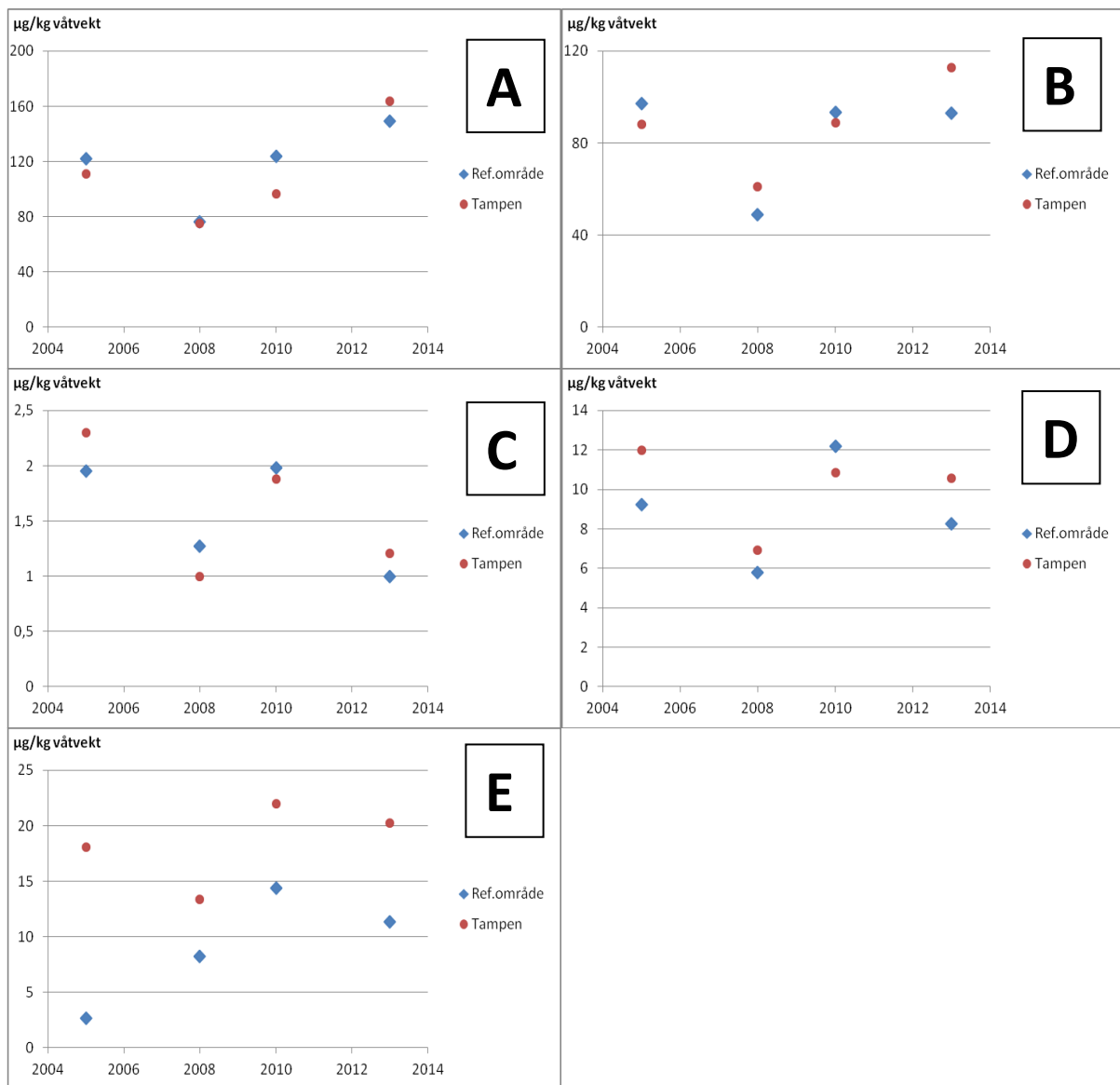


Figur 3.23. Klorerte miljøgifter i seilever fra Norskehavet. 2004: Nord for kysten av Troms. 2011-1: Vesterålsbankene. 2011-2, 2014-1 og 2014-2: Haltenbanken. A: PCB7. B:  $\Sigma$ DDT. C:  $\Sigma$ HCH. D: HCB. E: TNC.

Nivåene i seilever fra Nordsjøen er vist i tabell 3.31 og tidstrendene er vist i figur 3.24. Nivåene er relativt høye, men kan sammenlignes med det man finner i seilever fra Haltenbanken.

Tabell 3.31. Nivåer av klorerte miljøgifter i seilever fra Nordsjøen ( $\mu\text{g}/\text{kg}$  våtvekt, gjennomsnitt  $\pm$  standardavvik).

År	Område	Antall		PCB7	$\Sigma$ DDT	$\Sigma$ HCH	HCB	TNC
		lokaliteter	individer					
2005	Egersundbanken	2	25	122 $\pm$ 47	97 $\pm$ 58	2,0 $\pm$ 0,44	9,2 $\pm$ 2,4	2,7 $\pm$ 10
	Tampen	2	25	111 $\pm$ 46	88 $\pm$ 38	2,3 $\pm$ 0,27	12 $\pm$ 1,7	18 $\pm$ 6,7
2008	Egersundbanken	2	25	76 $\pm$ 27	49 $\pm$ 17	1,3 $\pm$ 0,16	5,8 $\pm$ 1,3	8,2 $\pm$ 3,1
	Tampen	3	25	75 $\pm$ 27	61 $\pm$ 18	1,0 $\pm$ 0,30	6,9 $\pm$ 3,3	13 $\pm$ 4,2
2010	Egersundbanken	1	25	124 $\pm$ 38	93 $\pm$ 24	2,0 $\pm$ 0,15	12 $\pm$ 2,2	14 $\pm$ 3,8
	Tampen	4	25	96 $\pm$ 79	89 $\pm$ 65	1,9 $\pm$ 0,38	11 $\pm$ 2,5	22 $\pm$ 14
2013	Egersundbanken	2	25	149 $\pm$ 293	93 $\pm$ 172	0,99 $\pm$ 0,30	8,3 $\pm$ 4,5	11 $\pm$ 20
	Tampen	1	23	164 $\pm$ 89	113 $\pm$ 64	1,2 $\pm$ 0,39	11 $\pm$ 3,6	20 $\pm$ 9,9



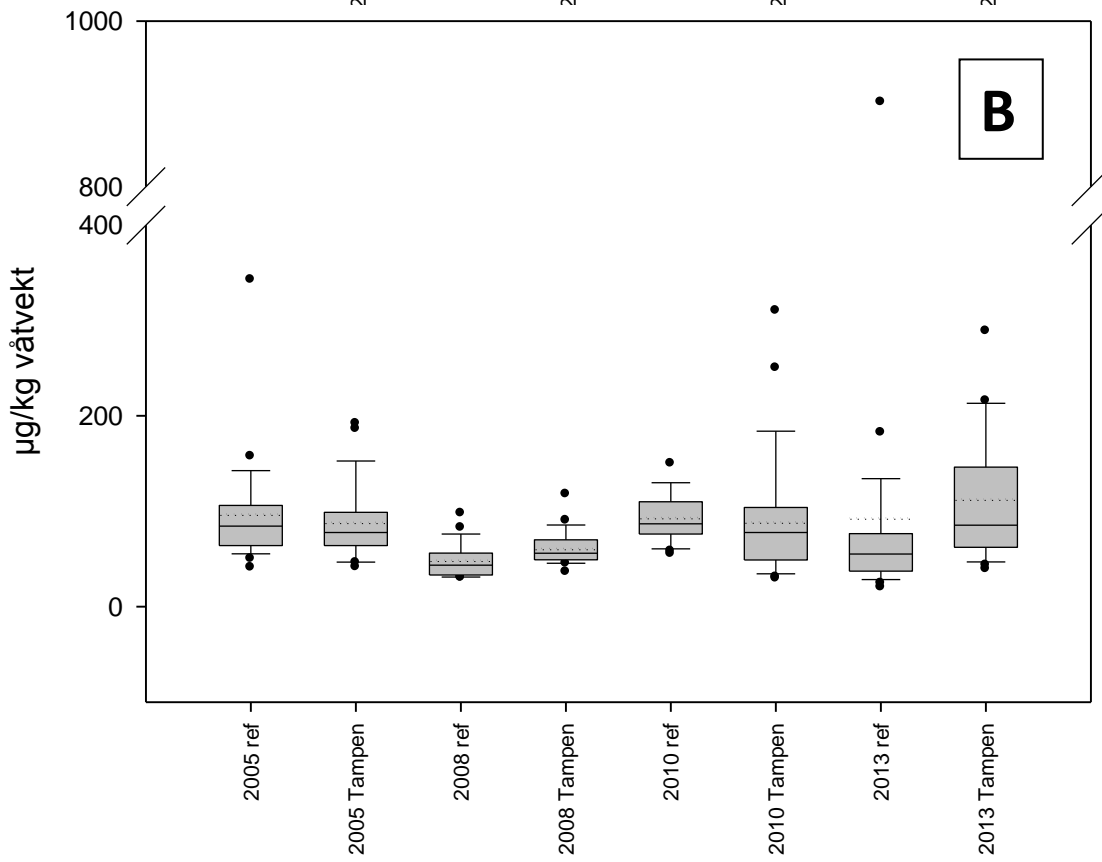
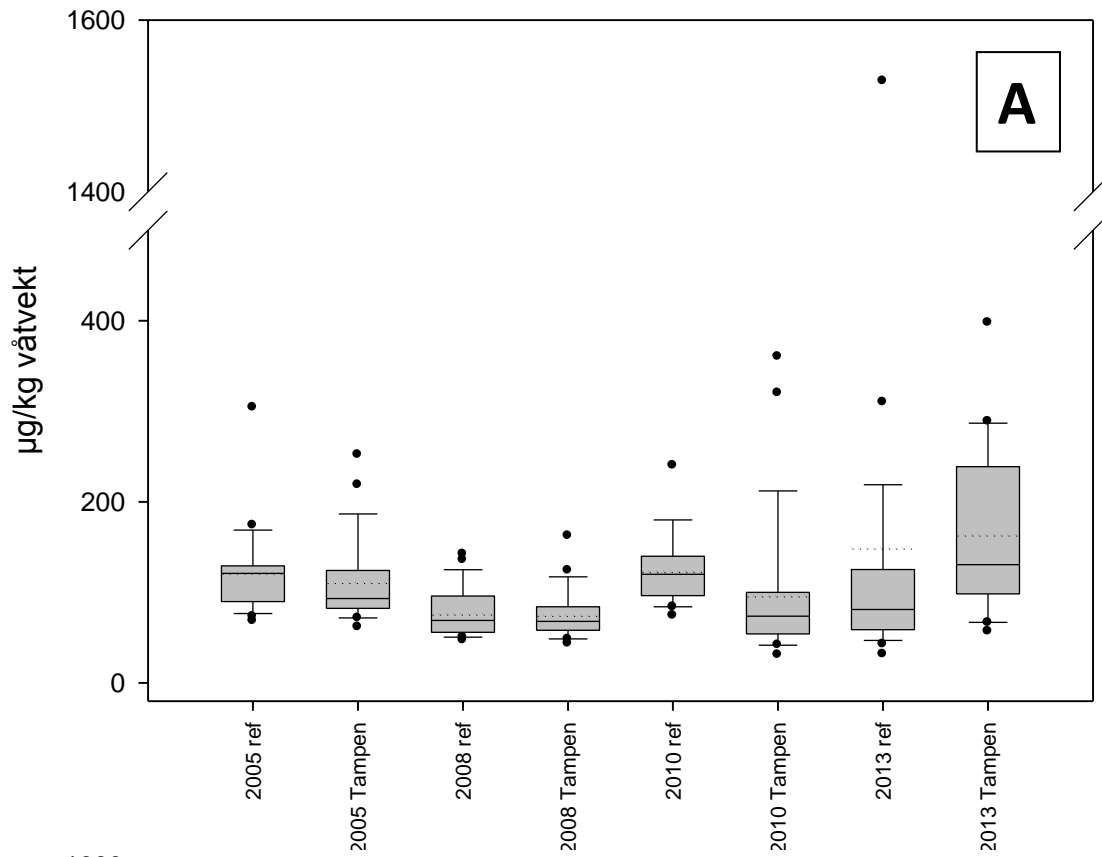
Figur 3.24. Gjenomsnittsnivåer av PCB7 (A),  $\Sigma$ DDT (B),  $\Sigma$ HCH (C), HCB (D) og TNC (E) i seilever fra Nordsjøen.

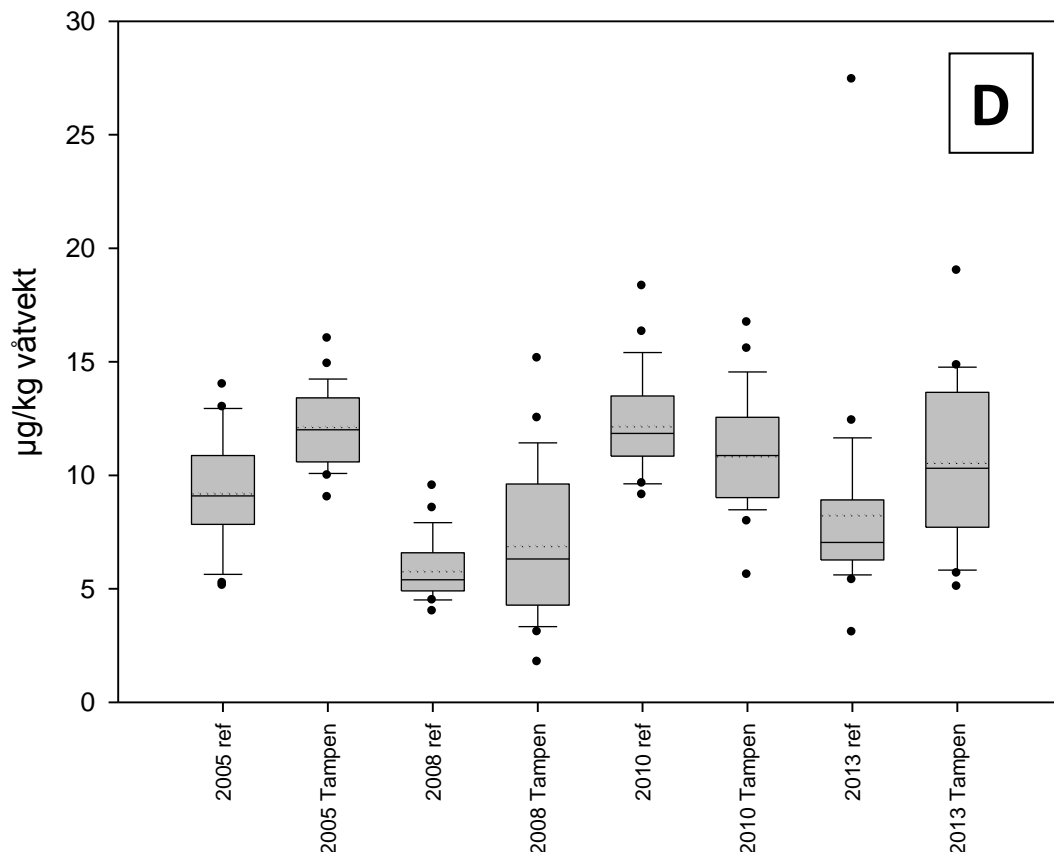
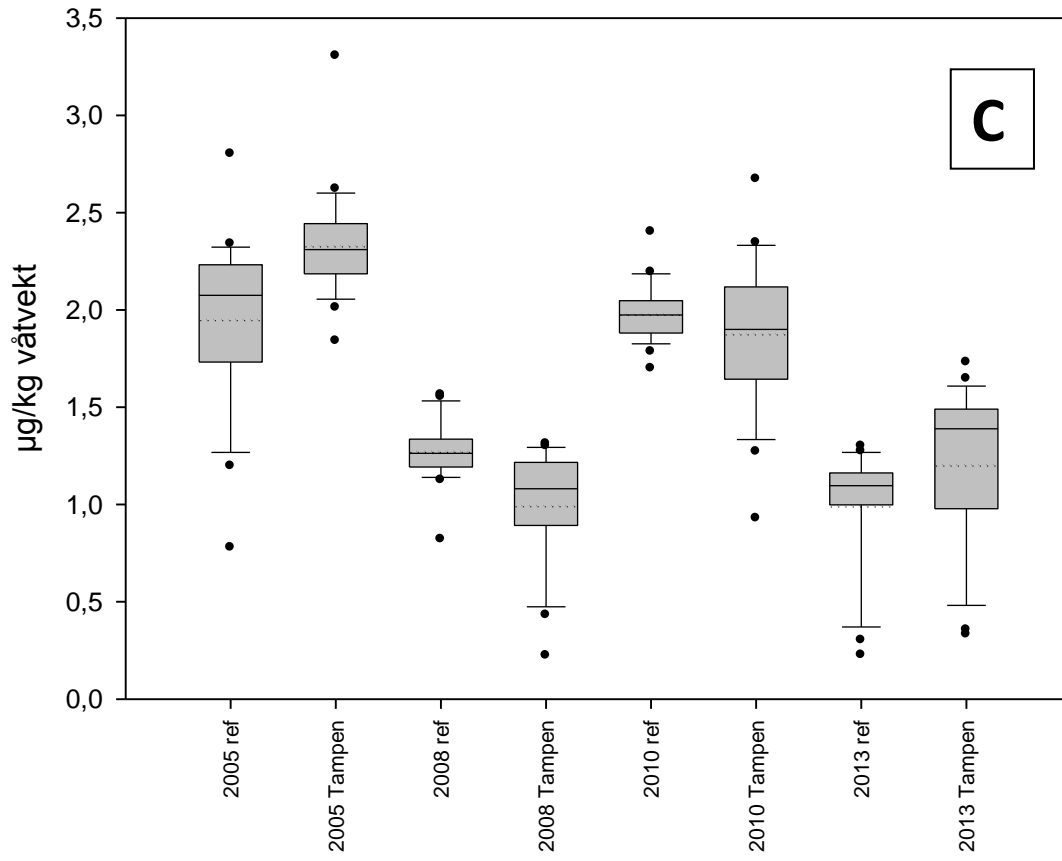
Som vist i figur 3.24, er det lite forskjell mellom Tampen og Egersundbanken, bortsett fra TNC som viser høyere nivåer i sei fra Tampen enn fra Egersundbanken, spesielt i 2005. For andre stoffgrupper er nivåene i sei fra de to områdene ganske like og viser ingen åpenbar tidstrend.

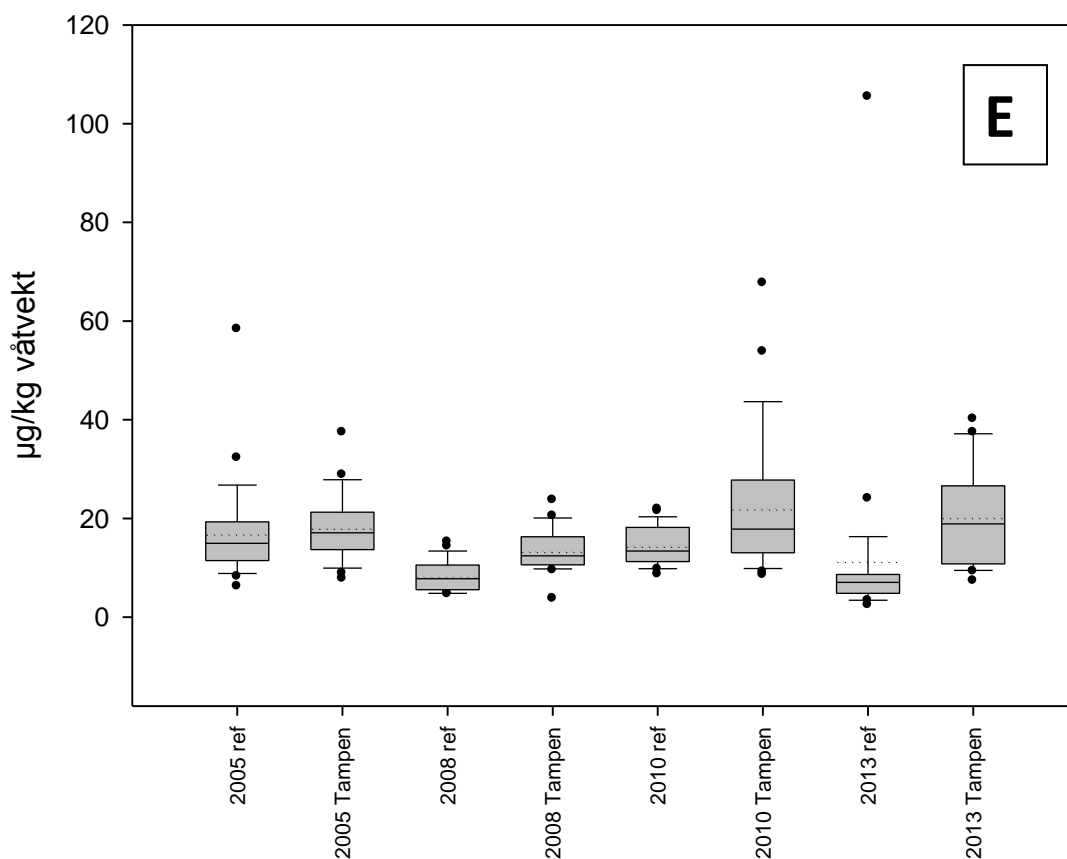
Spredningen i nivåene er vist i figur 3.25 nedenfor. Mens den ikke er dramatisk i de fleste tilfeller, bortsett fra sei fra Egersundbanken i 2013 (omtalt videre), er de maksimale nivåene relativt høye. I flere tilfeller overskrides EU-grensen for mattrygghet på 200  $\mu\text{g}/\text{kg}$  våtvekt PCB6, både i sei fra Tampen og fra Egersundbanken. Nivåer av PCB7 ligger likevel i Miljødirektoratets klasse I, "ubetydelig – lite forurenset", med unntak av én prøve fra referanseområdet 2013. De maksimale nivåene av  $\Sigma$ DDT overskrider Miljødirektoratets grense for klasse II, "moderat forurenset", i flere tilfeller, og det høyeste nivået er funnet i ett individ fra referanseområdet i 2013 som havner i Miljødirektoratets klasse III, "markert forurenset" (tilstandsklassene er utarbeidet for torskelever). Det er kun den ene sistnevnte prøven fra 2013 som også viser nivåer av HCB i tilstandsklasse II, mens nivåer av  $\Sigma$ HCH ligger lavt eller veldig lavt i alle prøver.



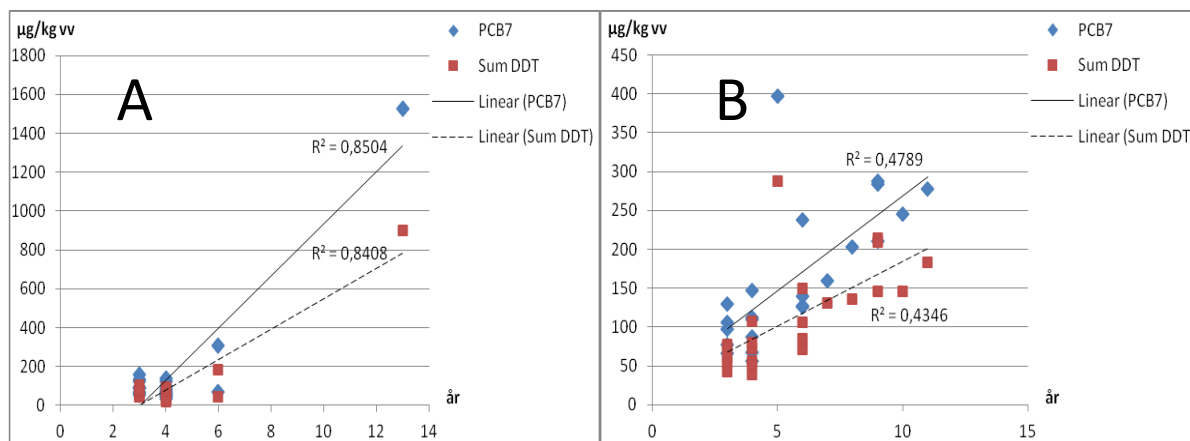
Som for fisk fra andre havområder, er det ikke en sterk sammenheng mellom størrelsen på fisk og nivåene. Det er noe bedre sammenheng med alderen (vist i plott i figur 3.26). De høyeste nivåene av PCB7,  $\Sigma$ DDT, HCB og TNC i referanseområdet ble funnet i 2013 i et individ på 9,55 kg som var 13 år gammel (se figur 3.26-A). Dette er mye større og eldre fisk enn det man pleier å analysere (som oftest under 3 kg og mellom 2-6 år gammel for sei), og nivåene var mye høyere enn vanlig (særlig høyt for PCB7, 1529  $\mu\text{g}/\text{kg}$  våtvekt, tilsvarende Miljødirektoratets tilstandsklasse III (markert forurenset) utarbeidet for torskelever). Samme år ble det analysert to individer som var 10 og 11 år gamle fra Tampen-området (figur 3.26-B), på hhv. på 7,9 og 5,9 kg. Nivåene i lever fra disse fiskene var mye lavere, og var ikke de høyeste i sin gruppe av prøver.







Figur 3.25. Klorerte miljøgifter i seilever fra Nordsjøen. A: PCB7. B:  $\sum$ DDT. C:  $\sum$ HCH. D: HCB. E: TNC.



Figur 3.26. Nivåer av PCB7 og  $\sum$ DDT i seilever fra Nordsjøen i forhold til fiskens alder. A: Egersundbanken 2013; B: Tampen 2013.

### 3.10.2. PBDE i seilever

Det ble gjennomført målinger av PBDE i seilever fra Barentshavet i 2009 og 2012, Norskehavet i 2011 og Nordsjøen i 2010 og 2013. Resultatene er vist i tabell 3.32.

Tabell 3.32. Nivåer av PBDE i seilever fra Barentshavet, Norskehavet og Nordsjøen ( $\mu\text{g}/\text{kg}$  våtvekt, gjennomsnitt  $\pm$  standardavvik).

År	Område	Antall lokaliteter	Antall individer	Sum 15 PBDE
2009	BH sør	2	23	5,0 $\pm$ 4,1
2012	BH sør	1	21	8,7 $\pm$ 2,1
2011	Norskehavet - Vesterålsbankene	1	21	2,5 $\pm$ 1,2
	Norskehavet – Haltenbanken	1	25	10 $\pm$ 4,6
2010	Nordsjøen - Ref.område	1	25	42 $\pm$ 11
	Nordsjøen - Tampen	4	25	28 $\pm$ 24
2013	Nordsjøen - Ref.område	2	25	22 $\pm$ 37
	Nordsjøen - Tampen	1	23	32 $\pm$ 21

Nivåene i Barentshavet ligger relativt lavt, men noe høyere enn i mange andre fiskearter. I Norskehavet er de høyeste nivåene funnet på Haltenbanken, og kan sammenlignes med det man finner hos noen andre arter, som hyse og uer. I Nordsjøen ligger nivåene høyest av alle områder, og er av samme størrelsesorden som nivåene man finner i torsk og hyse. Det høyeste nivået på 190  $\mu\text{g}/\text{kg}$  våtvekt. Sum 15 PBDE finner man i det største og eldste individet fra referanseområdet fra 2013, som det også ble funnet forhøyete nivåer av PCB og klorerte pesticider i. Den klart dominerende kongeneren man finner i denne prøven med høy forurensning, er BDE47.

