



KLIMA- OG
FORURENSNINGS-
DIREKTORATET

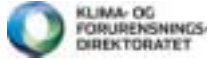
Statlig program for forurensningsovervåking
Rapportnr. 1103/2011

Overvåking av miljøforholdene i Sørfjorden 2010

TA
2824
2011

Utført av:





Statlig program for forurensningsovervåking

SPFO-rapport: 1103/2011

TA-2824/2011

ISBN 978-82-577-5934-6

Oppdragsgiver: Klima- og forurensningsdirektoratet

Utførende institusjon: NIVA

: **Overvåking av miljøforholdene i
Sørfjorden 2010**

Rapport
1103/2011

Metaller i vannmassene
Oksygen, nitrogen og fosfor i vannmassene
Miljøgifter i organismer



Prosjektleder: Anders Ruus

Forfattere: Anders Ruus, Jens Skei, Kjersti Lundmark Daae,
Norman Green, Merete Schøyen

I samarbeid med Hardanger Miljøsentrum - Alex Stewart
Environmental Services as.

Forord

Overvåkingen av miljøtilstanden i Sørfjorden foretas innen rammen av Statlig program for forurensningsovervåking, administrert av Klima- og forurensningsdirektoratet (Klif). Foruten Klif finansieres overvåkingen av Boliden Odda AS, Eramet Titanium & Iron, AS Tyssefaldene og kommunene Odda og Ullensvang, etter følgende fordeling:

Boliden Odda AS: 26 %
Klima- og forurensningsdirektoratet: 48 %.
Eramet Titanium & Iron: 8 %
AS Tyssefaldene: 3 %
Odda kommune: 13 %
Ullensvang herad: 2 %

Undersøkelsen er et ledd i et langsiktig overvåkingsprogram for vann, sedimenter og organismer. Det statlige overvåkingsprogrammet i Sørfjorden startet i 1979.

Den foreliggende rapporten presenterer resultater fra 2010 på overvåkingen av metaller i vannmassene, samt oksygen, nitrogen og fosfor i vannmassene, og miljøgifter i organismer.

2010 er fjerde året av et langtidsprogram for overvåking av miljøforholdene i Sørfjorden (2007-2011). Overvåkingen skal bygge på tidligere overvåkingsaktivitet, slik at nye data kan sammenlignes med de lange tidsserier av data som foreligger for Sørfjorden. Det er imidlertid noen forandringer og tilleggselementer i foreliggende overvåkingsprogram.

Analysene av miljøgifter har vært utført ved NIVAs analyselaboratorium, med unntak av dioksiner og dioksinlignende PCB (i blåskjell), som ble analysert av Norsk institutt for luftforskning (NILU). Blåskjellprøvene er opparbeidet av Merete Schøyen og Bjørnar Beylich. Merete Schøyen har også hatt ansvaret for tilrettelegging av de vannkjemiske dataene. Jens Skei har ledet den vannkjemiske overvåkingen, mens Kjersti Lundmark Daae har behandlet og rapportert data vedrørende oksygen, nitrogen og fosfor i vannmassene.

Undersøkelsene gjennomføres i samarbeid med Hardanger miljøsentor (Alex Stewart Environmental Services A/S), som ved Gunnvor Dagestad, Arild Moe, Frode Høyland og Liv Reidun Ravnøy har vært ansvarlig for innsamling av vannprøver og blåskjell, samt deler av analysene.

Alle involverte takkes for innsatsen. Rapporten er forfattet av Anders Ruus, Jens Skei, Kjersti Lundmark Daae, Norman W. Green og Merete Schøyen. Prosjektleder for overvåkingen i Sørfjorden er Anders Ruus.

Rapporten inkluderer data fra *Coordinated Environmental Monitoring Programme (CEMP)* under Oslo/Paris kommisjonen (OSPAR), utført av NIVA under kontrakt fra Klif.

Oslo, juni 2011
Anders Ruus

Innhold:

1.	Sammendrag	9
2.	Summary	12
3.	Innledning	15
3.1	Topografi.....	15
3.2	Bakgrunn og formål	16
4.	Materiale og metoder	19
4.1	Vannprøvetaking og analyser (metaller).....	19
4.2	Feltarbeid og metoder (oksygen, nitrogen og fosfor)	19
4.3	Innsamling og analyser av organismer.....	20
5.	Resultater og diskusjon	25
5.1	Vannkjemi	25
5.1.1	Saltholdighet	25
5.1.2	Siktedyp	26
5.1.3	Metaller i overflatevannet	26
5.1.4	Metaller i bunnvann og intermediære dyp	29
5.2	Sammenfattende vurderinger av metaller i vannmassene	31
5.2.1	Kilder og konsekvenser.....	31
5.3	Nitrogen, oksygen og fosfor i vannmassene	33
5.3.1	Ferskvannstilførsel og salinitet	33
5.3.2	Vannutskiftning.....	35
5.3.3	Nitrogen	41
5.3.4	Oksygen	43
5.3.5	Fosfor	46
5.4	Miljøgifter i organismer	49
5.4.1	Metaller i fisk	49
5.4.2	Metaller i blåskjell	53
5.4.3	Halogenerte stoffer i fisk.....	67
5.4.4	Klororganiske stoffer i blåskjell.....	75
6.	Referanser	86

1. Sammendrag

Overvåkingen av Sørfjorden i 2010 representerer fjerde året i langtidsprogrammet for overvåkingen, 2007-2011. Programmet er imidlertid samtidig en videreføring av tidligere overvåking, som har som mål å fastslå dagens forurensningssituasjon og vurdere denne i forhold til de tiltak som er gjort. Videre skal overvåkingen fange opp eventuelle irregulære tilførsler og behov for nye tiltak. Overvåkingen bidrar også med et faglig underlag for Mattilsynet, som trenger miljøgiftdata for å vurdere/revurdere kostholdsråd.

Foreliggende rapport gir en beskrivelse av vannkvalitet og miljøgifter i blåskjell og fisk.

Overvåkingen av Sørfjorden har vist betydelig bedring i forurensningssituasjonen på flere områder gjennom årenes løp, men at fjorden fortsatt er belastet med enkelte typer forurensning.

Resultatene av overvåkingen i 2010 kan i korthet oppsummeres slik:

Metaller i vannmassene:

- Det er små forskjeller i konsentrasjoner av metaller i overflatevannet i fjorden, sammenlignet med 2009. Dette til tross for en økning i utslippene til vann i 2010, sammenlignet med foregående år. Dette gjelder spesielt bly, men også delvis kopper og sink.
- En mulig medvirkende forklaring til at endringer i utslipp i mindre grad reflekteres i overflatevann, er at utslippene fra Boliden og Eramet er dypvannsutslipp (30-40 m dyp).
- I overflatevannet er sink og kopper i tilstandsklasse III (moderat) i ytre deler av fjorden og IV (dårlig) helt innerst. Kadmium er i tilstandsklasse II (god) i hele fjorden. Bly viser en økning i forhold til 2009, men er fortsatt i tilstandsklasse II (god) i hele fjorden. Kvikksølv er også i tilstandsklasse II (god).
- I dypere vannlag er nivåene sporadisk høyere enn i overflatevannet. På grunn av mangel på strømndata og oversikt over vannutskiftning og dypvannets oppholdstid i fjorden lar disse data seg vanskelig tolke. I tillegg måles metaller i dypvannet kun på to av de 8 årlige toktene, slik at datagrunnlaget er spinkelt. Det foreligger også kunnskapsmangler vedrørende hvordan dypere vannlag i Sørfjorden påvirkes av utslipp og forurensede sedimenter.

Oksygen, nitrogen og fosfor i vannmassene:

- I 2010 var nitratkonsentrasjonen som gjennomsnitt den laveste siden 2001 både i Havnebassenget og ved Lindenes. Dette viser at den positive utviklingen med avtakende utlekking av nitrogen fra sedimentene fortsetter.
- Nitratkonsentrasjonen varierer mye med tiden og dette er i hovedsak et resultat av varierende vannutskiftning.
- En negativ sammenheng (negativ korrelasjon; korrelasjonskoeffisient -0,75 i Havnebassenget og -0,93 ved Lindenes) mellom oksygen og nitrat i vannmassene er observert (som tidligere år). Dette viser at oksygenforbruket fremdeles i stor grad styres av mengden tilgjengelig nitrat.

- Oksygentilstanden i Sjørfjorden var varierende gjennom året, med minimum i november for de øvre 40 m og i midten av august for dypere vannlag (Lindeneset). Laveste konsentrasjon (vannkvalitetsklasse III - IV, dvs. mindre god - dårlig) ble observert i bunnvannet ved Lindenes. Resultatene viser bedring i forhold til 2008, men tyder også på at det er noe forhøyet oksygenforbruk pga. fortsatt utlekking av dicyandiamid fra hauger av dicykalk på bunnen av Havnebassenget.
- Målinger av fosfor i vannmassene gir et hovedinntrykk av at konsentrasjonene i tidsrommet 2005-2008 har vært ganske stabile både i Havnebassenget og ved Lindenes, men at de har økt en del i 2010. Konsentrasjonene av fosfor er vesentlig større i 2010 både i Havnebassenget og ved Lindeneset. Dette gjelder hovedsakelig for brakkvannslaget der elveavrenningen spiller en stor rolle.

Miljøgifter i organismer:

Som nevnt, så har overvåkingen av Sjørfjorden vist betydelig bedring i forurensningssituasjonen på flere områder gjennom årenes løp. Dette gjenspeiles også i organismer hvor konsentrasjoner generelt er lavere nå, enn for 5-8 år siden. Deretter har konsentrasjonene generelt ikke endret seg i tilsvarende grad. De observerte konsentrasjonene av kadmium i blåskjell føyer seg inn i en årlig nedgang på 10-15 % gjennom årene, på flere stasjoner. Konsentrasjoner av DDT i blåskjell viser imidlertid et mer uforutsigbart forløp, hvor de høyeste konsentrasjonene på enkelte stasjoner dessuten er observert i de senere år. Flere detaljer om observasjonene i 2010 er som følger:

Metaller i fisk

- Gjennomsnittskonsentrasjonen av kvikksølv i torsk fra Sjørfjorden i 2010 tilsvarte klasse II (moderat forurenset) i Klifs klassifiseringssystem.

Metaller i blåskjell

- Metallanalysene av blåskjell viste ingen overskridelser av klasse I (lite/ubetydelig forurenset) for kobber og sink, med unntak av kobber i skjell fra Utne, som representerte klasse II (moderat forurenset).
- Kvikksølvkonsentrasjonen i blåskjell viste opp til moderat forurensning (klasse II).
- Analysene av kadmium i blåskjell viste ubetydelig/lite (klasse I) til markert (klasse III) grad av forurensning (markert forurensning, klasse III, i skjell samlet innenfor CEMP på stasjon B6/56A).
- Analysene av bly i blåskjell viste ubetydelig/lite (klasse I; kun stasjon Utne og B4) til markert (klasse III) grad av forurensning.

Halogenerte stoffer i fisk

- Den gjennomsnittlige ΣPCB_7 -konsentrasjonen i torskelever fra Sjørfjorden representerte i 2010 klasse III (markert forurenset). Filet av torsk var moderat (klasse II) forurenset med PCB.
- Den gjennomsnittlige ΣDDT -konsentrasjonen i torskelever fra Sjørfjorden representerte i 2010 klasse III (markert forurenset). Filet av torsk var moderat (klasse II) forurenset med ΣDDT .
- Lave konsentrasjoner av klororganiske forbindelser ble funnet i fisk fra Strandebarm også i 2010 (torsk var ubetydelig/lite forurenset; klasse I; ΣDDT representerte grensen mellom klasse I og klasse II, moderat forurenset).

Klororganiske stoffer i blåskjell

- Konsentrasjoner av Σ DDT i blåskjell viste opp til meget sterkt forurensning (klasse V; st. "Utne"). På de øvrige stasjoner ble konsentrasjoner tilsvarende klasse I (lite/ubetydelig forurenset) til klasse IV (sterkt forurenset) observert.
- Blåskjellene fra alle stasjoner i Sjørfjorden var lite/ubetydelig forurenset (klasse I) med Σ PCB₇ i 2010, med unntak av ved Tyssedal (st. B3), hvor (median-)konsentrasjonen tilsvarte moderat forurenset (klasse II).
- I 2010 ble dioksiner (polyklorerte dibenzo-*p*-dioksiner og furaner), samt dioksinliknende PCB (non-*ortho* substituerte) analysert i 3 prøver av blåskjell fra Sjørfjorden (to fra Tyssedal og en fra Eitrheim). Summen av toksiske ekvivalenter for dioksiner og furaner (median), TE_{PCDF/D}, tilsvarte grensen mellom klasse II (moderat forurenset) og klasse III (markert forurenset). Konsentrasjonene var lavere enn i blåskjell fra områder med kjent dioksinbelastning (eksempelvis Grenlandsfjordene), men høyere enn eksempelvis i indre Oslofjord.

2. Summary

The monitoring of the Sjørfjord in 2010 represents the fourth year in the long-term monitoring program, 2007-2011. The program is also a continuation of the earlier monitoring, with the objective of describing the present environmental status and assessing this in relation to the remedial actions done in the area. Furthermore, the monitoring has the aim of detecting possible irregular discharges and needs for further remedial actions. The monitoring also produces a foundation for the Norwegian Food Safety Authority in their work of evaluating the edibility of fish and shellfish.

The present report gives a description of water quality and the content of contaminants in blue mussels and fish.

The monitoring of the Sjørfjord has shown considerable improvement in the pollution situation on several areas over the years, but that the fjord still is influenced by several forms of pollution.

The results of the 2010 monitoring may in short be summarised as follows:

Metals in water:

- Small changes in the levels of metals in the surface water of Sjørfjorden, compared to 2009, have been observed, despite increases in the discharges of metals, in particular lead, but also to some extent copper and zinc.
- A possible contributing explanation for the observation that changes in amounts of discharged metals to a small extent are reflected in surface water may be that the discharges of metals from Boliden and Eramet are deep water discharges (30-40 m depth).
- In the surface water zinc and copper are in Climate and Pollution Agency (Klif) environmental quality Class III (moderate) in the outer part of the fjord and Class IV (bad) in the inner part. Cadmium is in Class II (good) in the entire fjord. Lead shows an increase compared to 2009, but is still in Class II (good). Mercury is also in Class II (good).
- In deep water the levels of metals are sporadically higher than in the surface water. Due to lack of water current measurements and an overview of deep water exchange and the residence time of the water, the interpretation of the data is complicated. Additionally, analysis of levels of metals in deep water is only performed twice a year. There are also gaps of knowledge regarding how deeper water layers are affected by discharges and contaminated sediments.

Oxygen, nitrogen and phosphorus in water:

- In 2010, the average concentration of nitrate was the lowest observed since 2001, both in the harbour basin and at Lindenes. This shows that the positive trend with decreasing leaching of nitrogen from the sediments continues.
- The concentration of nitrate varies with time and is mainly a result of varying water exchange.
- A negative correlation (correlation coefficients -0.75 and -0.93 in the harbour basin and at Lindenes, respectively) was observed between oxygen and nitrate in the water

column (as in previous years). This shows that the oxygen consumption still is largely governed by the amount of available nitrate.

- The oxygen conditions in the Sjørfjord varied over the year, with a minimum concentration in November for the upper 40 m, and medio August for deeper layers (Lindenes). The lowest concentration (Class III- IV, poor – bad) was observed in the bottom water at Lindenes. The results show some improvements, compared to 2008, but indicate still elevated oxygen consumption in the water column because of leaching of dicyanamide from piles of dicy at the bottom of the harbour basin.
- A main impression from the measurements of phosphorus in the water column is that concentrations have been stable in the period 2005 – 2008, both in the harbour basin and at Lindenes, however with a slight increase in 2010. The increase applies particularly to the brackish water layer, where the influence of river water is largest.

Contaminants in organisms:

As mentioned, the monitoring of the Sjørfjord has shown considerable improvement in the pollution situation on several areas over the years. This is also reflected in organisms where concentrations, in general, are lower at present than 5-8 years ago, which after concentrations have shown less change. The observed concentrations of cadmium in blue mussels fall in line with an annual decrease of 10-15 % over the years of monitoring, at several stations. Concentrations of DDT in blue mussels do, however, show a less predictable pattern, where the highest concentrations at some stations have been observed in later years. A more detailed account regarding the 2010 observations is as follows:

Metals in fish

- The average concentration of mercury in cod from the Sjørfjord in 2010 corresponded to Class II (moderately polluted) in the environmental quality classification system.

Metals in blue mussel

- Metal analyses of blue mussels showed no exceedance of Class I (insignificantly/slightly polluted) for copper and zinc, except at station “Utne” where concentrations of copper corresponded to Class II (moderately polluted).
- The mercury concentration showed up to moderate pollution (Class II).
- Analyses of cadmium showed insignificant/slight (Class I) pollution to marked (Class III) degree of pollution (marked pollution, Class III, in mussels at Kvalnes collected within the overlapping monitoring programme *CEMP*).
- Analyses of lead showed insignificant/slight (Class I; only at Utne and Digranes) to marked (Class III) degree of pollution.

Halogenated compounds in fish

- The average Σ PCB₇-concentration in cod liver from the Sjørfjord represented in 2010 Class III (markedly polluted). Fillet of cod was moderately (Class II) polluted with PCBs.
- The average Σ DDT-concentration in cod liver from the Sjørfjord represented in 2010 Class III (markedly polluted). Fillet of cod was moderately (Class II) polluted with Σ DDT.
- Low concentrations of organochlorines were found in fish from Strandebarm also in 2010 (cod was insignificantly/slightly polluted; Class I; Σ DDT represented the limit between Class I and Class II, moderately polluted).

Organochlorines in blue mussel

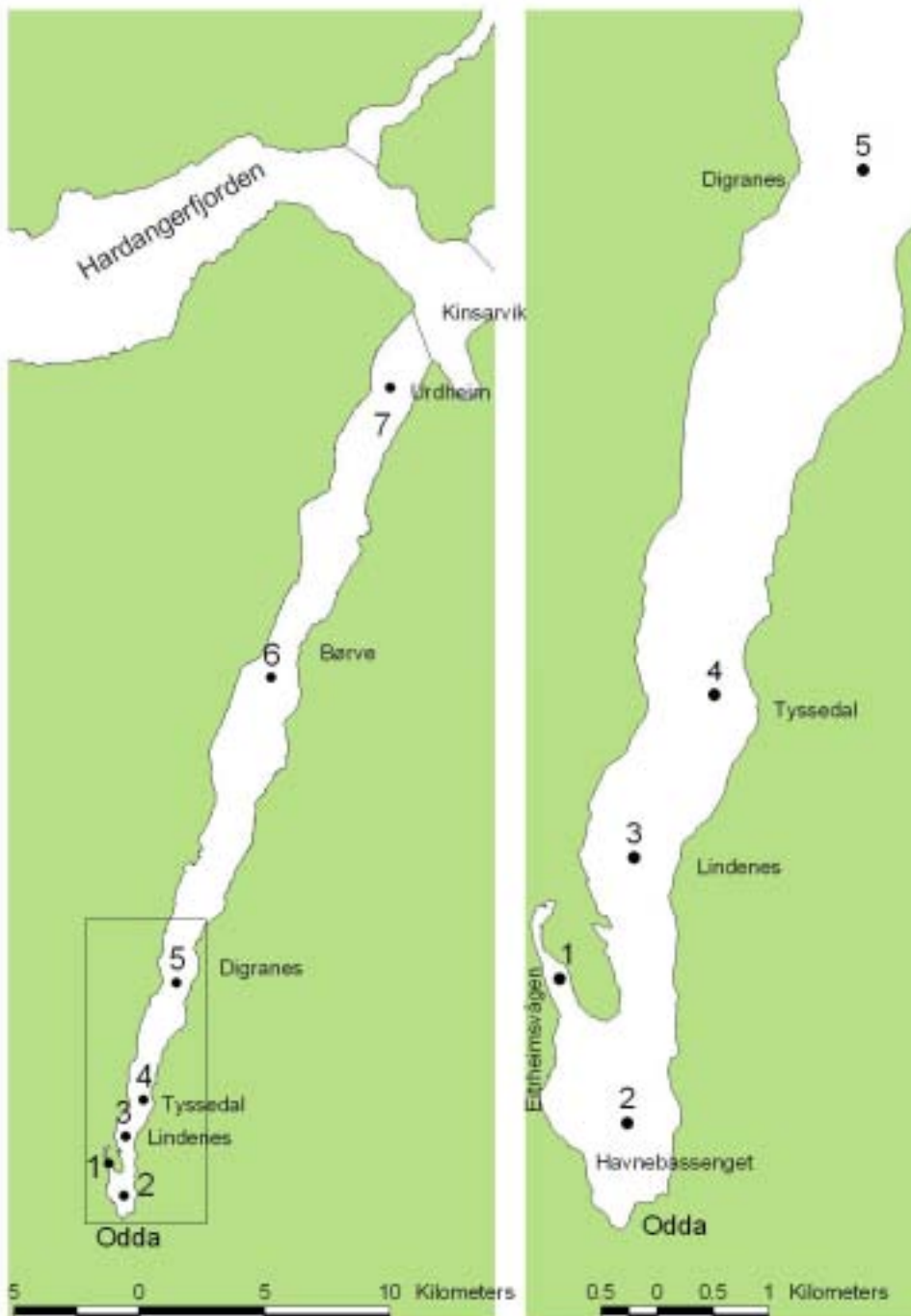
- Concentrations of Σ DDT in blue mussels showed up to Class V (very strongly polluted) at Utne. At the other stations, concentrations corresponding to Class I (insignificantly/slightly polluted) to Class IV (strongly polluted) were observed.
- Blue mussels from all stations were insignificantly/slightly polluted (Class I) with Σ PCB₇ in 2010, except at Tyssedal, where (median) concentration corresponded to moderately polluted (Class II).
- In 2010, dioxins (polychlorinated dibenzo-*p*-dioxins and furans) and dioxin like PCBs (non-*ortho* substituted) were analysed in 3 (pooled) samples of blue mussel from the Sjørfjord (two from Tyssedal and one from Eitrheim). The sum of toxic equivalents for dioxins and furans (median), TE_{PCDF/D}, corresponded to the border between Class II (moderately polluted) and Class III (markedly polluted). The concentrations were lower than in blue mussels from areas with known dioxin load (e.g. the Grenlandfjords), but higher than f.i. in the inner Oslofjord.