### 3.10.3. PAH i sei

Det ble gjennomført målinger av PAH i seilever og seimuskel fra Nordsjøen i 2008. Målingene ble utført i Tampen-området samt i referanseområde i forbindelse med et utslipp av olje (4400 m<sup>3</sup>) ved Statfjord-feltet i desember 2007 (Grøsvik et al., 2008). Resultatene er vist i tabell 3.33. Alle nivåer i muskelprøvene ligger under målegrensen, mens det i leverprøvene fra Tampen-området ble funnet nivåer av oljerelaterte PAH (NPD) over målegrensen. Også disse nivåene var lave, og gjenspeiler hurtig metabolisme av PAH i fisk, noe som fører til lave nivåer i alle fiskevev når det ikke skjer akutt høy eksponering til PAH-forurensning.

Tabell 3.33. Nivåer av PAH i sei fra Nordsjøen ( $\mu\text{g}/\text{kg}$  våtvekt, gjennomsnitt  $\pm$  standardavvik. LOQ PAH16 i lever: 41  $\mu\text{g}/\text{kg}$  våtvekt; LOQ PAH16 i muskel: 17  $\mu\text{g}/\text{kg}$  våtvekt; LOQ NPD i lever: 32  $\mu\text{g}/\text{kg}$  våtvekt; LOQ NPD i muskel: 19  $\mu\text{g}/\text{kg}$  våtvekt).

År	Område	Antall lokaliteter	Antall individer	NPD	PAH16
<i>Lever</i>					
2008	Tampen	2	24	37 $\pm$ 34	<LOQ
	Ref.område	5	26	53 $\pm$ 36	<LOQ
<i>Muskel</i>					
2008	Tampen	1	22	<LOQ	<LOQ
	Ref.område	1	25	<LOQ	<LOQ

### 3.11. Sild



Sild (*Clupea harengus* L.)

**Maks størrelse:** 500 g og 40 cm

**Levetid:** 25 år

**Havområder:** Norskehavet, Barentshavet, Nordsjøen

#### 3.11.1. PCB og klorerte pesticider i sildelever

Nordatlantisk sild er en av de mest utbredte fiskeartene i verden. Det finnes imidlertid få studier av miljøgifter i sildelever fra norske havområder. Sild er en relativt fettrik fisk, og det er en god del studier av nivåene i muskel. En undersøkelse av norsk vårgytende sild i Norskehavet har påvist nivåer av i gjennomsnitt 5,0 µg/kg våtvekt PCB7 i sildemuskel i 2006-2007 (Frantzen et al., 2009). En tilsvarende undersøkelse av nordsjøsild i 2009-2010 har påvist gjennomsnittsnivåer PCB7 på 30 µg/kg våtvekt i sildemuskel (Duinker et al., 2013). En tidligere studie har påvist gjennomsnittsnivåer i sildemuskel fra flere områder i Norskehavet og Nordsjøen i perioden 1995-2001 på mellom under deteksjonsgrensen og 12,7 µg/kg våtvekt PCB7, mellom 0,59 og 1,8 µg/kg våtvekt HCB, mellom 10 og 17 µg/kg våtvekt ΣDDT og alt under deteksjonsgrense for ΣHCH (Julshamn et al., 2004). Det ble også rapportert vesentlige sesongvariasjoner i muskelvevet av norsk vårgytende sild fra Norskehavet, der det bl.a. ble funnet en halvering i snittnivåene av PCB7 fra januar-februar til april-juni (etter gyting), mens nivåene om høsten bare var litt lavere enn i januar-februar (Frantzen et al., 2011).

Havforskningsinstituttet har analysert sild fra Barentshavet i 1998, 2009 og 2012, fra Norskehavet i 2011 og Nordsjøen i 2005, 2008, 2010 og 2013. Resultatene er vist i tabellene 3.34 og 3.35.

Tabell 3.34. Nivåer av klorerte miljøgifter i sild fra Norskehavet og Barentshavet ( $\mu\text{g}/\text{kg}$  våtvekt, nivå i samleprøven eller gjennomsnitt av samleprøver  $\pm$  standardavvik der mer enn en prøve er analysert). Resultatene gjelder sildelever med mindre annet er angitt.

År	Område	Antall		PCB7	$\Sigma\text{DDT}$	$\Sigma\text{HCH}$	HCB	TNC
		lokaliteter	individer					
2011	Vest for Møre	1	5x5	13 $\pm$ 3,3	7,9 $\pm$ 1,9	0,07 $\pm$ 0,03	0,79 $\pm$ 0,09	1,8 $\pm$ 0,16
	NH nord	1	5x5	3,6 $\pm$ 0,66	2,7 $\pm$ 0,59	0,11 $\pm$ 0,04	0,76 $\pm$ 0,09	0,88 $\pm$ 0,20
1998	BH vest	1	1x25	2,5	3,0	1,8	0,73	0,44
			1x25*	3,6	1,3	0,41	0,57	0,27
	BH sørøst	1	1x25	2,4	1,7	1,3	0,46	0,36
			1x25*	4,3	1,6	0,62	0,51	0,39
2009	BH sørøst	1	1x25**	1,5	1,7	0,99	1,7	0,68
2012	BH sør	1	5x5	1,1 $\pm$ 0,36	0,77 $\pm$ 0,13	0,13 $\pm$ 0,04	0,37 $\pm$ 0,02	0,21 $\pm$ 0,02

\* - muskelprøve; \*\* - helfisk.

Nivåer av klorerte miljøgifter i sild fra Norskehavet og Barentshavet ligger relativt lavt og kan sammenlignes med det man finner i makrell. De høyeste nivåene av PCB7,  $\Sigma\text{DDT}$  og TNC finner man i Norskehavet vest for Mørkekysten (2011-prøvetaking), mens nivåer av  $\Sigma\text{HCH}$  er høyere noen steder i Barentshavet. Nivåer av HCB ligger omtrent likt overalt. I tillegg til leverprøver, ble det i 1998 også analysert muskelprøver av sild fra Barentshavet. I 2009 ble det kun analysert hel fisk. Det som er spesielt med sild er at nivåene funnet i muskel og helfiskprøvene ligger på omtrent likt nivå med leverprøver fra samme områder. Dette gjenspeiler høyt fettinnhold i sildemuskel, som i prøvene fra 1998 i Barentshavet var på ca. 8,5 %, mens fettinnhold i leverprøvene varierte mellom ca. 2,5 % og 4,1 % i norskehavsprøver, mellom ca. 7 % og ca. 14 % i barentshavsprøver og i helfiskprøver fra Barentshavet mellom ca. 15 % og ca. 16 % (alt i samleprøver). Alle nivåene i sildemuskel ligger for øvrig i tilstandsklasse I (ubetydelig – lite forurenset), utarbeidet av Miljødirektoratet for sildemuskel (se tabell 1.1).

Tabell 3.35. Nivåer av klorerte miljøgifter i sildelever fra Nordsjøen ( $\mu\text{g}/\text{kg}$  våtvekt, nivå i samleprøven eller gjennomsnitt av samleprøver  $\pm$  standardavvik der mer enn en prøve er analysert).

År	Område	Antall		PCB7	$\Sigma\text{DDT}$	$\Sigma\text{HCH}$	HCB	TNC
		lokaliteter	individer					
2005	Egersundbanken	1	1x25	6,6	4,2	0,32	0,83	0,74
	Tampen	4	1x25	8,0	5,2	0,30	1,1	*
2008	Egersundbanken	1	1x25	4,1	3,3	0,46	0,48	0,20
2010	Egersundbanken	1	1x25	11	8,9	0,68	1,0	0,84
	Tampen	1	1x25	4,9	3,6	0,30	0,58	0,75
2013	Egersundbanken	1	5x5	7,4 $\pm$ 1,8	3,8 $\pm$ 0,84	0,27 $\pm$ 0,04	0,49 $\pm$ 0,09	0,68 $\pm$ 0,12
	Tampen	1	5x5	6,4 $\pm$ 1,7	4,3 $\pm$ 1,1	0,52 $\pm$ 0,23	0,63 $\pm$ 0,15	0,70 $\pm$ 0,18

\* - ikke rapportert.

I nordsjøsilde finner man litt høyere nivåer enn i sild fra Barentshavet, men omtrent like nivåer som i Norskehavet. Det er ingen åpenbare tidstrender i nivåene, som ligger relativt stabilt i den undersøkte perioden 2005-2013. Det finnes heller ingen betydelig forskjell mellom prøvene fra Tampen og Egersundbanken. De høyeste nivåene av PCB7 og  $\Sigma\text{DDT}$  finner man i prøver fra

Egersundbanken fra 2010, men nivåene er relativt lave og kan sammenlignes med det som man finner i makrell fra samme områder.

### 3.11.2. PBDE i sildelever

Det ble gjennomført målinger av PBDE i sildelever fra Barentshavet i 2012, Norskehavet i 2011 og Nordsjøen i 2010 og 2013. Resultatene er vist i tabell 3.36.

Tabell 3.36. Nivåer av PBDE i sildelever fra Barentshavet, Norskehavet og Nordsjøen ( $\mu\text{g}/\text{kg}$  våtvekt, gjennomsnitt  $\pm$  standardavvik).

År	Område	Antall lokaliteter	Antall individer	Sum 15 PBDE
2012	BH sør	1	5x5	0,17 $\pm$ 0,03
2011	Vest for Møre	1	5x5	2,5 $\pm$ 0,74
	NH nord	1	5x5	1,2 $\pm$ 0,48
2010	Nordsjøen - Egersundbanken	1	1x25	2,1
	Nordsjøen – Tampen	1	1x25	2,0
2013	Nordsjøen - Egersundbanken	1	5x5	1,6 $\pm$ 0,62
	Nordsjøen - Tampen	1	5x5	1,0 $\pm$ 0,37

Nivåene i Barentshavet ligger meget lavt, og er under deteksjonsgrense for flere av de målte forbindelsene. I Norskehavet og Nordsjøen er nivåene noe høyere, men er likevel lavere enn det man finner hos noen andre arter, som hyse og sei, og kan sammenlignes med det man finner i makrell.

### 3.11.3. PAH i sildemuskel

Det ble gjennomført målinger av PAH i sildemuskel fra Barentshavet fått i 1998. Resultatene er vist i tabell 3.37. Nivåene er noe høyere enn det som ble funnet i muskelprøver av gapeflyndre og torsk fra samme år (se tilsvarende kapitler), som sannsynligvis gjenspeiler høyere fettinnhold i sildemuskel. Nivåene er likevel ganske lave.

Tabell 3.37. Nivåer av PAH i sildemuskel fra Barentshavet Vest ( $\mu\text{g}/\text{kg}$  våtvekt  $\pm$  standardavvik).

År	Område	Antall lokaliteter	Antall individer	Sum PAH	NPD	PAH16
1998	BH Vest	1	5x5	14 $\pm$ 1,7	10 $\pm$ 0,51	7,8 $\pm$ 1,4



### 3.12. Skolest



Skolest (*Coryphaenoides rupestris*)

**Maks størrelse:** ca. 2 kg og over 1 m

**Levetid:** 60-70 år

**Havområder:** Nordsjøen

#### 3.12.1. PCB og klorerte pesticider i skolestlever

Skolest er lite brukt som matfisk i Norge, og har ikke vært prioritert for kommersielt fiske og dermed studier av miljøgifter. Det finnes imidlertid noen studier som har undersøkt denne arten, som er spesiell på grunn av lang levetid, og derfor aktuell for studier av miljøgifter. Det ble nylig rapportert relativt høye nivåer av PCB7 i skolestlever fra Nord-Atlanterhavet vest for Storbritannia, samlet i perioden 2006-2012. Disse var høyere enn i andre arter undersøkt i samme studie, og ble forklart bl.a. av den høye alderen på skolesten (Webster et al., 2014). En tidligere studie i Nordfjorden har påvist enda høyere nivåer PCB og høye nivåer  $\Sigma$ DDT i skolestlever, på samme nivå som ble funnet i brosmelever fra samme område, mens HCB-nivå var lavt og HCH ikke ble påvist i prøvene (Berg et al., 1998).

Havforskningsinstituttet har hittil kun analysert prøver av skolest én gang, i 1996 i Nordsjøen (Skagerrak). Resultatene er vist i tabell 3.38.

Tabell 3.38. Nivåer av klorerte miljøgifter i skolestlever fra Nordsjøen ( $\mu\text{g}/\text{kg}$  våtvekt, gjennomsnitt  $\pm$  standardavvik).

År	Område	Antall		PCB7	$\Sigma$ DDT	$\Sigma$ HCH	HCB	TNC
		lokaliteter	individer					
1996	Skagerrak	1	25	553 $\pm$ 682	400 $\pm$ 696	8,8 $\pm$ 4,1	11 $\pm$ 4,3	8,1 $\pm$ 5,0

Nivåene funnet i skolestlever ligger høyt i tilfellet PCB7 og  $\Sigma$ DDT, i gjennomsnitt like høyt som de høyeste nivåene funnet i torsk, brosme og lange fra Nordsjøen, men betydelig lavere for  $\Sigma$ HCH, HCB og TNC. Spredningen i enkeltindividene er også veldig stor. De maksimale nivåene funnet i enkeltindividene, opptil 2275  $\mu\text{g}/\text{kg}$  våtvekt PCB7 og 2641  $\mu\text{g}/\text{kg}$  våtvekt  $\Sigma$ DDT, er noe av det høyeste som ble funnet i denne studien i fiskelever. Disse nivåene tilsvarer tilstandsklasse III, markert

forurenset, for PCB7, og tilstandsklasse IV, sterkt forurenset, for  $\Sigma$ DDT, i henhold til tilstandsklassene utarbeidet av Miljødirektoratet for torskelever (se tabell 1.1). De høye nivåene kan ha sin forklaring både i forurenset miljø i dette området på den tiden (Arendal 1996, som bekreftet til dels med studier av andre fiskearter som torsk fra dette området), og i spesielle biologiske trekk ved denne fiskearten, som høyt fettinnhold og lang levetid. Mens fettinnholdet i leveren var ganske høyt i de fleste individene, opptil 70 %, var det dårlig sammenheng mellom fettinnholdet og nivåene av miljøgifter. Heller ikke fiskens størrelse og vekt (som varierte henholdsvis mellom 14 og 22 cm, og 450 og 1370 g) viste noe bra korrelasjon med nivåene. Aldersbestemmelsen ble ikke utført.

### 3.13. Snabeluer



Snabeluer (*Sebastes mentella*)

**Maks størrelse:** 1,3 kg og 47 cm

**Levetid:** over 70 år

**Havområder:** Norskehavet, Barentshavet

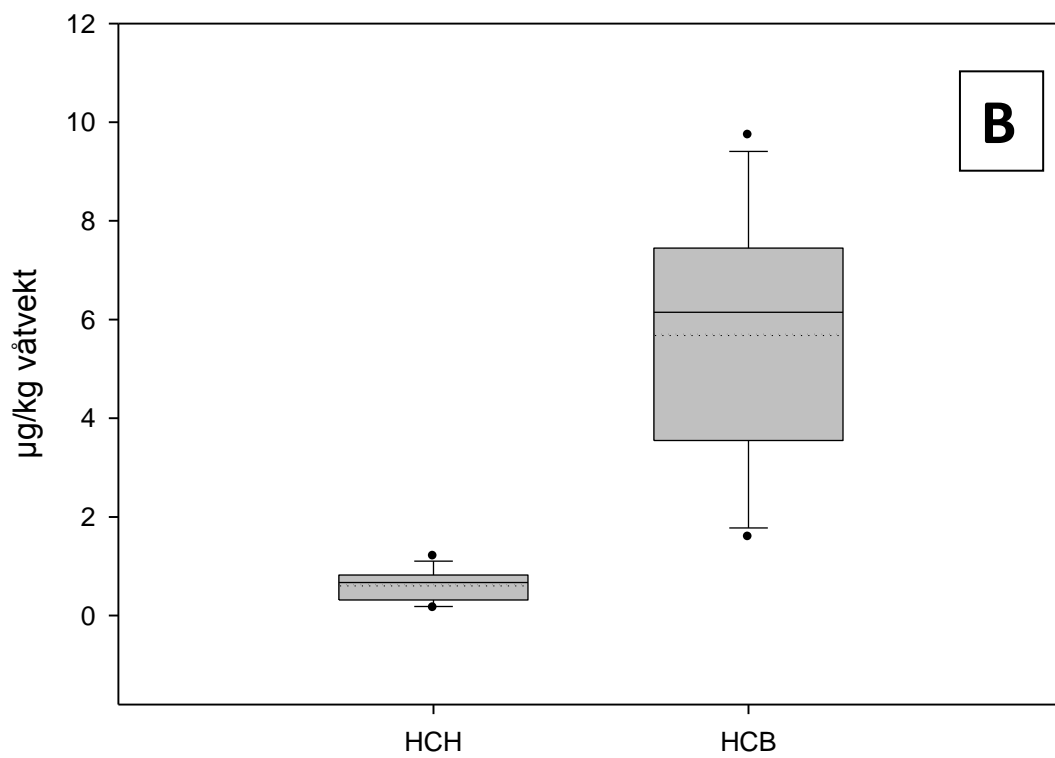
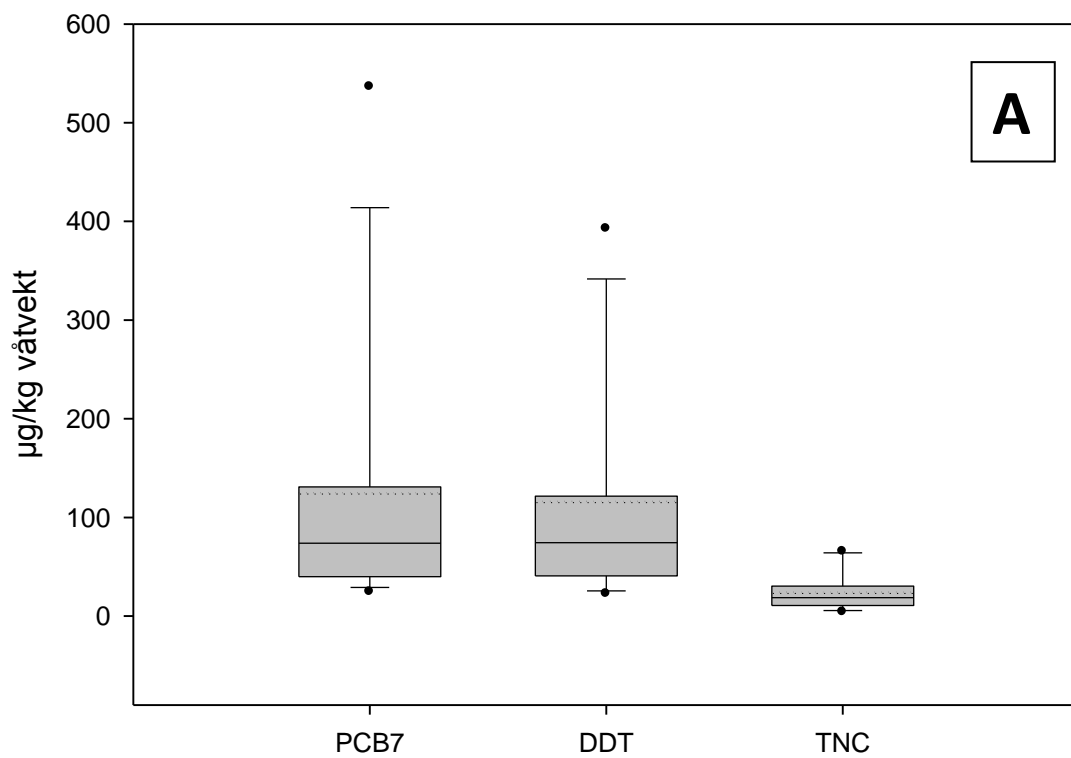
#### 3.13.1. PCB og klorerte pesticider i snabeluerlever

Til tross for at snabeluer er en godt utbredt fiskeart i Norskehavet og Barentshavet, og er av kommersiell betydning, er det få studier av miljøgifter utført på arten. De studiene som finnes skiller som oftest ikke mellom den og den nært beslektede arten uer (*sebastes norvegicus*). For disse dataene henvises det til seksjon 3.15 ("Uer").

Havforskningsinstituttet har analysert leverprøver av snabeluer fra Norskehavet i 2011 og fra Barentshavet i 2007. Resultatene er vist i tabell 3.39, mens spredningen i nivåene i prøvene fra Norskehavet er vist i figur 3.27 (kun samleprøver ble analysert i Barentshavet).

Tabell 3.39. Nivåer av klorerte miljøgifter i snabeluerlever fra Norskehavet og Barentshavet ( $\mu\text{g}/\text{kg}$  våtvekt, gjennomsnitt  $\pm$  standardavvik).

År	Område	Antall		PCB7	$\Sigma\text{DDT}$	$\Sigma\text{HCH}$	HCB	TNC
		lokaliteter	individer					
2011	NH nord	1	15	125 $\pm$ 140	116 $\pm$ 112	0,63 $\pm$ 0,31	5,7 $\pm$ 2,5	24 $\pm$ 20
2007	BH vest	1	5x5	33 $\pm$ 7,6	35 $\pm$ 9,0	0,91 $\pm$ 0,15	5,1 $\pm$ 0,98	9,1 $\pm$ 2,8
	BH sør	4	5x5	29 $\pm$ 12	23 $\pm$ 4,4	0,83 $\pm$ 0,13	4,5 $\pm$ 0,85	7,2 $\pm$ 2,0



Figur 3.27. Klorerte miljøgifter i snabeluer lever fra Norskehavet 2011. A: PCB7,  $\Sigma$ DDT, TNC. B:  $\Sigma$ HCH, HCB.

Nivåene funnet i snabeluer er lavere i Barentshavet enn i Norskehavet i tilfellet PCB7,  $\Sigma$ DDT og TNC, mens nivåer av  $\Sigma$ HCH ligger meget lavt overalt. I Norskehavet er det også betydelig spredning i nivåene av PCB7 og  $\Sigma$ DDT mellom enkeltindiver (se figur 3.27), og de maksimale nivåene (opptil 536  $\mu\text{g}/\text{kg}$  våtvekt PCB7 og opptil 392  $\mu\text{g}/\text{kg}$  våtvekt  $\Sigma$ DDT) ligger ca. 4 ganger høyere enn gjennomsnittsnivåer. Det finnes ingen sammenheng mellom nivåene og størrelsen på individene eller fettinnhold i leveren, og heller ikke god korrelasjon mellom nivåene og alderen. De høyeste nivåene er funnet i et individ som ifølge aldersbestemmelsen er 11 år gammel, mens resten av individene i denne gruppen var mellom 3 og 14 år gamle.

### 3.13.2. PBDE i snabeluerlever

Det ble gjennomført målinger av PBDE i leverprøver av snabeluer fra Norskehavet i 2011. Resultatene er vist i tabell 3.40. Nivåene ligger rimelig lavt i alle prøver, og det er BDE47 som dominerer i prøvene.

Tabell 3.40. Nivåer av PBDE i snabeluerlever fra Norskehavet ( $\mu\text{g}/\text{kg}$  våtvekt, gjennomsnitt  $\pm$  standardavvik).

År	Område	Antall lokaliteter	Antall individer	Sum 15 PBDE
2011	NH nord	1	15	3,9 $\pm$ 3,6

### 3.14. Torsk



Torsk (*Gadus morhua*)

**Maks størrelse:** 55 kg og 169 cm

**Levetid:** 20 år

**Havområder:** Nordsjøen, Norskehavet, Barentshavet

#### 3.14.1. PCB og klorerte pesticider i torskelever

Torsk er en av de viktigste kommersielle fiskeartene og er meget bra studert når det gjelder nivåer av miljøgifter, bl.a. fordi mange studier velger denne arten som modell. Torsk ligger på et relativt høyt trofisk nivå i forhold til andre fiskearter (se for eksempel Borgå et al., 2001), og har tre adskilte bestander i norske havområder: nordøstarktisk torsk i Barentshavet, kysttorsk som finnes i kystnære strøk og fjordene i Norskehavet og Nordsjøen, og nordsjøtorsk i åpent hav i Nordsjøen.

En nylig detaljert undersøkelse av PCB i torsk fra norske havområder har rapportert gjennomsnittsnivåer på 92 µg/kg våtvekt PCB6 i torskelever og 0,60 µg/kg våtvekt PCB6 i torskemuskel fra torsk innsamlet i 2009-2010 i Barentshavet, uten vesentlige forskjeller mellom forskjellige områder i Barentshavet (Julshamn et al., 2013). En tilsvarende studie av torsk fra Norskehavet og Nordsjøen har rapportert gjennomsnittsnivåer på 293 µg/kg våtvekt PCB6 i torskelever fra kyst- og fjordtorsk innsamlet i 2009-2011 i Norskehavet og Nordsjøen, og 133 µg/kg våtvekt PCB6 i torskelever fra åpent hav innsamlet i samme periode i Nordsjøen (Julshamn et al., 2012). De maksimale nivåene ble funnet i kysttorsk (opptil 5400 µg/kg våtvekt PCB6), men nivåene av PCB6 som overskred EUs mattrygghetsgrense på 200 µg/kg våtvekt ble funnet i enkelte prøver fra alle havområder. En annen studie av kysttorsk fra forskjellige fjordområder har rapportert høye nivåer enkelte steder, bl.a. mediannivåer PCB7 på rundt 2000 µg/kg våtvekt i torskelever fra Oslofjorden (tilsvarende Miljødirektoratets tilstandsklasse III, "markert forurenset"), men lavere nivåer og/eller nedadgående tidstrender i prøver fra andre fjordområder langs norskekysten (Green et al., 2008; Green et al., 2014).

I åpent hav i Nordsjøen og Barentshavet ble det senest i 2016 rapportert mediannivåer av fem ikke-dioksinlignende PCB på 303 µg/kg våtvekt i Nordsjøen i 2007, 282 µg/kg våtvekt i Nordsjøen i 2010, 76 µg/kg våtvekt i sørlige Barentshavet i 2012, og 45 µg/kg våtvekt i nordvestlige Barentshavet i 2012 (Karl et al., 2016).

En tidligere studie har påvist gjennomsnittnivåer i torskemuskel fra flere områder i Norskehavet i 1995, 1996 og 2000 på mellom 0,6 og 1,2 µg/kg våtvekt PCB7, mellom 0,16 og 0,19 µg/kg våtvekt HCB, mellom 0,42 og 0,85 µg/kg våtvekt ΣDDT og mellom under deteksjonsgrense og 0,2 µg/kg våtvekt for ΣHCH (Julshamn et al., 2004). Samme studie fant gjennomsnittnivåer av PCB7 i torskemuskel fra Barentshavet i 1998 på 1,0 µg/kg våtvekt PCB7, 0,53 µg/kg våtvekt HCB, 0,57 µg/kg våtvekt ΣDDT og 0,2 µg/kg våtvekt ΣHCH (Julshamn et al., 2004). En studie av torskelever fra områdene nord for Island i 1999-2000 har påvist gjennomsnittnivåer på mellom 68 og 80 µg/kg våtvekt PCB7, mellom 16 og 33 µg/kg våtvekt HCB, mellom 73 og 92 µg/kg våtvekt ΣDDT og mellom 6,4 og 11 µg/kg våtvekt for ΣHCH (AMAP, 2004). Det ble også rapportert nivåer av TNC i torskelever fra Lofoten og fra Varangerfjorden i Barentshavet fått i 2005 og 2006, som lå i gjennomsnitt på hhv. 14 og 19 µg/kg våtvekt (SFT, 2008).

Havforskningsinstituttet har tidligere analysert torskelever-prøver fra Barentshavet innsamlet i 1992-1993. Resultatene viste gjennomsnittnivåer på mellom 165 og 392 µg/kg våtvekt 13 PCB, 98-175 µg/kg våtvekt ΣDDT, 7-14 µg/kg våtvekt ΣHCH og 19-28 µg/kg våtvekt HCB, som var (med unntak av ΣHCH) betydelig høyere enn nivåene funnet i gapeflyndrelever og polartorsklever fra samme lokaliteter (Stange & Klungsøyr, 1997).

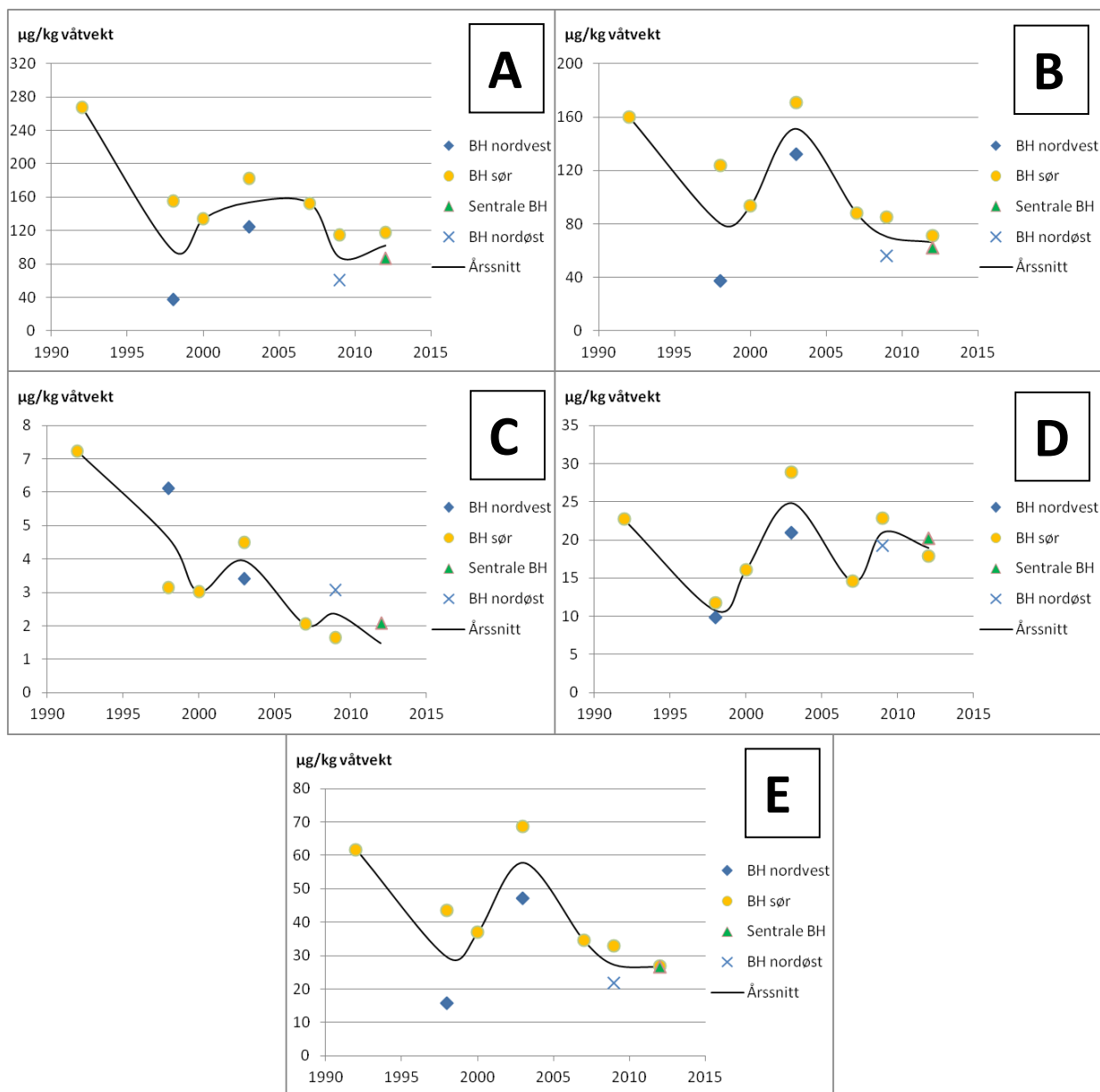
Havforskningsinstituttet har siden analysert prøver av torsk fra Barentshavet i 1998, 2000, 2003, 2007, 2009 og 2012, fra Norskehavet i 1994, 1995, 1997 og 2004, og fra Nordsjøen i 1995, 1996, 2005, 2008, 2011 og 2013. Resultatene er presentert i tabellene 3.41, 3.42 og 3.43, mens tidstrendene er vist i figurene 3.28 og 3.31, og spredningen er vist i figurene 3.29, 3.30 og 3.32.

Tabell 3.41. Nivåer av klorerte miljøgifter i torskelever fra Barentshavet ( $\mu\text{g}/\text{kg}$  våtvekt, gjennomsnitt  $\pm$  standardavvik).

År	Område	Antall lokaliteter	Antall individer	PCB7	$\Sigma$ DDT	$\Sigma$ HCH	HCB	TNC
1998	BH sør	1	24	155 $\pm$ 51	124 $\pm$ 45	3,1 $\pm$ 1,5	12 $\pm$ 6,5	43 $\pm$ 14
	BH nordvest	1	25	37 $\pm$ 14	37 $\pm$ 6,8	6,1 $\pm$ 0,84	9,8 $\pm$ 1,9	16 $\pm$ 2,6
2000	BH sør	1	25	134 $\pm$ 64	94 $\pm$ 37	3,0 $\pm$ 1,4	16 $\pm$ 6,5	37 $\pm$ 13
2003	BH nordvest	4	25	125 $\pm$ 56	132 $\pm$ 71	3,4 $\pm$ 1,5	21 $\pm$ 10	47 $\pm$ 18
	BH sør	3	25	183 $\pm$ 65	171 $\pm$ 41	4,5 $\pm$ 2,3	29 $\pm$ 7,5	69 $\pm$ 22
2007	BH sør	5	25	153 $\pm$ 80	88 $\pm$ 57	2,0 $\pm$ 0,63	15 $\pm$ 8,8	35 $\pm$ 17
2009	BH sør	4	27	115 $\pm$ 31	85 $\pm$ 27	1,6 $\pm$ 0,49	23 $\pm$ 9,1	33 $\pm$ 9,3
	BH nordøst	1	25	61 $\pm$ 26	56 $\pm$ 23	3,1 $\pm$ 0,25	19 $\pm$ 5,1	22 $\pm$ 8,2
2012	Sentrale BH	4	25	87 $\pm$ 48	62 $\pm$ 38	2,1 $\pm$ 0,31	20 $\pm$ 6,3	27 $\pm$ 16
	BH sør	3	25	118 $\pm$ 44	71 $\pm$ 24	0,89 $\pm$ 0,51	18 $\pm$ 11	27 $\pm$ 8,8

Tidstrender for miljøgifter i torskelever fra Barentshavet, vist i figur 3.28, vises sammen med data for 1992 som ble tidligere presentert i Stange & Klungøy, 1997.





Figur 3.28. Gjennomsnittsnivåer av PCB7 (A),  $\Sigma$ DDT (B),  $\Sigma$ HCH (C), HCB (D) og TNC (E) i torskelever fra Barentshavet. Data for 1992 er tidligere publisert i Stange & Klungsøy, 1997.

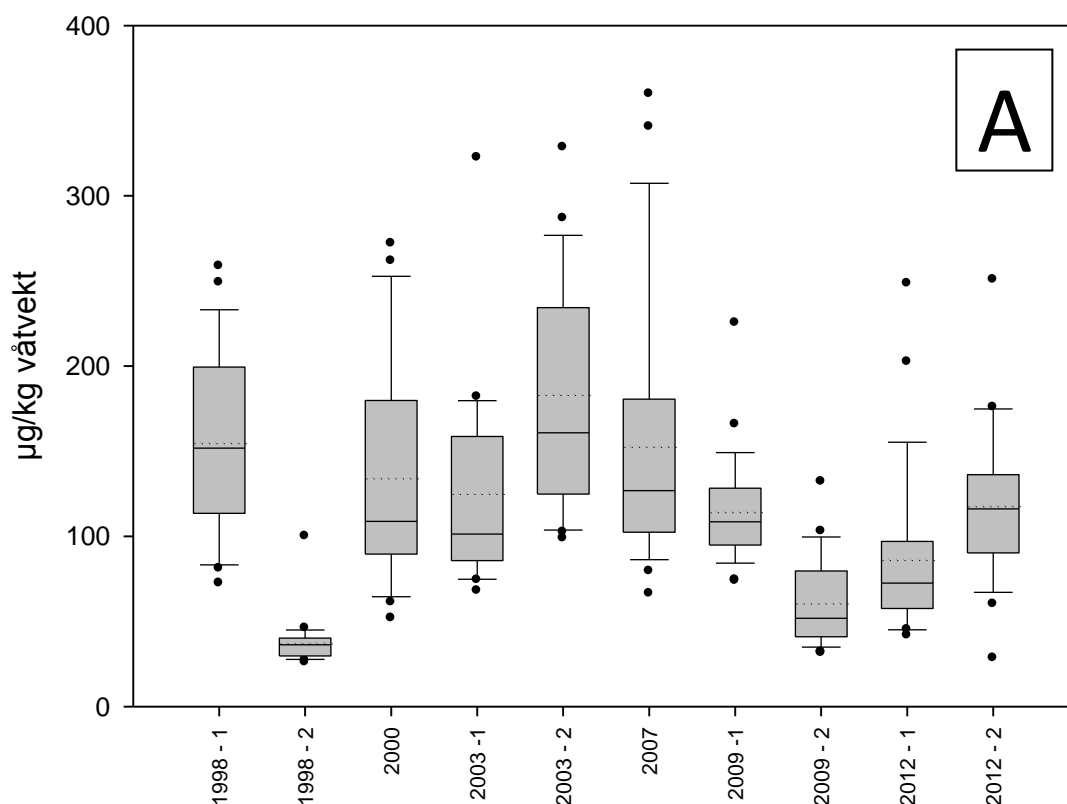
Nivåene funnet i torskelever i Barentshavet er ikke ekstremt høye, men de er noe høyere enn nivåene man finner samme år i sei og hyse, og mye høyere enn nivåene funnet i andre arter i Barentshavet. De laveste nivåene av de fem stoffgruppene som er målt ble funnet for  $\Sigma$ HCH, samme som hos andre arter. Det er også denne stoffgruppen som viser den mest tydelige nedadgående tidstrend (se figur 3.28C), der gjennomsnittsnivåene går kraftig ned fra 1992 til 2012, noe som ble observert også i hyse. For alle de andre stoffgruppene er tidstrendene mye svakere uttrykt eller mangler helt. Nivåer av PCB7 (figur 3.28A) går ca. to ganger ned fra 1992 til 1998, men stabiliserer seg på mellom 100-150  $\mu\text{g/kg}$  våtvekt i senere år.

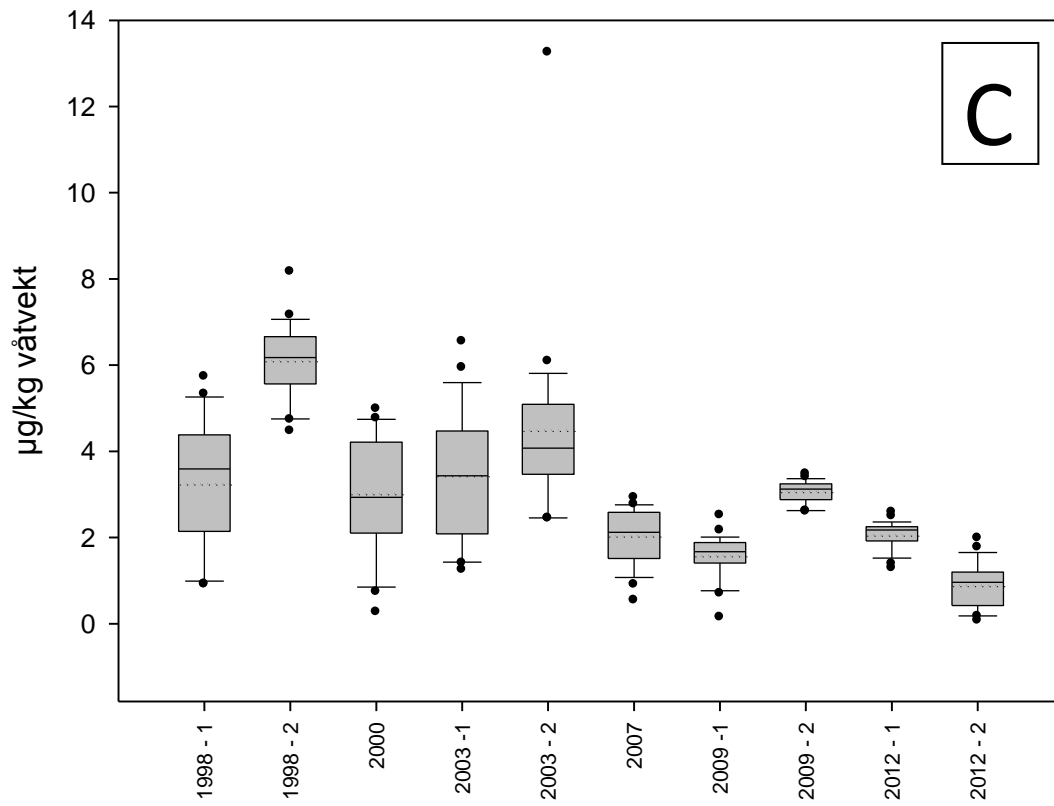
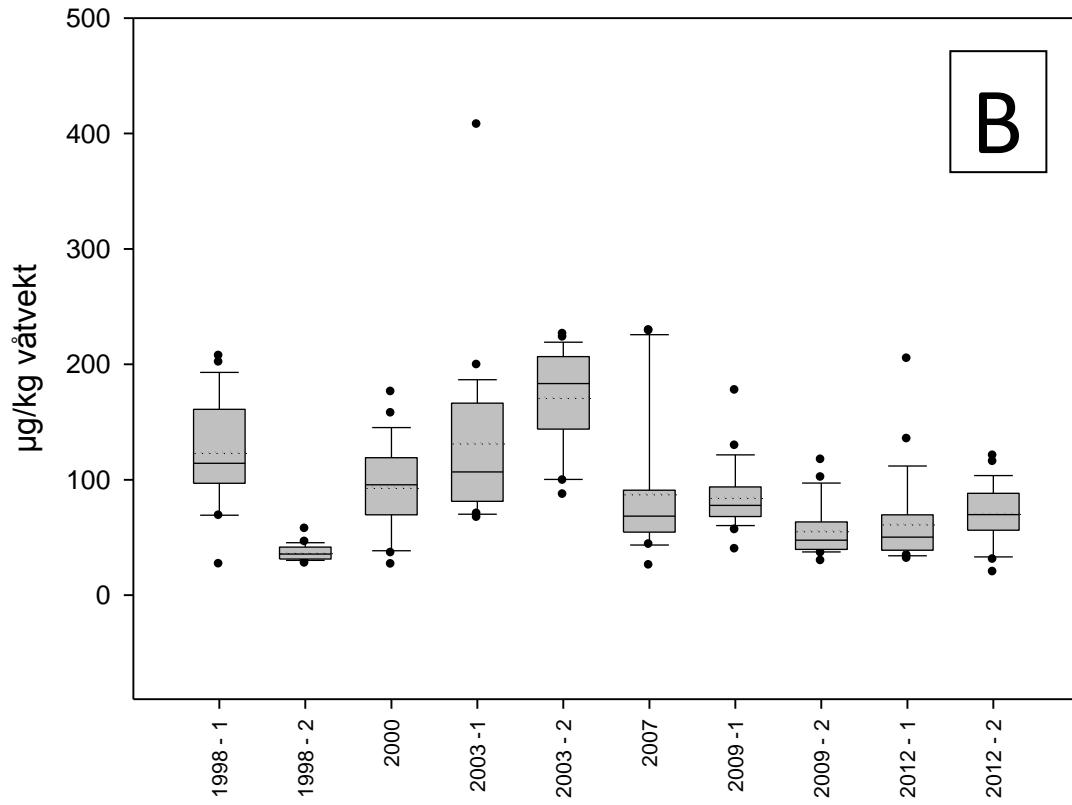
Gjennomsnittsnivåer av  $\Sigma$ DDT, HCB og TNC forandrer seg lite med tiden. Med få unntak er det prøver fra det sørlige Barentshavet som viser de høyeste nivåene av alle stoffgrupper hvert år. Forskjellen med andre geografiske områder er noen ganger stor, i motsetning til for eksempel det

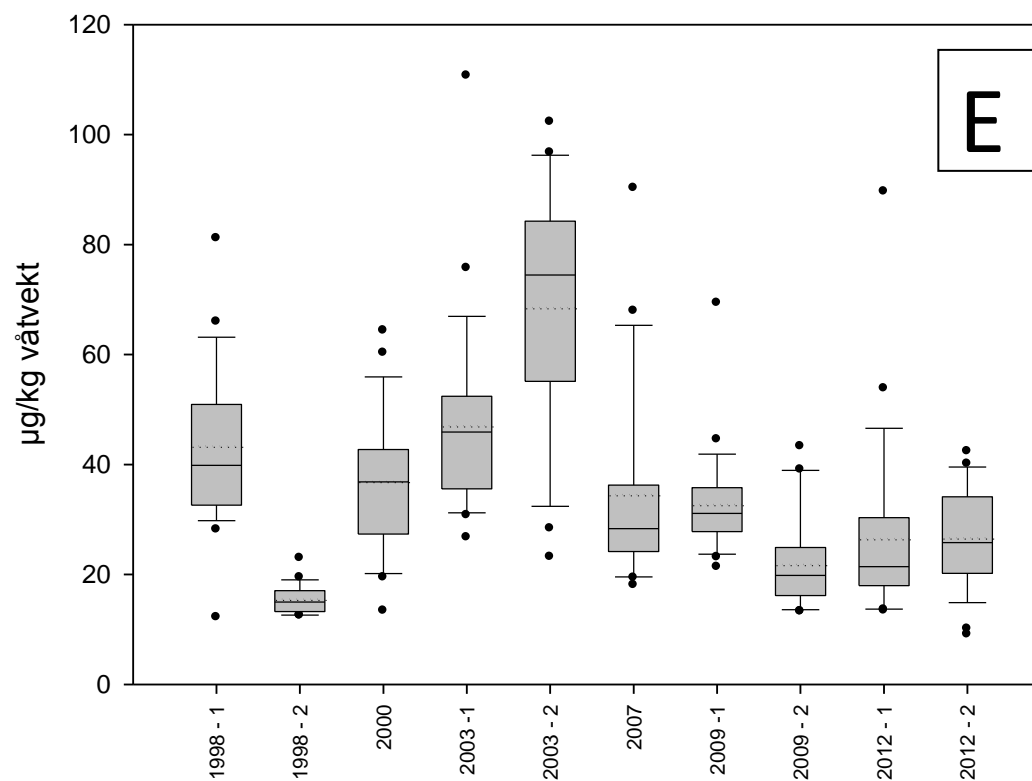
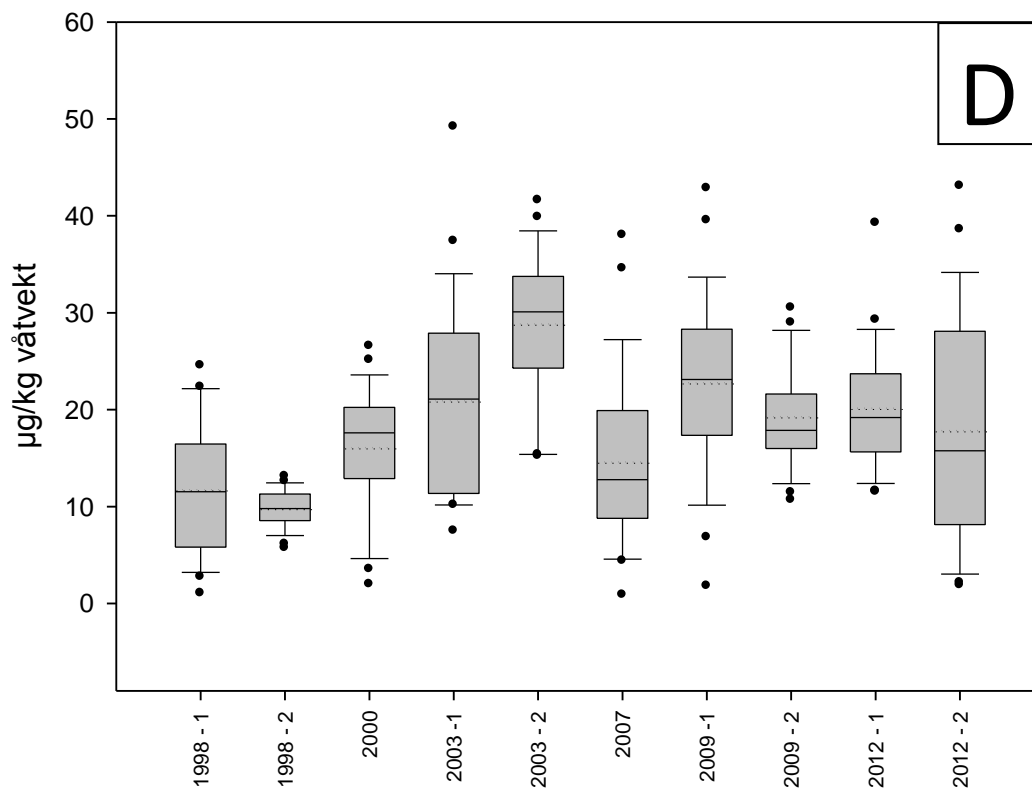
som ble funnet i hyse. Alle gjennomsnittsnivåer av PCB7,  $\Sigma$ DDT og  $\Sigma$ HCH ligger i Miljødirektoratets klasse I, "Ubetydelig – lite forurenset", mens HCB ligger i tilstandsklasse I eller II, "moderat forurenset".

Når det gjelder individdata (figur 3.29), ligger de maksimale nivåene av PCB i alle år over EU-grensen for mattrygghet på 200  $\mu\text{g}/\text{kg}$  våtvekt PCB6, med unntak av prøver fra nordlige områder i Barentshavet (1998-2, 2003-1 og 2009-2 i figur 3.29A). De maksimale nivåene av PCB7 ligger likevel innenfor Miljødirektoratets tilstandsklasse I, "ubetydelig–lite forurenset", i alle år. Dette er ikke tilfellet for  $\Sigma$ DDT (figur 3.29B), der de maksimale nivåene kommer i tilstandsklasse II, "moderat forurenset", i flere tilfeller. Nivåer av  $\Sigma$ HCH (figur 3.29C) ligger innenfor tilstandsklasse I for alle individer, selv om de maksimale nivåene i noen tilfeller er flere ganger høyere enn gjennomsnittet.

For HCB (figur 3.29D) ligger nesten alle maksimale nivåer i tilstandsklasse II, og i flere tilfeller nært eller helt på grensen til tilstandsklasse III ("markert forurenset"). For TNC (figur 3.29E), som det ikke er etablert tilstandsklasser for, er spredningen i nivåene ganske stor i flere tilfeller, med de maksimale nivåene flere ganger høyere enn gjennomsnittet. Det er for øvrig dårlig sammenheng mellom de observerte nivåene av miljøgifter og fiskens størrelse, vekt og fettinnhold i leveren.







Figur 3.29. Klorerte miljøgifter i torskelever fra Barentshavet. 1998-1: Barentshavet sør; 1998-2: Barentshavet nordvest; 2003-1: Barentshavet nordvest; 2003-2: Barentshavet sør; 2009-1: Barentshavet sør; 2009-2: Barentshavet nordøst; 2012-1: Sentrale Barentshav; 2012-2: Barentshavet sør. A: PCB7. B:  $\Sigma$ DDT. C:  $\Sigma$ HCH. D: HCB. E: TNC.