3. Innledning

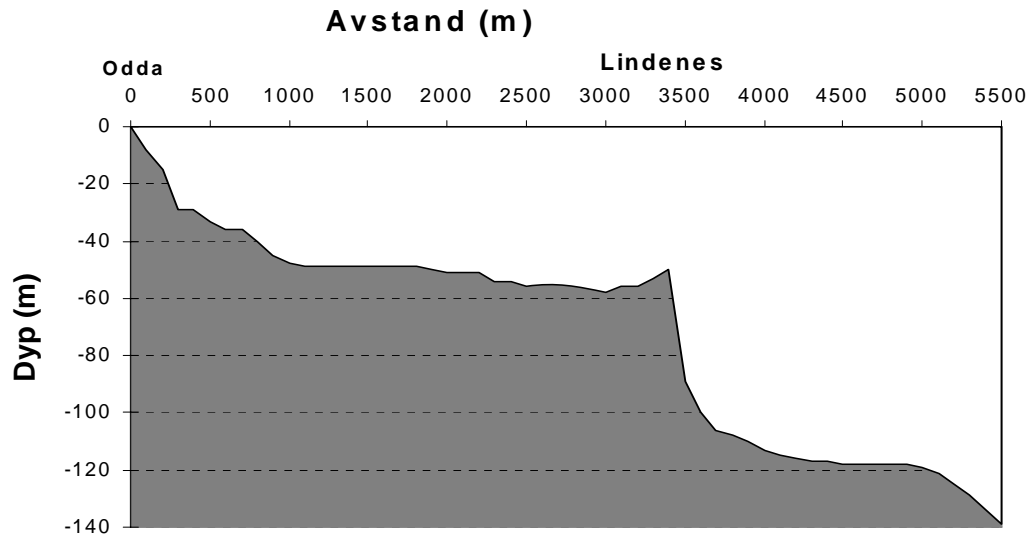
3.1 Topografi

Sørfjorden er ca. 38 km lang, rett og relativt smal (Figur 1). Innenfor Lindenes er fjorden relativt grunn, med omkring 40-45 m dyp i Havnebassenget og økende til omkring 60 m dyp ved Lindenes. Videre utover øker dyppet raskt og når 200 m litt nord for Tyssedal (Figur 2) og 300 m dyp litt nord for Digraneset. Mellom Digraneset og Børve er et langstrakt område der fjorden har sitt største dyp på 385-387 m.

Figur 1. Stasjoner for vannkjemisk prøvetaking i 2010.



Figur 2. Langsgående bunnprofil fra Odda til Tyssedal. Indre del av Sør fjorden har ingen terskel av betydning som kan hindre vannutskiftingen.



3.2 Bakgrunn og formål

Overvåkingen av Sør fjorden 2010 representerer fjerde året av et nytt langtidsprogram (2007-2011), men er samtidig en videreføring av tidligere overvåking. Den har som mål å fastslå dagens forurensningssituasjon og vurdere denne i forhold til de tiltak som er gjort. Videre har overvåkingen som mål å fange opp eventuelle irregulære tilførsler og behov for nye tiltak.

Målgruppen for overvåkingen er eksempelvis:

- Mattilsynet som trenger miljøgiftdata for å vurdere/revurdere kostholdsråd
- Industrien og kommunene som har behov for å dokumentere effekter av tiltak
- Miljøforvaltningen (sentralt og regionalt) som har et overordnet ansvar for rikets miljøtilstand
- Den vanlige borger som har en lovpålagt rett til å få informasjon om miljøets tilstand i henhold til informasjonsloven

Sør fjorden har en forurensningshistorie som strekker seg tilbake til begynnelsen av det 20nde århundret da tungindustri ble etablert i Odda-området. Først ble Odda smelteverk anlagt i Odda sentrum i 1908, deretter D.N.N. Aluminium i Tyssedal i 1916 og til slutt Det norske Zinkkompani på Eitrheimsneset i 1929. Utslippene til fjorden økte med økende produksjon og sinkverket hadde sine største utslipp til fjorden i 1985, året før jarositt-avfallet ble ført til fjellhaller. Dette året ble det sluppet ut nesten 1 tonn kvikksølv, 1835 tonn sink, 773 tonn bly og nesten 24 tonn kadmium [1]. I tillegg var det tidvis store utslipp av tjærestoffer (PAH) fra aluminiumsfabrikken i Tyssedal før den ble nedlagt i 1982, og fra Odda smelteverk (nedlagt i 2002).

Utslipet av oksygenforbrukende nitrogenforbindelser fra Odda smelteverk, da dette var i drift, førte til ekstremt dårlige oksygenforhold i Sør fjordens indre del. Nedleggelsen av smelteverket høsten 2002 medførte at primæruitslippene av oksygenforbrukende stoffer stoppet. Det gjenstår å se hvordan oksygenforholdene bedrer seg og i hvilken grad utlekking

av dicyandiamid fra massene som er lagret på bunnen i Havnebassenget fortsatt influerer på oksygenforbruket i dypvannet. Odda kommune er inne i en prosess hvor ulike grader av rensing for utslippet ved Holmen vurderes. Oksygenforholdene analyseres annethvert år innenfor overvåkingsprogrammet. Dette ble gjennomført i 2010 og hovedformålet var å:

1. *følge utviklingen av oksygenforholdene i Sør fjordens indre del etter stans i utslipp av nitrogen og dicykalk fra Odda smelteverk i 2002. Det var ventet at utlekking av dicyandiamid fra sedimentene i Havnebassenget i mange år ville medføre et betydelig oksygenforbruk og føre til perioder med lave oksygenkonsentrasjoner.*
2. *skaffe opplysninger om konsentrasjonen av fosfor i vannmassene i Sør fjordens indre del, til bruk i arbeidet med Odda kommunes avløpsplaner.*

Det er tidligere bemerket at forhøyede konsentrasjoner av DDT og dets nedbrytningsprodukter er observert i blåskjell i senere år. Det er sannsynlig at dette er forbundet med mye nedbør og utvasking av forurensede jordpartikler fra gamle kilder (jordsmonn) på land, samt høyere pH i nedbør (reduert sulfatdeposisjon/sur nedbør) og derfor mer løst organisk karbon i overflatevann, som kan transportere DDT ut av jorda [2-4]. Metallet kadmium har vist en tidsmessig reduksjon i blåskjell fra Sør fjorden.

Forurensningssituasjonen i Sør fjorden har ført til at Mattilsynet har satt kostholdsråd for området (første gang i 1973; [5]). Gjeldende kostholdsråd er satt på bakgrunn av forurensningen med kadmium, bly, kvikksølv, dioksiner og PCB og ble sist vurdert (og omformulert) i 2010.

Kostholdsrådet for Sør fjorden/Hardangerfjorden lyder som følger:

- *Ikke spis brosme og lange fisket innenfor en linje mellom Tørvikbygd og Jondal i Hardangerfjorden.*
- *Ikke spis skjell plukket i Sør fjorden innenfor en linje mellom Grimo og Krossanes.*
- *Gravide og ammende bør ikke spise krabber, hummer eller stasjonær fisk fanget i Sør fjorden innenfor en linje mellom Grimo og Krossanes.*

Nylig har Mattilsynet for øvrig frarådet de som fisker til eget bruk, fra å spise lever av fisk tatt i den norske skjærgården. Unntaket er torsk som befinner seg på åpent hav. Advarselen er gitt på bakgrunn av en ny undersøkelse i 15 havner og fjorder og at det er fastsatt grenseverdi for summen av dioksiner og dioksinliknende PCB i fiskelever. Tidligere advarsel mot å spise fiskelever fra noen havner og fjorder er altså erstattet med et generelt råd til publikum.

Utslipp til sjø av metaller fra Boliden Odda AS og Eramet Titanium & Iron (ETI) rapportert til Klif er vist i Tabell 1.

Tabell 1. Offisielle anslag over utslipp til sjø fra Boliden Odda AS og Eramet Titanium & Iron (ETI) i 2010. Basert på opplysninger fra Klif. Tallene i parentes representerer utslipp i 2009.

Bedrift	Cu, kg/år	Pb, kg/år	Zn, kg/år	Cd, kg/år	Hg, kg/år
Boliden Odda AS*	276 (103)	3662 (518)	3217 (2019)	32 (36)	1,9 (1,5)
ETI	9 (6)	306 (229)	6537 (4548)	4,6 (1,1)	0,8 (0,5)
Totalt	285 (109)	3968 (747)	9754 (6567)	37 (37)	2,7 (2,0)

* totalt utslipp fra sinkverket (sentralt vannrenseanlegg, renseanlegg for kvikksølv og eventuelt utpumping av vann til Eitrheimsvågen) og "Noralf" (gipsutslippet).

Utslipet fra Bolidens vannrenseanlegg går ut på 30 m dyp på østsiden av Eitrheimsvågen. Utslipet fra aluminiumfluoridfabrikken på Eitrheimsneset er også dypvannsutslipp (30 m dyp). I tillegg går dypvannsutslippet fra ETI i Tyssedal ut på 35-40 m dyp.

I tillegg til utslippene av metaller til vann er det også utslipp til luft, hvorav en del må forventes å ende opp i Sjøfjorden.

4. Materiale og metoder

4.1 Vannprøvetaking og analyser (metaller)

Vannprøver til analyse av metaller ble samlet inn 25. februar, 22. mars, 26. mai, 22. juni, 17. august, 14. september, 19. oktober og 17. november 2010 av Hardanger Miljøsender på stasjonene vist i Figur 1.

Det ble tatt prøver direkte fra overflatevannet (0-0,5 m) i fjorden på spesialvaskede flasker; glassflasker for kvikksølvanalyser og plastflasker for øvrige metaller.

I tillegg til prøvetaking av overflatevannet er det ved prøveinnsamlingen i juni og september tatt vannprøver fra bunnvann og midlere dyp på samtlige stasjoner for å registrere nivåer av tungmetaller. Dette er primært gjort for å kunne vurdere om vannkvaliteten under overflatelaget kan ha noen innvirkning på nivåene av tungmetaller i fisk og i hvilken grad det kan sannsynliggjøres at bunnsedimentene påvirker nivåene av metaller i bunnvannet.

Alle prøver (ufiltrert) ble analysert for kvikksølv, kadmium, sink, kopper og bly. Tungmetallene (bly, sink, kopper og kadmium) ble analysert ved NIVA etter Freon-ekstraksjon og atomabsorpsjon [6]. Kvikksølv ble analysert ved NIVA etter salpetersyreoppløsning ved kalddampeteknikk og gullfelle [7]. Saltholdighet og temperatur ble målt med salinoterm i forbindelse med prøvetakingen. I tillegg ble det gjort siktedypsmålinger på alle toktene (bruk av secchi-skive).

4.2 Feltarbeid og metoder (oksygen, nitrogen og fosfor)

Fram til høsten 2002 kunne oksygenproblemene strekke seg 10-15 km utover i fjorden, med opprinnelse i området Havnebassenget – Lindenes der også problemene var størst (jfr. [8]). Overvåkingen er derfor konsentrert om strekningen Havnebassenget – Lindenes.

Stasjonene 2-3 i Figur 1 er de samme som ble anvendt i tidsrommet 1995-2006. I alt vesentlig var måleprogrammet som vist i Tabell 2.

Tabell 2. Stasjoner, parametre og måledyp i 2010.

Stasjoner	Parametre og måledyp				Siktedyp	Vind, vær, bølgehøyde
	Oksygen	Nitrat	Total Fosfor	Temperatur og saltholdighet		
2 -Havnebasseng	5, 10, 15, 20, 25, 30, 40 m	5, 10, 15, 20, 25, 30, 40 m	0.5, 10, 20 m	0.5, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40 m	Måles hver gang	Observeres hver gang
3 -Lindenes	10, 20, 30, 40, 45, 50, 55, 60, 70, 80 m	10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80 m	0.5, 10, 20 m	0.5, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 70, 80 m	Måles hver gang	Observeres hver gang

Temperatur og saltholdighet i Havnebassenget og Lindenes ble ved hvert tokt målt med en sonde av type YSI Modell 30. Tidspunktene for prøvetaking er vist i Tabell 3. Ved ett tidspunkt (22. juni 2010) ble det benyttet en nedsenkbar STD- sonde av typen SD204 som logger hydrografiske data (trykk, temperatur og salinitet. Instrumentet ble benyttet på en

rekke stasjoner (se kart og posisjoner i Tabell 5). Spesifikasjonene til instrumentet er gitt i vedlegget. Sonden logger data hvert sekund og ble derfor senket langsomt ned for å sikre detaljerte profiler.

Tabell 3. Tidspunkt for prøver i 2010.

Dato	Dato
21.7	19.10
17.8	17.11
14.9	- *

* Planlagt tokt i desember kunne ikke gjennomføres, da isforholdene denne vinteren forhindret dette.

4.3 Innsamling og analyser av organismer

Innsamling av organismer

Siden oppstart av langtidsprogrammet (2007-2011) er det samlet skjell til prøver i triplikat på 2 stasjoner. I 2010 er skjell til triplikate prøver samlet inn på stasjonene Tyssedal (B3) og Utne. Replikate prøver er ment å gi et innblikk i naturlig variasjon. Dette er informasjon som gjør en i stand til bedre å kunne uttale seg om tilsynelatende endringer mellom år er reelle, eller et element av naturlig variasjon innenfor år.

Muslinger er og har vært en foretrukket organsimegruppe innenfor flere overvåkingsprogrammer (se for eksempel [9]), siden muslinger finnes i de fleste, hvis ikke alle, kystområder. De er dessuten enkle å samle inn og har vært studert i noe detalj i forbindelse med flere kjemikalier. Muslinger gir et mål akkumulering av forurensning integrert over et begrenset tidsrom (uker) og kan akkumulerer forurensninger fra fødepartikler, sediment og vann. De er dessuten fastsittende og gir derfor stedsspesifikk informasjon [9].

Blåskjell (*Mytilus edulis*), ble samlet inn i uke 44-46 (november), 2010, på stasjonene B1 (Byrkjenes), B2 (Eitrheim), B3 (Tyssedal; 3 prøver), B4 (Digranes), B6 (Kvalnes), B7 (Krossanes), Måge og Utne (3 prøver).

På stasjon B6 (Kvalnes) ble skjell samlet inn 100 m syd for det vanlige prøvepunktet (på grunn av lite skjell). På stasjon B7 (Krossanes) var det heller ingen skjell på det vanlige prøvepunktet, så skjell ble samlet 100-200 meter lenger syd. Ellers foregikk skjellinnsamlingen som normalt (Tabell 4).

Blåskjellene ble samlet fortrinnsvis fra 1 – 1,5 meters dyp. Innenfor CEMP (Coordinated Environmental Monitoring Programme) under OSPAR og Klifs INDEKS-program [10], ble blåskjell fra Byrkjenes, Eitrheim, Kvalnes, Krossanes, Ranaskjær og Vikingneset prøvetatt 30 august – 2 september, 2010 (Tabell 4, Figur 3). Blåskjellene er analysert for klorerte organiske miljøgifter og metaller.

Materialet samlet inn innenfor CEMP omfatter også fisk, som analyseres for klorerte organiske miljøgifter og metaller. Torsk (*Gadus morhua*) og skrubbe (*Platichthys flesus*) ble samlet inn fra Sørfjorden i nærheten av Tyssedal og innover (CEMP-st. 53B), oktober 2010. Fra Strandebarm (Hardangerfjorden; CEMP-st. 67B) ble torsk og glassvar (*Lepidorhombus*

whiffiagonis) også fanget i oktober 2010. Glassvar ble også samlet inn fra den tilnærmet uberørte Åkrafjorden (CEMP-st 21F) i oktober, 2010. Skrubbe ble ikke analysert/fanget ved Strandebarm, eller i Åkrafjorden i 2010.

Opparbeidelse og analyse av prøver

Innenfor Statlig program for forurensningsovervåking samles 50 blåskjell (så langt det er mulig) i størrelsen 4 - 5 (6) cm fra hver stasjon til en blandprøve. Skjellene fryses ned uten forutgående prosedyre ved at skjellene går seg rene for sedimentrester i tarmen (depurering). I praksis har det på flere Sørfjord-stasjoner vært vanskelig å finne skjell over 4 cm, slik at størrelsesintervallet ofte har blitt ca. 3 - 5 cm. Innenfor CEMP samles rutinemessig 50 stk. (eventuelt 100 skjell) innen hver av størrelseskategoriene 2 - 3, 3 - 4 og 4 - 5 cm. Før nedfrysing går skjellene her minimum 12 timer i vann fra innsamlingsstedet (depurering) og tas ut av skallene. For prøven til INDEKS-programmet benyttes bare en størrelseskategori (3-5 cm, 3 parallelle blandprøver à 20 stk.), uten depurering.

Fiskeprøvene som rutinemessig samles innenfor CEMP er analysert dels på individer (25 stk.) og dels på blandprøver av 5 stk. i fortrinnsvis 5 størrelsesgrupper (se spesifisering i fotnoter under de aktuelle tabeller). Klororganiske forbindelser er analysert i lever og filet, mens kvikksølv (Hg) bare er analysert i filet. Kadmium (Cd), bly (Pb), kobber (Cu) og sink (Zn) er kun analysert i lever. Polybromerte difenyletere (PBDE) og perfluoreerte alkylstoffer (PFAS) blir kun analysert i lever av torsk fra indre Sørfjorden.

Tre av blåskjellprøvene som samles innenfor overvåkingsprogrammet ble også analysert for polyklorerte dibenzo-*p*-dioksiner og dibenzofuraner (PCDD/F), samt non-*ortho*-substituerte PCB-forbindelser (dioksinlignende PCB; se spesifisering i Vedlegg). Tidligere er disse forbindelsene analysert i lever av brosme (2009), filet av torsk (2008) og lever av torsk (2007). Disse analysene ble utført ved NILU (se nedenfor). Intensjonen var å analysere de tre prøvene som ble preparert fra Tyssedal, som er den stasjonen som historisk har vist de høyeste konsentrasjonene av PCB i blåskjell. Laboratoriet kunne imidlertid ikke frembringe resultater for én av disse prøvene, slik at to prøver fra Tyssedal ble analysert, samt prøven fra Eitheim.

Prøver ble homogenisert og frosset før analyse. Blåskjell og fisk ble homogenisert i en Restech Grindomix CM 200 eller Ultra-Turrax T25. Materialet ble analysert på NIVAs akkrediterte laboratorium i henhold til standard prosedyre (beskrevet tidligere; [11]). Deteksjonsgrensene er avhengig av innveid prøvemengde. Ved innveid mengde 0,5 g våt prøve (fortynnet til 50 ml) gjelder følgende:

Cu: 0,03 mg/kg
 Pb: 0,02 mg/kg
 Cd: 0,001 mg/kg
 Zn: 0,1 mg/kg
 Hg: 0,005 mg/kg

Kvikksølv analyseres ved kalddamp-AAS (AtomAbsorbsjonSpektroskopi), mens de øvrige elementene analyseres ved "Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry" (ICP-MS). Analyse kvaliteten kontrolleres mot sertifisert referansemateriale.

Analysen av dioksiner (PCDD/F) og dioksinlignende PCB i blåskjell ble utført ved NILU ved hjelp av gasskromatografi og høyoppløsende massespektrometer (GC/MS), i henhold til metoder beskrevet av Schlabach et al. [12, 13] og Oehme et al. [14].

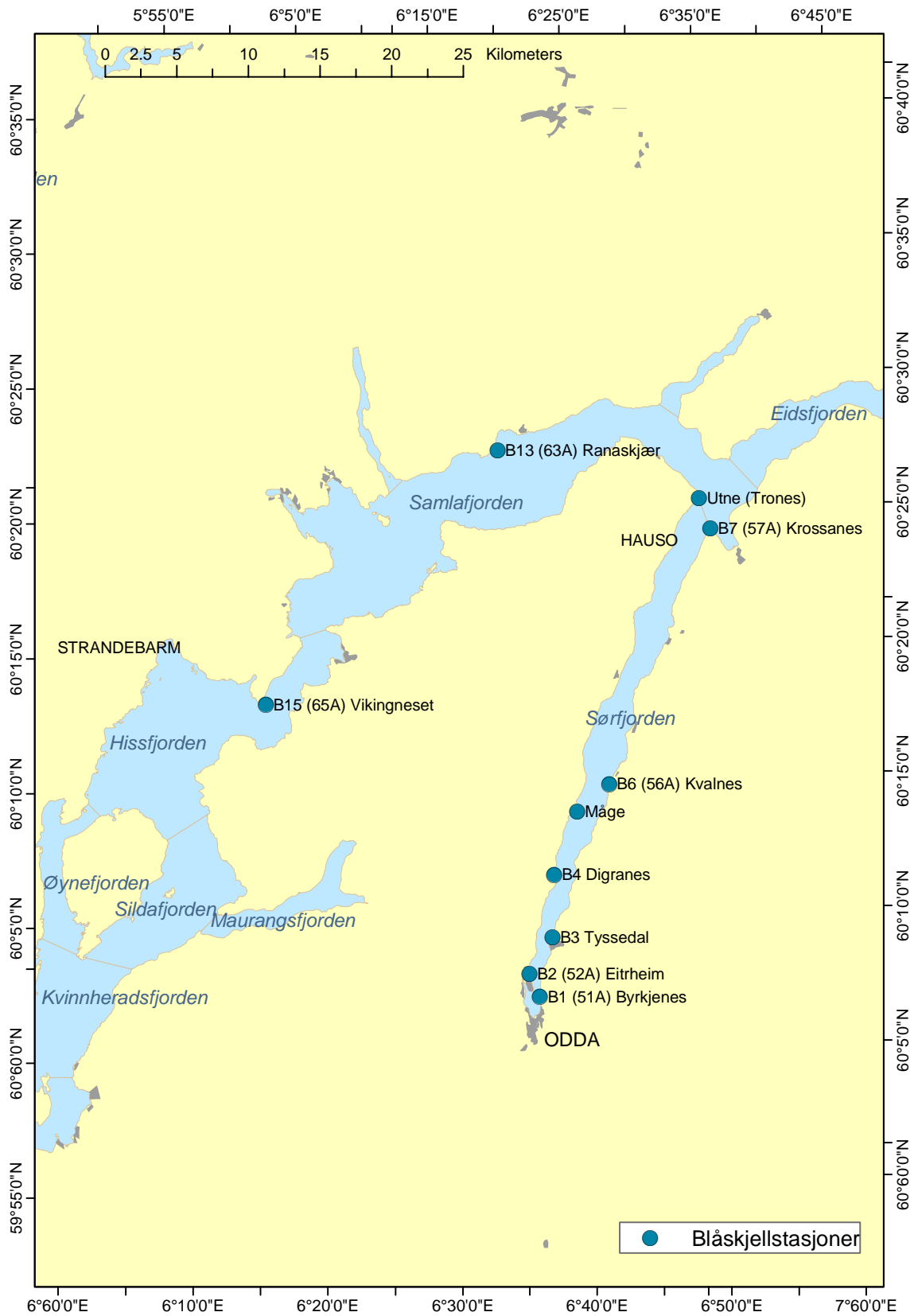
Analyseresultatene for klororganiske forbindelser (NIVA) kvalitetssikres ved blant annet å analysere kjente standarder for hver tiende prøve på gasskromatografen, regelmessig blindprøvetesting, samt jevnlig kontroll av hele opparbeidings- og analyseprosessen ved bruk av internasjonalt sertifisert referansemateriale og en husstandard (blåskjell). Standard avvik for bestemmelse av enkeltforbindelser er 10 – 20% for sertifisert referansemateriale og 10 – 25% for husstandard. Deteksjonsgrensene for enkeltforbindelser er 0,03 (HCB) – 0,2 (DDT) µg/kg våtvekt (i prøver med lavt fettinnhold).

Tabell 4. Innsamlingssteder for blåskjell i Sørffjorden og Hardangerfjorden, med angivelse av adkomst og ca. avstand fra Odda (km). (* Ikke prøvetatt 2010. Mrk. Skjell har blitt samlet på to nye stasjoner siden 2003, "Måge" og "Utne (Trones)").

STASJONER (CEMP-nr.)	ADKOMST	Ca. AVSTAND FRA ODDA (km)
St. B 1 (51A)	Byrkjenes. Ved pir på badestrand. (Merk: det var forholdsvis lite skjell og det har gått to ras i området siste året).	2
St. B 2 (52A)	Eitrheim. Under kommunal kai (tau).	3
St. B 3 [*]	Tyssedal. Tau og kjetting på brygge.	6
St. B 4	Digranes. Tau under trebrygge.	10
Måge	Skjær og steiner ved badeplass (opprinnelig fast prøvepunkt).	15
St. B 6 (56A)	Kvalnes. 100 m syd for fast prøvepunkt.	18
St. B 7 (57A)	Krossanes, 100-200 m syd for nøstet på selve pynten (som er opprinnelig fast prøvepunkt).	37
Utne (Trones)	Nes der Sørffjorden begynner (tau). Ca. 3 km øst for Utne fergekai.	40
St. B 10 *	Sengjaneset/Eidfjord, svaberg.	44
St. B 13 (63A) ¹	Ranaskjær, skjær med sementkum, rett overfor Bjølvefossen.	58
St. B 14 *	Rykkjaneset, m/svaberg nedenfor eng.	69
St. B 15 (65A) ¹	Vikingneset, ved fyrlykt.	84
St. B 16 *	Nærnes, Bondesundet, skjær ved brygge og naust.	100

¹. Skjell samles kun innenfor CEMP.

Figur 3. Prøvesteder for blåskjell i Sør fjorden/Hardangerfjorden (CEMP blåskjellstasjoner: 51A osv.). Mrk. Skjell har blitt samlet inn på to nye stasjoner siden 2003, "Måge" og "Utne (Trones)".



5. Resultater og diskusjon

5.1 Vannkjemi

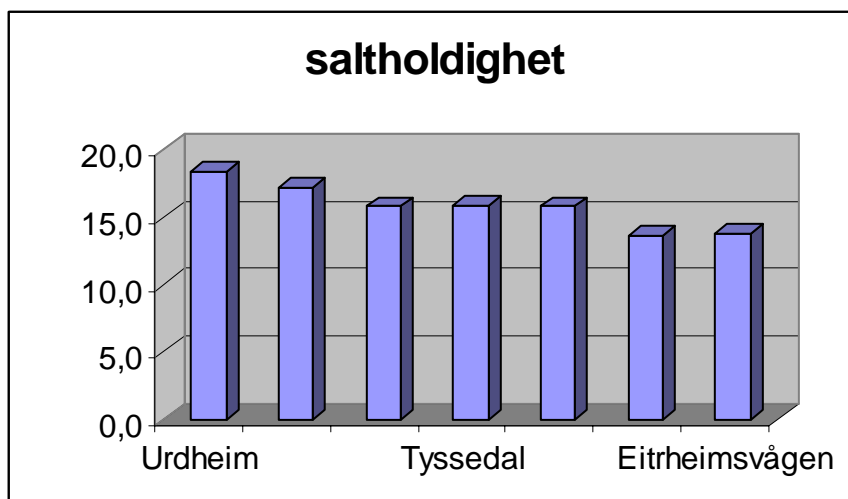
Alle rådata befinner seg i vedlegget.

5.1.1 Saltholdighet

Saltholdigheten måles for å kunne anslå hvor mye ferskvann som befinner seg i overflatevannet. Saltholdigheten avtar jo mer elvevann som er innblandet og en episodisk økning i saltholdighet kan ofte skyldes en oppstrømming av saltere bunnvann som følge av vind som fører overflatevannet bort, eventuelt som et resultat av dypvannsutsiftingning.

Variasjonene i saltholdighet i overflatelaget er hovedsakelig styrt av nedbør og elvetilførsler. Det er relativt små variasjoner i gjennomsnittlig saltholdighet i fjorden (midlet over året) (Figur 4).

Figur 4. Saltholdighet (‰; årsmiddel) i overflatevannet i Sørffjorden i 2010 (Urdheim er ytterst i Sørffjorden og Eitrheimsvågen innerst).



Figuren viser at saltholdigheten i overflatevannet er lavest innerst i fjorden hvor tilførsler fra Opo (og i noen grad Tyssø) styrer saltholdigheten. Men økningen i saltholdighet utover fjorden er liten. Det betyr at det er lite blanding mellom brakkvannslaget og det saltere vannet under. Det vises for øvrig til Kap. 5.3.1, som beskriver ferskvannstilførselen og fjordens hydrografi.

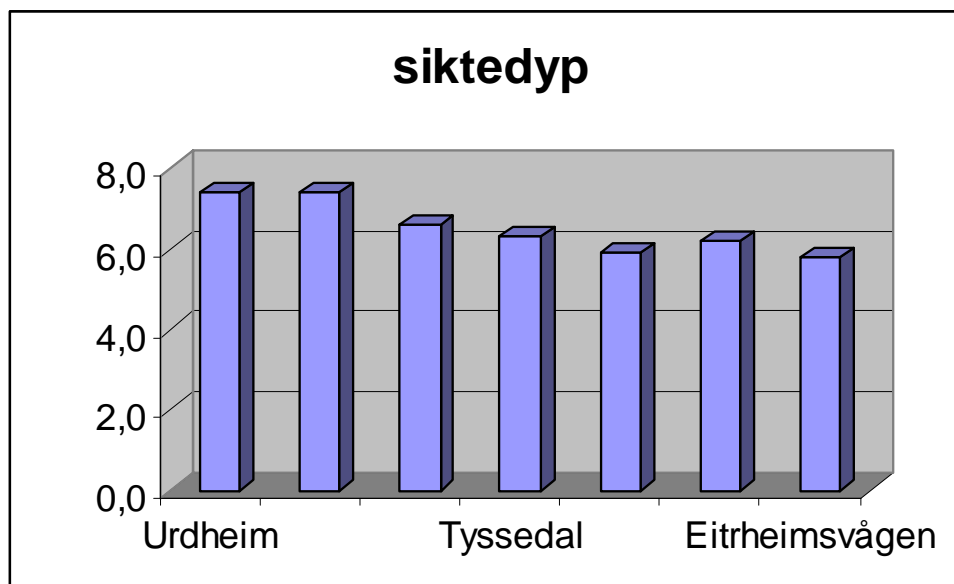
Variasjonene over året derimot er store (2-27 i Eitrheimsvågen og 9-27 ved Urdheim). Det er mest ferskvann i overflatelaget i sommermånedene i indre del av fjorden, når vannføringen i Opo er stor. Lavest saltholdighet i overflatevannet ble målt i perioden mai-august og i oktober. Dette må ha sammenheng med perioder med store nedbørsmengder og snøsmelting (mai).

5.1.2 Siktedyp

Siktedyp er et indirekte mål for turbiditeten i vannmassen. Nedsatt siktedyp kan skyldes stor planktonmengde, stor transport av sedimenter (leire og silt) som følge av elvetilførsler eller partikler knyttet til utslipp.

Siktedypet var gjennomgående høyt i hele Sjørfjorden i 2010 (klart vann), men noe lavere sammenlignet med 2009. Gjennomsnittlig siktedyp (årsmiddel) varierte mellom 5,8 og 7,4 m i hele fjorden (Figur 5). Det er ikke noe som tyder på at det var uvanlige tilførsler av partikler til vågen i 2010. Det laveste siktedypet ble målt i sommermånedene i hele fjorden og kan ha sammenheng med planktonoppblomstring og tilførsler av partikkelholdig brevann. Da varierte siktedypet mellom 3 og 5 m.

Figur 5. Gjennomsnittlig siktedyp (m) i Sjørfjorden i 2010 (Urdheim er ytterst i Sjørfjorden og Eitrheimsvågen innerst).



5.1.3 Metaller i overflatevannet

Sjøvann har et naturlig innhold av spormetaller. Konsentrasjonene er ofte noe lavere enn i elvevann, slik at overflatevann i fjorder som er påvirket av ferskvann har naturlig noe høyere nivåer av metaller enn dypvannet. For å kunne klassifisere sjøvann med hensyn til innhold av metaller så har Klif utarbeidet et klassifiseringssystem for miljøkvalitet (systemet ble revidert i 2007). Systemet baserer seg på 5 tilstandsklasser fra bakgrunnsnivå (Kl. I) til svært dårlig (Kl. V). I motsetning til det tidligere klassifiseringssystemet så er dette systemet effektbasert. Skillet mellom Klasse II og Klasse III går ved beregnet nedre grense for økologiske effekter ved langtidsseksponering.

Metallnivået i overflatevann i Sjørfjorden har vært overvåket mer eller mindre kontinuerlig siden 1979 og representerer de lengste måleseriene av metaller i fjordvann som finnes i Norge. Materialet er derfor verdifullt både i overvåkningssammenheng og i forskningssammenheng. Overflateverdiene gjenspeiler diffuse tilførsler fra land (avrenning fra forurenset grunn), tilførsler fra sedimenter på grunt vann, direkte utslipp til

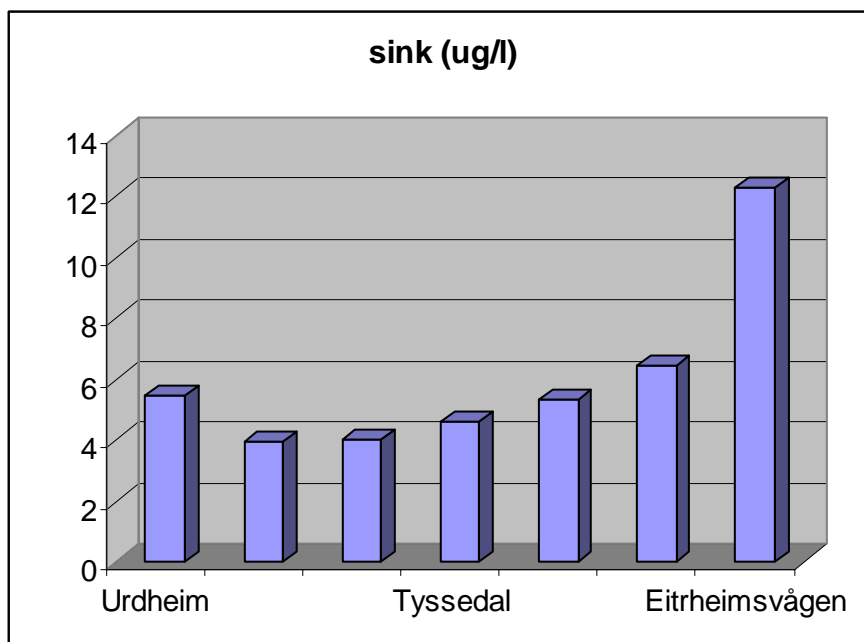
overflatevannet, atmosfæriske tilførsler og elvetilførsler. Vannkvaliteten i overflatelaget påvirker i første rekke opptak av metaller i blåskjell, men vil også påvirke opptak i fisk.

Sink (Zn)

Innholdet av Zn i overflatevann var i gjennomsnitt over året 5,4 $\mu\text{g/l}$ (3,2 $\mu\text{g/l}$ i 2009) ved munningen av fjorden (Urdheim) og 12,3 $\mu\text{g/l}$ (11,8 $\mu\text{g/l}$ i 2009) innerst i fjorden (Eitrheimsvågen) (Figur 6). Dette tilsvarer tilstandsklasse III (moderat) i munningsområdet og tilstandsklasse IV (dårlig) i Klifs reviderte miljøklassifiseringssystem innerst i fjorden. Som vanlig var det til dels store variasjoner i sink-konsentrasjoner i overflatevannet i Eitrheimsvågen (4,8-19,7 $\mu\text{g/l}$). Spesielt høy var konsentrasjonen i november da det ble målt 19,7 $\mu\text{g/l}$ i vågen (tilstandsklasse IV, Dårlig).

Nivåene av sink økte gradvis innover fjorden (Figur 6). Sammenlignet med 2009 så var gjennomsnittsnivåene av sink i overflatevannet i Sørfjorden og avstandsgradienten i 2010 nokså lik situasjonen i 2009. Med unntak av vågen var overflatevannet moderat (Kl. III) forurenset av sink.

Figur 6. Årsgjennomsnittet av sink ($\mu\text{g/l}$) i overflatevann fra innerst (høyre) til ytterst (venstre) i Sørfjorden 2010.



Kadmium (Cd)

Innholdet av Cd i overflatevann var i gjennomsnitt over året 0,05 $\mu\text{g/l}$ (0,05 $\mu\text{g/l}$ i 2009) ved munningen av fjorden (Urdheim) og 0,11 $\mu\text{g/l}$ (0,12 $\mu\text{g/l}$ i 2009) innerst i fjorden (Eitrheimsvågen). Dette tilsvarer tilstandsklasse II (god vannkvalitet) både i munningsområdet og innerst i Eitrheimsvågen i henhold til Klifs miljøklassifiseringssystem og ingen endringer i forhold til 2009.

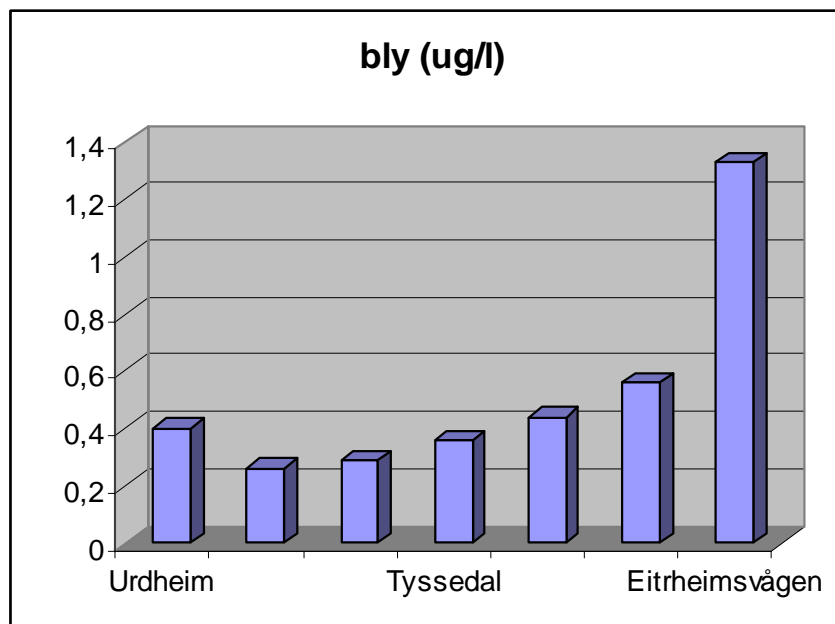
Kobber (Cu)

Innholdet av Cu i overflatevann var i gjennomsnitt over året 0,78 $\mu\text{g/l}$ (0,65 $\mu\text{g/l}$ i 2009) ved munningen av fjorden (Urdheim) og 0,80 $\mu\text{g/l}$ (0,62 $\mu\text{g/l}$ i 2009) innerst i fjorden (Eitrheimsvågen). Det er således kun små endringer i forhold til 2009. Vannkvaliteten i henhold til klassifiseringen er i grenseområdet moderat - dårlig (Kl. III-IV).

Bly (Pb)

Innholdet av Pb i overflatevann var i gjennomsnitt over året 0,40 $\mu\text{g/l}$ (0,21 $\mu\text{g/l}$ i 2009) ved munningen av fjorden (Urdheim) og 1,33 $\mu\text{g/l}$ (0,72 $\mu\text{g/l}$ i 2009) innerst i fjorden (Eitrheimsvågen) (Figur 7). Dette tilsvarer tilstandsklasse II i munningsområdet og i vågen. Det er noe økning i forhold til 2009. Mesteparten av bly-tilførselen til fjorden skyldes utslippet fra Bolidens aluminiumfluoridfabrikk og deponering av gips. Mye tyder på at bly som følger gipsutslippet (som er et dypvannsutslipp) har liten innvirkning på bly-innholdet i overflatevannet. Sannsynligvis vil store deler av gipsen sedimentere i Havnebassenget [15].

Figur 7. Konsentrasjonen av bly ($\mu\text{g/l}$) i overflatevann fra innerst (høyre) til ytterst (venstre) i Sør fjorden i 2010 (årgjennomsnitt).

*Kvikksølv (Hg)*

Kvikksølv er det metallet som har størst forurensningspotensial fordi uorganisk kvikksølv kan omdannes til organiske kvikksølvforbindelser som meget lett akkumuleres i organismer. I tillegg til bioakkumulering har organiske kvikksølvforbindelser en tendens til å biomagnifiseres, dvs. mengden kvikksølv øker i næringskjedene. I det marine miljø betyr det at kvikksølv hopper opp i fisk til nivåer som overskrider grenser for hva som betraktes som akseptabelt som menneskeføde (innføring av kostholdsråd). Opptak av kvikksølv i fisk kan

skje både via vann og føde. Av den grunn er det viktig å overvåke nivåene av kvikksølv i vannmassene i Sørfjorden. I Klif's veileder for vannkvalitet i fjorder og kystfarvann er klassifiseringen basert på uorganisk kvikksølv og tar ikke hensyn til at kvikksølv kan metyleres i miljøet. God vannkvalitet (Kl. II) omfatter vann som inneholder opp til 48 ng/l Hg, dvs. ca. 50 ganger det vi betrakter som normalt for fjord- og kystvann (ca. 1 ng/l).

I 2010 ble det målt nivåer av kvikksølv (løst og partikulært) i overflatevannet som stort sett var lavere enn 1 ng/l på de to ytterste stasjonene i fjorden, med unntak av på slutten av året (oktober og november), da det ble målt høyere nivåer (1,5-3 ng/l). Lenger inne fjorden ble det sporadisk målt høyere nivåer (1,5-5 ng/l), men fortsatt i henhold til klassifisering av vannkvalitet betraktes som god. Dette gjelder også Eitrheimsvågen.

5.1.4 Metaller i bunnvann og intermediære dyp

Det finnes data tilbake fra 70-årene for metaller i dypvann og midlere dyp. Den gang var målsettingen å spore effekten av det store utslippet av jarositt (fra Norzink, nå Boliden), som var et dypvannsutslipp og som kunne spores som et maksimumsnivå mellom 25 og 100 m i hele fjorden. Dette dypvannsutslippet opphørte i 1986 da jarositten ble overført til fjellhaller. Siden den gang har det vært lite fokus på vannkvaliteten på større dyp.

Når overvåkingen av dypvannet er tatt opp igjen er det fordi man ønsker å få et bilde av vannkvaliteten i hele vannmassen. I 2010 ble det således gjennomført prøvetaking i dypvannet på to av de ordinære toktene (juni og september). I 2009 ble dypvannet analysert i mars og september.

Sink (Zn)

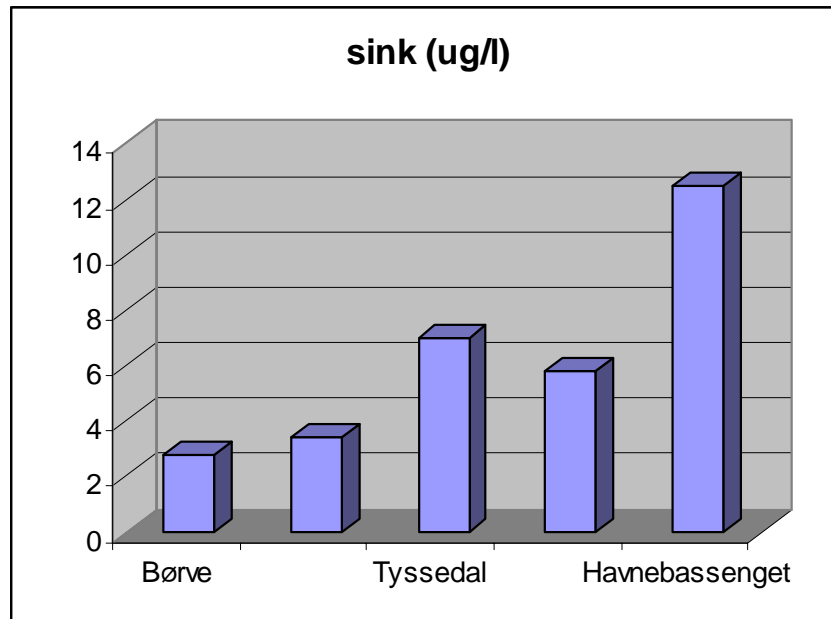
På den ytterste stasjonen (Urdheim) i 2010 var vannkvaliteten på 250 m dyp moderat påvirket (Kl. III) av Zn i juni og september. Økningen mot bunnen var mest markert i september med en økning fra 1 µg/l sink på 20 m og en jevn stigning til 4,1 µg/l Zn på 250 m. Samtidig var saltholdigheten på 250 m dyp redusert fra juni til september, noe som tyder på at det har vært en stagnasjonsperiode uten dypvannsutsiftning.

Ved Børve ble det i juni målt dårlig vannkvalitet (Kl. IV) på 100 m dyp med hensyn til Zn, mens vannkvaliteten var bedre på 250 og 320 m dyp. Det samme var tilfelle i september.

Lenger inn i fjorden (Digraneset, Tyssedal og Lindeneset) ble den høyeste konsentrasjonen av Zn registrert i vannsjiktet 20-40 m. Dypvannsutslippene fra ETI og Boliden går ut i dette dypet. Ved Tyssedal og Lindeneset ble det på 20 m dyp målt henholdsvis 27,1 og 15,1 µg/l sink i juni 2010 tilsvarende dårlig vannkvalitet (Kl. IV). Ved Tyssedal kan også dypvannsutslippet fra ETI på 35-40 m dyp påvirke vannkvalitet ved midlere dyp og i dypvannet. Utslipet av sink til sjø fra ETI var for øvrig i 2008 på 5,5 tonn og i 2009 på 4,5 tonn. Sink-utslippet til sjø fra Boliden var på 4,9 tonn i 2008 og 2 tonn i 2009.

I likhet med tidligere år øker nivåene av Zn i 40 m dyp fra 2,8 µg/l ved Børve til 12,5 µg/l i Havnebassenget (Figur 8).

Figur 8. Sink ($\mu\text{g/l}$) i 40 m dyp fra Børve (ytterst) til Havnebassenget (innerst) i Sørffjorden, i juni 2010.



Kadmium (Cd), bly (Pb), kobber (Cu) og kvikksølv (Hg)

På ett tidspunkt (september 2010) ble det målt 17,5 ng/l Hg i det ytterste bassenget ved Urdheim på 250 m dyp. Det ble tilsvarende målt forhøyede nivåer av Pb og Zn, men ikke av Cd og Cu. Som antydte tidligere (basert på saltholdighetsdata) ser det ut til å ha vært en lengre periode uten dypvannsutskiftning i 2010. Det kan derfor tyde på at tilførsler fra sedimentene til en stagnant vannmasse kan være en medvirkende årsak. En annen mulig årsak kan være at vannhenteren har berørt bunnen og virvlet opp forurensede sedimenter, men da ville man forvente at nivåene av Cd og Cu i samme prøve økte.

Vannprøvene fra 40 m dyp lenger inne i fjorden som viste forhøyede nivåer av Zn, viser også forhøyede verdier av andre metaller. Det er grunn til å anta at dette skyldes eksisterende dypvannsutlipp. At nivåene innerst i fjorden er gjennomgående høyere i 20 m dyp enn i 40 m dyp kan skyldes at utslippene både fra Boliden og ETI inneholder ferskvann og at utslippet stiger i vannmassen og innlagres litt høyere oppe i det utslippsnære området.