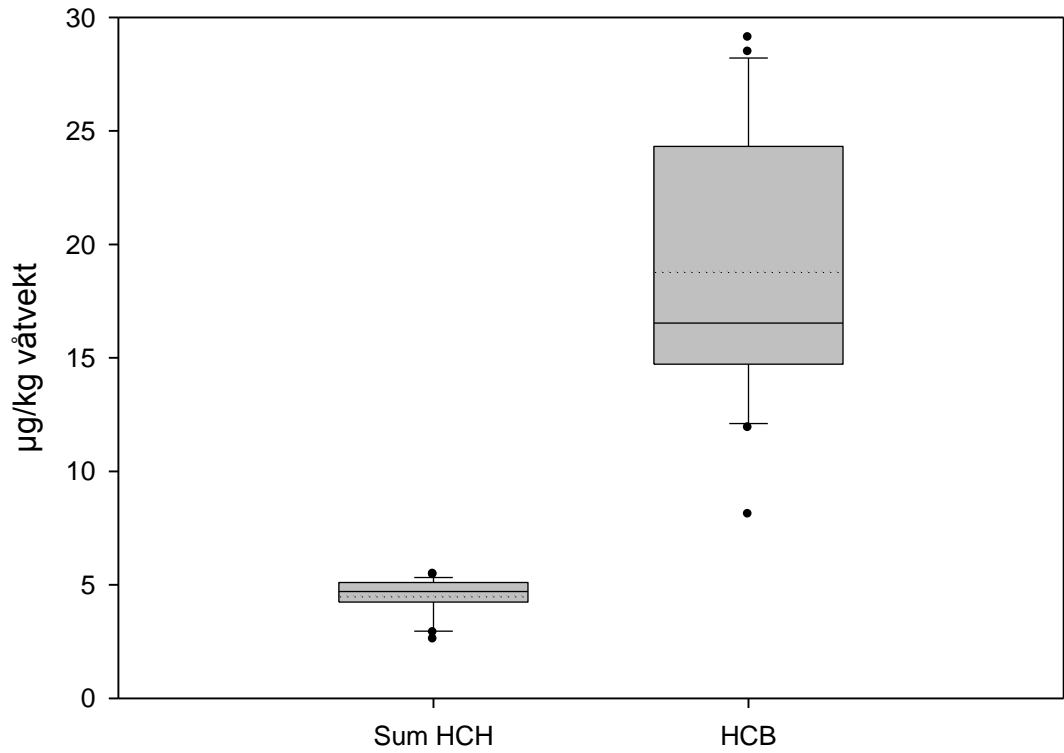
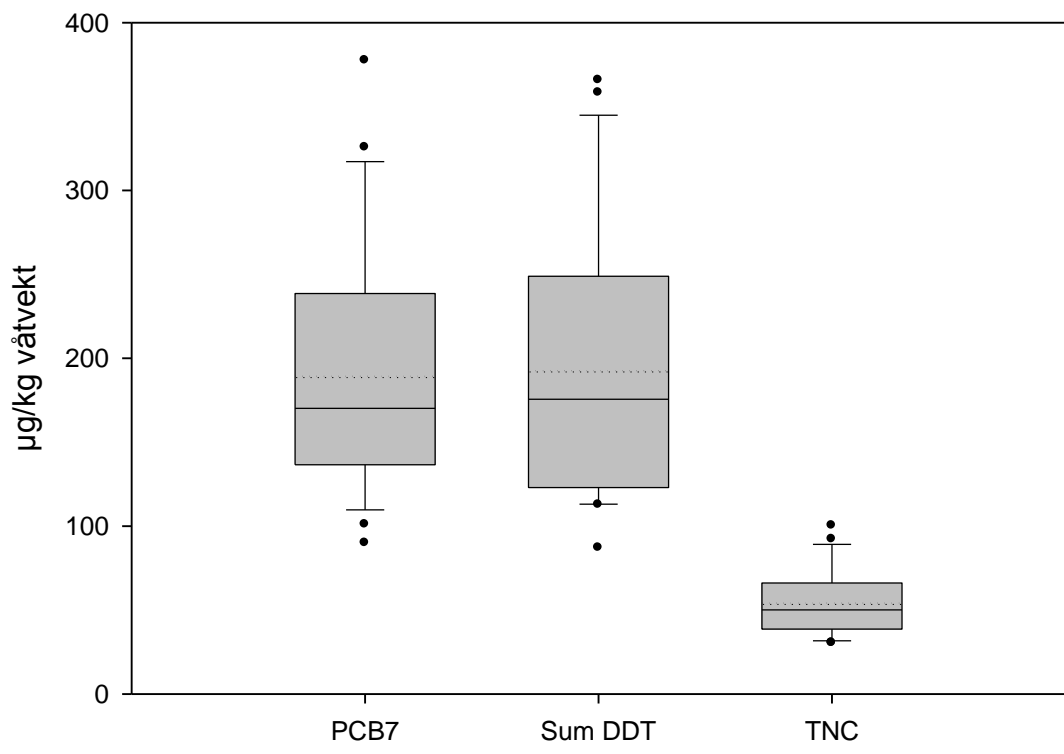
Tabell 3.42. Nivåer av klorerte miljøgifter i torskelever fra Norskehavet ( $\mu\text{g}/\text{kg}$  våtvekt, gjennomsnitt  $\pm$  standardavvik).

År	Område	Antall		PCB7	$\Sigma\text{DDT}$	$\Sigma\text{HCH}$	HCB	TNC
		lokaliteter	individer					
1994	Trænabanken	5	4x5	243 $\pm$ 81	200 $\pm$ 109	6,1 $\pm$ 2,3	13 $\pm$ 6,5	49 $\pm$ 18
1995	Nord for Island	1	5x5	67 $\pm$ 16	68 $\pm$ 6,6	10 $\pm$ 1,1	15 $\pm$ 2,3	25 $\pm$ 4,9
1997	Vest for Møre	3	25	221 $\pm$ 88	179 $\pm$ 93	5,2 $\pm$ 1,6	11 $\pm$ 3,8	41 $\pm$ 15
	Røstbanken	6	25	71 $\pm$ 25	*	*	*	*
2004	Vest for Bjørnøya	1	25	189 $\pm$ 73	193 $\pm$ 79	4,5 $\pm$ 0,78	19 $\pm$ 5,8	54 $\pm$ 20

\* - Ikke rapportert.

I Norskehavet er det funnet store variasjoner i gjennomsnittsnivåer i torskelever mellom forskjellige områder, som vist i tabell 3.42. De høyeste nivåene finner man på kontinentalsokkelen på Skjoldryggen og vest for Møre, som ligger høyere enn nivåene funnet i Barentshavet. I tilfellet 1994-prøvene fra Trænabanken overskrider EUs mattrygghetsgrense på 200  $\mu\text{g}/\text{kg}$  våtvekt for PCB6, med 202  $\mu\text{g}/\text{kg}$  våtvekt PCB6 målt i disse prøvene. Nivåene i det sentrale Norskehavet og på Røstbanken ligger lavest, og kan sammenlignes med de laveste nivåene funnet i Barentshavet. Det ble ikke samlet inn torsk i de senere år, og det er derfor umulig å bygge en tidstrend til nåtid. Det er likevel ingen vesentlig forskjell i nivåene funnet i 1994 og i 2004.

Når det gjelder individdata, er dette vist i figur 3.30 for 2004-prøvetaking. De maksimale nivåene av PCB7 og  $\Sigma\text{HCH}$  overskrider ikke grensen for Miljødirektoratets tilstandsklasse I, "ubetydelig – lite forurenset", mens de maksimale nivåene av  $\Sigma\text{DDT}$  og HCB ligger i tilstandsklasse II, "moderat forurenset". Samme som for barentshavsprøver, er det dårlig korrelasjon mellom nivåene og fiskens størrelse, vekt og fettinnhold i leveren, mens aldersbestemmelsen ikke ble utført.



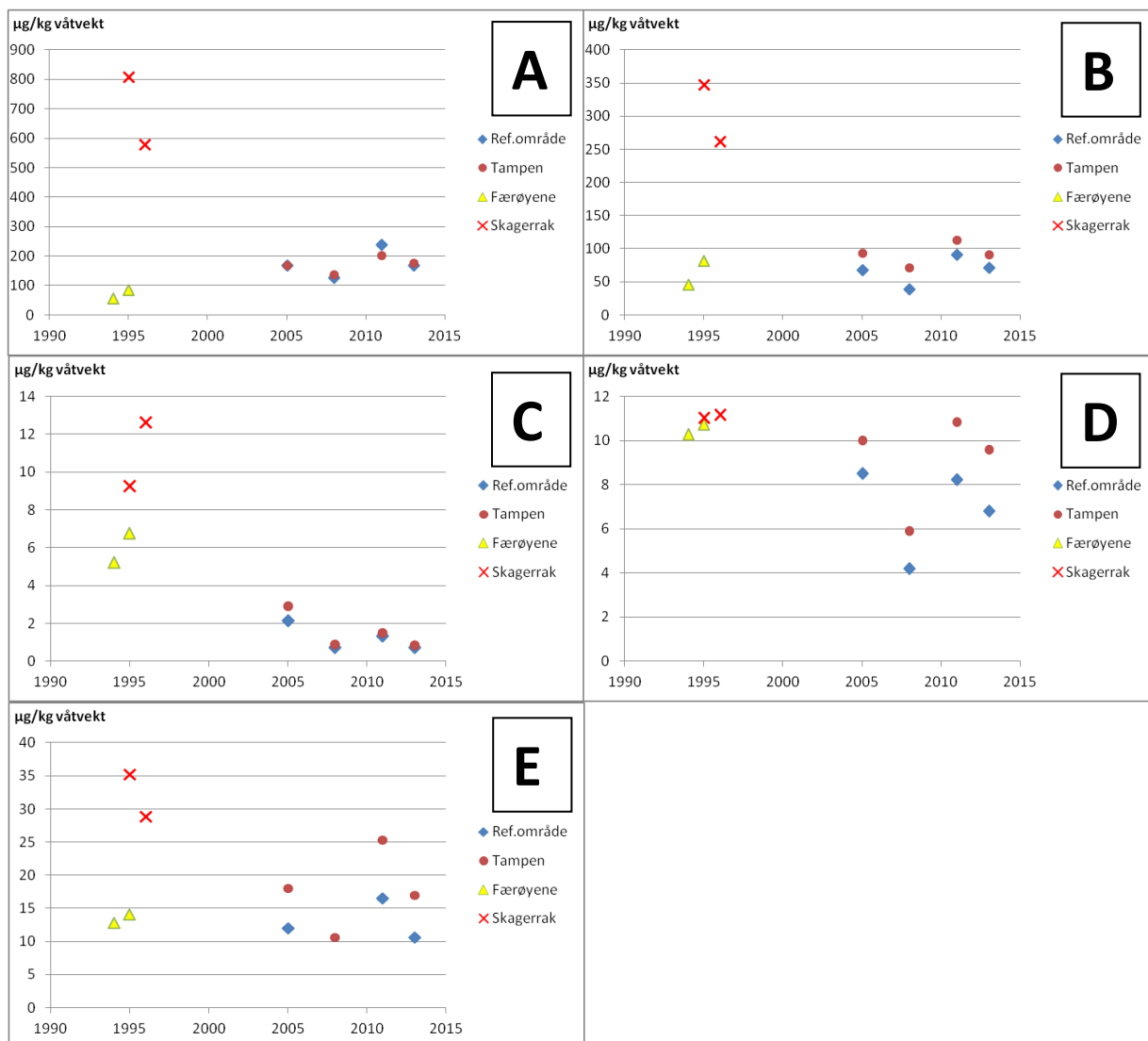
Figur 3.30. Klorerte miljøgifter i torskelerver fra Norskehavet 2004.

Tabell 3.43. Nivåer av klorerte miljøgifter i torskelever fra Nordsjøen ( $\mu\text{g}/\text{kg}$  våtvekt, gjennomsnitt  $\pm$  standardavvik).

År	Område	Antall		PCB7	$\Sigma\text{DDT}$	$\Sigma\text{HCH}$	HCB	TNC
		lokaliteter	individer					
1994	Færøyene	1	5x5	57 $\pm$ 6,0	46 $\pm$ 2,7	5,2 $\pm$ 0,45	10 $\pm$ 0,76	13 $\pm$ 1,2
1995	Skagerrak	10	25	810 $\pm$ 563	348 $\pm$ 362	9,3 $\pm$ 6,3	11 $\pm$ 5,7	35 $\pm$ 27
	Færøyene	*	25	86 $\pm$ 43	82 $\pm$ 42	6,8 $\pm$ 2,0	11 $\pm$ 4,3	14 $\pm$ 6,8
1996	Skagerrak	6	21	579 $\pm$ 629	262 $\pm$ 445	13 $\pm$ 2,7	11 $\pm$ 3,9	29 $\pm$ 22
2005	Egersundbanken	3	25	168 $\pm$ 82	68 $\pm$ 47	2,1 $\pm$ 0,48	8,5 $\pm$ 2,4	12 $\pm$ 4,7
	Tampen	5	25	169 $\pm$ 69	94 $\pm$ 51	2,9 $\pm$ 0,84	10 $\pm$ 3,6	18 $\pm$ 9,0
2008	Egersundbanken	5	25	128 $\pm$ 52	39 $\pm$ 15	0,71 $\pm$ 0,46	4,2 $\pm$ 2,0	**
	Tampen	4	25	137 $\pm$ 92	72 $\pm$ 57	0,87 $\pm$ 0,85	5,9 $\pm$ 3,3	11 $\pm$ 10
2011	Egersundbanken	3	25	238 $\pm$ 75	91 $\pm$ 29	1,3 $\pm$ 0,60	8,2 $\pm$ 2,4	17 $\pm$ 4,6
	Tampen	7	26	204 $\pm$ 76	113 $\pm$ 50	1,5 $\pm$ 0,74	11 $\pm$ 5,6	25 $\pm$ 12
2013	Egersundbanken	2	25	170 $\pm$ 117	71 $\pm$ 62	0,70 $\pm$ 0,39	6,8 $\pm$ 3,7	11 $\pm$ 7,7
	Tampen	12	25	178 $\pm$ 113	92 $\pm$ 71	0,85 $\pm$ 0,36	9,6 $\pm$ 3,8	17 $\pm$ 11

\* - ikke angitt; \*\* - ikke rapportert.

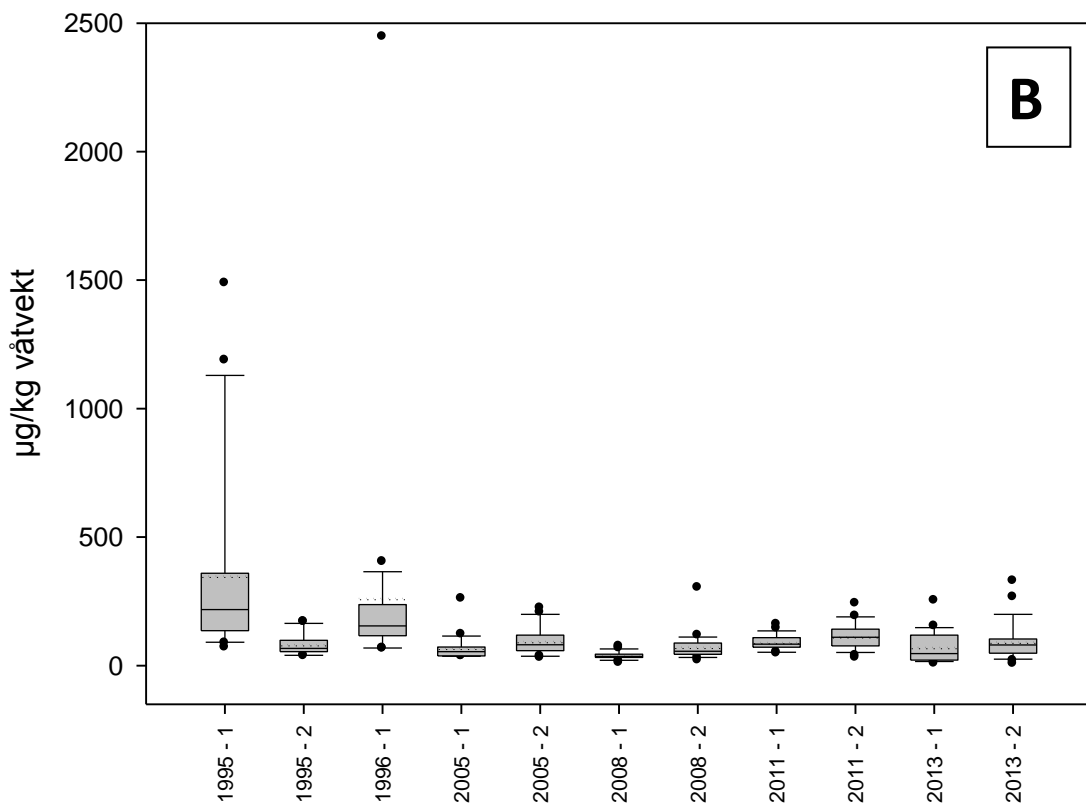
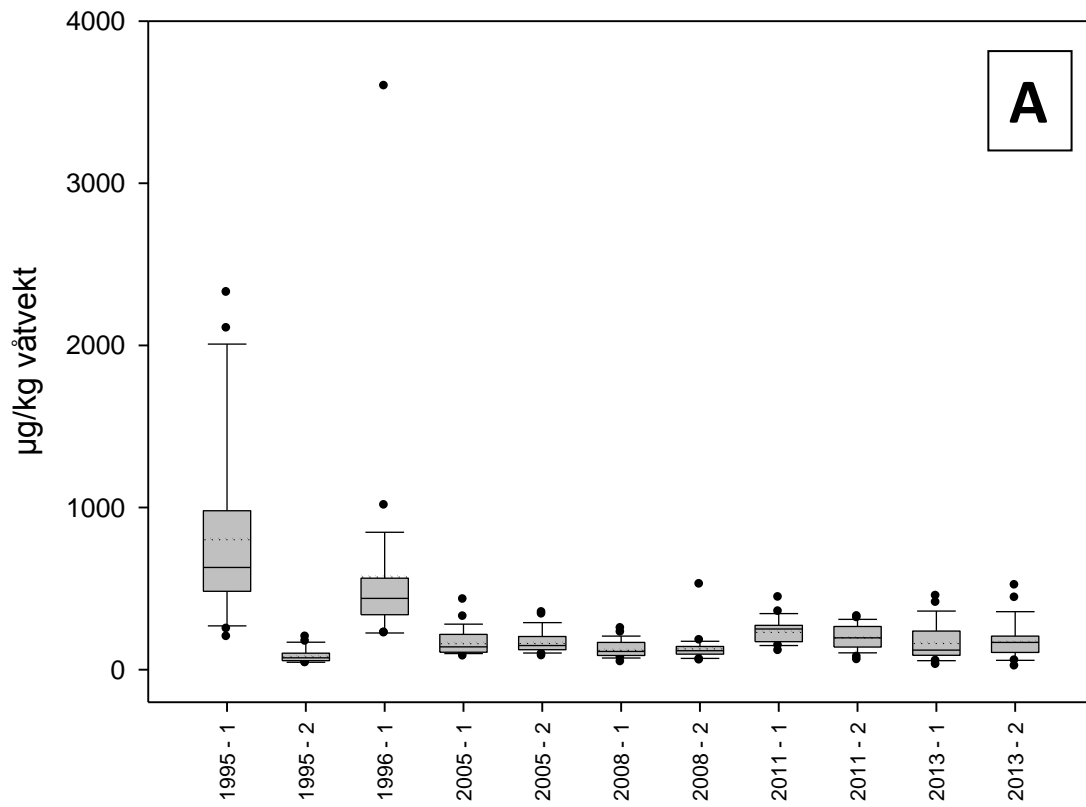
Gjennomsnittsnivåene i torskelever fra Nordsjøen varierer sterkt, opptil ca. ti ganger, mellom de forskjellige områdene der prøvene ble samlet inn, men er kun moderat forhøyet i sentrale deler av Nordsjøen (Egersundbanken og Tampen). Disse nivåene kan sammenlignes med noen av prøvene innsamlet i Norskehavet og Barentshavet, og ligger dermed også relativt høyt sammenlignet med de fleste andre fiskearter. Tidstrendene vist i figur 3.31 gjør tydelig de geografiske forskjellene. Det er prøvene fra Skagerrak som ligger høyest for alle stoffgrupper, og særlig for PCB7 og  $\Sigma\text{DDT}$ , som ligger i Miljødirektoratets klasse II, "moderat forurenset", for gjennomsnittsnivåer. For HCB er det derimot nesten ikke noe forskjell fra andre områder. Prøvene fra Færøyene ligger lavest av alle når det gjelder PCB7, men er på samme nivå som prøver fra Tampen og Egersundbanken for  $\Sigma\text{DDT}$ , HCB og TNC, og er betydelig høyere enn disse for  $\Sigma\text{HCH}$ . Prøver fra Tampen og Egersundbanken ligger nesten eller helt likt for alle stoffgrupper gjennom alle år, og viser i seg selv lite tegn på noe tidsutvikling, med et mulig unntak for  $\Sigma\text{HCH}$  der nivåene minker fra 2005 til 2008. Det mangler data for å vurdere eventuell tidsutvikling i de høye nivåene funnet i Skagerrak på 1990-tallet.

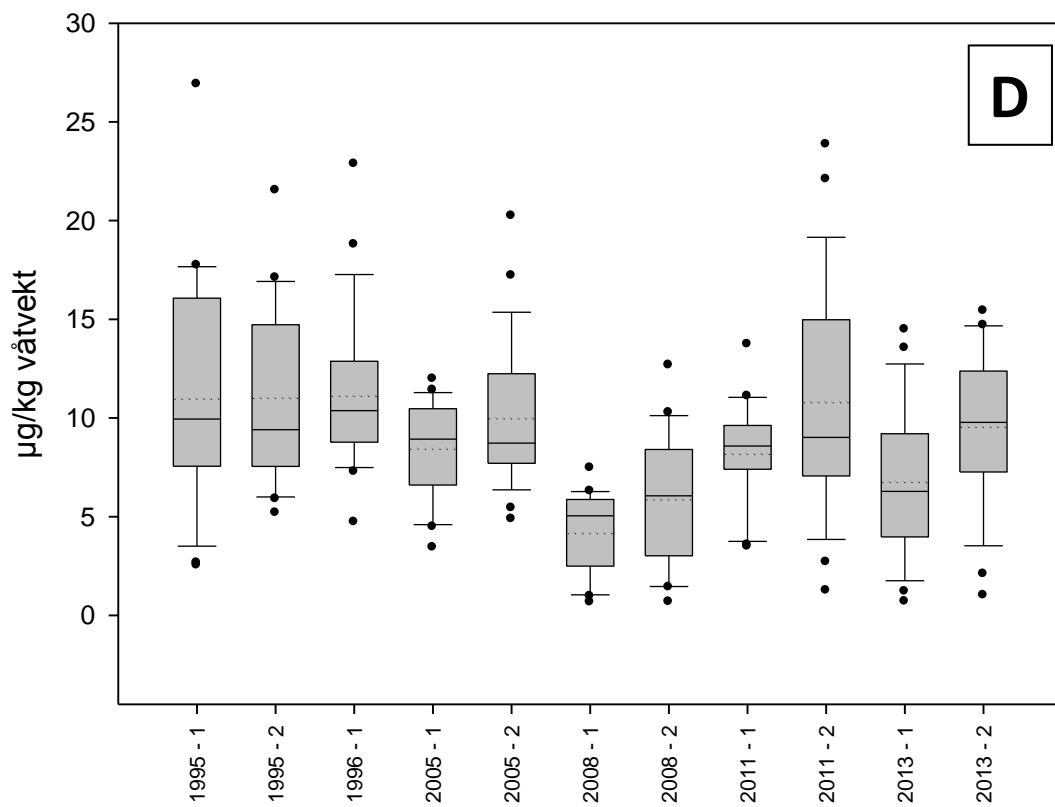
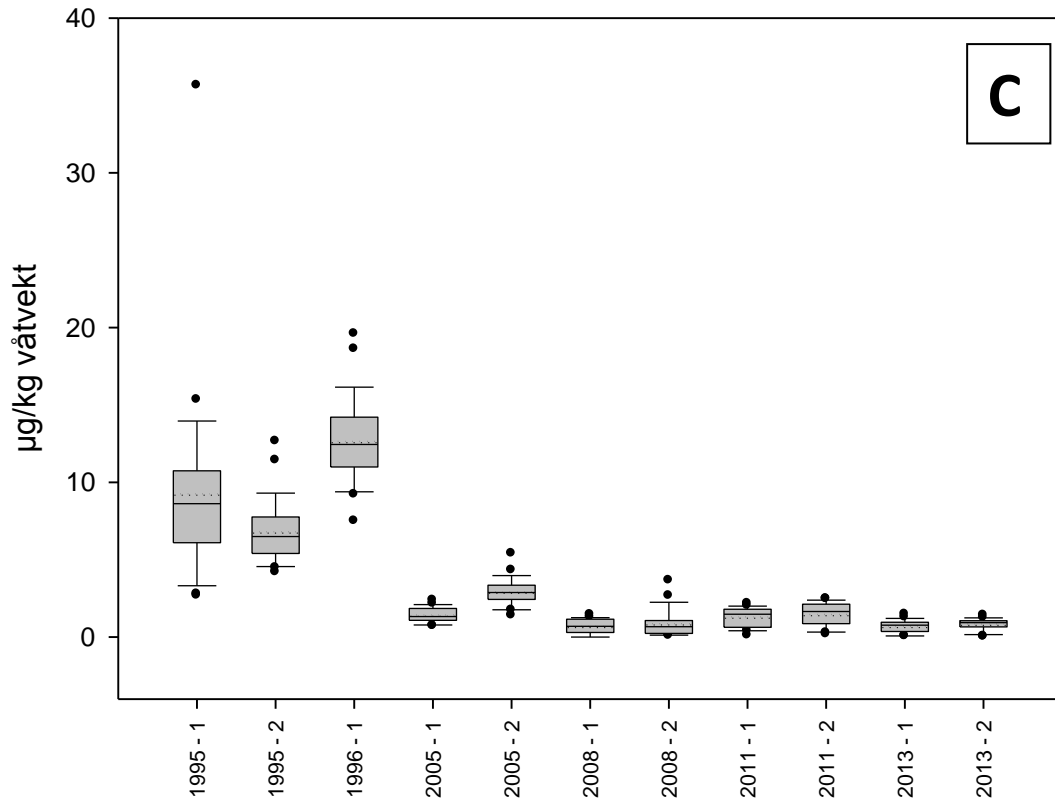


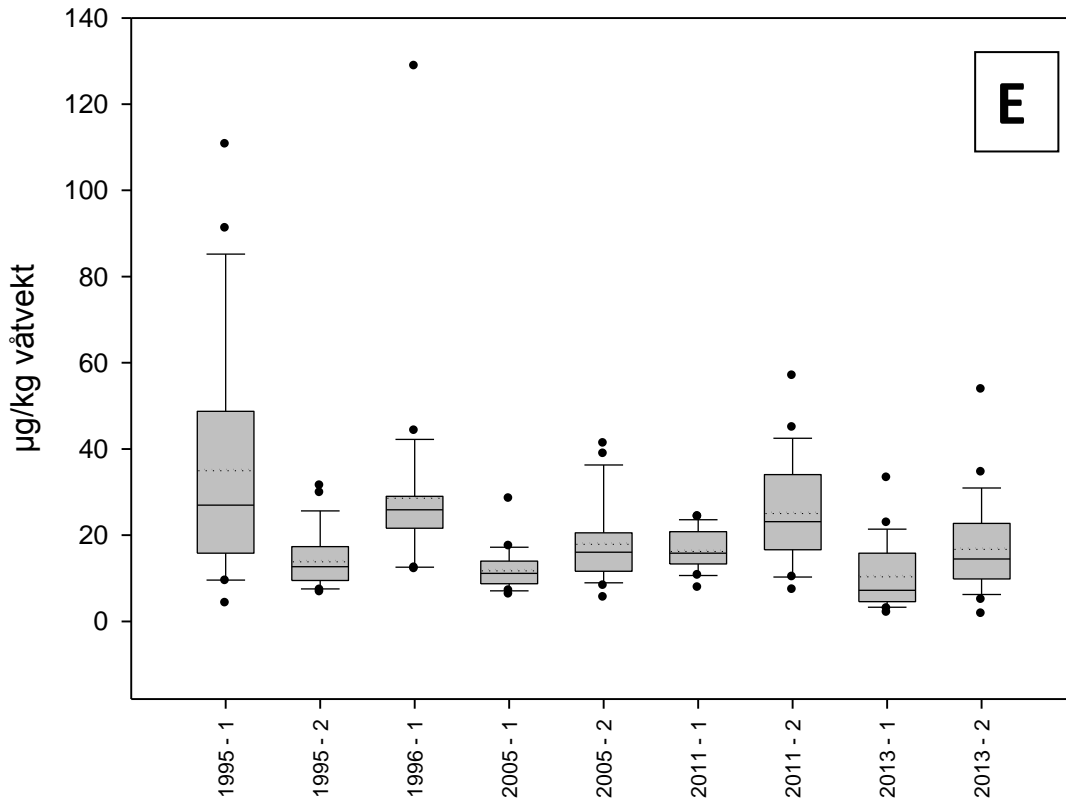
Figur 3.31. Gjennomsnittsnivåer av PCB7 (A),  $\Sigma$ DDT (B),  $\Sigma$ HCH (C), HCB (D) og TNC (E) i torskelever fra Nordsjøen.

Nivåer i enkeltindivider er vist i figur 3.32. Forhøyete nivåer av PCB7,  $\Sigma$ DDT og i mindre grad  $\Sigma$ HCH og TNC domineres av prøvene fra Skagerrak. For PCB7 og  $\Sigma$ DDT er det målt ekstremt høye nivåer i enkelte individer, opptil 2325 µg/kg våtvekt PCB7 og 1488 µg/kg våtvekt  $\Sigma$ DDT i 1995 og opptil 3596 µg/kg våtvekt PCB7 og 2447 µg/kg våtvekt  $\Sigma$ DDT i 1996. Verdiene tilsvarer tilstandsklasse III, markert forurenset, for PCB7, og tilstandsklassene III og IV, sterkt forurenset, for  $\Sigma$ DDT. Det er imidlertid dårlig korrelasjon mellom nivåene og fiskens vekt, fettinnhold i leveren og alder (se plott i figur 3.33), med unntak av det ene individet med ekstreme nivåer fra 1996, som har meget høy vekt (19,7 kg, mens resten av fisken i dette prøvesettet hadde gjennomsnittsvekt på 4 kg) og alder (12 år, mens resten av fisken i dette prøvesettet hadde gjennomsnittsalder på 4 år). Dette individet hadde likevel nær gjennomsnittlig fettinnhold i leveren (44 %, med 48 % gjennomsnitt for hele prøvesettet). Når det gjelder HCB, er det funnet ingen ekstreme nivåer, og spredningen er omtrent lik for alle år.

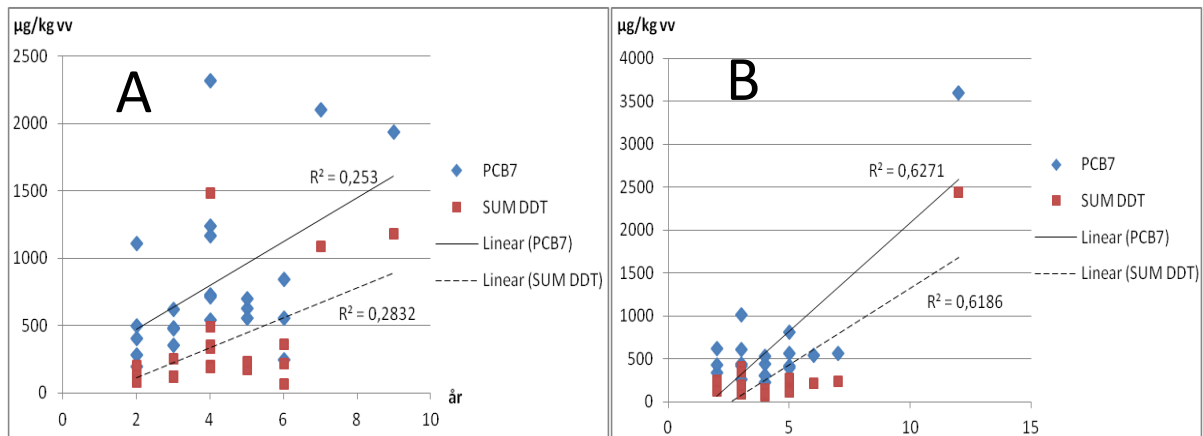








Figur 3.32. Klorerte miljøgifter i torskelerver fra Nordsjøen. 1995-1: Skagerrak; 1995-2: Færøyene; 1996-1: Skagerrak; 2005-1: Egersundbanken; 2005-2: Tampen; 2008-1: Egersundbanken; 2008-2: Tampen; 2011-1: Egersundbanken; 2011-2: Tampen; 2013-1: Egersundbanken; 2013-2: Tampen. A: PCB7. B:  $\Sigma$ DDT. C:  $\Sigma$ HCH. D: HCB. E: TNC.



Figur 3.33. Nivåer av PCB7 og  $\Sigma$ DDT i torskelerver fra Nordsjøen i forhold til fiskens alder. A: Skagerrak, 1995; B: Skagerrak, 1996.

Resultatene for torskelerver presentert her bekrefter ikke funn fra en annen studie om betydelig høyere nivåer av klorerte miljøgifter i seilever enn i kysttorskelerver ved forskjellige breddegrader (Bustnes et al., 2012). Dette kan ha sin forklaring i at Havforskningsinstituttet som regel analyserte torsk fra åpent hav og ikke fra fjordområder. Prøvene av torsk som ble innsamlet i Skagerrak i 1995 og 1996 viser imidlertid også høye nivåer, men sei fra samme område ble ikke analysert.

Det ble også utført målinger av klorerte miljøgifter i muskelvevet fra torsk fra 1998-prøvetaking i Barentshavet. Resultater av disse målingene er vist i tabell 3.44 (kun én måling av samleprøve på 25 fisk ble utført på hver av de to lokalitetene). Alle nivåene ligger relativt lavt i prøvene, men er (med unntak av  $\Sigma$ HCH og HCB) noe høyere enn det som ble funnet i hysemuskel fra samme år. Nivåene ligger innenfor Miljødirektoratets klasse I (ubetydelig – lite forurenset) for torskefilet (tabell 1.1).

Tabell 3.44. Nivåer av klorerte miljøgifter i torskemuskel fra Barentshavet Vest ( $\mu\text{g}/\text{kg}$  våtvekt).

År	Område	Antall lokaliteter	Antall individer	PCB7	$\Sigma$ DDT	$\Sigma$ HCH	HCB	TNC
1998	BH sør	1	1x25	2,48	0,95	0,24	0,02	0,30
	BH nordvest	1	1x25	1,17	0,16	0,15	0,03	0,05

### 3.14.2. PBDE i torskelever

Det ble gjennomført målinger av PBDE i torskelever fra Barentshavet i 2012 og fra Nordsjøen i 2008, 2011 og 2013. Resultatene er vist i tabell 3.45.

Tabell 3.45. Nivåer av PBDE i torskelever fra Barentshavet og Nordsjøen ( $\mu\text{g}/\text{kg}$  våtvekt, gjennomsnitt  $\pm$  standardavvik).

År	Område	Antall lokaliteter	Antall individer	Sum 15 PBDE
2012	BH sør	3	24	6,6 $\pm$ 2,0
	Sentrale BH	4	25	3,2 $\pm$ 2,1
2008	Nordsjøen - Egersundbanken	6	19	14 $\pm$ 4,9
	Nordsjøen - Tampen	4	19	28 $\pm$ 16
2011	Nordsjøen - Egersundbanken	3	25	17 $\pm$ 6,8
	Nordsjøen - Tampen	8	26	17 $\pm$ 6,7
2013	Nordsjøen - Egersundbanken	2	25	29 $\pm$ 33
	Nordsjøen - Tampen	2	25	23 $\pm$ 16

Nivåene i torsk kan sammenlignes med nivåer funnet i sei og hyse fra de samme havområdene, og er ikke høye. Som for andre fiskearter ligger de lavest i Barentshavet. I Nordsjøen er nivåene litt lavere enn det som er funnet i sei, og ligger på omtrent likt nivå på Tampen og i Egersundbanken. Det er ingen sterke tidstrender som er åpenbare etter 2008 i Nordsjøen, men spredningen i nivåene blant enkeltindivider er relativt stor, spesielt for prøvene fra 2013.

### 3.14.3. PAH i torsk

Det ble gjennomført målinger av PAH i torskelever og torskemuskel fra Nordsjøen i 2008, samt i torskemuskel i Barentshavet i 1998. Målingene i Nordsjøen ble utført i Tampen-området samt i referanseområde i forbindelse med et utslipp av olje (4400 m<sup>3</sup>) ved Statfjord-feltet i desember 2007 (Grøsvik et al., 2008). Resultatene er vist i tabell 3.46. Alle nivåer i muskelprøvene ligger under målegrensen både i Nordsjøen og i Barentshavet. I leverprøvene fra Nordsjøen ble det funnet nivåer av oljerelaterte PAH (NPD) over målegrensen i Tampen-området. Disse nivåene var også lave, og gjenspeiler hurtig metabolisering av PAH i fisk, som fører til lave nivåer i alle fiskevev når det ikke skjer akutt høy eksponering til PAH-forurensning.

Det ble for øvrig innsamlet kun et veldig lavt antall individer (4 fisk) i påvirket område der nivåene var over målegrensen, og det var kun i ett av disse individene at nivåene var forhøyet. Også i andre individer var nivåene under målegrensen.

Tabell 3.46. Nivåer av PAH i torsk fra Nordsjøen og Barentshavet ( $\mu\text{g}/\text{kg}$  våtvekt, gjennomsnitt  $\pm$  standardavvik. LOQ PAH16 i lever:  $41 \mu\text{g}/\text{kg}$  våtvekt; LOQ PAH16 i muskel:  $17 \mu\text{g}/\text{kg}$  våtvekt; LOQ NPD i lever:  $32 \mu\text{g}/\text{kg}$  våtvekt; LOQ NPD i muskel:  $19 \mu\text{g}/\text{kg}$  våtvekt).

År	Område	Antall lokaliteter	Antall individer	NPD	PAH16
<i>Lever</i>					
2008	NS Tampen	1	4	65 $\pm$ 101	<LOQ
	NS Ref.område	1	19	<LOQ	<LOQ
		2	25	<LOQ	<LOQ
<i>Muskel</i>					
1998	BH nordvest	1	5	<LOQ	<LOQ
2008	NS Tampen	1	4	<LOQ	<LOQ
	NS Ref.område	1	19	<LOQ	<LOQ
		1	25	<LOQ	<LOQ

### 3.15. Uer



Foto: Thomas de Lange Wenneck

Uer (*Sebastes norvegicus*)

**Maks størrelse:** over 15 kg og 1 m

**Levetid:** over 60 år

**Havområder:** Norskehavet, Barentshavet

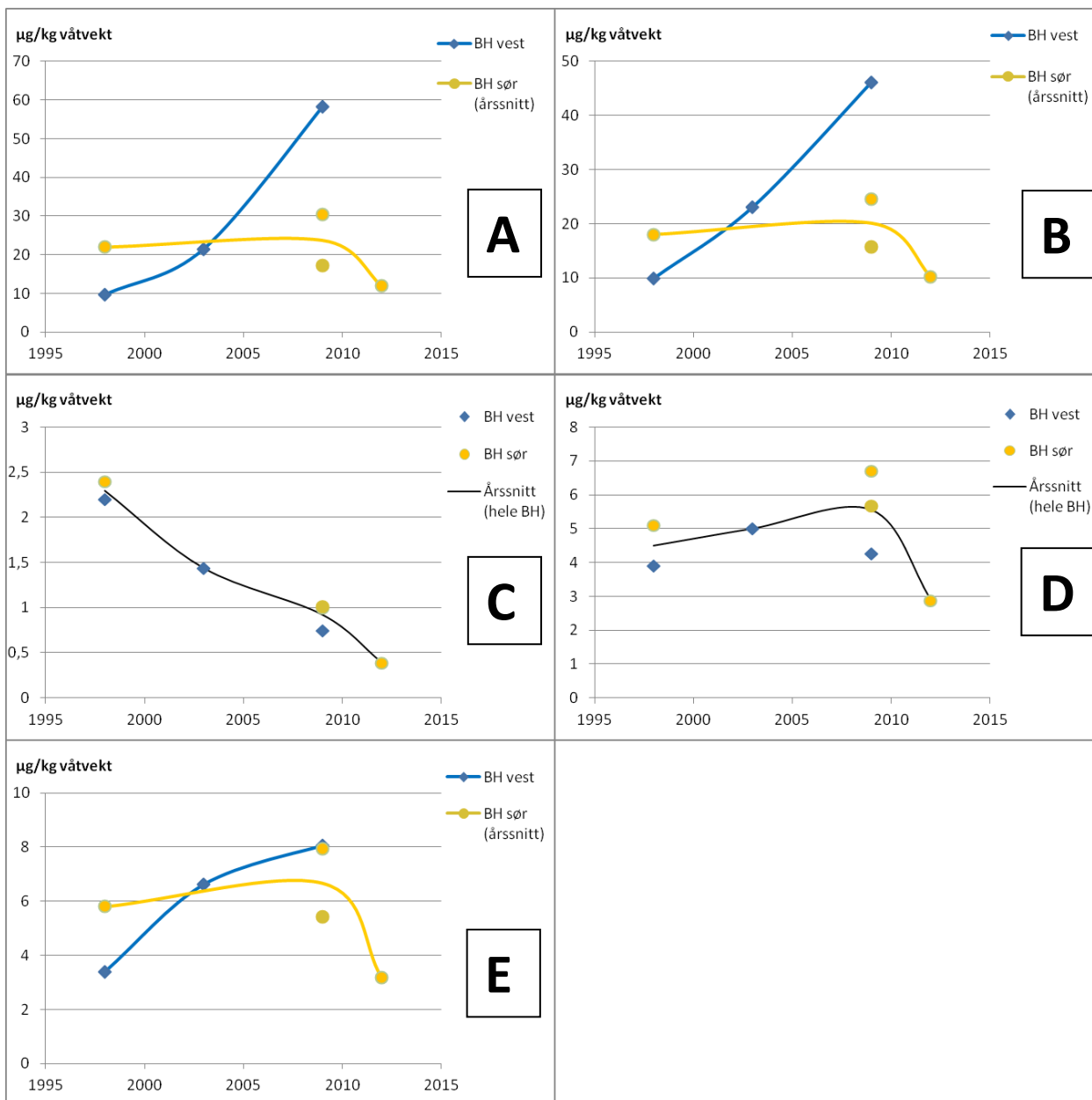
#### 3.15.1. PCB og klorerte pesticider i uerlever

Vanlig uer har vært en populær kommersiell art, men bestanden i norske havområder har minket siden 2005. Arten er klassifisert som sterkt truet og har vært på den norske rødlisten siden 2010. Dette er en lengelevende art og kan derfor akkumulere høye nivåer av miljøgifter. Det er utført få studier på miljøgifter i denne arten i norske havområder, som stort sett går ut på å undersøke nivåer i fiskemuskel. En studie av uer fra sørlige Barentshavet fått i 1997 har rapportert gjennomsnittsnivåer i fiskemuskel på 6,1 µg/kg våtvekt PCB7, 4,7 µg/kg våtvekt ΣDDT, 5,0 µg/kg våtvekt ΣHCH og 1,46 µg/kg våtvekt HCB (Julshamn et al., 2004). Dette er noe høyere enn nivåer av PCB og HCH i fiskemuskel fra uer og snabeluer (*S. mentella*) innsamlet i 2000 ved kysten av Sørvest-Grønland, der det ble funnet 3,2 µg/kg våtvekt sum 10 PCB, 4,8 µg/kg våtvekt ΣDDT og 0,66 µg/kg våtvekt ΣHCH (AMAP, 2004).

Havforskningsinstituttet har utført målinger av klorerte miljøgifter i uerlever fra Barentshavet i 1998, 2003, 2009 og 2012, og fra Norskehavet i 1994, 2004, 2011 og 2014 (prøvetaking nord for Færøyene i 1994 er her klassifisert som Norskehavet for enkelhets skyld). Resultatene er vist i tabellene 3.47 og 3.48, mens tidstrendene og spredningen i nivåene hos enkeltindivider er vist i figurene 3.34-3.37.

Tabell 3.47. Nivåer av klorerte miljøgifter i uerlever fra Barentshavet (µg/kg våtvekt, nivå i samleprøven eller gjennomsnitt av samleprøver ± standardavvik der mer enn en prøve er analysert).

År	Område	Antall		PCB7	ΣDDT	ΣHCH	HCB	TNC
		lokaliteter	individer					
1998	BH sør	1	1x25	22	18	2,4	5,1	5,8
	BH vest	1	1x25	9,6	9,9	2,2	3,9	3,4
2003	BH vest	2	5x5	21±3,6	23±2,2	1,4±0,14	5,0±1,0	6,6±1,3
2009	BH sør	4	18	30±18	24±15	1,0±0,44	6,7±3,5	7,9±5,5
	BH vest	6	25	58±174	46±116	0,72±0,29	4,3±1,7	8,1±9,2
	BH sør	6	28	17±10	16±8,9	1,0±0,32	5,7±2,2	5,4±3,3
2012	BH sør	1	25	12±2,9	10±2,0	0,39±0,12	2,9±0,84	3,2±0,65



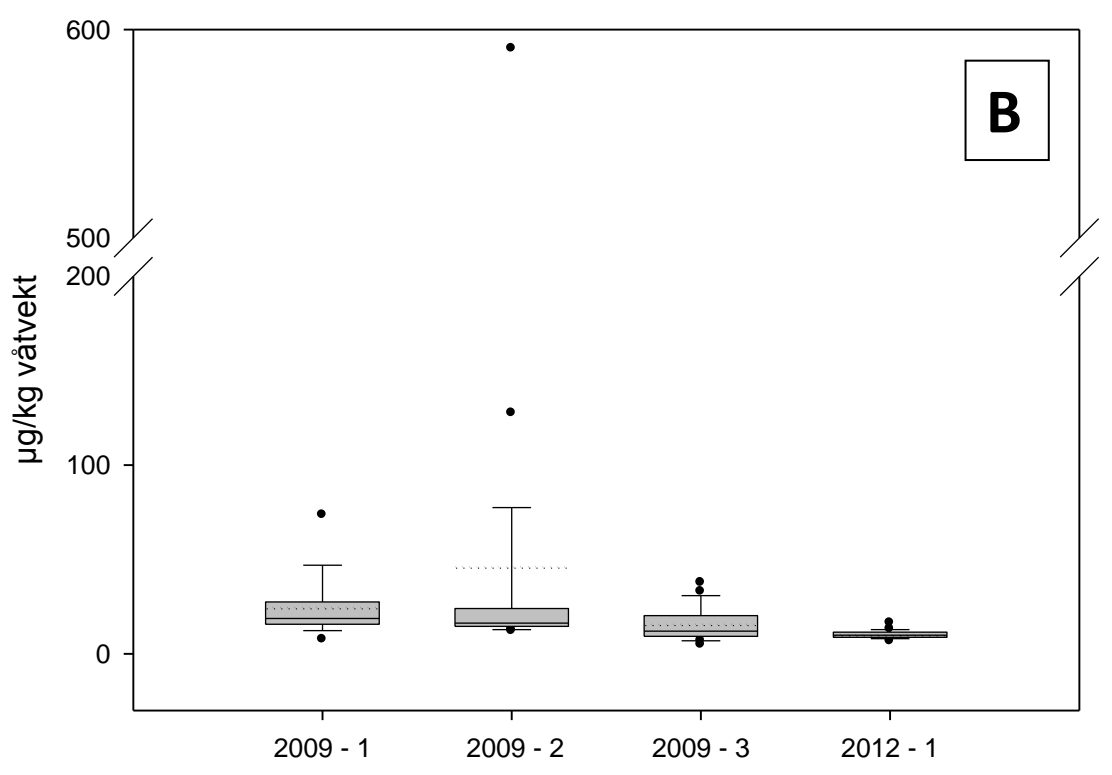
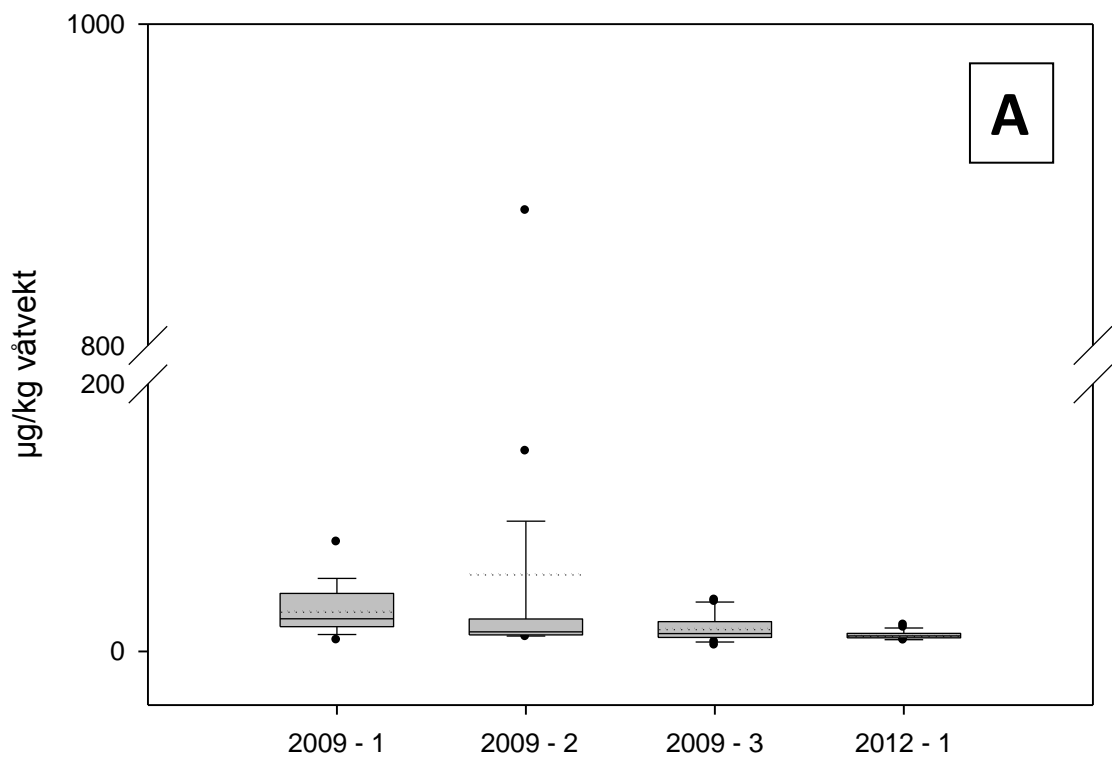
Figur 3.34. Gjennomsnittsnivåer av PCB7 (A), ΣDDT (B), ΣHCH (C), HCB (D) og TNC (E) i uerlever fra Barentshavet.

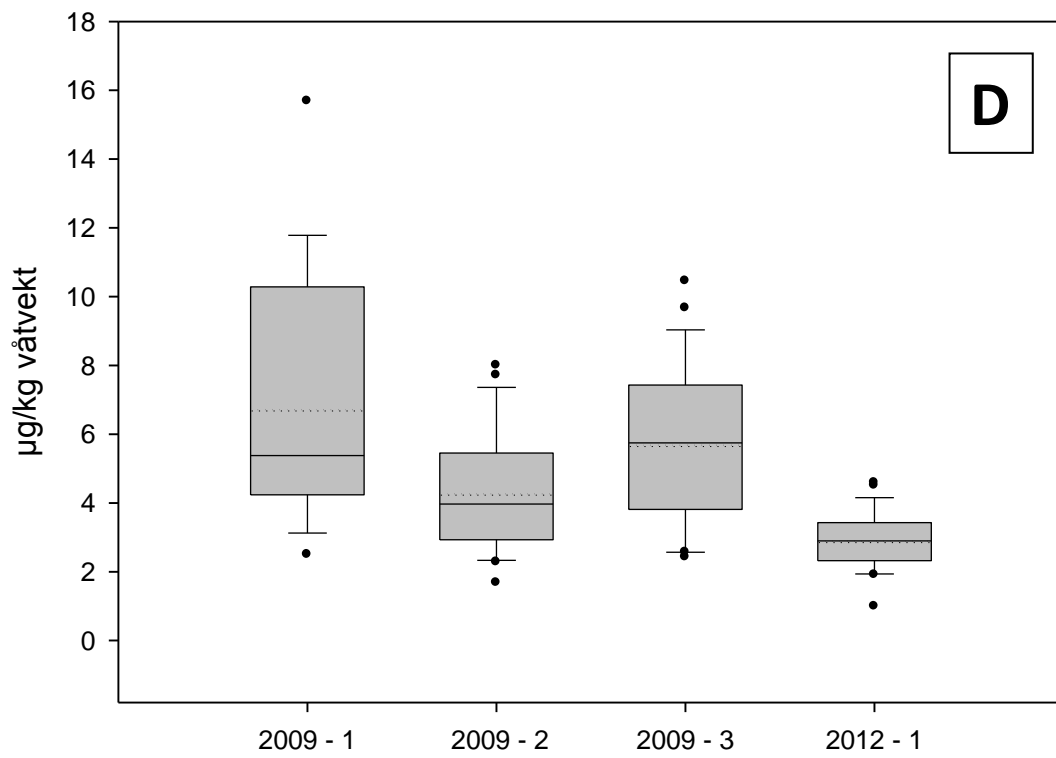
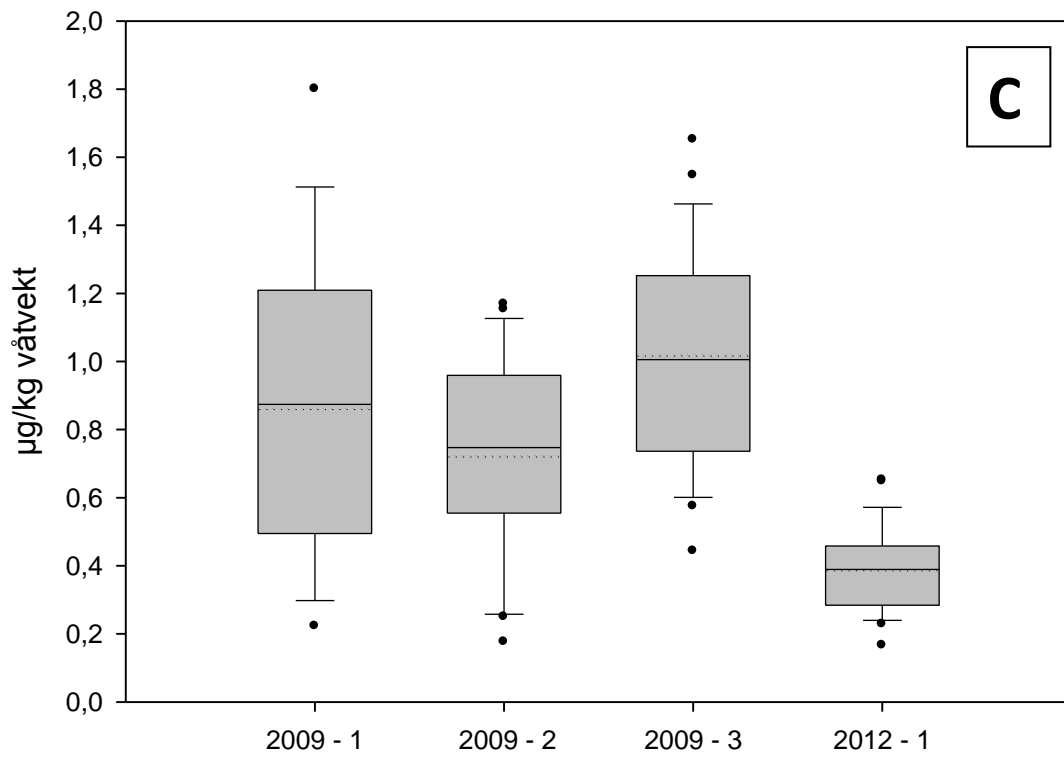
Nivåene av miljøgifter i uerlever fra Barentshavet er ikke spesielt høye, og ligger på et mellomnivå i forhold til det som er funnet i andre arter fra de samme områdene. Når det gjelder tidstrender, er de mest tydelige for ΣHCH (figur 3.34C), som minker konsekvent i alle geografiske områder, og det er liten forskjell mellom områdene. Nivåene av ΣHCH ligger uansett veldig lavt, og trenden for uer ligner på det som ble funnet for flere andre fiskearter. Andre stoffgrupper derimot viser en helt forskjellig tidstrend, som for øvrig (med unntak av HCB) skiller seg mellom de to undersøkte områdene – Barentshavet Sør og Barentshavet Vest (se figurene 3.34A, 3.34B og 3.34E). Mens nivåene i Barentshavet Sør ser ut til å ligge stabilt siden 1998 og minke noe til siste prøvetakingsår 2012, viser nivåene i Barentshavet Vest en økende trend. Dette ser man ikke i andre fiskearter (der nok data fra samme område gjennom flere år ble samlet inn, for eksempel gapeflyndre og hyse).