5.2 Sammenfattende vurderinger av metaller i vannmassene

5.2.1 Kilder og konsekvenser

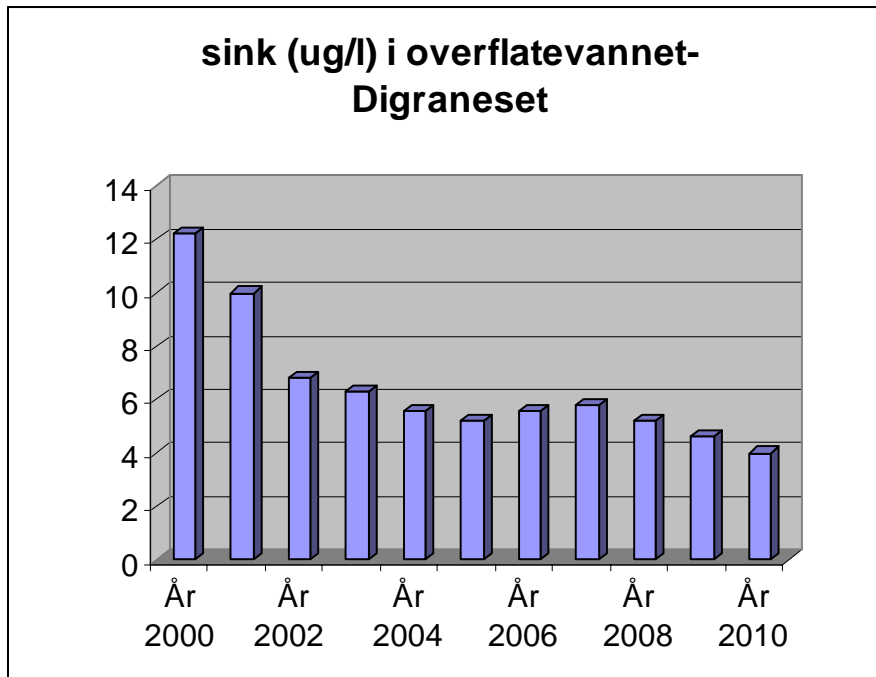
Etter at Odda smelteverk ble nedlagt i 2002 er det følgende kilder (registrerte og potensielle) for metaller til Sjøfjorden:

- Regulære utslipp fra sinkverket ved Boliden (sentralt vannreanseanlegget, dypvannsutslipp (30 m) på østsiden av Eitrheimsneset, utpumping av forurenset vann bak spuntvegg til Eitrheimsvågen, utslipp fra kvikksølvreanseanlegget til Eitrheimsvågen) (kvantifisert)
- Regulære utslipp fra aluminiumfluoridfabrikken til Boliden (kvantifisert)
- Regulære utslipp fra Eramet Titanium & Iron (ETI) i Tyssedal (dypvannsutslipp på 35 – 40 m dyp) (kvantifisert)
- Diffuse tilførsler fra bunnsedimenter, spesielt fra Eitrheimsvågen, men ellers fra området Tyssedal – Odda havnebasseng (ikke kvantifisert)
- Diffuse tilførsler fra industriområder, annen forurenset grunn og deponier (ikke kvantifisert, bortsett fra avrenning fra industriområdet på Eitrheimsneset)
- Tungmetaller som tilføres fra bekker og elver (ikke kvantifisert)
- Tilførsel fra kommunale avløpssystemer (ikke kvantifisert)

Basert på overvåkningsresultatene fra 2010 som jevnt over viser en god vannkvalitet med tanke på metaller i overflatevannet, så er det lite som tyder på at det er store tilførsler av metaller til overflaten av Sjøfjorden. De tiltak som er gjort for å redusere de diffuse tilførslene fra land, og da spesielt Prosjekt Avløp ved Boliden som ble fullført mai 2003, ser ut til å ha vært effektive.

Figur 9 viser årsgjennomsnittet for sink i overflatevann i løpet av de siste 10 år ved Digraneset som ligger ca. midt i Sjøfjorden. Det er grunn til å tro at den klare forbedringen i perioden 2000 – 2003 skyldes Prosjekt Avløp og reduksjonen av metalltilførsler via overflatevann på Eitrheimsneset. I løpet av denne perioden er vannkvaliteten endret fra dårlig (Kl. IV) til moderat (Kl. III).

Figur 9. Sink i overflatevann ved Digraneset i perioden 2000-2010 (årgjennomsnitt).



Situasjonen i dypere vannlag (under brakkvannslaget) er nokså forskjellig. Generelt er vannkvaliteten med hensyn til metaller dårligere enn i overflaten. I indre deler av fjorden (fra Tyssedal til Eitrheimsvågen) er nivåene høyest nær bunnen i Eitrheimsvågen (10 m dyp) og på 20 og 40 meters dyp i Havnebassenget, ved Lindenes og ved Tyssedal. Det er mest sannsynlig at de høye konsentrasjonene på 10 m dyp i vågen skyldes bidrag fra de sterkt forurensede sedimentene. I Havnebassenget, Lindenes og Tyssedal kan forhøyede metallnivåer midt i vannmassen skyldes dypvannsutslipp fra Boliden og ETI, samt påvirkning fra sedimentene. Spor av disse utslippene finnes også trolig igjen ved Digraneset i 20 m dyp. I dypbassengene lenger ut (100-320 m) er det tidvis forhøyede metallnivåer som trolig reflekterer oppholdstiden på bunnvannet og frekvensen av dypvannsutsiftninger.

5.3 Nitrogen, oksygen og fosfor i vannmassene

5.3.1 Ferskvannstilførsel og salinitet

Ferskvannstilførselen til den indre delen av Sørfjorden (Figur 10) kommer i hovedsak fra elva Opo. Figur 11 viser døgnverdier av vannføringen på NVEs målestasjon ved Sandvinvatnet i tidsrommet 1.1.-31.12.2010. Den røde, stipla linja viser månedsmiddel i perioden.

Variasjonene er store og raske, med 280 m³/s som høyeste og 27 m³/s som gjennomsnittlig vannføring i dette tidsrommet. Vannføringen var relativt lav sammenlignet med avrenningen i perioden 2000-2010 (Figur 12), og kun i oktober var vannføringen høyere enn månedsmiddelet for perioden 2000-2010. Ved den foregående undersøkelsen i 2008 var f.eks. midlere avrenning 47 m³/s og dermed betydelig høyere enn i 2010. Den lave ferskvannsavrenningen kan ha innvirkning på brakkvannslagets tykkelse.

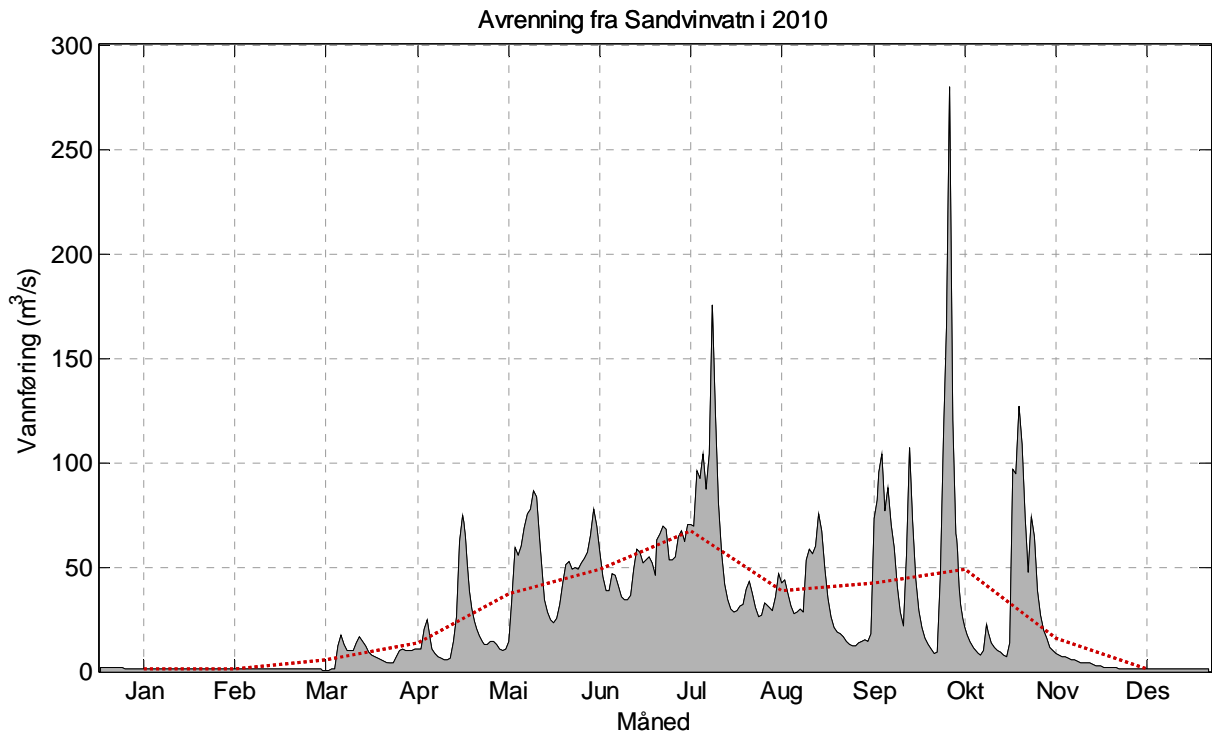
I fjorder med betydelig ferskvannstilførsel kan vannmassene inndeles i to lag:

- Brakkvannslaget eller overflatelaget, som består av en blanding av ferskvann og sjøvann. Tykkelse og saltholdighet varierer mye, dels pga. store variasjoner i Opos vannføring og dels en varierende tilførsel av ferskvann til Hardangerfjorden utenfor Sørfjorden. Man kan skjelle mellom det brakkvannslaget som ferskvannstilførselen fra Opo skaper (tykkelsen oftest omkring 3 m og saltholdigheten 1-15) og det dypere liggende brakkvannet fra selve Hardangerfjorden (oftest ned til omkring 10 m dyp). I juni 2010, da det ble målt hydrografi ved flere stasjoner i fjorden, var brakkvannslaget rundt 6 m dypt på alle stasjonene bortsett fra ved Urdheim lengst ute i fjorden.
- Sjøvannslaget ligger under brakkvannslaget og helt til bunnen. Saltholdigheten øker med dypet og kan nå opp til ca. 35.

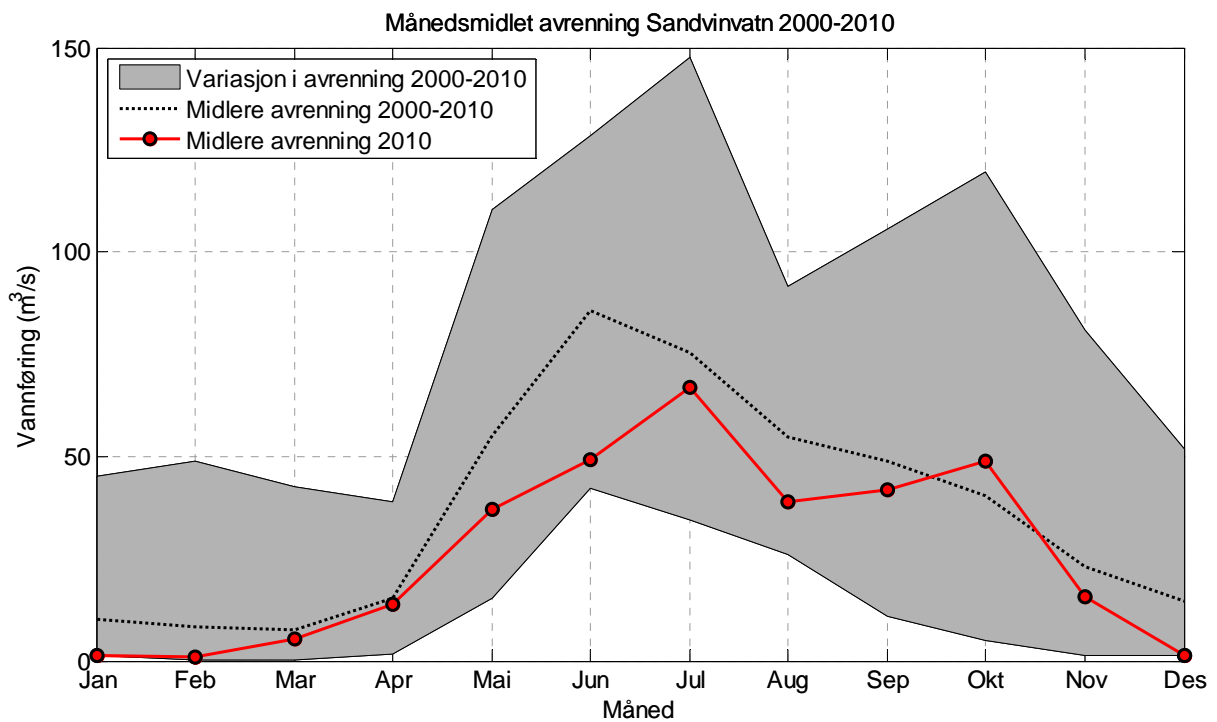
Figur 10. Kart over innerste del av Sørfjorden. I sør ser vi Sandvinvatnet og Opo-elva. Kartet er hentet fra NVE sine nettsider.



Figur 11. Døgnverdier for vannføringen i Sandvinvatnet i tidsrommet 1.1.-31.12.2010 (kilde: NVE). Den røde, stipla linja indikerer midlere månedsavrenning for 2010.



Figur 12. Månedsverdier for vannføringen i Sandvinvatnet i tidsrommet 2000-2010 (kilde: NVE).



5.3.2 Vannutskiftning

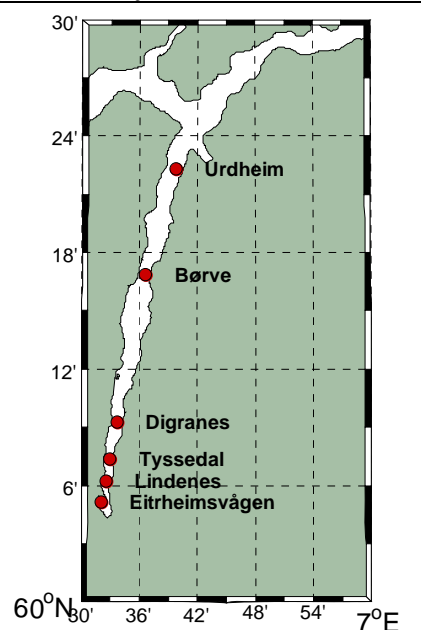
Utskiftningen av de dypere vannmassene i Havnebassenget og ved Lindenes styres i stor grad av variasjonene i salinitet (og egenvekt) på tilsvarende dyp i selve Hardangerfjorden. Når egenvekten til vannmassene i Hardangerfjorden på forsommeren avtar pga. av økende ferskvannsinnblanding kan tyngre vann fra Sørfjorden strømme ut av fjorden, mens lettere "Hardangerfjordvann" strømmer inn. Senere kan dette strømmønsteret bli snudd. I tillegg vil det stadig foregå mer kortvarige inn- og utstrømninger som følge av skiftende vindforhold i fjordområdet og på kysten.

Tar vi i betraktning at i tillegg til tidevannet vil også varierende vind og lufttrykk bidra til vannutskiftningen, gir dette samlet sett inntrykk av at innenfor Lindenes er oppholdstiden for vannmassen mellom 10-15 m dyp og bunn vanligvis mindre enn en uke, og oftest omkring 3-5 døgn. Til sammenligning har gjennomsnittlig oppholdstid tidligere blitt beregnet til å ligge mellom 4 døgn og 7 døgn ved bruk av en datamodell [16]. Under spesielle episoder kan trolig vannmassen fornyes over 1-2 døgn (jfr. 4. november, 2001). Mellom overflata og ca. 10 m dyp vil oppholdstiden være noe kortere fordi ferskvannstilførselen driver et utstrømmende brakkvannslag og en inngående strøm like under dette.

Figur 13 viser fordeling av temperatur og salinitet langs Sørfjorden 22. juni, 2010. Det er lite horisontal variasjon, noe som tyder på god sirkulasjon i fjorden. Posisjonene til stasjonene er listet opp i Tabell 5. Vi ser en tydelig lagdeling med ferskt og varmt vann øverst (0- 8 m) og saltere, kaldere vann nederst. Dette er ganske vanlig for fjordsirkulasjon der brakkvann strømmer ut i overflaten og saltere vann strømmer inn i de dypere vannlagene. Det tykke ferskvannslaget er forenlig med høy ferskvannsavrenningen i dette tidsrommet (Figur 10). Det er relativt homogent i den dypere vannmassen. Dette tyder på god vanngjennomstrømning og sirkulasjon i fjorden.

Tabell 5. Stasjonsoversikt for hydrografiske målinger i Sørfjorden 22. juni, 2010.

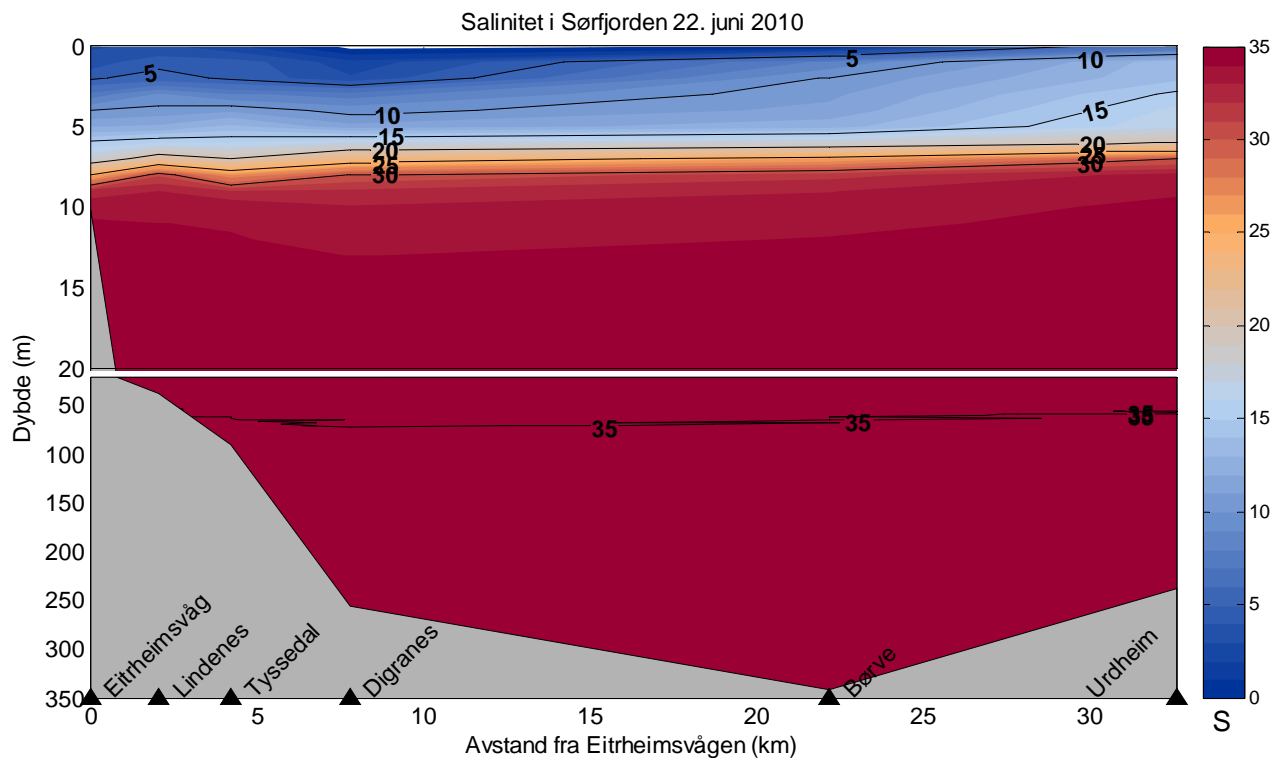
Stasjon	Breddegrad	Lengdegrad
Eitrheimsvåg	60° 05,135 N	006° 32,015 Ø
Lindenes	60° 06,225 N	006° 32,508 Ø
Tyssedal	60° 07,381 N	006° 32,917 Ø
Digranes	60° 09,263 N	006° 33,655 Ø
Børve	60° 16,901 N	006° 36,621 Ø
Urdheim	60° 22,303 N	006° 39,752 Ø



Figur 14- Figur 16 viser variasjonen i salinitet og temperatur i Havnebassenget og ved Lindenes. For saliniteten ser vi en sterk sjiktning i sommermånedene (juli - september) og en svakere sjiktning med betydelig mer blandet vann i høst- og vintermånedene, der det også er lavere ferskvannsavrenning (Figur 11). Målingene fra 17. november viser en tilnærmet homogen salinitet dypere enn 5 m. I bunnvannet ser vi også en vekslning i salinitet som tyder på god vannutskiftning og blanding i fjorden. I august og oktober viser dataene en reduksjon i densitet i dypet ved Lindenes. Det er usikkert om dette skyldes målefeil eller representerer en ustabilitet i vannsøylen.

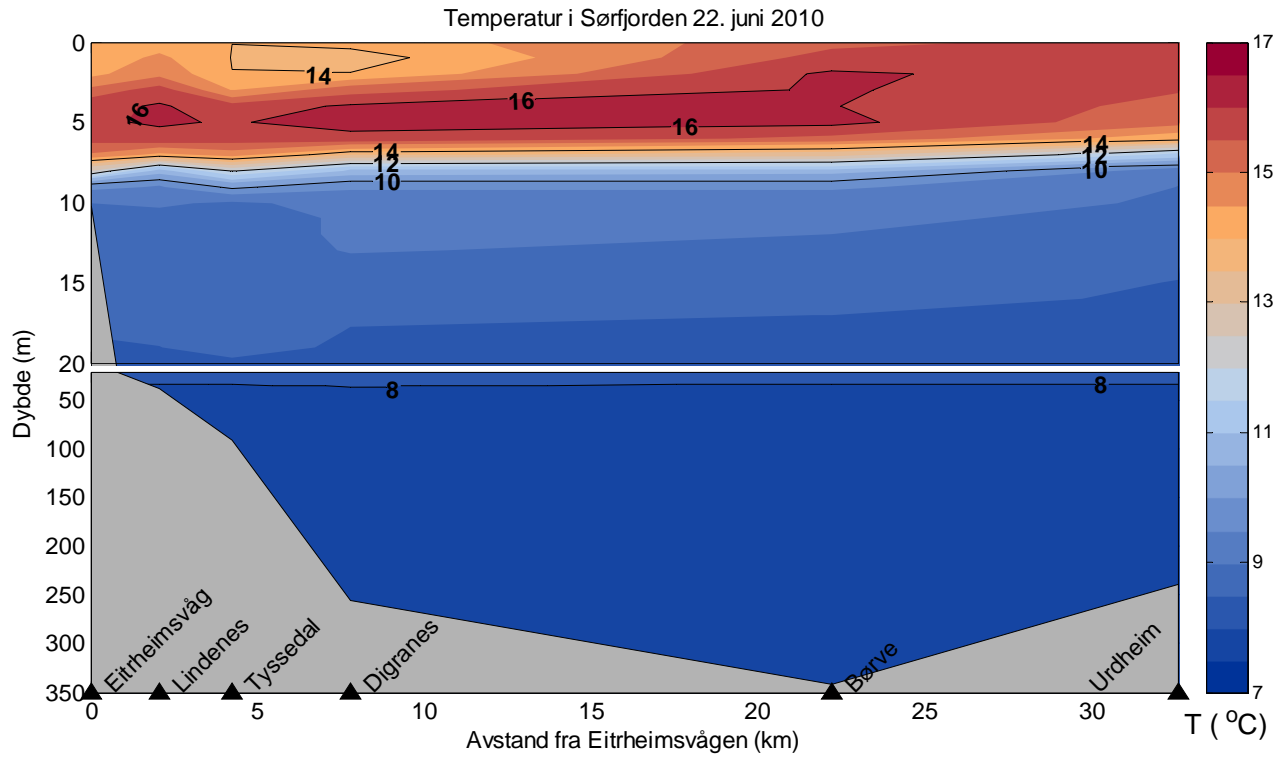
Figur 13. Salinitet (a.) og temperatur (b.) langs Sør fjorden. Eitrheimsvåg (innerst i Sør fjorden) er til venstre og Urdheim (ytterst i fjorden) er til høyre. Avstanden til Eitrheimsfjorden er markert langs den horisontale akse, og de svarte markørene indikerer posisjon for målingene. Fargeskalaen gir fargekode for henholdsvis salinitet og temperatur.

a.

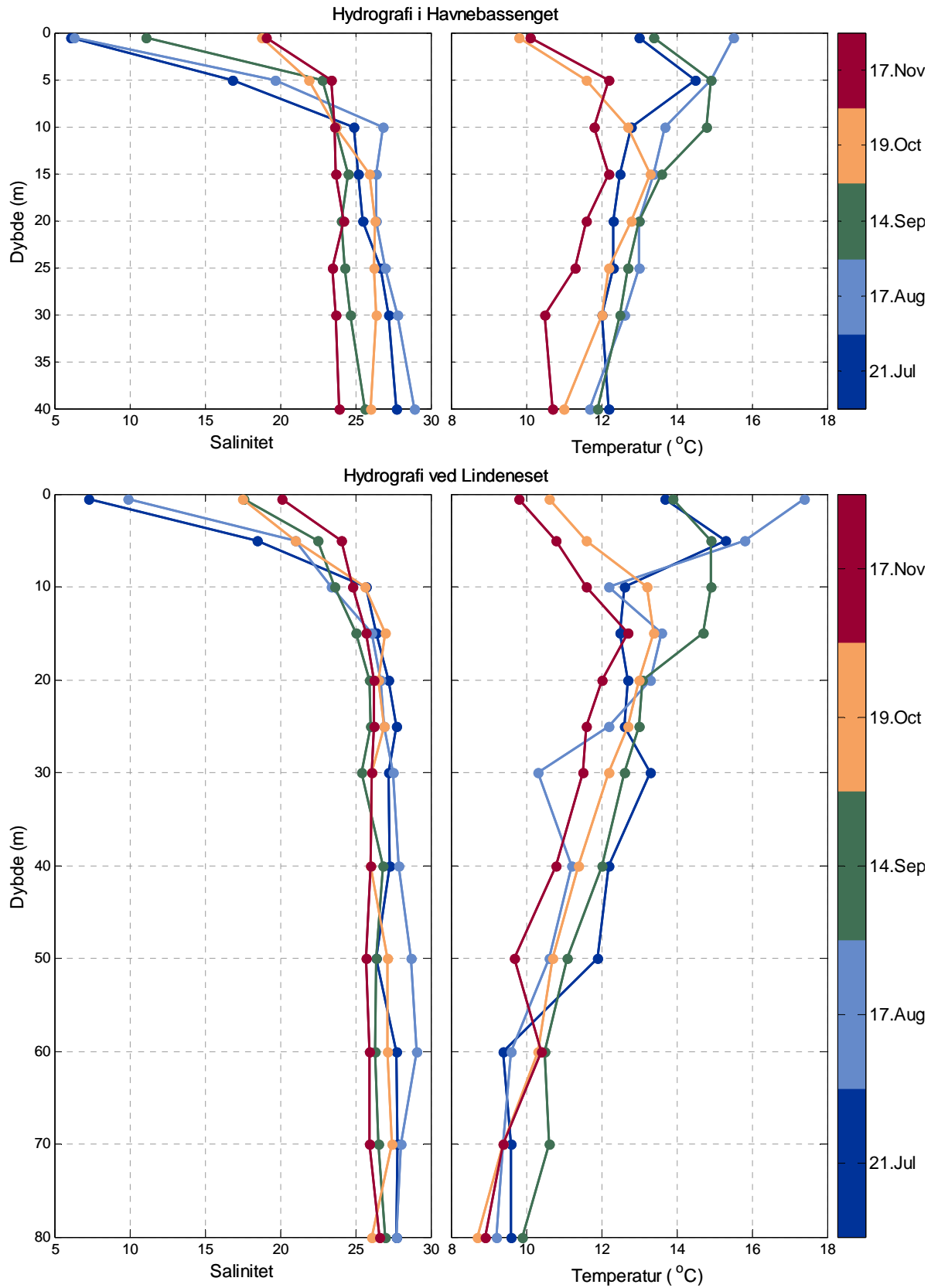


Forts. Figur 13.

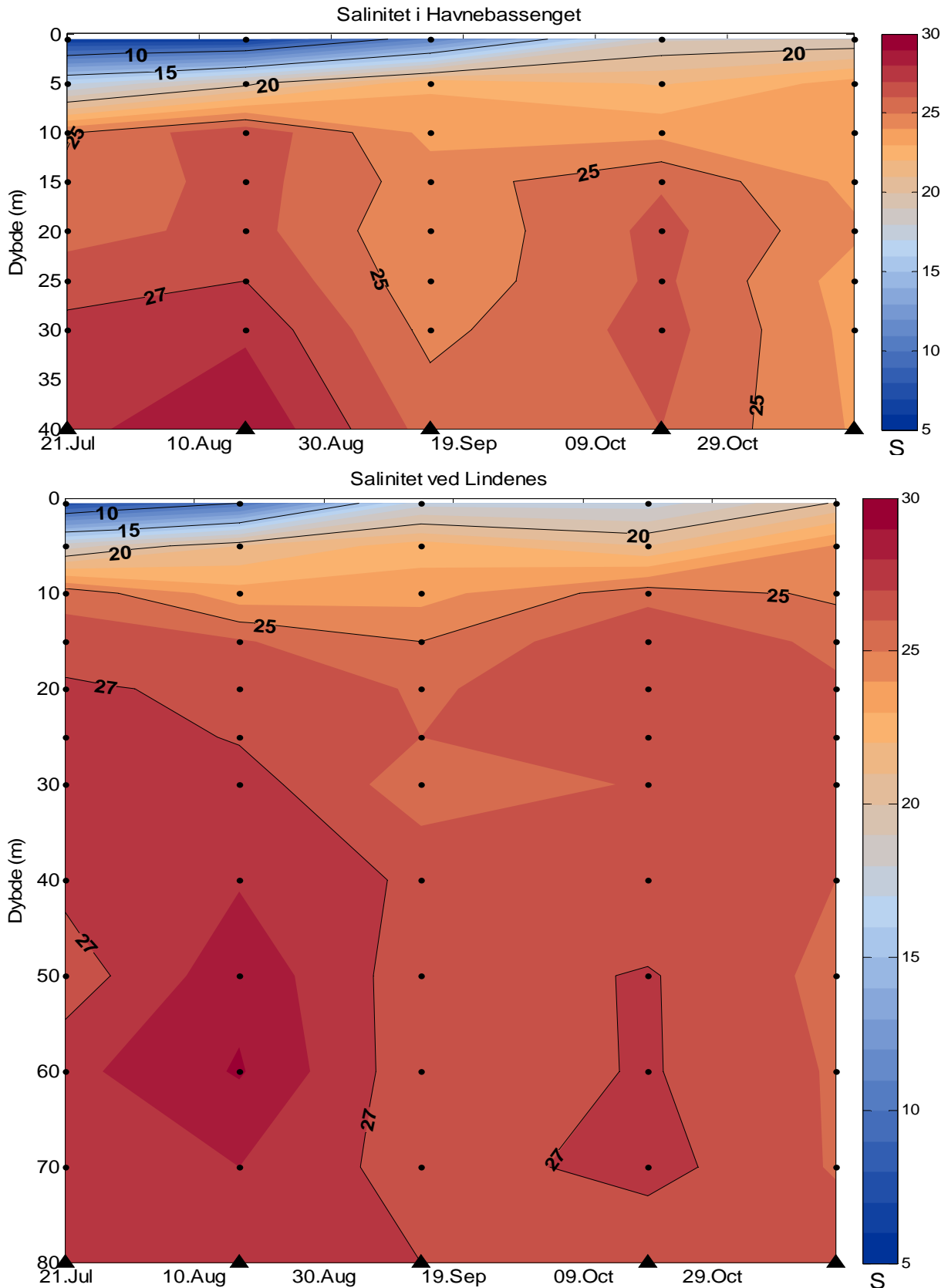
b.



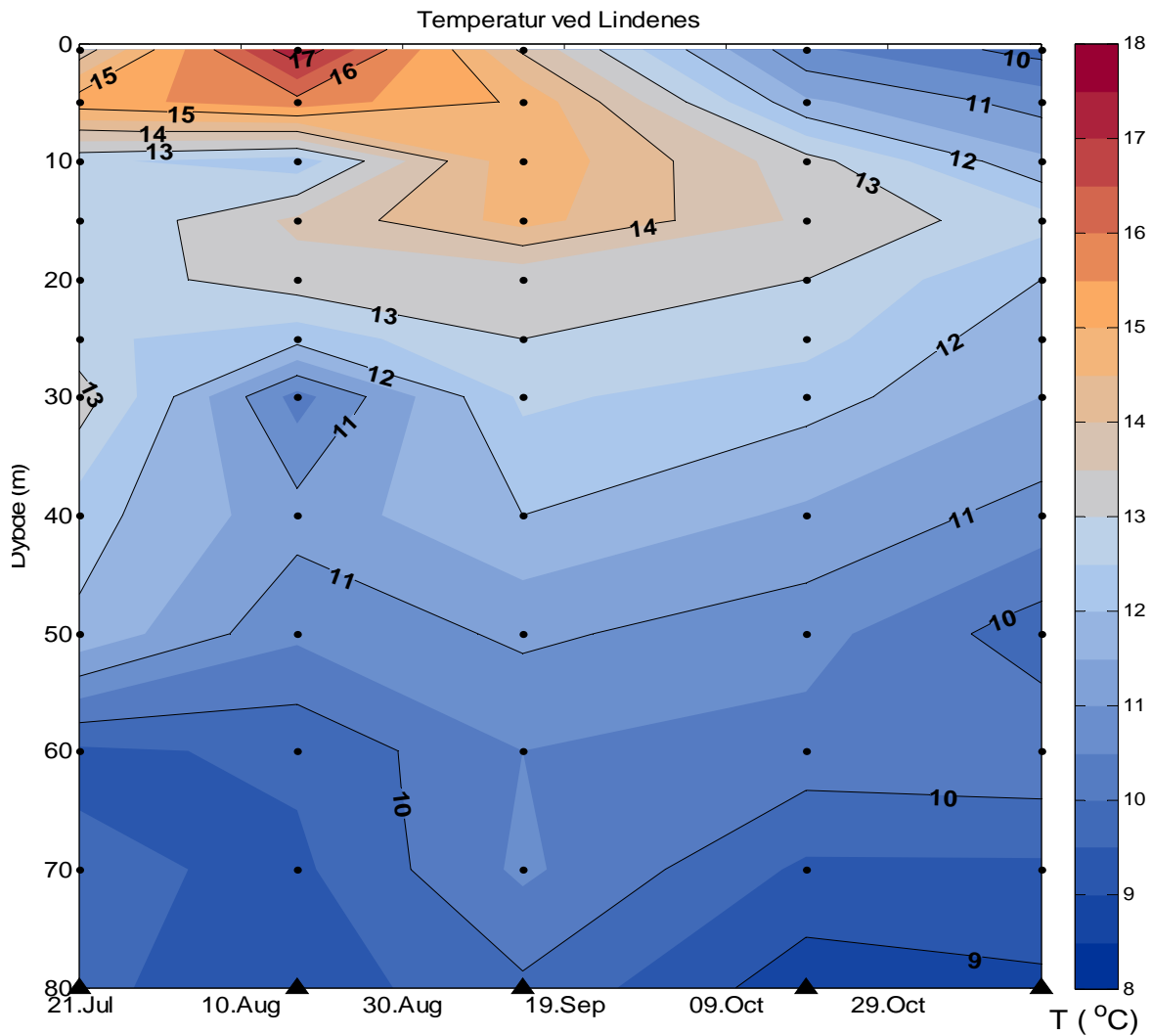
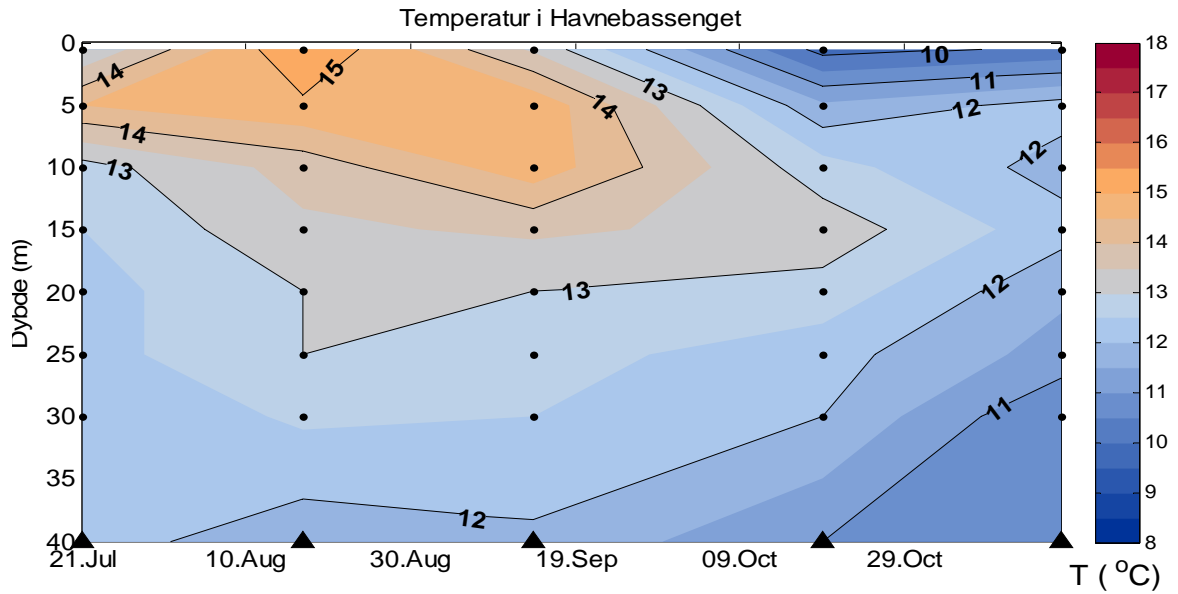
Figur 14. Hydrografi (salinitet og temperatur) i Havnebassenget (øverst) og ved Lindenes (nederst). De ulike fargene representerer de ulike måledatoene, og prikkene viser hvilke dyp data er hentet fra.



Figur 15. Isolinjer av salinitet i Havnebassenget (øverst) og ved Lindeneset (nederst). Fargene representerer variasjon i salinitet ved variasjon i tid langs den horisontale akse. Fargeskalaen står til høyre for figuren. De svarte prikkene og markørene indikerer henholdsvis måledyp og måletidspunkt.



Figur 16. Isolinjer av temperatur i Havnebassenget (øverst) og ved Lindeneset (nederst). Fargene representerer variasjon i salinitet ved variasjon i tid langs den horisontale akse. Fargeskalaen står til høyre for figuren. De svarte prikkene og markørene indikerer henholdsvis måledyp og måletidspunkt.



5.3.3 Nitrogen

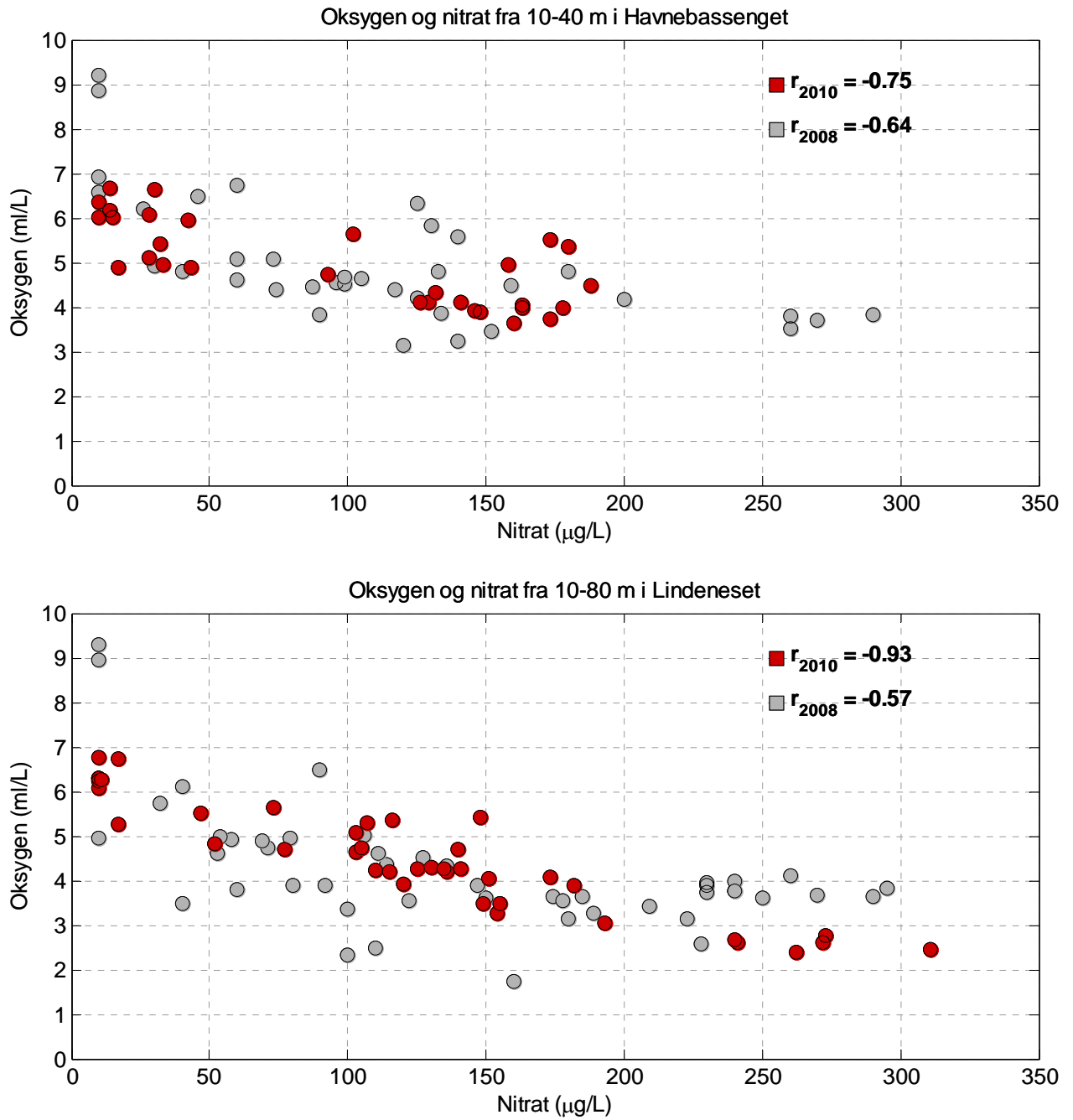
Etter at utslippet fra Odda Smelteverk stoppet høsten 2002 har konsentrasjonen av nitrogen i Sjørfjordens indre del avtatt til ca. 1/4 av de tidligere nivåene (Tabell 6; [17]), og i 2010 var nitratkonsentrasjonen som gjennomsnitt den laveste siden 2001 både i Havnebassenget og ved Lindenes. Dette viser at den positive utviklingen med avtakende utlekking av nitrogen fra sedimentene fortsetter. Nitratkonsentrasjonen varierer mye med tiden og dette er i hovedsak et resultat av varierende vannutskiftning.

Tabell 6. Havnebassenget og Lindenes. Statistikk for konsentrasjonen av nitrat i sjøvannslaget (10 m og dypere) i 2001-2010. Målingene i 2002 inkluderer tidsrommet med nedkjøring og stopp av utslippet fra Odda Smelteverk i løpet av høsten.

År	Havnebassenget				Lindenes			
	Gj.snitt	Maks.	Median	Antall målinger	Gj.snitt	Maks.	Median	Antall målinger
2001	564	1330	610	29	584	1255	640	33
2002	641	1329	707	42	529	1319	445	56
2004	127	388	108	36	146	329	130	48
2005	168	361	117	37	179	302	222	48
2006	116	269	106	35	144	277	160	49
2008	111	290	102	36	139	295	124	48
2010	95	188	114	30	123	311	122	40

Det har tidligere vært en sterk negativ sammenheng (negativ korrelasjon) mellom oksygen og nitrat: høy konsentrasjon av nitrat indikerer høyt oksygenforbruk og dermed lav oksygenkonsentrasjon. I 2006 var korrelasjonskoeffisienten -0,93 for Havnebassenget og -0,91 for Lindenes. Korrelasjonene var noe lavere i 2008 (hhv -0,64 og -0,57), men steg igjen i 2010 til -0,75 i Havnebassenget og -0,93 ved Lindenes (Figur 17). Økningen var størst ved Lindenes, og vi ser av Figur 17 at dette i stor grad skyldes lavere oksygenkonsentrasjon ved de høyeste nitratforekomstene. Oksygenforbruket styres fremdeles i stor grad av mengden tilgjengelig nitrat.

Figur 17. Oksygen og nitrat i hhv. 10-40 m dyp i Havnebassenget (øverst) og i 10-80 m dyp ved Lindenes (nederst) i 2008 og 2010.



5.3.4 Oksygen

Oksygenkonsentrasjonen i dypere vannlag er et resultat av balansen mellom:

1. Oksygentilførsel: i hovedsak gjennom tilførsel av oksygenrikt sjøvann fra Sørfjordens nordre deler.
2. Oksygenforbruk: i hovedsak fra nedbrytning av organisk materiale tilført via direkte utslipp og ved nedsynkende planteplankton, samt kjemisk oksygenforbruk av utlekking av nitrogen fra bunnsedimentene i Havnebassenget (se foregående kapittel).

Denne balansen vil variere over tid. Typisk for mange norske fjorder er relativt dårlige oksygenforhold i en periode i løpet av sommer-høst som følge av stort oksygenforbruk pga. nedbrytning av organisk materiale, liten vannutskiftning og dermed relativt liten oksygentilførsel. I løpet av vinterhalvåret bedres forholdene pga. større vannutskiftning og lavere oksygenforbruk. Det spesielle ved Sørfjordens indre del har vært et stort oksygenforbruk pga. utlekking av nitrogen fra bunnsedimentene.

Som grunnlag for bedømmelse av oksygenforholdene, viser Tabell 7 klassifiseringsgrunnlaget i Klifs veiledning i klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann.

Tabell 7. Tilstandsklassifisering for oksygen (fra Molvær et al. [18]).