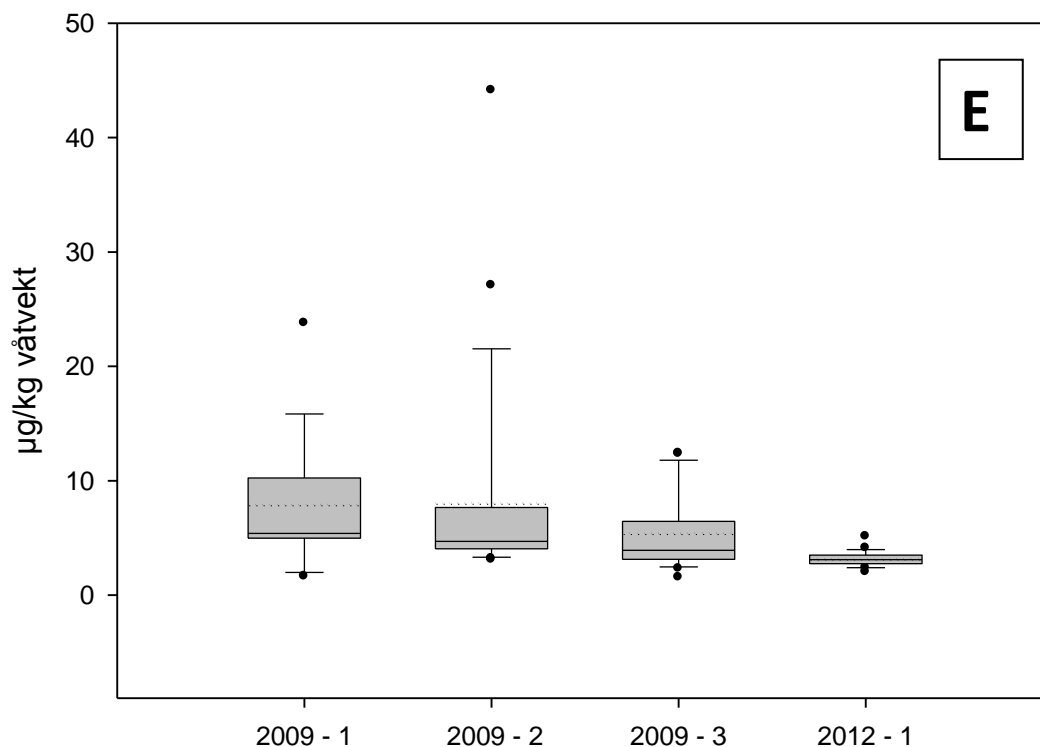
Den økende trenden i gjennomsnittsnivåene i Barentshavet Vest forklares delvis av sterkt forhøyete nivåer funnet i to individer i dette området i 2009. Dette er vist sammen med resten av individdata i plottene i figur 3.35 under. I det ene individet som viste de høyeste, ekstreme nivåer av PCB7,  $\Sigma$ DDT og TNC (figurene 3.35A, 3.35B og 3.35E), ble det funnet trikiner på innvollene. Fisken var for øvrig ikke den tyngste i det prøvesettet (730 g mot 820 g maksimalt for 25 fisk), men hadde en meget liten lever (kun 4,3 g mot 16 g i gjennomsnitt for resten av prøvesettet) med meget lavt fettinnhold (4,2 % mot 20 % i gjennomsnitt for resten av prøvesettet). Det andre individet med forhøyete nivåer viste ingen avvik fra resten av prøvesettet i forhold til vekten, leverstørrelsen og fettinnholdet, mens aldersbestemmelse ikke ble utført. Nivåene i dette individet var imidlertid opptil ca. tre ganger lavere enn i individet med de maksimale nivåene. Det sistnevnte individet hadde bl.a. nivåer av PCB7 på 880  $\mu\text{g}/\text{kg}$  våtvekt, som tilsvarer Miljødirektoratets klasse II ("moderat forurenset", etablert for torskelever), og nivåer av  $\Sigma$ DDT på 590  $\mu\text{g}/\text{kg}$  våtvekt, tilsvarende Miljødirektoratets klasse III ("markert forurenset").

Nivåer av PCB7,  $\Sigma$ DDT,  $\Sigma$ HCH og HCB i alle de andre individene fra alle år fra Barentshavet var innenfor tilstandsklasse I ("ubetydelig – lite forurenset", etablert for torskelever). Det var for øvrig mye mindre variasjon i nivåene mellom individene fra andre prøvetakinger, og det var minst variasjon i prøvene fra 2012.









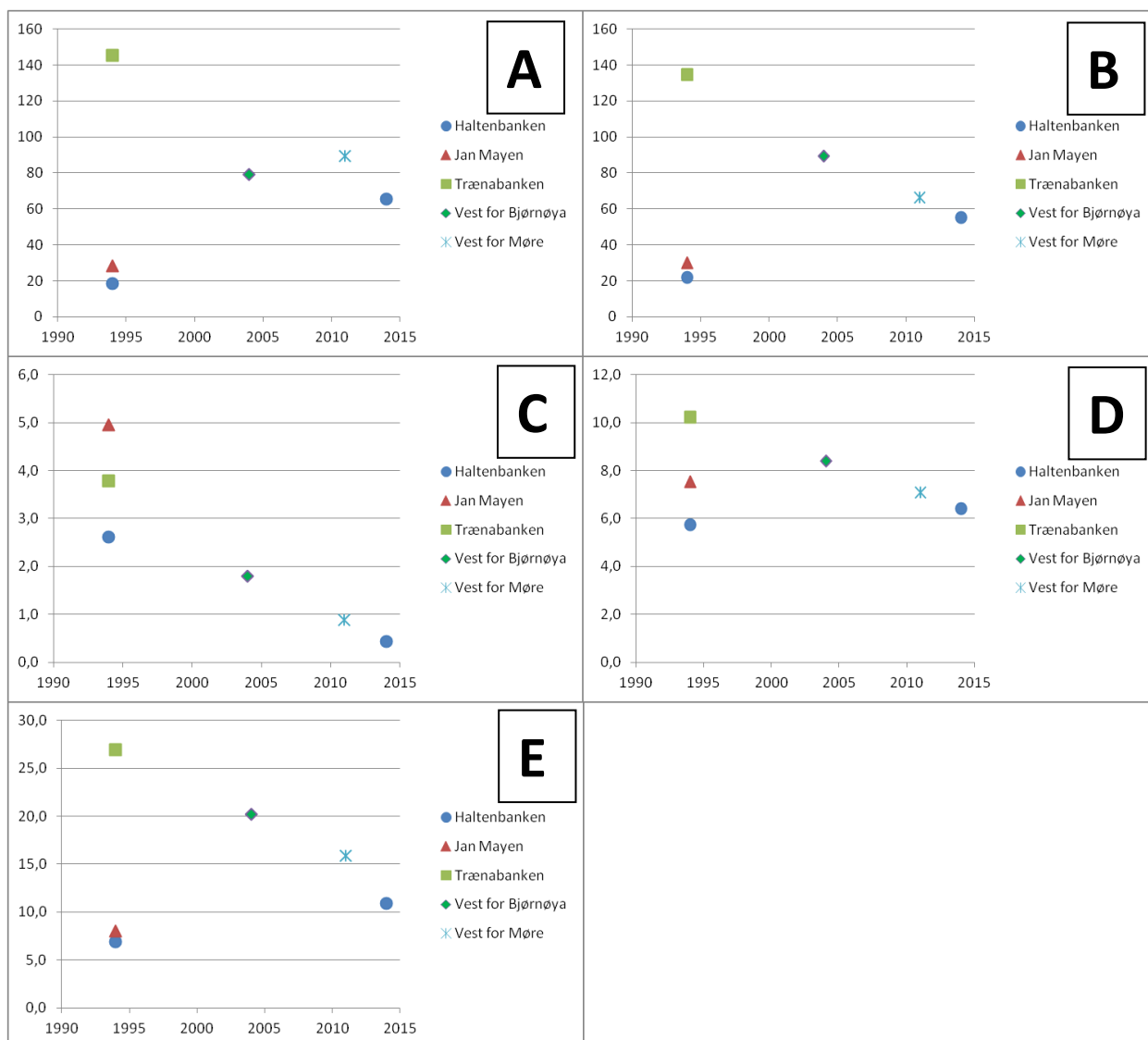
Figur 3.35. Klorerte miljøgifter i uerlever fra Barentshavet. 2009-1: Barentshavet sør; 2009-2: Barentshavet vest; 2009-3: Barentshavet sør; 2012-1: Barentshavet sør. A: PCB7. B:  $\Sigma$ DDT. C:  $\Sigma$ HCH. D: HCB. E: TNC.

Nivåene i Norskehavet er i gjennomsnitt noe høyere enn i Barentshavet, se tabell 3.48. Dette er i samsvar med resultatene for andre fiskearter, slik at også i Norskehavet ligger nivåene i uer på et mellomnivå i forhold til de andre studerte artene. Også resultater for prøvene fått i andre områder enn vanlige overvåkingsområder i Norskehavet, dvs. områdene ved Grønland og vest for Færøyene, er tatt med her til sammenligning, selv om de ikke geografisk sett hører til Norskehavet.

Tabell 3.48. Nivåer av klorerte miljøgifter i uerlever fra Norskehavet ( $\mu\text{g}/\text{kg}$  våtvekt, gjennomsnitt  $\pm$  standardavvik).

År	Område	Antall		PCB7	$\Sigma$ DDT	$\Sigma$ HCH	HCB	TNC
		lokaliteter	individer					
1994	Irmingerhavet	1	5x5	45 $\pm$ 16	75 $\pm$ 26	2,5 $\pm$ 0,41	2,8 $\pm$ 0,80	11 $\pm$ 4,5
	Sørøst Grønland	1	5x5	74 $\pm$ 15	112 $\pm$ 15	2,7 $\pm$ 0,73	4,0 $\pm$ 1,0	15 $\pm$ 2,0
	Jan Mayen	2	4x5	28 $\pm$ 2,5	30 $\pm$ 5,1	4,9 $\pm$ 1,4	7,5 $\pm$ 1,2	8,0 $\pm$ 1,7
	Trænabanken	1	5x5	145 $\pm$ 30	134 $\pm$ 36	3,8 $\pm$ 1,2	10 $\pm$ 2,8	27 $\pm$ 2,9
	Haltenbanken	1	5x5	18 $\pm$ 8,0	22 $\pm$ 12	2,6 $\pm$ 1,1	5,7 $\pm$ 3,9	6,8 $\pm$ 4,1
	Færøyene	1	5x5	74 $\pm$ 16	121 $\pm$ 27	4,1 $\pm$ 0,69	7,2 $\pm$ 1,8	23 $\pm$ 6,6
2004	Vest for Bjørnøya	1	5x5	79 $\pm$ 69	89 $\pm$ 60	1,8 $\pm$ 0,53	8,4 $\pm$ 1,3	20 $\pm$ 13
2011	Vest for Møre	1	25	89 $\pm$ 63	66 $\pm$ 41	0,87 $\pm$ 0,29	7,1 $\pm$ 1,7	16 $\pm$ 8,2
2014	Haltenbanken	4	25	65 $\pm$ 61	55 $\pm$ 49	0,44 $\pm$ 0,23	6,4 $\pm$ 2,6	11 $\pm$ 11

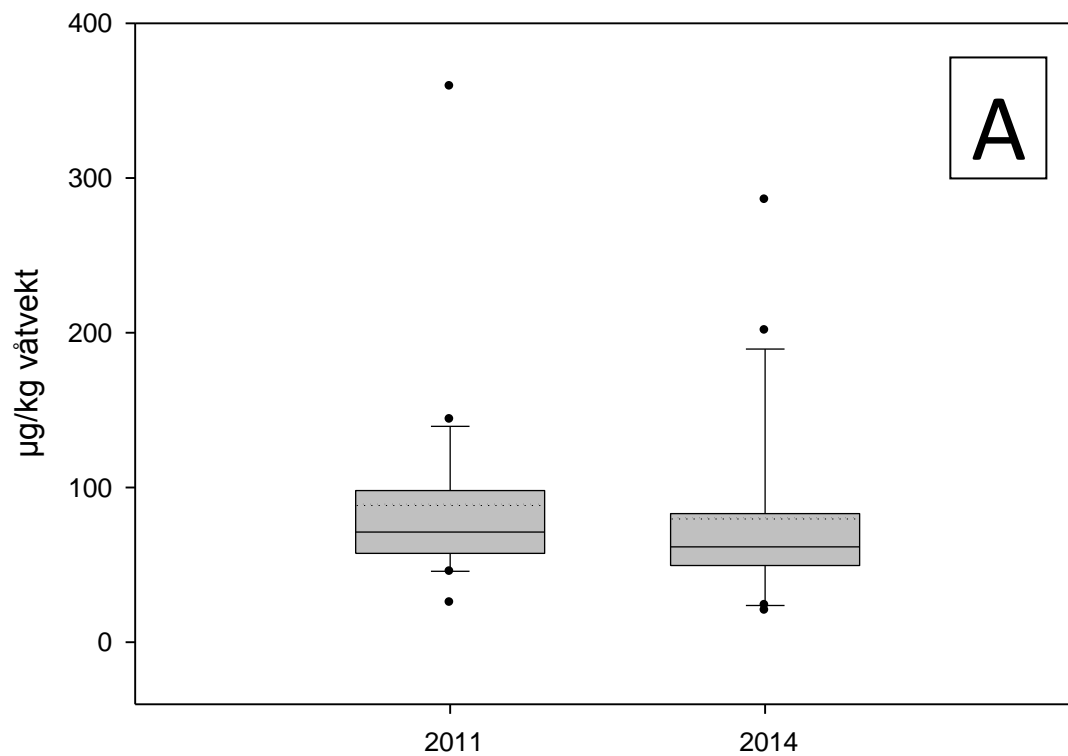
Tidsplottet i figur 3.36 under viser ingen tydelige tidstrender, med unntak av  $\Sigma$ HCH (figur 3.36C), som ser ut til å minke konsekvent, i likhet med trenden funnet i Barentshavet og med trendene funnet for  $\Sigma$ HCH hos flere andre arter. Når det gjelder andre stoffgrupper er det vanskelig å vurdere tidstrender, bl.a. på grunn av stor avstand mellom områdene og mangelfulle data for hvert område gjennom hele tidsperioden. Man kan likevel bemerke at for disse stoffgruppene finner man de høyeste gjennomsnittsnivåene på Trænabanken, der prøvene ble tatt i 1994, mens nivåene ved Jan Mayen er noen av de laveste. Nivåene på Haltenbanken er høyere i 2014 enn de var i 1994, bl.a. ca. tre ganger høyere for PCB7 og  $\Sigma$ DDT.

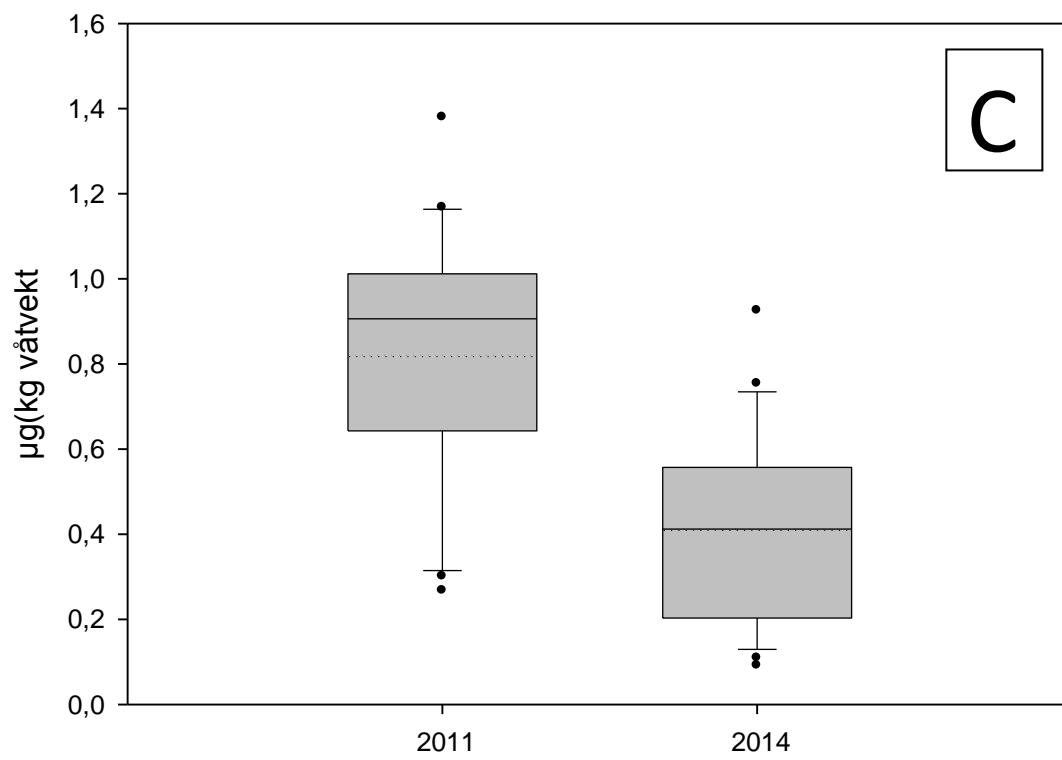
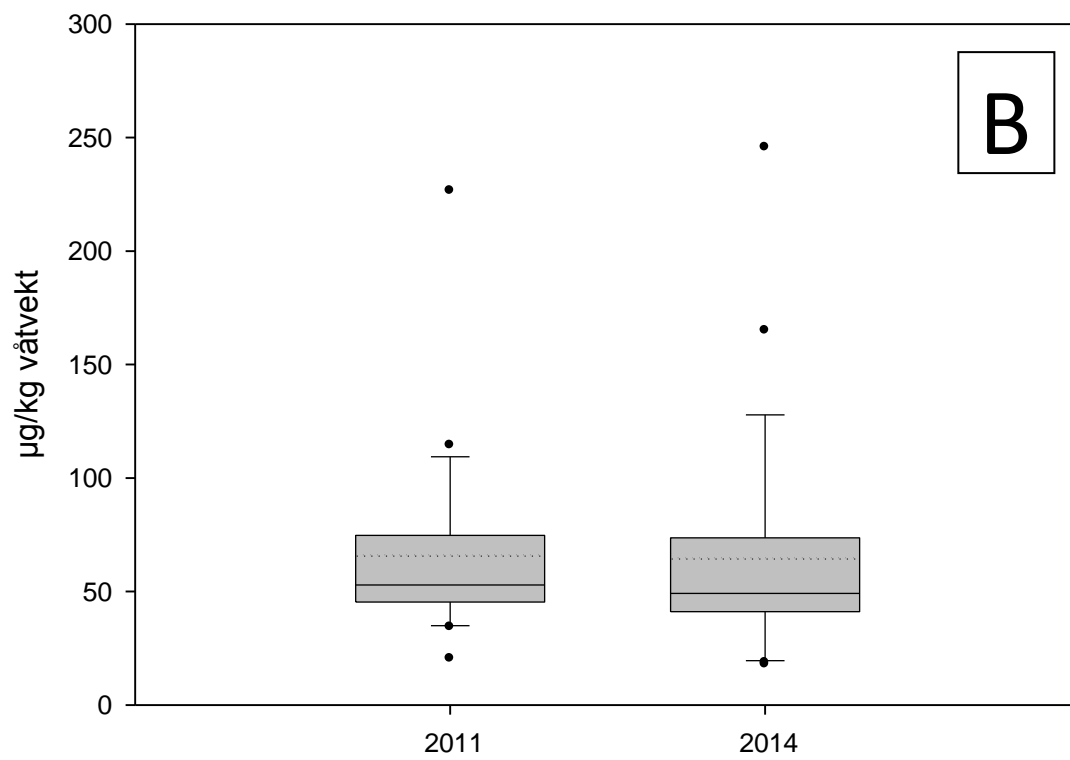


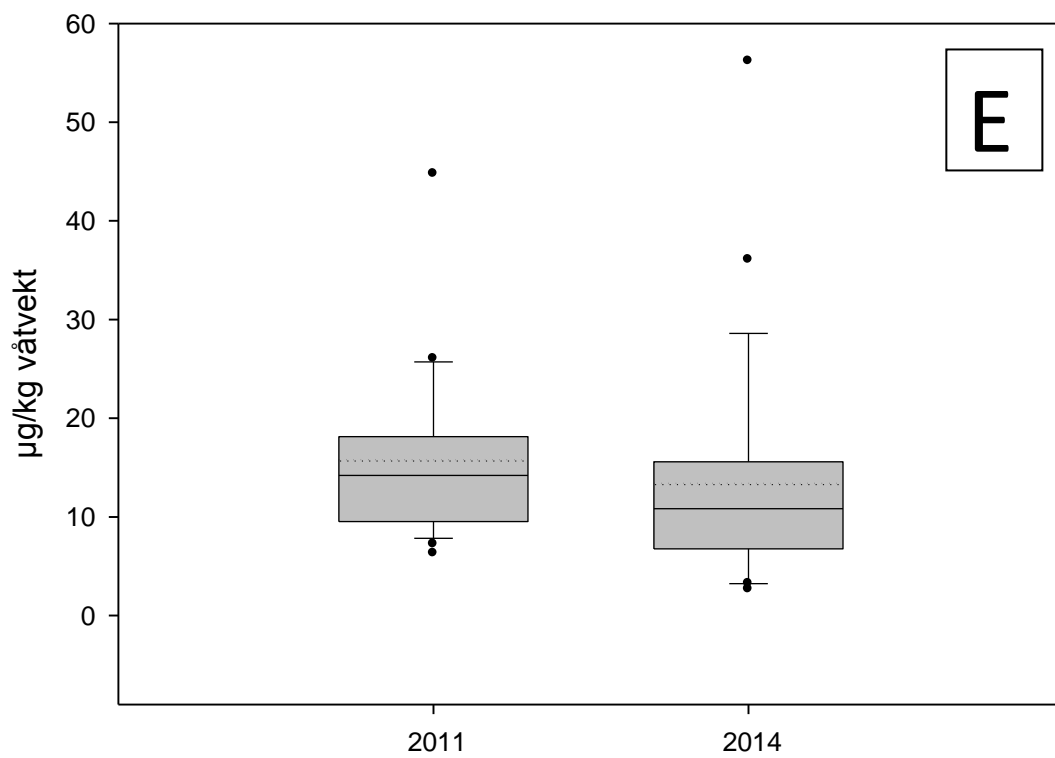
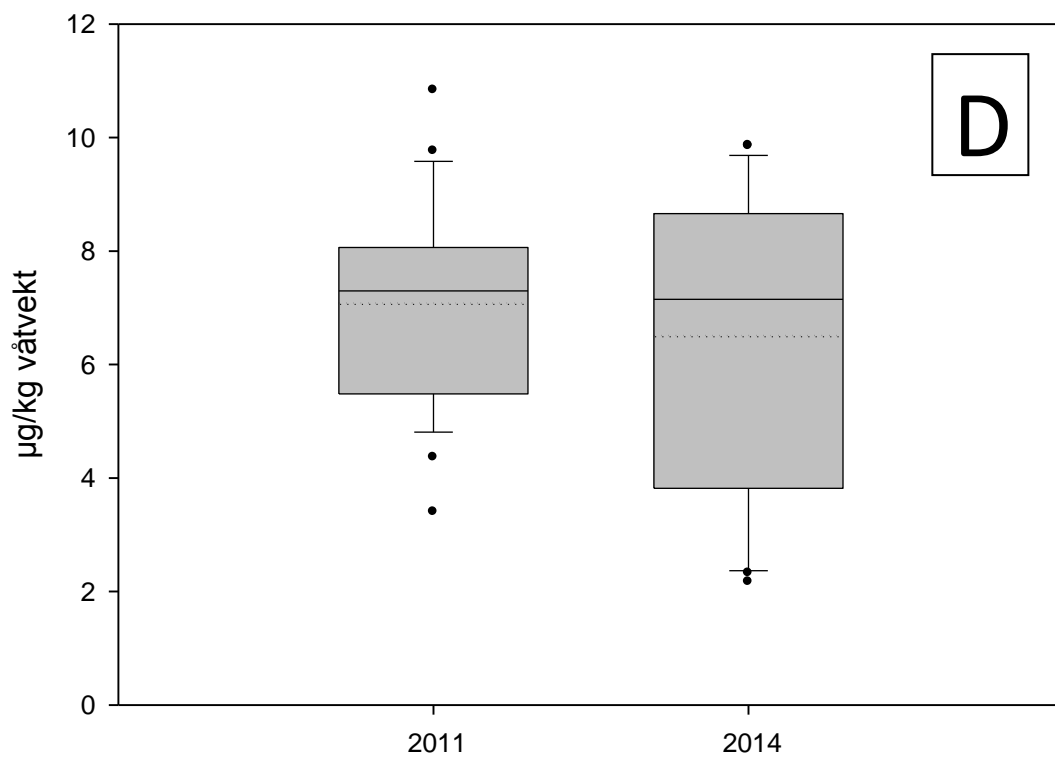
Figur 3.36. Gjennomsnittsnivåer av PCB7 (A),  $\Sigma$ DDT (B),  $\Sigma$ HCH (C), HCB (D) og TNC (E) i uerlever fra Norskehavet. Data fra utenfor Norskehavet vises ikke.