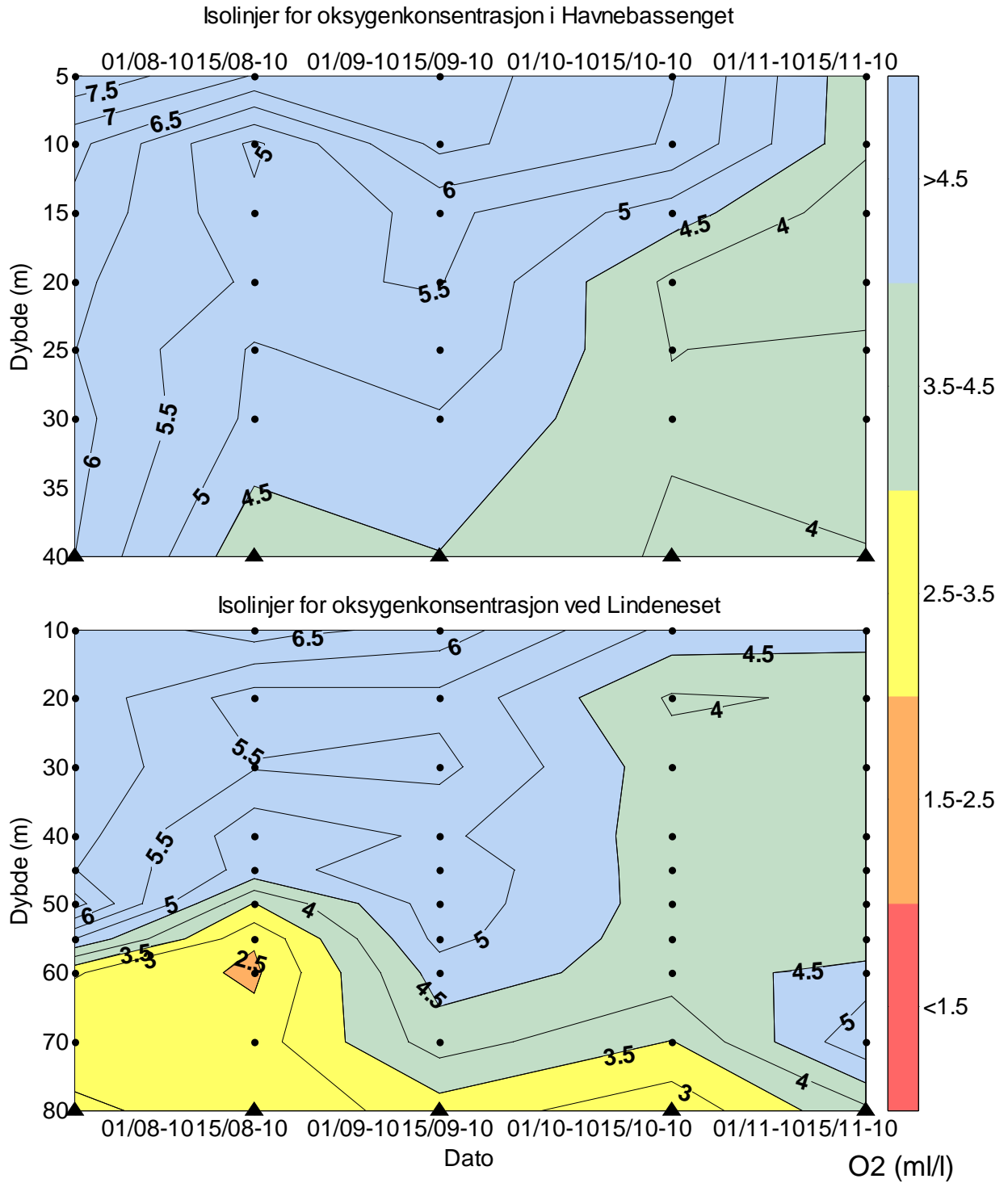
Tilstandsklasser	I Meget god	II God	III Mindre god	IV Dårlig	V Meget dårlig
Oksygen (ml/l)	>4,5	4,5-3,5	3,5-2,5	2,5-1,5	<1,5

Figur 18 viser oksygenforholdene i henholdsvis Havnebassenget og ved Lindenes i 2010 som isopleter, der fargekoder (jfr. Tabell 7) er brukt for å vise forskjellige tilstandsklasser. Tilstanden er varierende, med minimum i november for de øvre 40 m og i midten av august for dypere vannlag (Lindeneset). I store trekk var tidsforløpet det samme i begge områdene, med laveste konsentrasjon (vannkvalitetsklasse III- IV, dvs. mindre god-dårlig) i bunnvannet ved Lindenes. Resultatene viser bedring i forhold til 2008, men tyder også på at det er noe oksygenforbruk pga. fortsatt utlekking av dicyandiamid fra hauger av dicykalk på bunnen av Havnebassenget.

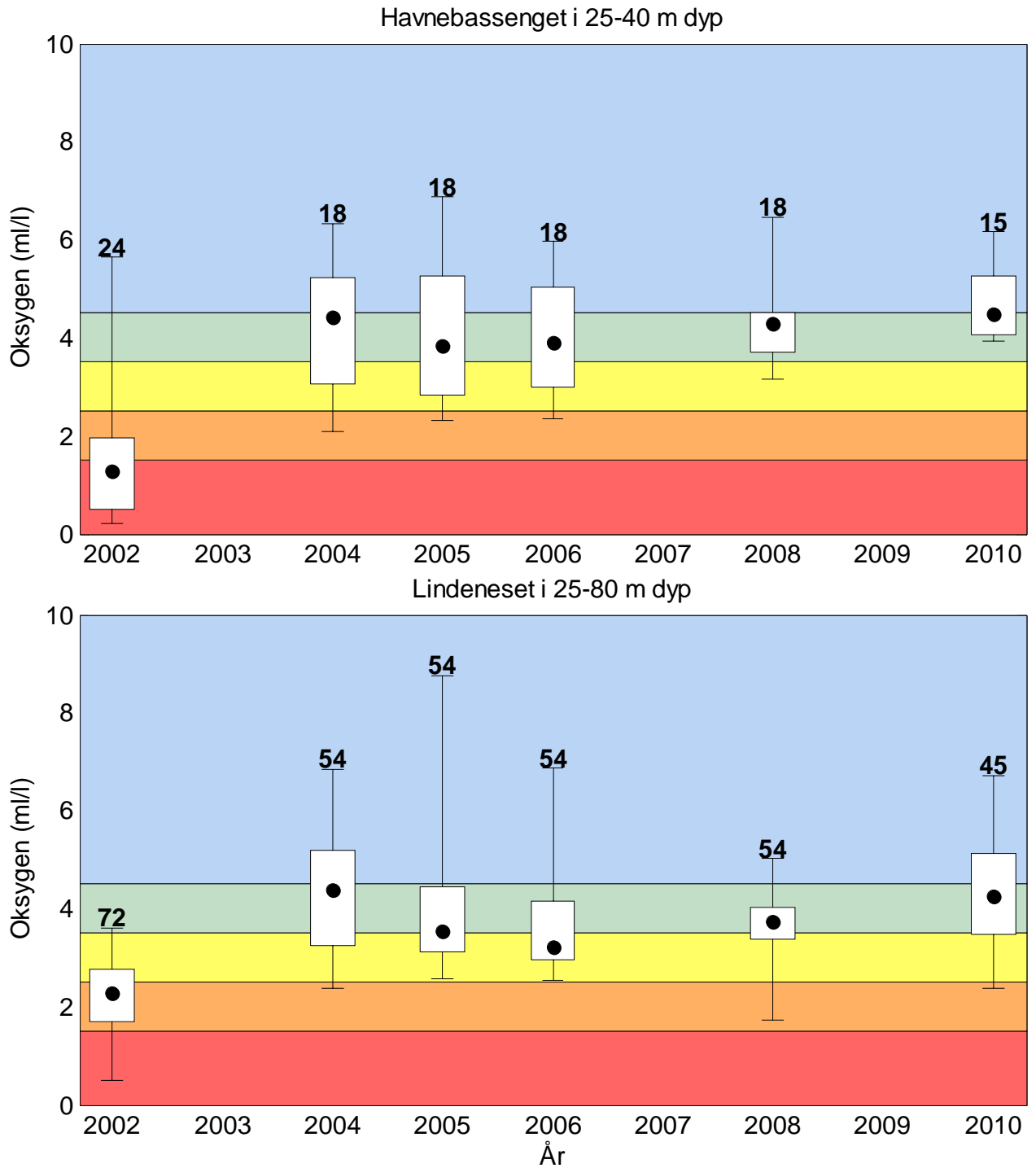
Figur 19 viser boksplokk av oksygenforholdene i henholdsvis Havnebassenget og ved Lindenes i tidsrommet 2002-2010. Fargekoden til Klif sine tilstandsklasser ligger i bakgrunnen. Hovedinntrykket er en stor forbedring etter at utslippet fra smelteverket stoppet i løpet av 2002. Det er en svak forbedring fra 2008 til 2010, men tallmaterialet er ikke så stort at dette kan tillegges stor betydning på dette tidspunktet.

Det er størrelsen av en varierende vannfornyelse som i hovedsak preger bildet (nytt vann medfører vanligvis økt oksygenkonsentrasjon), altså langt på vei den naturlige situasjonen for et fjordbasseng.

Figur 18. Oksygenmålinger (mlO_2/l) i Havnebasenget (øverst) og ved Lindeneset (nederst) i 2010. Tidspunkt og dyp for prøvetaking er vist som svarte prikker. Fargene henviser til Klif's tilstandsklasser (jfr. Tabell 7).



Figur 19. Oppsummerende statistikk for oksygenmålinger (mlO_2/l) i Havnebassenget (øvre figur, 25-40 m dyp) og ved Lindeneset (nedre figur, 25-80 m dyp) i tidsrommet 2002-2010 i form av boksplott. De sorte punktene indikerer årlig median i oksygenkonsentrasjon. De hvite boksene indikerer rekkevidden av 25- og 75-persentilene og de lodrette svarte linjene viser rekkevidden av største og minste oksygenkonsentrasjon. Tallene angir antall målinger som inngår for hvert år. Fargen i bakgrunnen representerer tilstandsklassene til Klif ut fra Tabell 7. En stor forbedring kan observeres etter at utslippet fra Odde smelteverk stoppet høsten 2002. Det er også en svak forbedring fra resultatene i 2008 til 2010.



5.3.5 Fosfor

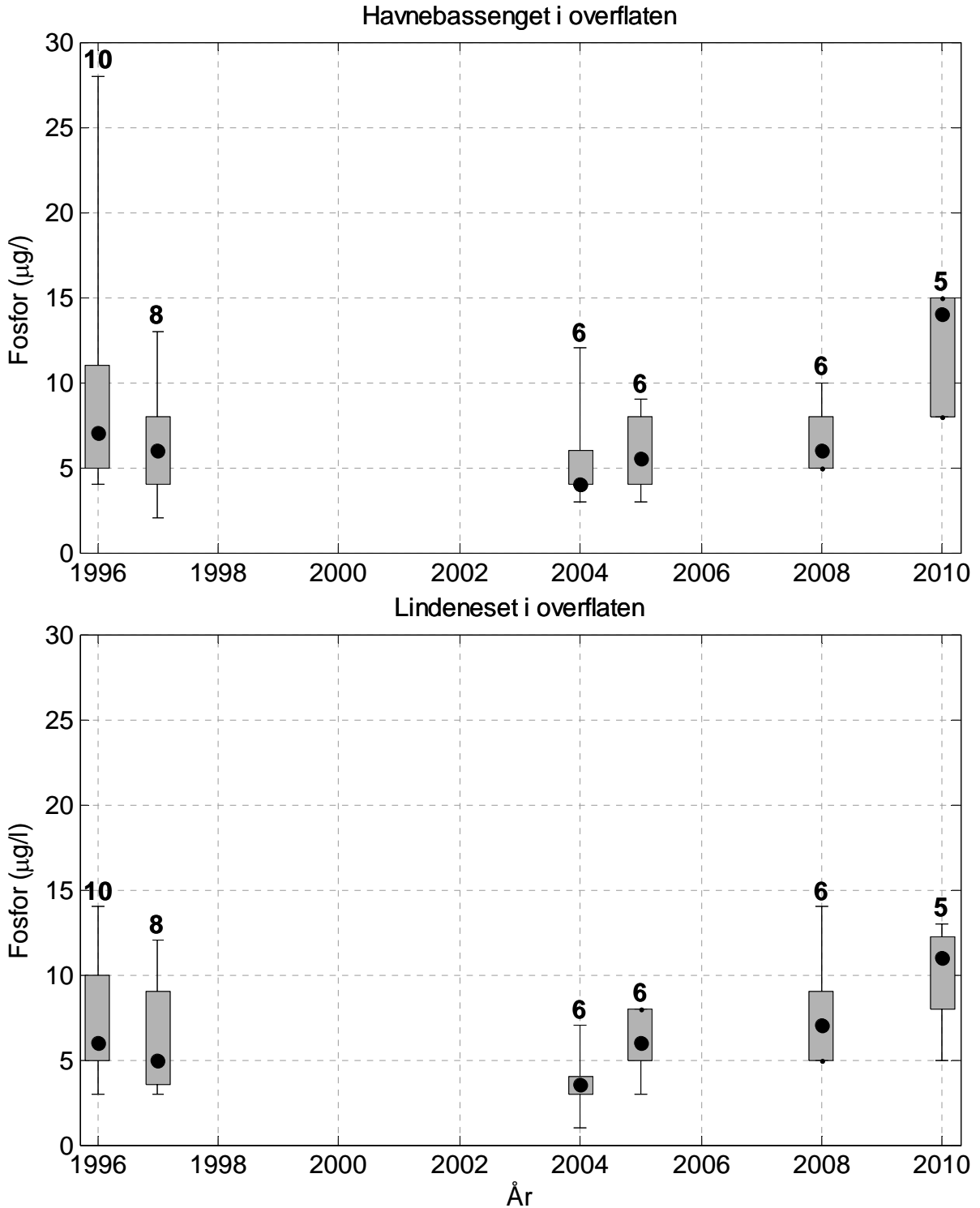
I 2010 ble konsentrasjonen av total fosfor ved 5 tidspunkt målt i 0,5 m, 10 m og 20 m dyp i Havnebassenget og ved Lindenes. Dypene for prøvetaking ble valgt for å få et mål på konsentrasjonen i brakkvannslaget og i sjøvannslaget. I sjøvannslaget ble det målt i to dyp fordi dette er vannmassen hvor utslippet av kommunalt avløpsvann blir innlagret – oftest i 15-20 m dyp. Resultatene fra brakkvannslaget og sjøvannslaget for juni-november/desember 1996-97 og for juni-november 2004, 2005, 2008 og 2010 er sammenfattet i Figur 20 og Figur 21.

Fosforkonsentrasjonen i sjøvannslaget som her er målt vil i stor grad være bestemt av:

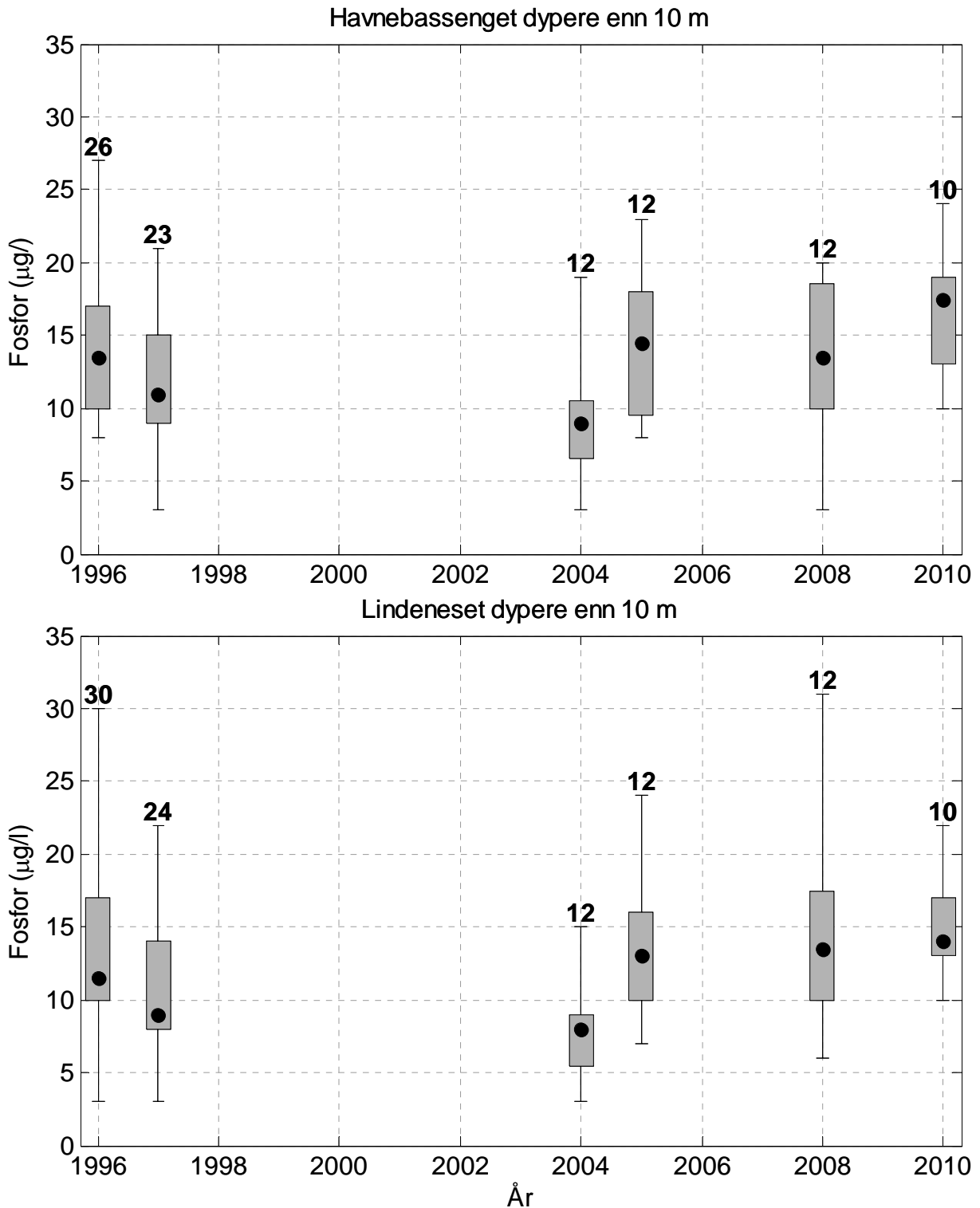
- Direkte utslipp av avløpsvann til Havnebassenget og ved Lindenes: her har fordelingen endret seg fra 1995-1997 til 2010 ved at utslippene av kommunalt avløpsvann til Havnebassenget er fjernet. Avløpsvannet føres til mekanisk anlegg ved Lindenes og slippes ut i ca. 30 m dyp, og med innlagring oftest i 15-20 m dyp.
- Tilførsel av fosfor til selve Hardangerfjorden: beregninger viser at tilførselen av menneskeskapt fosfor har økt vesentlig de siste 15-20 år (se bl.a. Moy et al. [19]). Økningen skyldes ekspansjonen innen oppdrettsnæringen og tilførselen av fosfor vil derfor være størst om høsten. På den annen side må det understrekes at oppdrettsanleggene i Hardangerfjorden i alt vesentlig ligger vest for Sørfjorden, noe som reduserer påvirkningen betydelig.

Målingene viser ganske store variasjoner fra år til år. I 1995 og 2006 var prøveantallet (1-2) så lite at man ikke kan sammenligne resultatene med de øvrige årene. Hovedinntrykket er at i tidsrommet 2005-2008 har konsentrasjonen vært ganske stabil både i Havnebassenget og ved Lindenes, men at den har økt en del i 2010. Konsentrasjonene av fosfor er vesentlig større i 2010 både i Havnebassenget og ved Lindeneset. Dette gjelder hovedsakelig for brakkvannslaget der elveavrenningen spiller en stor rolle.

Figur 20. Oppsummering av fosforkonsentrasjon i brakkvannslaget i Havnebassenget (øverst) og ved Lindenes (nederst) i form av boksplott. I 1995 og 2006 ble det bare gjort 1-2 målinger og vi har sett bort fra disse årene. De sorte punktene indikerer årlig median i fosforkonsentrasjon. De grå boksene indikerer rekkevidden av 25- og 75-persentilene og de lodrette svarte linjene viser rekkevidden av største og minste fosforkonsentrasjon. Tallene angir antall målinger som inngår for hvert år.



Figur 21. Oppsummering av fosforkonsentrasjon i sjøvannslaget (dypere enn 10 m) i Havnebassenget (øverst) og ved Lindenes (nederst) i form av boksplokk. I 1995 og 2006 ble det bare gjort 1-2 målinger og vi har sett bort fra disse årene. De sorte punktene indikerer årlig median i fosforkonsentrasjon. De grå boksene indikerer rekkevidden av 25- og 75-persentilene og de lodrette svarte linjene viser rekkevidden av største og minste fosforkonsentrasjon. Tallene angir antall målinger som inngår for hvert år.



5.4 Miljøgifter i organismer

5.4.1 Metaller i fisk

Oppsummering av de viktigste observasjonene i 2010:

- Gjennomsnittskonsentrasjonen av kvikksølv i torsk fra Sørfjorden i 2010 tilsvarte Kl. II (moderat forurenset) i Klifs klassifiseringssystem.

I det følgende redegjøres det for resultatene fra den årlige overvåkingen av fisk innenfor CEMP.

Årlig overvåking

I det følgende henvises det til resultater som gjennomsnittsverdier og standardavvik fra analysene av enten individuelle fisk eller blandprøver av fisk. Ytterligere informasjon om prøvene, som er samlet inn innenfor CEMP, er tilgjengelig gjennom databasen og rapportene som produseres gjennom dette programmet. Analysene dekker kvikksølv i filet og øvrige metaller i lever.

Resultatene fra den rutinemessige årlige overvåkingen er oppsummert i Tabell 8.

Forhøyede konsentrasjoner av **kvikksølv** ble funnet i **torsk** fra **Sørfjorden** i 2010. Gjennomsnittlig kvikksølv-innhold tilsvarte **moderat** (Kl. II) i Klifs klassifiseringssystem for miljøkvalitet [18]. Dette er på samme nivå som observasjonene i perioden 2004-2009, med unntak av 2007, da konsentrasjonene var noe høyere (Tabell 9 og Figur 22). I **skrubbe** fra Sørfjorden var imidlertid gjennomsnittskonsentrasjonen noe høyere enn i torsk (Tabell 8) og tilsynelatende noe høyere enn de foregående tre år (Tabell 9).

Med unntak av kvikksølv, er metaller i fisk så langt ikke inkludert i Klifs klassifiseringssystem, men i henhold til data fra CEMP referansestasjoner 1990-1998 [20] bør ikke innholdet av kadmium i torskelever være over 0,20-0,25 mg/kg. Gjennomsnittskonsentrasjonen av **kadmium** i **torsk** fra **Sørfjorden** lå i 2010 på et lavere nivå enn dette (Tabell 8). Gjennomsnittskonsentrasjonen av kadmium i **skrubbe** fra Sørfjorden var mer enn det dobbelte av den i torsk.

Gjennomsnittskonsentrasjonen av **bly** i **torsk** fra **Sørfjorden** i 2010 var omtrent halvparten av gjennomsnittskonsentrasjonen som ble observert i 2009 (som da tilsvarte noe høyere enn det man hadde observert de siste årene; Tabell 8). Gjennomsnittskonsentrasjonen av bly i **skrubbe** fra Sørfjorden var (som kadmium) mer enn det dobbelte av den i torsk (Tabell 8).

Konsentrasjonene av **kobber** og **sink** i fisk fra Sørfjorden lå på samme nivå som tidligere (Tabell 8).

Når det gjelder observasjonene fra **Strandebarm** og **Åkrafjorden**, så har ikke konsentrasjonene, generelt, endret seg nevneverdig de siste årene. Det kan imidlertid

bemerkes at gjennomsnittskonsentrasjonen av kadmium i glassvar fra Åkrafjorden var dobbelt så høy som den i torsk fra Sørfjorden.

Som tidligere nevnt, dersom en vil sammenligne konsentrasjonene av metaller i fisk fra Sørfjorden og Hardangerfjorden med typiske konsentrasjoner i andre fjordområder, kan følgende bemerkes:

- Nivåene av kvikksølv, kadmium og bly er høyere i torsk fra Sørfjorden, enn andre kystområder [21].
- I indre Oslofjord kan imidlertid nivåene av kvikksølv i fisk være tilnærmet like konsentrasjonene i fisk fra Sørfjorden, enkelte år (de siste par år faktisk også noe høyere; [21]).
- Bly forekommer flere år i høyere konsentrasjoner i torsk fra indre Oslofjord, enn i torsk fra Sørfjorden [21].
- Skrubbe viser tydelig høyere konsentrasjoner av metaller i Sørfjorden, sammenlignet med andre kystområder [21].
- Metallkonsentrasjoner i fisk fra Strandebarm ligger på nivåer man kan finne andre steder langs kysten [21].

Tabell 8. Gjennomsnitt/Standardavvik for kvikksølv i filet og kadmiium, kobber, bly og sink i lever av torsk (*Gadus morhua*), skrubbe (*Platichthys flesus*) og glassvar (*Lepidorhombus whiffiagonis*) fra indre Sør fjorden (CEMP st. 53B), Strandebarm i Hardangerfjorden (CEMP st. 67B) og Åkrafjorden (ref.st. 21F) i 2010, mg/kg våtvekt.

Stasjoner/Arter	Filet Hg	Lever Cd	Lever Pb	Lever Cu	Lever Zn
Indre Sør fj.					
Torsk ¹⁾	0,23/0,11	0,16/0,14	0,16/0,14	9,14/4,98	27,1/9,5
Skrubbe ²⁾	0,31/0,18	0,41/0,29	0,42/0,21	11,51/5,90	39,3/2,5
Strandebarm					
Torsk ³⁾	0,11/0,08	0,02/0,01	<0,03/~0,00	9,25/4,17	24,0/6,3
Skrubbe ⁴⁾	-	-	-	-	-
Glassvar ⁵⁾	0,19/0,11	0,07/0,04	<0,02/~0,00	7,80/4,88	94,3/2,2
Åkrafjorden (ref.st.)					
Skrubbe ⁶⁾	-	-	-	-	-
Glassvar ⁷⁾	0,13/0,05	0,29/0,25	≤0,02/~0,00	19,95/11,02	75,3/2,3

1) Individuelle analyser av 25 eks.: 282-1786 g (gjennomsnitt 890 g).

2) 4 blandprøver à 5 eks, så vidt mulig etter størrelse: middelvekter i blandprøver: 130 g, 493 g, 654 g og 1077 g.

3) Individuelle analyser av 14 eks.: 445-4950 g (gjennomsnitt 2228 g).

4) Det ble ikke analysert skrubbe fra Strandebarm i 2010.

5) 3 blandprøver à 5 eks, så vidt mulig etter størrelse: middelvekter i blandprøver: 340 g, 625 g og 929 g.

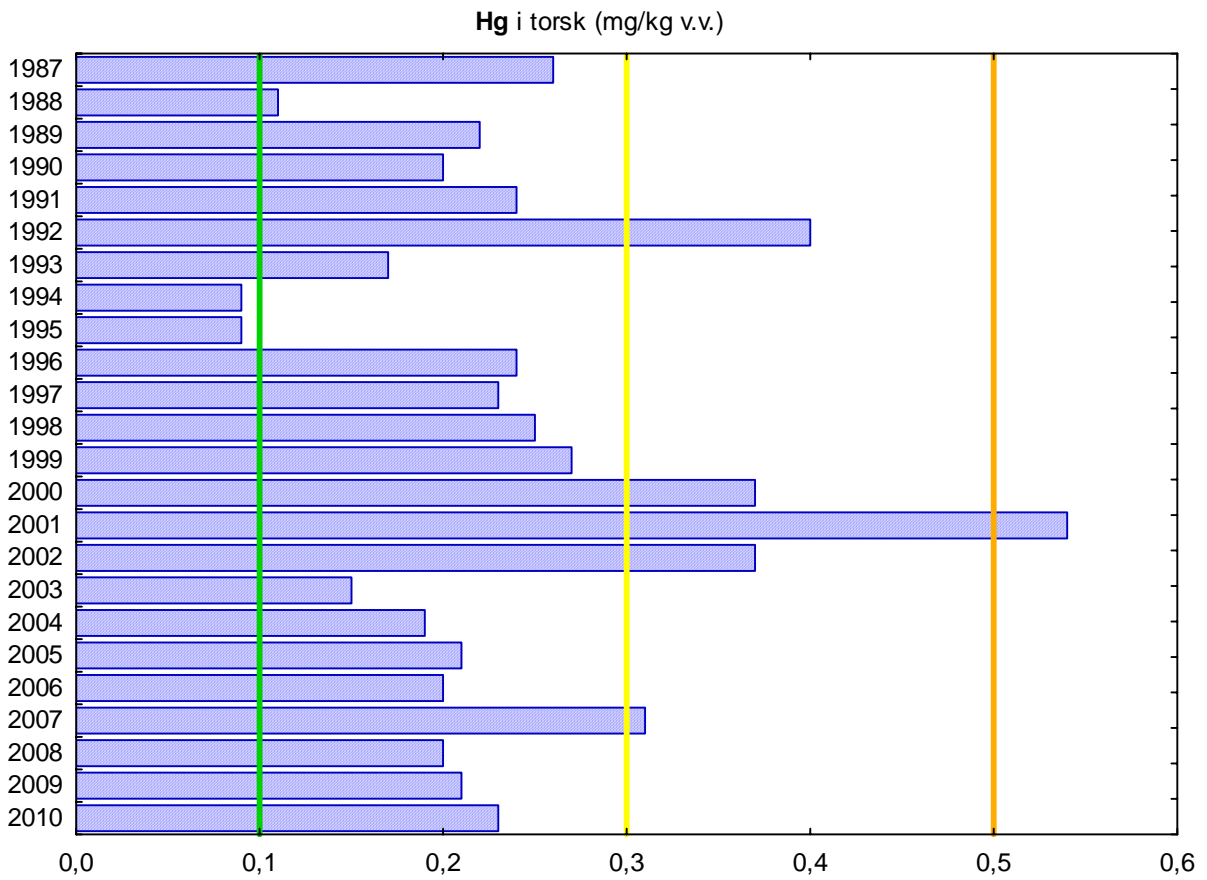
6) Det ble ikke fanget skrubbe i Åkrafjorden i 2010.

7) 4 blandprøver à 5 eks, så vidt mulig etter størrelse: middelvekter i blandprøver: 281 g, 361 g, 497 g og 603 g.

Tabell 9. Gjennomsnitt av kvikksølv i filet av torsk, skrubbe og glassvar fra indre Sør fjorden (CEMP-st. 53) og Strandebarm (CEMP-st. 67) 1987-2010, mg/kg våtvekt.

Stasjoner/ arter	-87	-88	-89	-90	-91	-92	-93	-94	-95	-96	-97	-98
Indre Sør fj.												
Torsk	0,26	0,11	0,22	0,20	0,24	0,40	0,17	0,09	0,09	0,24 ¹⁾	0,23 ¹⁾	0,25 ¹⁾
Skrubbe		0,10	0,13	0,12	0,13	0,12	0,08	0,15	0,05	0,17 ²⁾	0,19 ²⁾	0,20 ²⁾
Strandebarm												
Torsk	0,14	0,09	0,10	0,12	0,12	0,10	0,11	0,13	0,08	0,10	0,13	0,07
Glassvar	0,35	0,33	0,36	0,10	0,10	0,21	0,26	0,43	0,35	0,41	0,27	0,17
Skrubbe										0,18		0,05
¹⁾ Middel av verdiene fra Tyssedal og Edna												
²⁾ Middel av verdiene fra Odda, Tyssedal og Edna												
Stasjoner/ arter	-99	-00	-01	-02	-03	-04	-05	-06	-07	-08	-09	-10
Indre Sør fj.												
Torsk	0,27	0,37	0,54	0,37	0,15	0,19	0,21	0,20	0,31	0,20	0,21	0,23
Skrubbe	0,19	0,26	0,37	0,57	0,53	0,32	0,83	-	0,23	0,22	0,08	0,31
Strandebarm												
Torsk	0,07	0,11	0,08	0,08	0,05	0,04	0,06	0,06	0,07	0,06	0,09	0,11
Glassvar	0,24	0,19	0,16	0,16	0,14	0,23	0,17	0,14	0,17	0,14	0,07	0,13
Skrubbe	0,04	0,07	0,05	0,06	0,06	0,06	0,06	0,05	0,05	0,06	0,11	

Figur 22. Gjennomsnittsverdier av kvikksølv i filet av torsk fra indre Sørffjorden (1987-2010), mg/kg våtvekt. Verdiene er også gjengitt i Tabell 9. Nedre grenser for Klifs tilstandsklasser for miljøkvalitet er angitt; grønn: Kl. II (moderat forurenset); gul: Kl. III (markert forurenset); oransje: Kl. IV (sterkt forurenset); rød: Kl. V (meget sterkt forurenset).



5.4.2 Metaller i blåskjell

Oppsummering av de viktigste observasjonene i 2010:

- Metallanalysene av blåskjell viste ingen overskridelser av Kl. I (lite/ubetydelig forurenset) for kobber og sink, med unntak av kobber i skjell fra Utne, som representerte Kl. II (moderat forurenset).
- Kvikksølvkonsentrasjonen i blåskjell viste opp til moderat forurensning (Kl. II).
- Analysene av kadmium i blåskjell viste ubetydelig/lite (Kl. I) til markert (Kl. III) grad av forurensning (markert forurensning, Kl. III, i skjell samlet innenfor CEMP på stasjon B6/56A).
- Analysene av bly i blåskjell viste ubetydelig/lite (Kl. I; kun stasjon Utne og B4) til markert (Kl. III) grad av forurensning.

Resultatene fra metallanalysene av blåskjell er presentert i Tabell 10. Den tidsmessige utviklingen er fremstilt i Figur 23-Figur 27 (i rekkefølgen kvikksølv, kadmium, bly, sink og kobber).

Metallkonsentrasjonene i blåskjell i 2010 viste generelt ingen påfallende endringer i forhold til de siste årene med overvåking (Tabell 10, Figur 23-Figur 27). Det bemerkes igjen at det er noe naturlig variasjon i metallkonsentrasjonene i blåskjell. Dette kommer til uttrykk i at det enkelte år tilsynelatende er noen forskjeller mellom skjell samlet innenfor CEMP og skjell samlet innenfor Statlig program for forurensningsovervåking (to måneder senere; Tabell 10), der hvor innsamlingsstasjonene er overlappende. Det er også analysert replikate prøver fra to stasjoner innenfor Statlig program for forurensningsovervåking i 2010 (stasjonene Tyssedal, B3 og Utne; Tabell 11). Det var ingen større forskjeller i metallkonsentrasjoner mellom replikater (Tabell 11), med unntak av for kobber i skjell fra Utne, hvor det også ble observert en økning i konsentrasjon, i forhold til tidligere år.

Kvikksølv viste opp til **moderat (Kl. II)** forurensning (stasjon B1/51A, B3, Måge og B6/56A). Ellers var blåskjellene **ubetydelig/lite (Kl. I)** forurenset med kvikksølv.

Kadmium viste **ubetydelig/lite (Kl. I)** til **markert (Kl. III)** forurensning i blåskjellene (markert forurensning, Kl. III, i skjell samlet innenfor CEMP på stasjon B6/56A. Dette ble også observert i 2009).

Bly viste **ubetydelig/lite (Kl. I)** (kun stasjon Utne og B4) til **markert (Kl. III)** (stasjon B1/51A og B6/56A [kun CEMP]) forurensning i blåskjellene.

Alle observasjonene av **sink** tilsvarte **liten/ubetydelig (Kl. I)** forurensning, slik de har gjort de siste årene. Dette igjen på tross av at vannprøver gjennom året viste relativt høye vannkonsentrasjoner av sink innerst i Sørfjorden (Figur 6). Det må imidlertid igjen påpekes at blåskjell har en evne til å regulere opptak/utskillelse av dette metallet ([22] med ref.). Alle observasjonene av **kobber** tilsvarte også **liten/ubetydelig (Kl. I)** forurensning, slik de har gjort de siste årene, med unntak av i skjell fra Utne, hvor (median-)konsentrasjonen tilsvarte **moderat (Kl. II)** forurenset. Dette representerer en økning (Figur 27). Dette var imidlertid det eneste metallet som viste en slik økning og det er grunn til å anta at dette skyldes en lokal

kilde. Kobber er en bestanddel i antibegroingsmidler (bunnstoff) på fritidsbåter, hvilket kan ha hatt en innflytelse i dette tilfellet (også for eksempel i forbindelse med rengjøring av skrog ved opplag).

Det er tydelig at konsentrasjonene av de fleste metallene i blåskjell er vesentlig redusert siden midten av 1980-årene, da fjellhallene til Boliden Odda AS ble etablert (Figur 23-Figur 27). Statistiske trendanalyser som gjennomføres innenfor CEMP på de årlige medianene (1987-2010; Green et al. under utarbeidelse) viser statistisk signifikante reduksjoner i særlig konsentrasjonene av kadmium, sink og bly på de fleste stasjoner (og kvikksølv på noen stasjoner). I dataene samlet innenfor Statlig program for forurensningsovervåking viser også særlig kadmium signifikante lineære konsentrasjonsreduksjoner i blåskjell (Figur 24). Blant stasjonene hvor de lengste tidsseriene foreligger hadde modellen (den rette linjen) den beste forklaringsprosenten på stasjonene B4 (Digranes), B6 (Kvalnes) og B7 (Krossanes) (hvh. $R^2=0,76$, $R^2=0,74$ og $R^2=0,69$), hvor man av Figur 24 også kan observere den jevneste nedgangen. Dataene kan imidlertid tilpasses enda bedre en eksponentiell reduksjon, hvor nedgangen er hhv. 16%, 14 % og 12% per år, slik det er vist i Figur 24b.

Tabell 10. Metaller i blåskjell (*Mytilus edulis*) fra Sør fjorden og Hardangerfjorden 2010 (30 august - 2 september, 2010 [CEMP] og 1-19 november 2010 [Statlig program; S. P.], mg/kg tørrvekt). (Fra CEMP gjennomsnitt av 3 størrelseskategorier; fra INDEKS-programmet gjennomsnitt av 3 paralleller av samme størrelseskategori). Jfr. Figur 3 vedrørende stasjonsplassering (i tabellen oppført med økende avstand fra Odda).

St.	Hg		Cd		Pb		Zn		Cu	
	CEMP	S. P.	CEMP	S. P.	CEMP	S. P.	CEMP	S. P.	CEMP	S. P.
B1/51A	0,37 ¹⁾	0,24	3,2 ¹⁾	2,5	30,7 ¹⁾	23,4	88	68	5,4	5,7
B2/52A	0,16	0,08	3,9	1,3	10,6	5,8	83	47	5,8	4,6
B3		0,24 ²⁾		2,1 ²⁾		12,9 ²⁾		96 ²⁾		6,1 ²⁾
B4		0,08		1,0		2,5		61		5,4
Måge		0,27		2,3		8,9		79		5,8
B6/56A	0,35	0,24	6,7	2,4	25,7	11,4	105	99	7,0	5,1
B7/57A	0,18	0,19	2,7	2,2	8,4	10,2	92	91	5,9	4,9
Utne		0,12 ³⁾		1,2 ³⁾		2,2 ³⁾		93 ³⁾		21,7 ³⁾
B13/63A	0,17		2,5		4,2		107		6,0	
B15/65A	0,15		3,1		12,8		123		6,6	

¹⁾ INDEKS-stasjon

²⁾ Median av 3 replikater

³⁾ Median av 3 replikater

Tabell 11. Median-, minimums- og maksimumskonsentrasjon (mg/kg tørrvekt) i triplikate analyser (m.a.o. alle 3 observasjoner) av blåskjell fra stasjon B3 (Tyssedal) og stasjon Utne, 2010.

St.	Hg	Cd	Pb	Zn	Cu
B3 ¹⁾	0,24 (0,22-0,25)	2,1 (2,1-2,3)	12,9 (11,0-13,1)	96 (86-105)	6,1 (5,7-6,4)
Utne ²⁾	0,12 (0,12-0,13)	1,2 (1,1-1,3)	2,2 (2,1-2,4)	93 (80-94)	21,7 (20,6-38,3)

¹⁾ 3 replikater

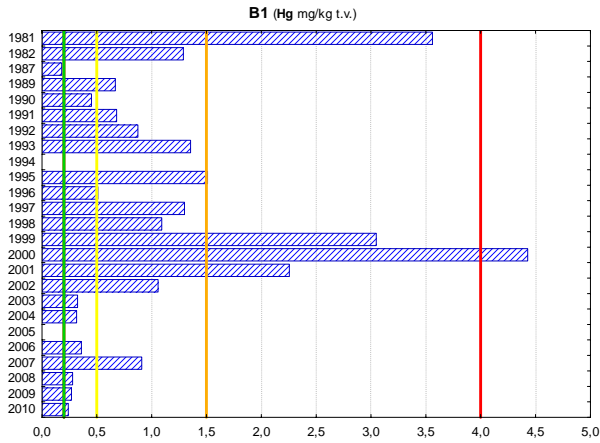
²⁾ 3 replikater

En sammenligning av metallkonsentrasjonene i blåskjell fra Sørfjorden og utenfor med typiske konsentrasjoner i andre fjordområder viser følgende:

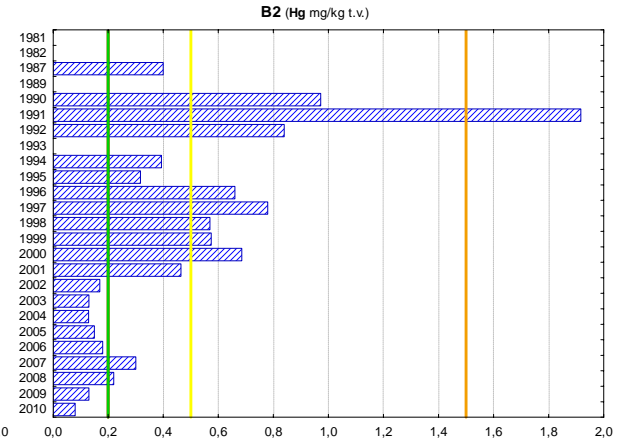
- Nivåene av kvikksølv, kadmium og bly er høyere i blåskjell fra Sørfjorden, enn andre kystområder [21].
- Det er ikke uvanlig at kvikksølv- og kadmiumkonsentrasjonene på enkelte stasjoner i Sørfjorden er en faktor >10 og bly en faktor >50 høyere enn vanlige nivåer i andre områder [21].
- Dette kommer også til uttrykk i blåskjell fra stasjoner i fjordsystemet utenfor Sørfjorden, ved at disse ofte også har noe forhøyet metallnivå [21].

Figur 23. Kvikksølv i blåskjell fra utvalgte stasjoner i Sørffjorden 1981-2010, mg/kg tørrvekt. I parentes ved stasjonsnr.: Ca. avstand (km) fra Odda. Merk at aksene har ulik skala for de forskjellige stasjonene. Nedre grenser for Klifs tilstandsklasser for miljøkvalitet er angitt; grønn: Kl. II (moderat forurenset); gul: Kl. III (markert forurenset); oransje: Kl. IV (sterkt forurenset); rød: Kl. V (meget sterkt forurenset).

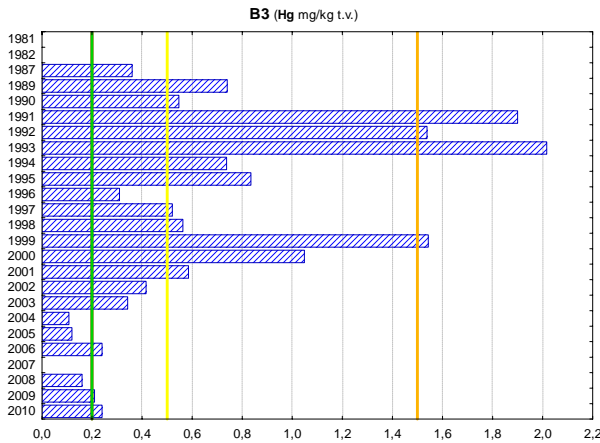
B1 (2).



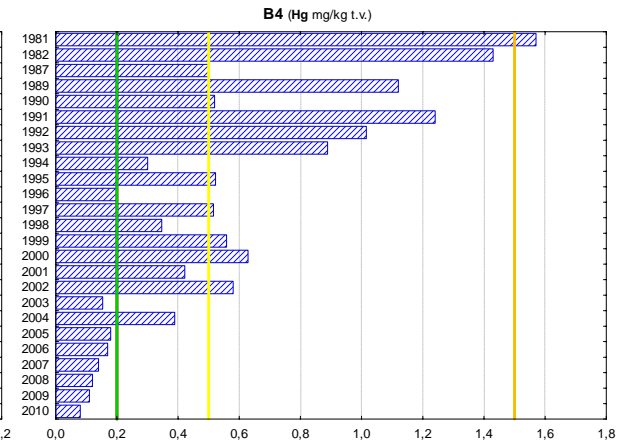
B2 (3).



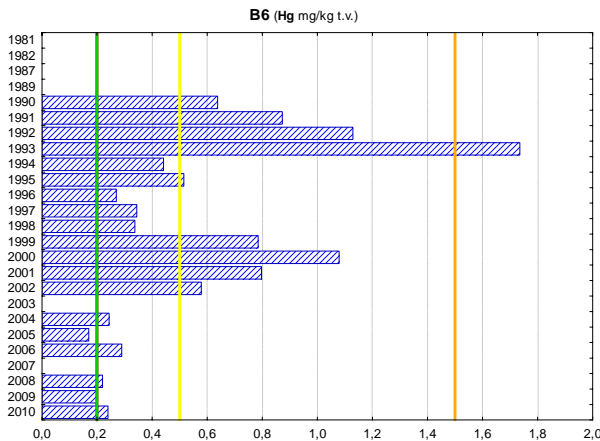
B3 (6).