Individdata er vist i figur 3.37 under for prøvetakingen fra 2011 (vest for kysten av Møre) og 2014 (Haltenbanken), mens det i tidligere år kun ble analysert samleprøver av uerlever. Det er i de fleste tilfeller relativt liten spredning i mesteparten av prøvene, mens de uteliggende maksimale nivåene er relativt høye og ligger langt fra medianverdier. De overskrider bl.a. EUs mattrykkgrensene på 200 µg/kg våtvekt PCB7 både i 2011 og 2014. I tilfellet  $\Sigma$ DDT overskrider de maksimale nivåene også grensen for Miljødirektoratets tilstandsklasse II ("moderat forurenset") etablert for torskelerver,

mens de maksimale nivåer av alle de andre stoffgruppene ligger i klasse I ("ubetydelig – lite forurenset") etablert for torskelever. Det var for øvrig kun moderat korrelasjon mellom nivåene og fiskens vekt og levervekt, og dårlig sammenheng mellom nivåene og fettinnholdet i leveren.







Figur 3.37. Klorerte miljøgifter i uerlever fra Norskehavet. 2011: vest for kysten av Møre; 2014: Haltenbanken. A: PCB7. B:  $\Sigma$ DDT. C:  $\Sigma$ HCH. D: HCB. E: TNC.

Det ble også utført målinger av klorerte miljøgifter i muskelvev fra uer fra 1998-prøvetakingen i Barentshavet. Resultater av målingene er vist i tabell 3.49 (kun én måling av samleprøve på 25 fisk ble utført på hver av de to lokalitetene). Uer har relativt høyt fettinnhold i muskelvevet, og nivåene er derfor noe høyere enn det som ble funnet i muskelprøver fra torsk og hyse fra samme prøvetaking, men ligger på omtrent samme nivå som nivåene i sild.

Tabell 3.49. Nivåer av klorerte miljøgifter i uermuskel fra Barentshavet Vest ( $\mu\text{g}/\text{kg}$  våtvekt).

År	Område	Antall lokaliteter	Antall individer	PCB7	$\Sigma\text{DDT}$	$\Sigma\text{HCH}$	HCB	TNC
1998	BH sør	1	1x25	3,5	2,2	0,55	0,10	0,62
	BH vest	1	1x25	2,6	2,4	0,76	0,26	0,71

### 3.15.2. PBDE i uerlever

Det ble gjennomført målinger av PBDE i uerlever fra Norskehavet i 2011 og fra Barentshavet i 2012. Resultatene er vist i tabell 3.50.

Tabell 3.50. Nivåer av PBDE i uerlever fra Norskehavet og Barentshavet ( $\mu\text{g}/\text{kg}$  våtvekt, gjennomsnitt  $\pm$  standardavvik).

År	Område	Antall lokaliteter	Antall individer	Sum 15 PBDE
2011	Vest for Møre	1	25	11 $\pm$ 7,7
2012	BH sør	1	25	1,1 $\pm$ 0,60

Nivåene i uerlever ligger lavest i Barentshavet, der flere målte komponenter ligger under deteksjonsgrense. I Norskehavet er nivåene ca. ti ganger høyere og ligger på omtrent samme nivå som i noen andre fiskearter fra samme område i 2011 (for eksempel, hyse og kolmule).



### 3.16. Øyepål



Øyepål (*Trisopterus esmarkii*)

**Maks størrelse:** 0,1 kg og 20 cm

**Levetid:** 3 år

**Havområder:** Barentshavet, Nordsjøen

#### 3.16.1. PCB og klorerte pesticider i øyepål

Øyepål er en liten fisk som ligger på lavt trofisk nivå i forhold til andre fiskearter og har kort levetid. Det ble rapportert lave nivåer i øyepål (helfisk) innsamlet i Nordsjøen i 2000, på under deteksjonsgrense for PCB7 og  $\Sigma$ HCH, og 0,53  $\mu\text{g}/\text{kg}$  våtvekt HCB og 2,1  $\mu\text{g}/\text{kg}$  våtvekt  $\Sigma$ DDT (Julshamn et al., 2004).

Havforskningsinstituttet har målt nivåer av klorerte miljøgifter i øyepål (samleprøver av helfisk eller lever) fra Nordsjøen i 1996, og fra Barentshavet i 2007 og 2009. Resultatene er vist i tabell 3.51.

Tabell 3.51. Nivåer av klorerte miljøgifter i øyepål (helfisk eller lever) fra Nordsjøen og Barentshavet ( $\mu\text{g}/\text{kg}$  våtvekt, gjennomsnitt  $\pm$  standardavvik).

År	Område	Antall		PCB7	$\Sigma$ DDT	$\Sigma$ HCH	HCB	TNC
		lokaliteter	individer					
1996	Skagerrak	2	5x5*	7,9 $\pm$ 1,0	6,1 $\pm$ 0,63	2,5 $\pm$ 1,1	0,69 $\pm$ 0,09	1,0 $\pm$ 0,39
2007	BH sørvest	1	5x5*	2,7 $\pm$ 0,39	2,4 $\pm$ 0,24	0,37 $\pm$ 0,06	0,78 $\pm$ 0,04	0,66 $\pm$ 0,21
2009	BH sør	1	1x25**	25	24	7,5	4,2	6,9
	BH sørøst	1	1x25**	29	25	8,7	6,8	7,9

\* - helfisk, \*\* - leverprøve.

Mens nivåene i leverprøver er ca. ti ganger høyere enn i muskelprøver, ligger de relativt lavt sammenlignet med andre fiskearter, og det er ganske like nivåer i begge de undersøkte områdene i Barentshavet. Når det gjelder resultater på helfisk, er nivåene i Nordsjøen noe høyere enn i Barentshavet, med unntak av HCB, men nivåene i alle områder ligger ganske lavt.

### 3.17. Reker, krill og sjøkreps



Reke (*Pandalus borealis*)

**Maks størrelse:** 20 g og 16 cm

**Levetid:** 10 år

**Havområder:** Barentshavet, Nordsjøen

#### 3.17.1. PCB og klorerte pesticider i reker, krill og sjøkreps

Havforskningsinstituttet overvåker klorerte miljøgifter i reker (*Pandalus borealis*). Mindre regelmessige målinger i krill (*Thysanoessa inermis*) og sjøkreps (*Nephrops norvegicus*) er også utført. Tidligere målinger i reke fra forskjellige områder i Barentshavet i 1995 og 2000 har påvist gjennomsnittsnivåer på mellom 0,4 og 1,1 µg/kg våtvekt PCB7, 0,12 µg/kg våtvekt ΣDDT, mellom 0,11 og 0,17 µg/kg våtvekt HCB og mellom under deteksjonsgrense og 0,30 µg/kg våtvekt ΣHCH (Julshamn et al., 2004).

Havforskningsinstituttet har analysert PCB og klorerte pesticider i reker fra Barentshavet i 2009 og 2012 og fra Nordsjøen i 1996, samt i krill og sjøkreps fra Nordsjøen (Skagerrak) i 1995-1996. Resultatene er vist i tabell 3.52.

Tabell 3.52. Nivåer av klorerte miljøgifter i reker, krill og sjøkreps fra Nordsjøen (Skagerrak) og Barentshavet ( $\mu\text{g}/\text{kg}$  våtvekt, nivå i samleprøven eller gjennomsnitt  $\pm$  standardavvik der mer enn én prøve ble analysert).

År	Område	Antall lokaliteter	Antall samleprøver	PCB7	$\Sigma\text{DDT}$	$\Sigma\text{HCH}$	HCB	TNC
<i>Reker</i>								
1996	Skagerrak	2	2	3,8 $\pm$ 0,46	0,76 $\pm$ 0,07	0,53 $\pm$ 0,08	0,30 $\pm$ 0,01	0,25 $\pm$ 0,03
2009	BH vest	1	1	0,16	0,06	0,08	0,09	0,06
	BH sør	1	1	0,30	0,06	0,07	0,06	0,04
2012	BH sør	1	2	0,18 $\pm$ 0,01	<0,02	<0,02	0,04 $\pm$ 0	0,03 $\pm$ 0
	Sentrale BH	1	2	0,25 $\pm$ 0	0,03 $\pm$ 0	0,02 $\pm$ 0	0,10 $\pm$ 0	0,11 $\pm$ 0
<i>Krill</i>								
1996	Skagerrak	1	1	0,63	0,58	0,27	0,09	0,06
<i>Sjøkreps</i>								
1995	Skagerrak	2	2	1,1 $\pm$ 0,32	0,23 $\pm$ 0,02	0,05 $\pm$ 0	0,04 $\pm$ 0,01	0,01 $\pm$ 0

Mens nivåene er meget lave i alle prøver og gjenspeiler lavt trofisk nivå for de undersøkte artene, ligger nivåene i reker fra Skagerrak tydelig høyere enn i Barentshavet, opptil ca. 10-20 ganger høyere for alle stoffgrupper. Nivåene funnet i Barentshavet ligger under målegrense for flere av komponentene, og viser lavt bakgrunnsnivå for disse stoffene. Nivåene i krill og sjøkreps fra Skagerrak ligger på samme nivå eller noe lavere enn i reker fra samme område.

### 3.17.2. PBDE i reker

Det ble gjennomført målinger av PBDE i reker fra Barentshavet i 2012. Resultatene er vist i tabell 3.53. Nivåene ligger under deteksjonsgrense (0,03  $\mu\text{g}/\text{kg}$  våtvekt) for de fleste målte komponenter, og kun få komponenter er i det hele tatt detektert.

Tabell 3.53. Nivåer av PBDE i reker fra Barentshavet ( $\mu\text{g}/\text{kg}$  våtvekt, gjennomsnitt  $\pm$  standardavvik).

År	Område	Antall lokaliteter	Antall samleprøver	Sum 15 PBDE
2012	BH sør	1	2	0,05 $\pm$ 0
	Sentrale BH	1	2	0,02 $\pm$ 0,02

## 4. Resultater av målinger i sedimenter

### 4.1. Nivåer av hydrokarboner i sedimenter fra Barentshavet og Nordsjøen

Havforskningsinstituttet har tidligere undersøkt nivåer av organiske miljøgifter i marine sedimenter både under eget overvåkningsprogram og som del av andre prosjekter som ble rapportert tidligere. Det viktigste av disse når det gjelder undersøkelser i Barentshavet og Norskehavet er det nasjonale kartleggingsprogrammet MAREANO, som leverer detaljerte undersøkelser av hydrokarboner i både overflatesedimenter og sedimentkjerner, samt nivåer av bromerte og klorerte miljøgifter i overflatesedimenter. Det henvises derfor til rapportene utgitt av MAREANO tilgjengelige på [www.mareano.no/resultater/geokjemirapporter](http://www.mareano.no/resultater/geokjemirapporter); Nivåer og kilder av hydrokarboner undersøkt av MAREANO i nordområdene er videre sammenlignet med tilsvarende resultater målt av Havforskningsinstituttet i Nordsjøen og Skagerrak i Boitsov et al., 2013. Andre prosjekter inkluderte Tilførselsprogrammet, der målinger i sedimenter fra Nordsjøen, Norskehavet og Barentshavet ble rapportert i 2009-2011 (Miljødirektoratet, 2012), og undersøkelser ved Jan Mayen (Fossum et al., 2012). Egne overvåkningsresultater i sedimenter utført i det siste tiåret har omfattet områdene ikke inkludert i de overnevnte prosjektene, stort sett i åpent hav i Nordsjøen og Norskerenna. Disse resultatene ble rapportert i Havforskningsinstituttets årlige rapporter tilgjengelige på [http://www.imr.no/publikasjoner/andre\\_publicasjoner/havforskningsrapporten/nb-no](http://www.imr.no/publikasjoner/andre_publicasjoner/havforskningsrapporten/nb-no).

Havforskningsinstituttet har utført nye undersøkelser av hydrokarboner i overflatesediment fra Barentshavet i 2012 og Nordsjøen i 2013. Resultater av disse undersøkelser er presentert i denne rapporten sammen med resultater av målinger i sedimentkjerner fra østlig del av Skagerrak prøvetatt av Statnett i 2011. Resultatene er vist i aggregert form i tabell 4.1, og på kart i figurene 4.1-4.3.

Tabell 4.1. Gjennomsnitt-, min.- og maks-nivåer av hydrokarboner i overflatesedimenter fra Nordsjøen, Skagerrak og Barentshavet. Miljødirektoratets tilstandsklasser er vist med farge der de er etablert i henhold til tabell 1.3.

Nivå	Antall stasjoner	TOC* %	Sum 48 PAH µg/kg t.v.	NPD µg/kg t.v.	PAH16 µg/kg t.v.	Benzo[ <i>a</i> ]pyren µg/kg t.v.
<b>Barentshavet</b>						
Min.	15	0,66	147	35	83	3,2
Gjennomsnitt		1,2	1930	1434	550	18
Maks		1,8	7885	6660	1955	35
<b>Oslofjorden</b>						
Min.	4		119	29	32	0,93
Gjennomsnitt		2,6	252	57	101	5,1
Maks			436	92	269	17
<b>Hvaler</b>						
Min.	10	1,7	86	42	28	1,1
Gjennomsnitt		3,6	436	104	287	22
Maks		5,2	933	236	624	46
<b>Svenskekysten</b>						
Min.	6	4,6	68	34	23	1,1
Gjennomsnitt		4,8	578	153	380	28
Maks		5,3	1325	323	866	62
<b>Nordsjøen</b>						
Min.	13		104	18	79	5,3
Gjennomsnitt			455	146	291	15
Maks			1269	397	828	44

\* - Det ble bestemt TOC i 6 prøver fra Barentshavet, 1 prøve fra Oslofjorden, 5 prøver fra Hvaler og 3 prøver fra svenskekysten. TOC ble ikke bestemt i prøvene fra Nordsjøen.

De høyeste nivåene finner man i sedimentene rundt Svalbard i nordvestlig del av Barentshavet, maksimalt opptil 7,9 mg/kg tørrvekt for summen av 48 PAH. Dette er i tråd med tidligere undersøkelser av disse områdene utført i 2003-2004 (Boitsov et al., 2009), og har sin forklaring i naturlig høyt bidrag av petrogene PAH gjennom utvasking av kullholdige bergarter fra Svalbard til havet. Dette bekreftes også i denne studien, siden PAH-nivåene er tydelig dominert av petrogene komponenter, uttrykt her som NPD (opptil 6,7 mg/kg tørrvekt), mens nivåer av andre PAH ligger betydelig lavere. Som følge av dette, overskrider ikke nivåer av bl.a. benzo[*a*]pyren den øvre grensen for Miljødirektoratets klasse II noen steder.

I sørlige og sørøstlige deler av Barentshavet ligger nivåene mye lavere (se figur 4.1), som er i samsvar med data funnet av MAREANO. I disse områdene forklares enkelte variasjoner i nivåene først og fremst med kornstørrelse på sedimentene, som er relativt grove og har lite organisk materiale i seg, helt ned til 0,66 % TOC på noen av de stasjonene hvor TOC ble målt. De lave nivåene av PAH funnet her gjenspeiler som regel naturlig bakgrunn for PAH i havet, eller eventuelt viser kun spor av forurensning forårsaket av langtransport fra fjerne strøk (se for eksempel Boitsov et al., 2011).

Nivåene i Nordsjøen ligger rimelig lavt de fleste steder i åpent hav, som tyder på lav forurensningsgrad, men kan også være forårsaket av relativt grove sedimenter i store områder av

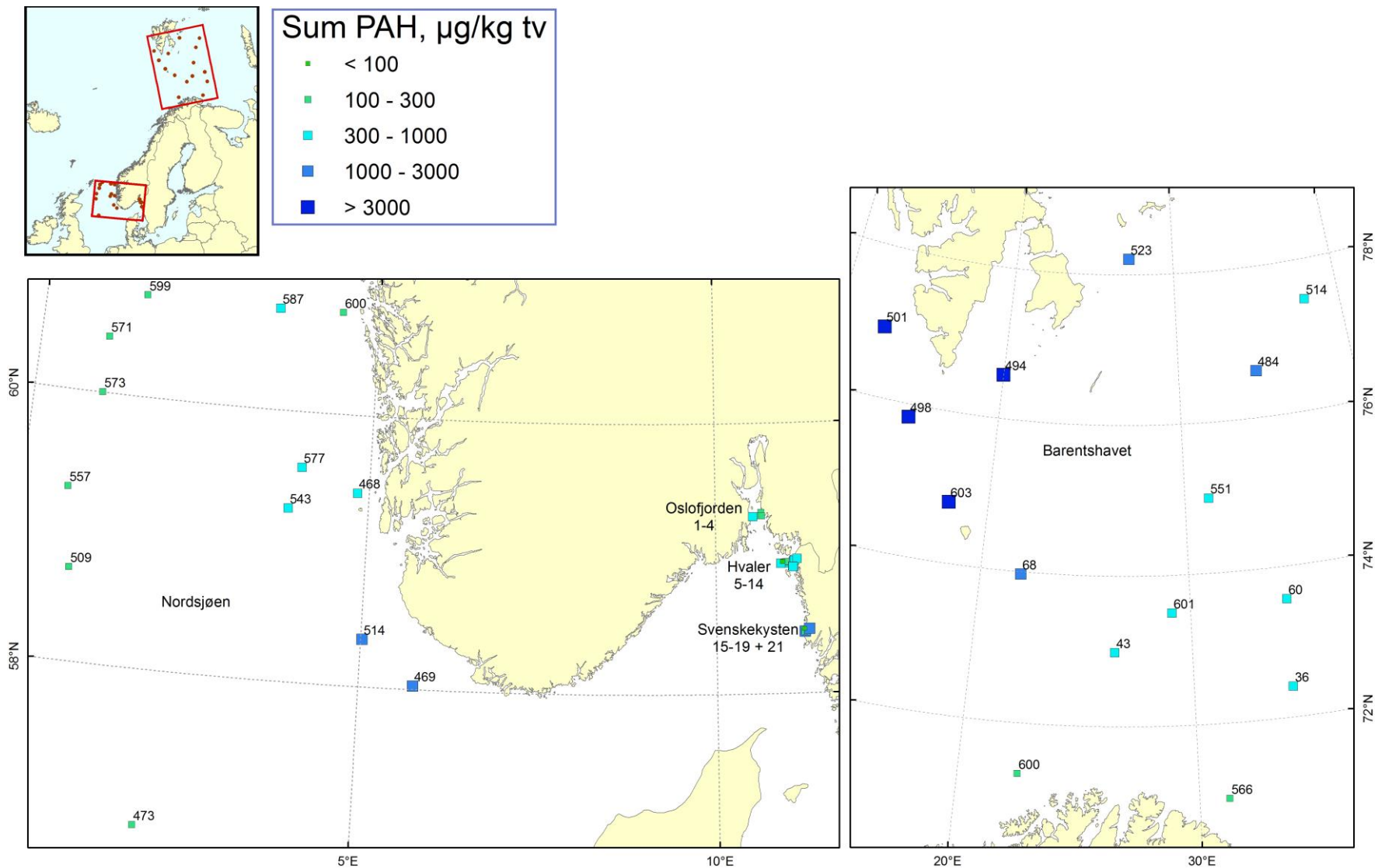
åpent hav i Nordsjøen. De høyeste nivåene er funnet i Norskerenna sørvest for norskekysten, og det er PAH16 som dominerer nivåene, mens NPD ligger lavt. Dette kan tyde på et bidrag fra forskjellige menneskerelaterte kilder som bl.a. skipstrafikk i området, og passer godt sammen med tidligere studier (Boitsov et al., 2013). Nivåer av pyrogene PAH som benzo[a]pyren ligger imidlertid ikke høyere enn Miljødirektoratets klasse II og viser dermed kun lav forurensningsgrad.

I den østlige delen av Skagerrak ble det tatt prøver ved flere forskjellige lokaliteter i Ytre Oslofjord, ved Hvaler og ved svenskekysten sør for norsk grense (se kart i figurene 4.1-4.3). Dette er meget finkornete sedimenter med relativt høye TOC-verdier, opptil 5,3 % i prøvene fra svenskekysten (se tabell 4.1). PAH-nivåene er likevel rimelig lave, mye lavere enn det man finner ved Svalbard. De laveste nivåene finner man i Oslofjorden, der nivåer av både PAH16 og NPD ligger nært naturlig bakgrunn. Nivåene ved Hvaler er litt høyere, mens nivåene i sør ved svenskekysten er enda litt høyere, men kommer i tilstandsklasse II på sitt høyeste.

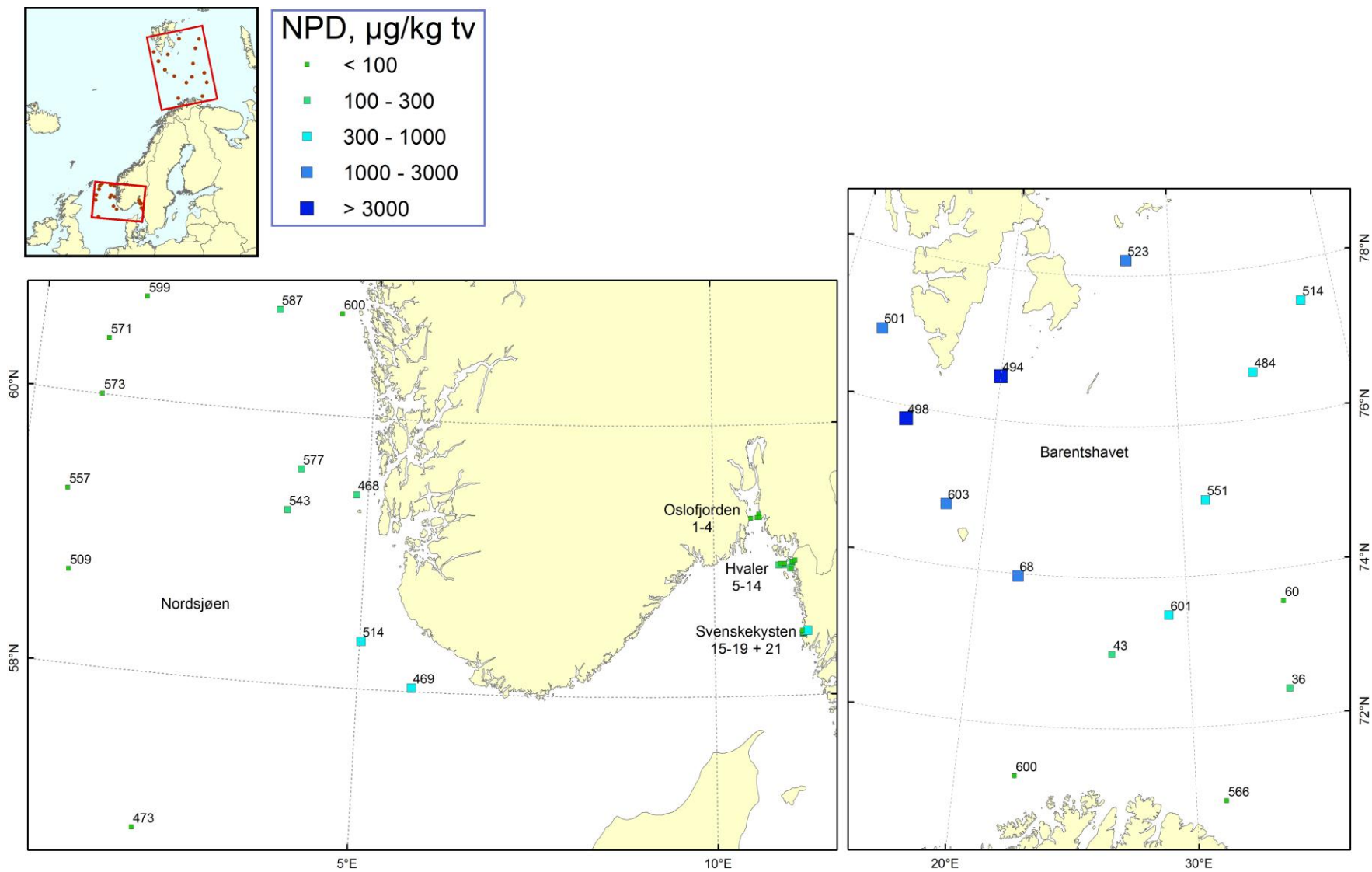
Sedimenter fra østlige Skagerrak ble også undersøkt i sedimentkjerner. Resultatene er vist i figurene 4.4-4.5. Figur 4.4. viser PAH-dybdeprofilene i øverste 50 cm av 3 kjerner, en fra hvert område, og figur 4.5 viser dybdeprofilen i en hel 3 m lang kerne utvalgt for undersøkelsen (fra Oslofjorden).

Sedimentkjernene ble ikke datert, men det er kjent at sedimentasjonsratene i østlige del av Skagerrak er relativt høye, gjerne mellom 5-10 mm/år eller høyere noen steder (Longva & Thorsnes, 1997). Dybdeprofilene i figur 4.4 kan derfor representere ca. siste 50-100 års sedimenter. PAH-profiler for NPD, PAH16 og perylen er vist i figurene. I sedimentkjernen fra Oslofjorden (figur 4.4A) ligger alle nivåprofilene helt flate og lave gjennom hele kjernen, unntatt biogen PAH-forbindelse perylen som ligger relativt høyt. Dette tyder på lite forurensning i denne delen av Oslofjorden. Høye nivåer av perylen i munningen av fjorden kan være tegn på avrenning av plantemateriale fra landområdene ved fjorden (Peters et al., 2005). Ved Hvaler (figur 4.4B) ligger nivåer av NPD og perylen like flat gjennom hele kjernen som i Oslofjorden, og perylen-nivåene er lavere. Nivåer av PAH16 derimot viser en kraftig økning mot overflaten, i øverste ca. 10 cm av kjernen. Dette kan tyde på forbrenningsrelatert forurensning (røyk fra skipstrafikk eller kilder på fastlandet ved siden av) som har økt i den siste tiden. Tilsvarende profiler finner man videre sørover ved svenskekysten (figur 4.4C). Også her øker PAH16-nivåene mot overflaten.

Dybdeprofilen i en 3 m lang kerne fra Oslofjorden, vist i figur 4.5, ligger omtrent flat og lavt for NPD, men viser spesielle trender for perylen og PAH16. Disse øker kraftig ved 1,5-2,0 m dybde, men minker igjen i dypeste sedimentlag. Perylen er kjent for å kunne øke kraftig i gamle sedimenter hvor denne forbindelsen kan dannes gjennom diagenetiske prosesser (for eksempel, Peters et al., 2005). Siden kjernen ikke er datert, er det imidlertid umulig å vite om det er det som forårsaker profilene. Samtidig er det vanskelig å forklare en økning i forbrenningsrelaterte PAH (vist som PAH16) samtidig med perylen. Mens det kan være naturlige forklaringer for dette, for eksempel skogbranner i området, er det mest sannsynlig at profilene viser tegn på en fysisk forstyrrelse i kjernen, slik at sedimentene ble opprørt og tidsprofilen ødelagt. Dette kan i sin tur være forårsaket av naturlige prosesser som bioturbasjon, undersjøiske ras eller knyttet til menneskelig aktivitet. Lave nivåer av NPD gjennom hele kjernen viser svakt petrogent bidrag til nivåene i området.

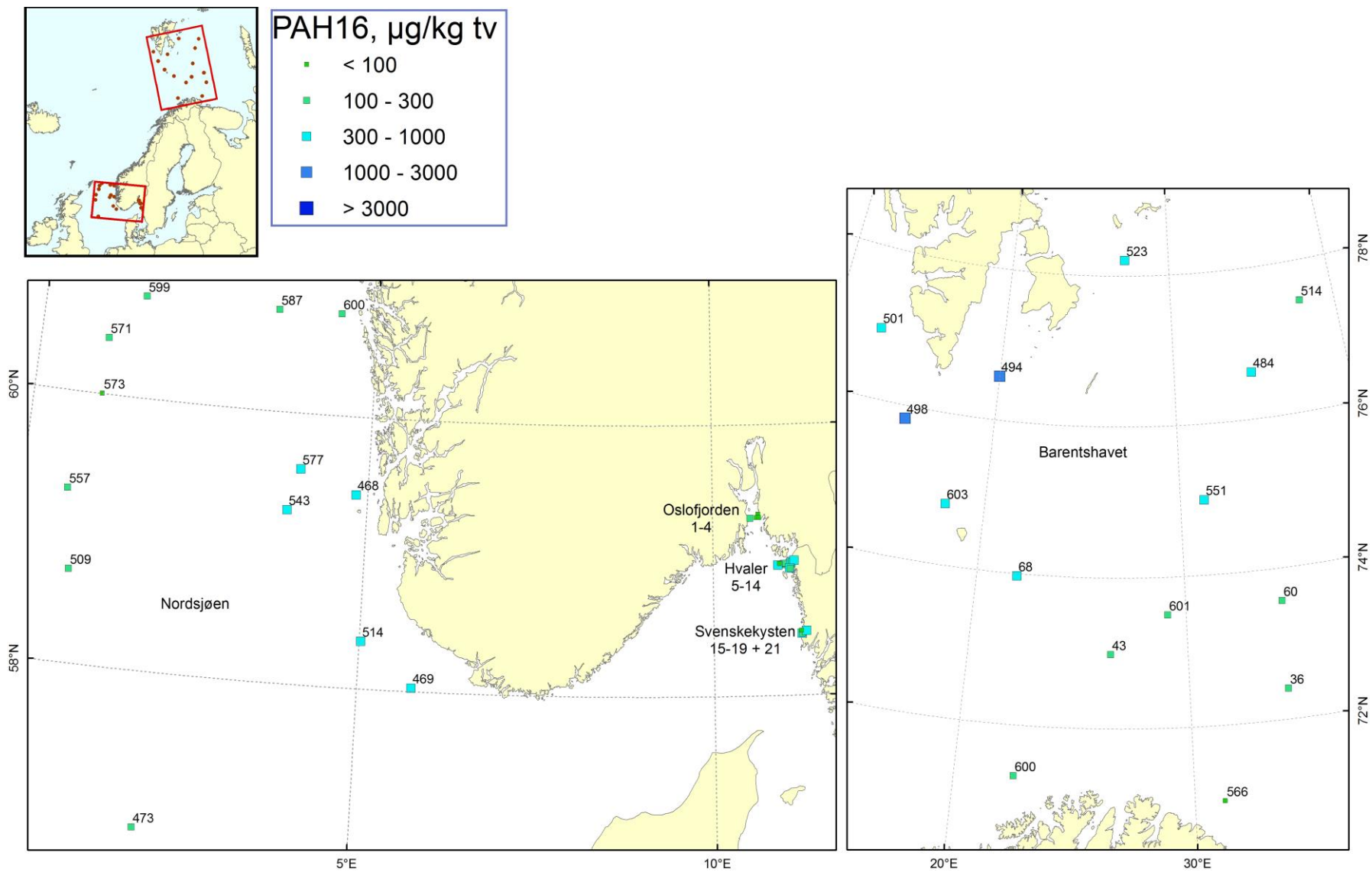


Figur 4.1. Summerte nivåer av 48 PAH i overflatesedimenter (0-1 cm). Stasjonsnumrene for prøvetakingslokalitetene er vist ved siden av stasjonene.

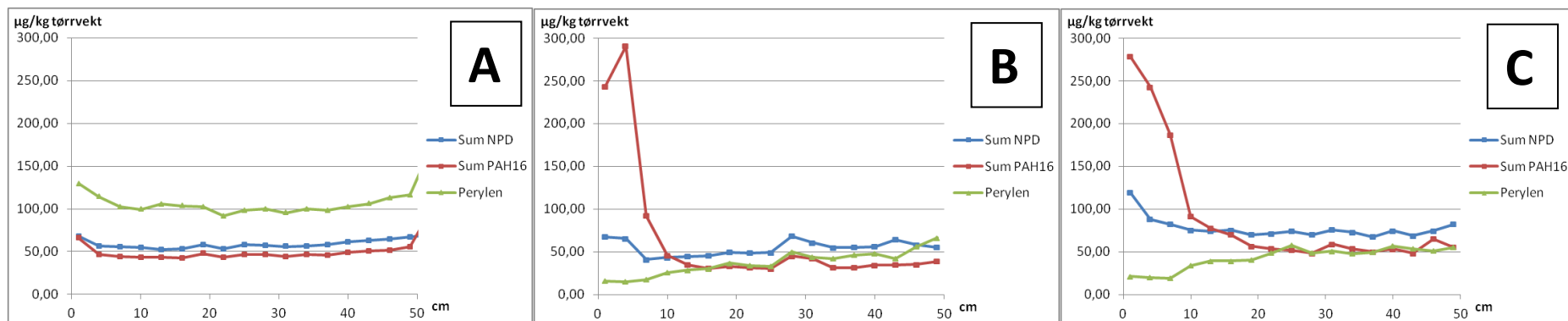


Figur 4.2. Nivåer av NPD i overflatesedimenter (0-1 cm). Stasjonsnumrene for prøvetakingslokalitetene er vist ved siden av stasjonene.

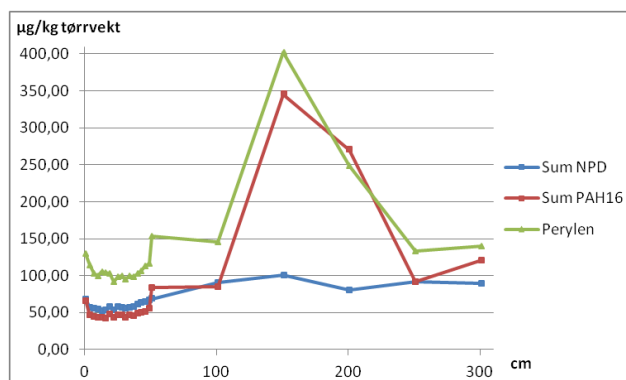




Figur 4.3. Nivåer av PAH16 i overflatesedimenter (0-1 cm). Stasjonsnumrene for prøvetakingslokalitetene er vist ved siden av stasjonene.



Figur 4.4. Nivåer av PAH i sedimentkjerner fra østlige Skagerrak. X-aksen viser snittdypet i cm, og Y-aksen angir konsentrasjon PAH. A: Oslofjorden (0-50 cm), B: Hvaler, C: Svenskekysten.



Figur 4.5. Nivåer av PAH i sedimenkjernen fra Oslofjorden (0-300 cm). X-aksen viser snittdypet i cm, og Y-aksen angir konsentrasjon PAH.

## 5. Konklusjoner

I denne rapporten har vi oppsummert nivåer av forskjellige organiske miljøgifter, først og fremst PCB og klorerte pesticider, i flere fiskearter fra norske havområder gjennom de siste tjue år. Målinger av hydrokarboner i sedimenter fra de siste fire år er også inkludert. Resultatene viser at mens nivåene i sedimenter stort sett er lave, varierer nivåene man finner i fisk ganske mye. Variasjonene er avhengige av flere faktorer. På et overordnet nivå kan man oppsummere det på følgende måte:

Det er generelt funnet lavere nivåer i fisk i Barentshavet enn i Norskehavet, og lavere nivåer i Norskehavet enn i Nordsjøen. Geografisk er det liten forskjell mellom prøvene fra ulike områder i Barentshavet, mens i Norskehavet er det ofte betydelige forskjeller mellom områder i den sørøstlige delen, områdene lenger nord i Norskehavet og områdene vestover. I Nordsjøen finner man noen ganger forskjeller mellom Tampen-området som er påvirket av utslipp fra omfattende olje- og gassindustri, og referanseområdene lenger sør i åpent hav (Egersundbanken/Lingbanken). Det er videre tydelige forskjeller mellom åpent hav og kystnære områder i Nordsjøen og Skagerrak, der man finner de høyeste nivåene av miljøgifter kystnært. De sistnevnte områdene inngår ikke i Havforskningsinstituttets regelmessige langsiktige overvåkning.

Det er store forskjeller i nivåer funnet i prøvene avhengig av art. De aller laveste nivåene ble funnet i biota som ligger på lavest trofisk nivå, som krill, sjøkreps og reke. Fiskeartene på lavest trofisk nivå, som lodde og polartorsk, viser de laveste nivåene av miljøgifter blant fisk. Mesteparten av disse prøvene bestod for øvrig av hel fisk, mens prøver av andre fiskearter som regel bestod av lever og eventuelt muskelvev (filet). I disse tilfellene finner man de høyeste nivåene i fiskelever, unntatt for fet fisk som makrell og sild hvor man også kan finne like høye nivåer i fiskemuskel på grunn av det høye fettinnholdet. Flere steder overskrider de maksimale nivåene grensene satt opp av EU for mattrygghet og av Miljødirektoratet for miljøtilstand. Enkelte steder er det også gjennomsnittsnivåene som for enkelte stoffgrupper overskrider disse grensene. De høyeste nivåene finner man i lever fra brosme og lange, noe som kan skyldes kombinasjon av lang levetid og lav stoffomsetning (metabolisme). Samtidig er det ikke funnet betydelig forurensning i blåkveite fra Norskehavet, som har vært i fokus for miljøgiftundersøkelser i det siste. Hvor høye nivåer man finner er avhengig av fødevalg, fettløselighet og alder. Gamle, store fisk med fet lever har ofte høyere nivåer enn yngre og mindre fisk, selv om tendensen ikke alltid er til stede. Nivåene kan også være lavere etter gyting, og av denne grunn kan de være lavere hos hunnfisk enn hannfisk. Det var i denne studien kun mulig å sjekke for en del av disse parametrene. Som regel ble det kun analysert fisk av middels størrelse og alder.

Den mest betydelige informasjonen som ble samlet i denne studien gjelder tidstrender i nivåene funnet hos forskjellige fiskearter, basert på tidsseriene bygget i løpet av de siste 20 årene. Dette var et utfordrende arbeid, siden man kun kan sammenligne data for de samme fiskeartene fra samme geografiske områder, og fordi det ikke er nok data tilgjengelig for alle fiskearter i alle områder. Det er likevel samlet inn mye materiale som gjør at vi kan trekke visse konklusjoner. Generelt er det observert nedadgående tidstrender for de fleste stoffgruppene hos flere fiskearter og i forskjellige geografiske områder. Dette er særlig tydelig i Nordsjøen, hvor nivåene i Tampen-området minker fra relativt høye nivåer mot nivåene funnet på Egersundbanken for noen stoffgrupper (for eksempel i hyse og makrell), men man ser også samme trend i nordområdene inkludert Barentshavet (for

eksempel i lodde og blåkveite). Hos enkelte arter er tidstrendene mindre tydelige eller fraværende (for eksempel sei i Barentshavet og Nordsjøen, torsk i Nordsjøen), og enkelte steder (bl.a. i Skagerrak og i noen grad på Haltenbanken) finner man høye nivåer av noen miljøgiftgrupper også i nylig prøvetatt fisk.

Når det gjelder bromerte flammehemmere (PBDE), er nivåene i fisk lave eller meget lave i nesten alle målte prøver. Man finner kun litt forhøyete nivåer i noen fiskearter som hyse, torsk og kolmule i Nordsjøen. Dette kan tyde på nærvær av større tilførselskilder for denne miljøgiftgruppen, men også i Nordsjøen er nivåene rimelig lave.

I sedimentene fra Barentshavet, Nordsjøen og østlige del av Skagerrak ble det generelt funnet lave nivåer av hydrokarboner (PAH), i Miljødirektoratets klasse I ("bakgrunn") eller II ("AA-EQS") for benzo[a]pyren. Sedimentkjernene fra Skagerrak viser noen steder en moderat økning i nivåene i nyere sedimentlag. Dette kan tyde på et bidrag fra menneskerelaterte kilder knyttet til forbrenning av for eksempel kull og lignende.

## 6. Referanser

- AMAP. 2004. AMAP Assessment 2002: Persistent Organic Pollutants in the Arctic. Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP), Oslo. 309 s.
- Berg, V., Polder, A., Skaare, J.U. 1998. Organochlorines in deep-sea fish from the Nordfjord. *Chemosphere*, 38 (2), 275-282.
- Berge, J.A., Schlabach, M., Hareide, N.R. 2007. Kartlegging av bromerte flammehemmere, klor- og bromorganiske forbindelser, kvikksølv og metylkvikksølv i fjorder nær Ålesund. NIVA rapport 982/2007, 103 s.
- Boitsov, S., Jensen, H.K.B., Klungsøyr, J. 2009. Geographical variations in hydrocarbon levels in sediments from the Western Barents Sea. *Norwegian Journal of Geology*, 89, 91-100.
- Boitsov, S., Jensen, H.K.B., Klungsøyr, J. 2011. Undersøkelser av hydrokarboner i sedimenter fra MAREANO-området 2006-2009. Fisken og havet 4-2011, 82 s. Tilgjengelig på <http://www.mareano.no/resultater/geokjemirapporter>.
- Boitsov, S., Petrova, V., Jensen, H.K.B., Kursheva, A., Litvinenko, I., Klungsøyr, J. 2013. Sources of polycyclic hydrocarbons in marine sediments from southern and northern areas of the Norwegian continental shelf. *Marine Environmental Research*, 87-88: 73-84.
- Borgå, K., Gabrielsen, G.W., Skaare, J.U. 2001. Biomagnification of organochlorines along a Barents Sea food chain. *Environmental Pollution*, 113, 187-198.
- Bustnes, J.O., Borgå, K., Dempster, T., Lie, E., Nygård, T., Uglem, I. 2012. Latitudinal distribution of persistent organic pollutants in pelagic and demersal marine fish on the Norwegian coast. *Environmental Science and Technology*, 46, 7836-7843.
- Duinker, A., Frantzen, S., Nilsen, B., Måge, A., Nedreaas, K., Julshamn, K. 2013. Basisundersøkelse av fremmedstoffer i nordshønsild (*Clupea harengus*). NIFES rapport 2013. 26 s. Tilgjengelig på <https://www.nifes.no/wp-content/uploads/2013/04/Basisunders%C3%B8kelse-nordsj%C3%B8nsild-2013.pdf>.
- EU. 2006. Commission regulation (EC) No 1881/2006 of 19 December 2006 setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs. Tilgjengelig på <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:2006R1881:20121203:EN:PDF>.
- Evnsset, A., Christensen, G.N. 2009. [PCB i bosettinger på Svalbard – Et problem for dyreliv i havet?](#) Akvaplan-niva rapport nr 4352 - 1. Tromsø: Akvaplan-niva AS. 33 + vedlegg pp.
- Fossum, P., Mork, K.A., Tverberg, V., Boitsov, S., Heldal, H.E., Bagøien, E., Rønning, J., Slotte, A., Vollen, T., Wienerroither, R., Dahle, G., Buhl-Mortensen, P., Øien, N., Øigård, T.A., Fauchald, P. 2012. Beskrivelse av miljø og levende marine ressurser i havområdene ved Jan Mayen. Rapport fra Havforskningen nr. 16-2012. 120 s. Tilgjengelig på [http://www.imr.no/filarkiv/2012/09/hi-rapp\\_16-2012\\_rap.pdf/nb-no](http://www.imr.no/filarkiv/2012/09/hi-rapp_16-2012_rap.pdf/nb-no).
- Frantzen, S., Måge, A. 2015. Metaller og organiske miljøgifter i sjømat fra Vatsfjorden 2014. NIFES Rapport 2015, 36 s. Tilgjengelig på <https://www.nifes.no/wp-content/uploads/2015/07/vatsfjordenrapport201420150629.pdf>.
- Frantzen, S., Måge, A., Iversen, S.A., Julshamn, K. 2011. Seasonal variation in the levels of organohalogen compounds in herring (*Clupea harengus*) from the Norwegian Sea. *Chemosphere*, 85, 179-187.

- Frantzen, S., Måge, A., Julshamn, K. 2009. Basisundersøkelse fremmedstoffer i norsk vårgytende sild. NIFES rapport 2009. 24 s. Tilgjengelig på <https://www.nifes.no/report/basisundersokelse-nvg-sild-2009/>.
- Frantzen, S., Måge, A., Julshamn, K. 2010. Basisundersøkelse fremmedstoffer i nordøstatlantisk makrell (*Scomber scombrus*). NIFES Rapport 2010, 34 s. Tilgjengelig på <http://nifes.no/report/basisundersokelse-fremmedstoffer-i-nordostatlantisk-makrell-scomber-scombrus/>.
- Green, N.W., Ruus, A., Bjerkeng, B., Brevik, E.M., Håvardstun, J., Mills, A., Rogne, Å.G., Schøyen, M., Shi, L., Tveiten, L., Øxnevad, S. 2008. Levels, trends and effects of hazardous substances in fjords and coastal water – 2007. NIVA / SFT rapport 1040/2008. 57 s.
- Green, N.W., Schøyen, M., Øxnevad, S., Ruus, A., Allan, I., Hjermann, D., Høgåsen, T., Beylich, B., Håvardstun, J., Lund, E., Tveiten, L., Bæk, K. 2015. Contaminants in coastal waters of Norway 2014. NIVA rapport M433. 222 s. Tilgjengelig på [https://brage.bibsys.no/xmlui/bitstream/handle/11250/2379444/6917-2015\\_200dpi.pdf?sequence=3&isAllowed=y](https://brage.bibsys.no/xmlui/bitstream/handle/11250/2379444/6917-2015_200dpi.pdf?sequence=3&isAllowed=y).
- Grøsvik, B.E., Midtun, T., Boitsov, S., Fuglevik, A., Liebig, P.L., Meier, S., Nesje, G., Strømsnes, H., Tveit, G., Westrheim, K., Slotte, A., Klungsøyr, J. 2008. Kartlegging av konsekvensane på fisk og miljø av oljeutslippet ved Statfjord A desember 2007. Rapport fra Havforskningen nr. 9-2008. 37 pp.
- Grøsvik, B.E., Kalstveit, E., Liu, L., Nesje, G., Westrheim, K., Berntssen, M.H.G., LeGoff, J., Meier, S. 2012. Condition monitoring in the water column 2011: Oil hydrocarbons in fish from Norwegian waters. Rapport fra Havforskningen nr. 19-2012. 96 pp.
- Heldal, H.E., Varskog, P., Føyn, L. 2002. Distribution of selected anthropogenic radionuclides (<sup>137</sup>Cs, <sup>238</sup>Pu, <sup>239</sup>, <sup>240</sup>Pu and <sup>341</sup>Am) in marine sediments with emphasis on the Spitsbergen-Bear Island area. *Science of the Total Environment*, 293, 233–245.
- Julshamn, K., Lundebye, A.K., Heggstad, K., Berntssen, M.H.G., Boe, B. 2004. Norwegian monitoring programme on the inorganic and organic contaminants in fish caught in the Barents Sea, Norwegian Sea and North Sea, 1994-2001. *Food Additives and Contaminants*, 21 (4), 365-376.
- Julshamn, K., Nilsen, B., Duinker, A., Frantzen, S., Valdernes, S., Nedreaas, K., Måge, A. 2012. Basisundersøkelse fremmedstoffer i torsk (*Gadus morhua*). Sluttrapport. NIFES rapport 2012. 28 s.
- Julshamn, K., Duinker, A., Berntssen, M., Nilsen, B., Frantzen, S., Nedreaas, K., Måge, A. 2013. A baseline study on levels of polychlorinated dibenzo-p-dioxins, polychlorinated dibenzofurans, non-ortho and mono-ortho PCBs, non-dioxin-like PCBs and polybrominated diphenyl ethers in Northeast Arctic cod (*Gadus morhua*) from different parts of the Barents Sea. *Marine Pollution Bulletin*, 75, 250-258.
- Karl, H., Kamman, U., Aust, M.-O., Manthey-Karl, M., Lüth, A., Kanisch, G. 2016. Large scale distribution of dioxins, PCBs, heavy metals, PAH-metabolites and radionuclides in cod (*Gadus Morhua*) from the North Atlantic and its adjacent seas. *Chemosphere*, 149, 294-303.
- Kelly, A.G., Campbell, D. 1994. Persistent organochlorine contaminants in fish and shellfish from Scottish waters. Scottish Fisheries Research Report 54, The Scottish Office Agriculture and Fisheries Department, 28 s.
- Letcher, R.J., Bustnes, J.O., Dietz, R., Jenssen, B.M., Jørgensen, E.H., Sonne, C., Verreault, J., Vijayan, M.M., Gabrielsen, G.W. 2010. Exposure and effects assessment of persistent organohalogen contaminants in arctic wildlife and fish. *Science of Total Environment*, 408, 2995-3043.
- Longva, O., Thorsnes, T., 1997. Skagerrak in the past and at the present. An integrated study of geology, chemistry, hydrography and microfossil ecology. NGU Special Publication No. 8, p. 98.

- Miljostatus.no. 2016. Tilgjengelig på <http://www.miljostatus.no/tema/hav-og-kyst/norskehavet/miljotilstanden-i-norskehavet/forurensende-stoffer/forurensning-i-kolmule-i-norskehavet/forurensning-i-kolmule-i-norskehavet/>.
- Miljødirektoratet. 2012. Rapportene fra Tilførselsprogrammet er tilgjengelige på [http://www.miljodirektoratet.no/no/Tema/Miljoovervakning/Naturovervakning/Giftritt-miljo/Overvakning\\_av\\_miljogifter\\_og\\_beregning\\_av\\_tilforsler\\_til\\_norske\\_kyst\\_og\\_havomrader\\_Tilforselsprogrammet/Rapporter/](http://www.miljodirektoratet.no/no/Tema/Miljoovervakning/Naturovervakning/Giftritt-miljo/Overvakning_av_miljogifter_og_beregning_av_tilforsler_til_norske_kyst_og_havomrader_Tilforselsprogrammet/Rapporter/).
- Miljødirektoratet. 2014. Kvalitetssikring av miljøkvalitetsstandarder. Miljødirektoratets rapport M241, 2014. 199 s. Tilgjengelig på <http://www.miljodirektoratet.no/Documents/publikasjoner/M241/M241.pdf>.
- Nilsen, B.M., Frantzen, S., Nedreaas, K., Julshamn, K. 2010. Basisundersøkelse av fremmedstoffer i blåkkeite (*Rheinhardtius hippoglossoides*). NIFES rapport 2010. 42 s. Tilgjengelig på [http://www.nifes.no/forsiden/nyhetsarkiv/2010/index.php?page\\_id=&article\\_id=3377&lang\\_id=1](http://www.nifes.no/forsiden/nyhetsarkiv/2010/index.php?page_id=&article_id=3377&lang_id=1).
- Nilsen, B.M., Måge, A., Julshamn K. 2012. Oppfølging av basisundersøkelse blåkkeite – juni-august 2011 og mars 2012. NIFES rapport 2012. 11 s. Tilgjengelig på [http://www.nifes.no/index.php?page\\_id=126&article\\_id=3961](http://www.nifes.no/index.php?page_id=126&article_id=3961).
- Nilsen, B.M., Frantzen, S., Julshamn, K., Nedreaas, K., Måge, A. 2013a. Basisundersøkelser av fremmedstoffer i sei (*Pollachius virens*) fra Nordsjøen. NIFES rapport 2012. 57 s. Tilgjengelig på <http://nifes.no/report/>.
- Nilsen, B.M., Julshamn, K., Duinker, A., Nedreaas, K., Måge, A. 2013b. Basisundersøkelser av fremmedstoffer i sei (*Pollachius virens*) fra Norskehavet og Barentshavet. NIFES rapport 2012. 57 s. Tilgjengelig på <http://nifes.no/report/>.
- Nilsen, B.M., Måge, A. 2016. Oppfølging av basisundersøkelse blåkkeite – Juni 2015. NIFES Statusrapport 2016. pp 19. Tilgjengelig på <http://nifes.no/report/oppfolging-av-basisundersokelse-blakveite-2015/>.
- Neff, J.M. 2002. Bioaccumulation in marine organisms. Elsevier, Oxford. 452 s.
- Peters, K.E., Walters, C.C., Moldowan, J.M. 2005. The biomarker guide. Vol. 2. Cambridge University Press, Cambridge. 1155 s.
- SFT. 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Veiledning. Statens forurensningstilsyn, Oslo. Rapport TA 1467/1997, 36 s.
- SFT. 2008. Mapping selected organic contaminants in the Barents Sea 2007. Rapport 1021/2008. 137 s.
- Sissener, N.H., Julshamn, K., Espe, M., Lunestad, B.T., Hemre, G.-I., Waagbø, R., Måge, A. 2013. Surveillance of selected nutrients, additives and undesirables in commercial Norwegian fish feeds in the years 2000-2010. Aquaculture Nutrition, 19, 555-572.
- Stange, K., Klungsøyr, J. Organochlorine contaminants in fish and polycyclic aromatic hydrocarbons in sediments from the Barents Sea. ICES Journal of Marine Science, 54, 318–332.
- Webster, L., Mackay, Z.L., Robinson, C.D., Fryer, R.J. 2015. Measurement of contaminants in food for Marine Strategy Framework Directive descriptor 9. Scottish Marine and Freshwater Science, 6(11). 24 s. Tilgjengelig på <http://www.gov.scot/marinescotland>.

Webster, L., Russell, M., Walsham, P., Hussy, I., Lacaze, J.-P., Phillips, L., Dalgarno, E., Packer, G., Neat, F., Moffat, C.F. 2014. Halogenated persistent organic pollutants in relation to trophic level in deep sea fish. *Marine Pollution Bulletin*, 88, 14-27.

Zaborska, A., Carroll, J., Papucci, C., Torricelli, L., Carroll, M.L., Walkusz-Miotk, J., Pempkowiak, J. 2008. Recent sediment accumulation rates for the Western margin of the Barents Sea. *Deep-Sea Research II*, 55, 2352–2360.