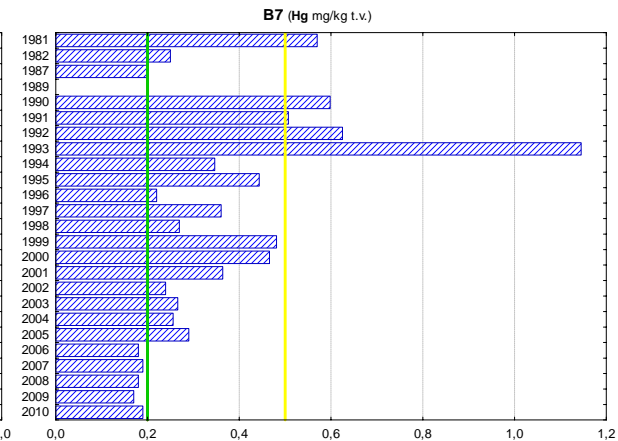
B4 (10).



B6 (18).

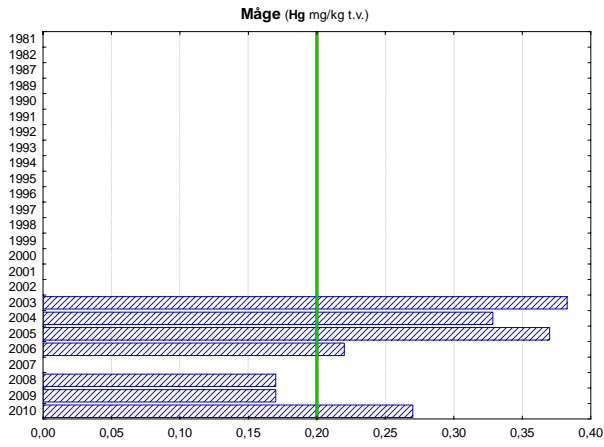


B7 (38).

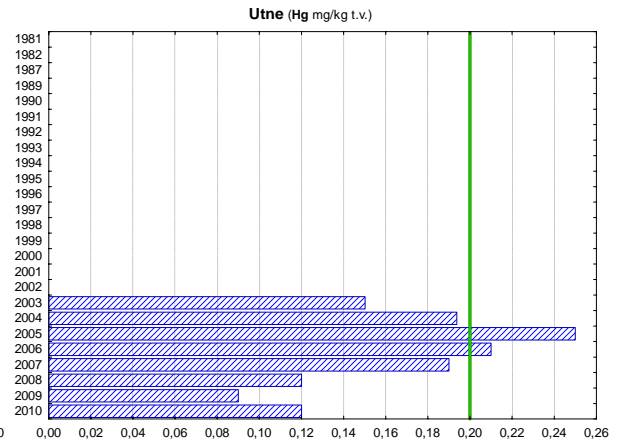


Forts. Figur 23.

Måge (15).



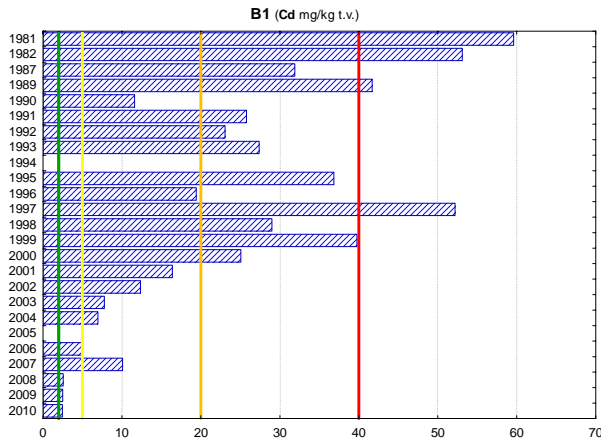
Utne (40).



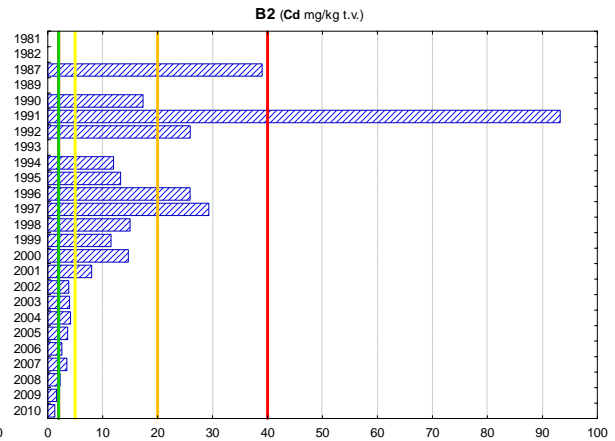
Figur 24. Kadmium i blåskjell fra utvalgte stasjoner i Sør fjorden 1981-2010, mg/kg tørrvekt (a.; I parentes ved stasjonsnr.: Ca. avstand [km] fra Odda. Merk at aksene har ulik skala for de forskjellige stasjonene. Nedre grenser for Klifis tilstandsklasser for miljøkvalitet er angitt; grønn: Kl. II [moderat forurenset]; gul: Kl. III [markert forurenset]; oransje: Kl. IV [sterkt forurenset]; rød: Kl. V [meget sterkt forurenset]) og visualisering av eksponentiell reduksjon i kadmiumkonsentrasjoner i blåskjell på stasjonene B4 (Digranes), B6 (Kvalnes) og B7 (Krossanes) (b.)

a.

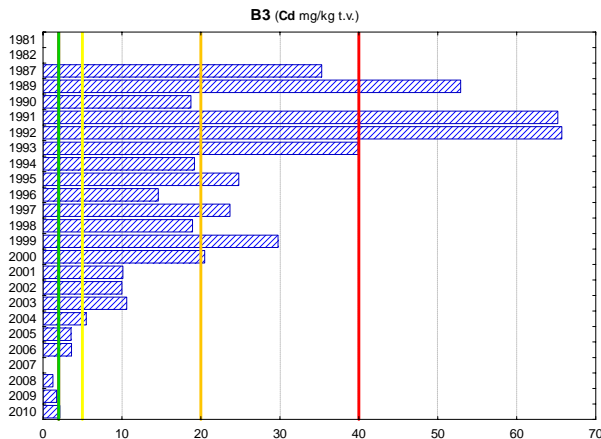
B1 (2).



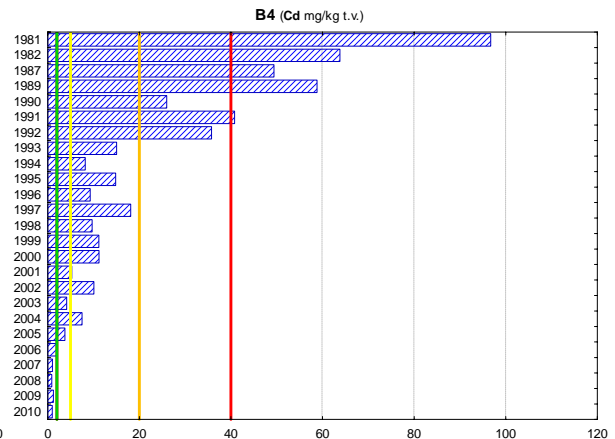
B2 (3).



B3 (6).

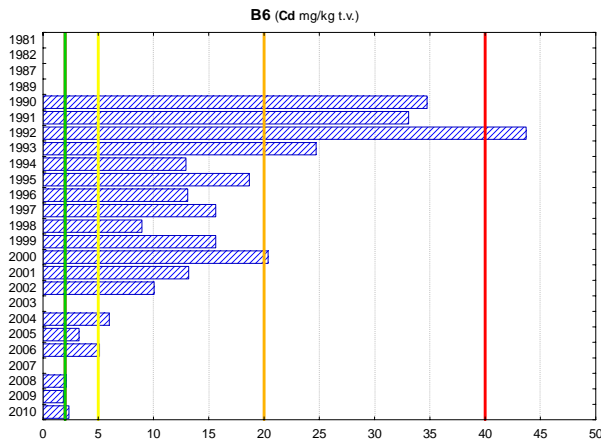


B4 (10).

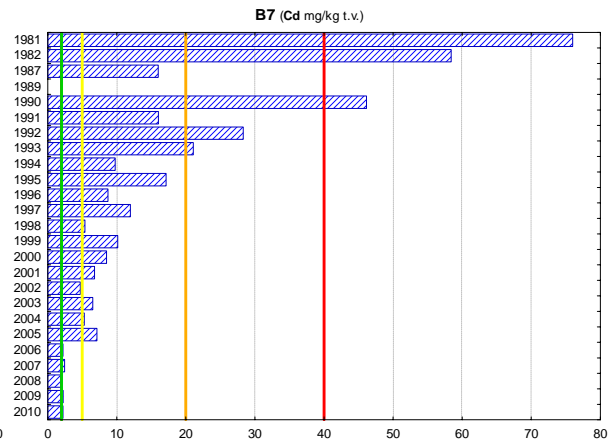


Forts. Figur 24.

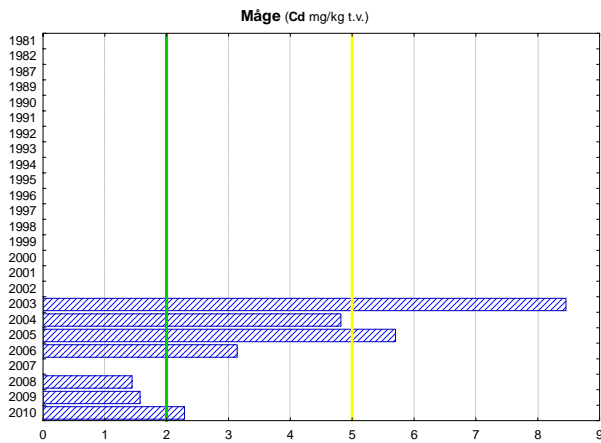
B6 (18).



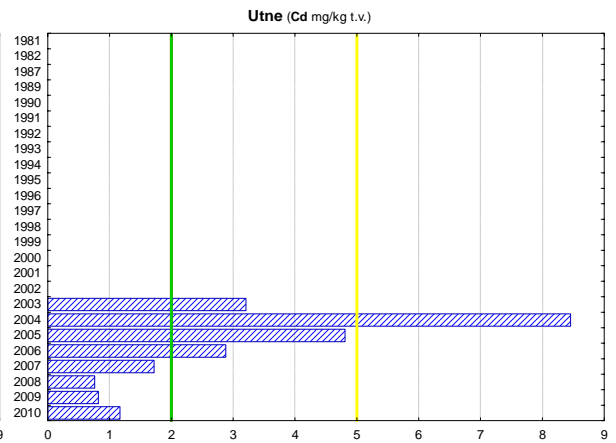
B7 (38).



Måge (15).

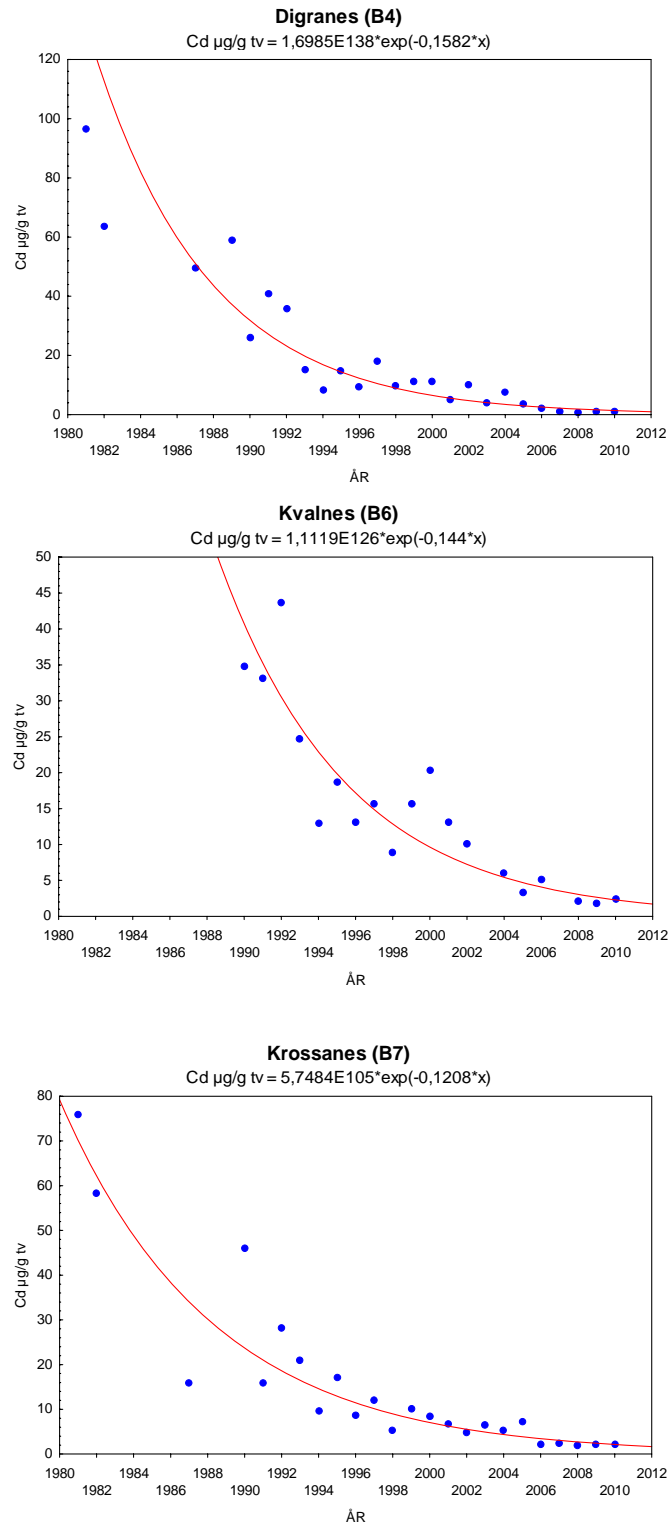


Utne (40).



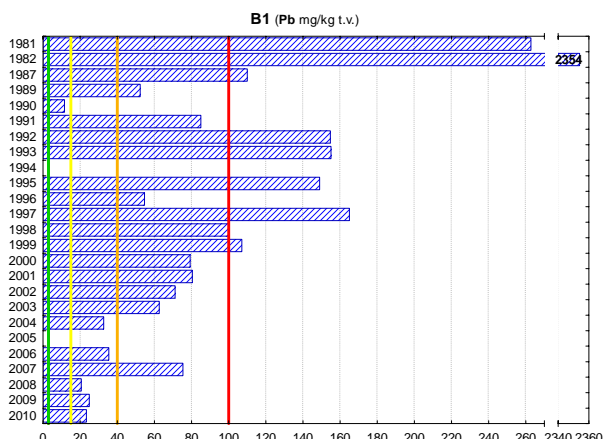
Forts. Figur 24.

b.

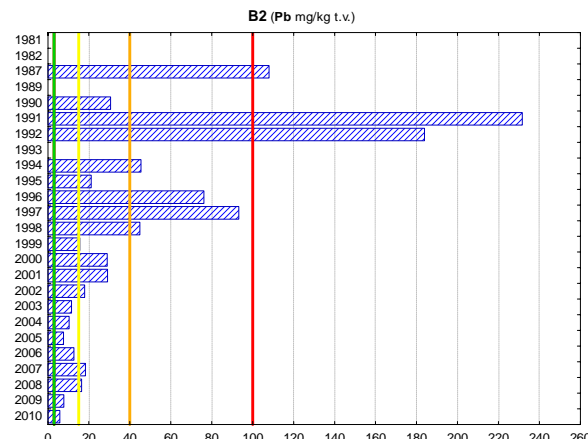


Figur 25. Bly i blåskjell fra utvalgte stasjoner i Sør fjorden 1981-2010, mg/kg tørrvekt. I parentes ved stasjonsnr.: Ca. avstand (km) fra Odda. Merk at aksene har ulik skala for de forskjellige stasjonene. Nedre grenser for Klifs tilstandsklasser for miljøkvalitet er angitt; grønn: Kl. II (moderat forurenset); gul: Kl. III (markert forurenset); oransje: Kl. IV (sterkt forurenset); rød: Kl. V (meget sterkt forurenset). Merk: De høye verdiene registrert på stasjonene B1, B4 og B7 (hvh. 2354 mg/kg, 1030 mg/kg og 406 mg/kg) i 1982 (relativt til de andre årene) er vist med søyle på brutt skala, samt angitt med tall.

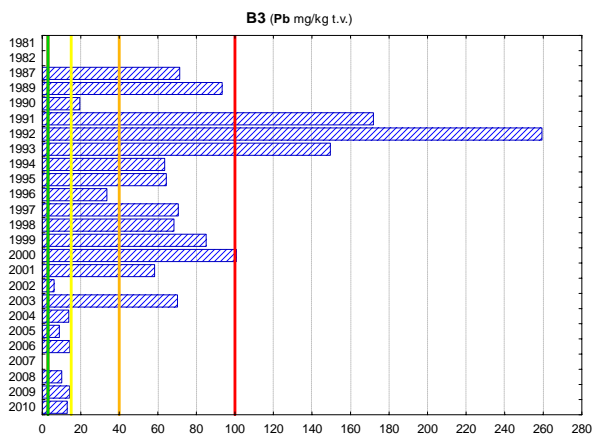
B1 (2).



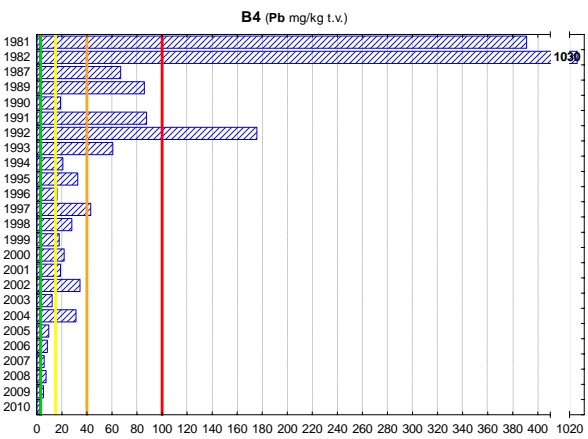
B2 (3).



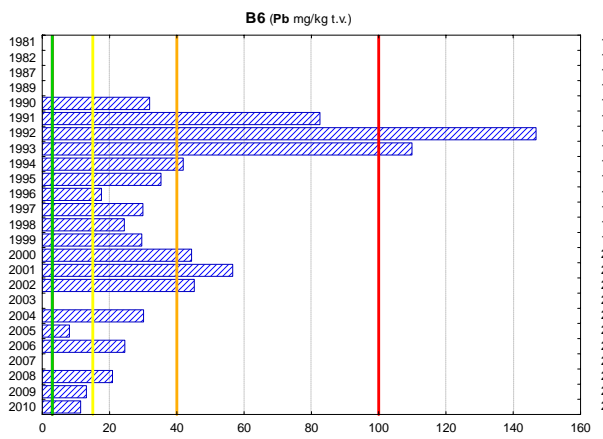
B3 (6).



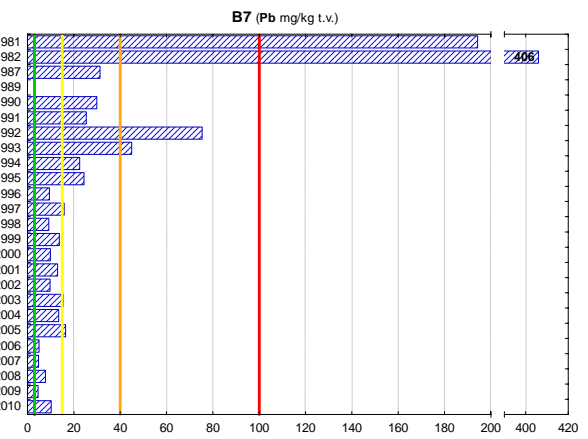
B4 (10).



B6 (18).

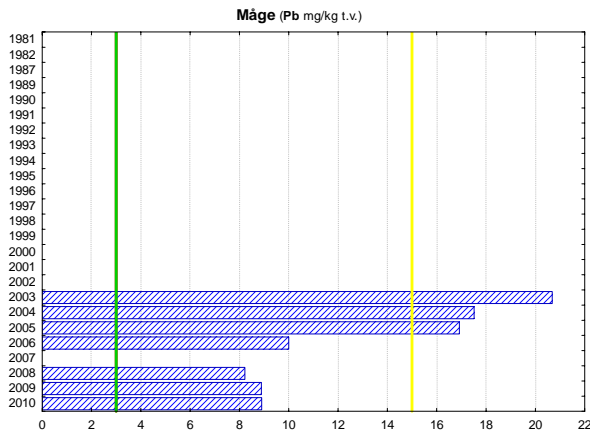


B7 (38).

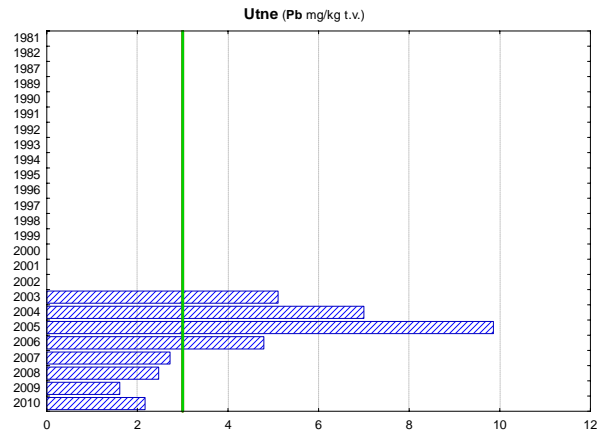


Forts. Figur 25

Måge (15).

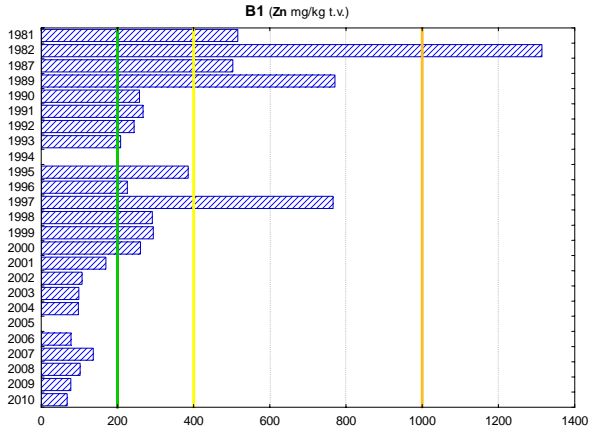


Utne (40).

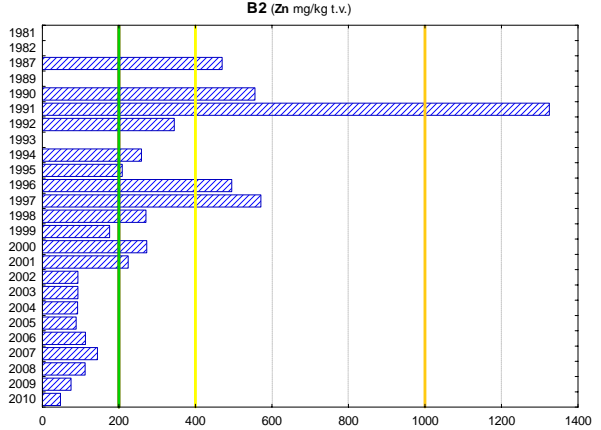


Figur 26. Sink i blåskjell fra utvalgte stasjoner i Sørffjorden 1981-2010, mg/kg tørrvekt. I parentes ved stasjonsnr.: Ca. avstand (km) fra Odda. Merk at aksene har ulik skala for de forskjellige stasjonene. Nedre grenser for Klifs tilstandsklasser for miljøkvalitet er angitt; grønn: Kl. II (moderat forurenset); gul: Kl. III (markert forurenset); oransje: Kl. IV (sterkt forurenset); rød: Kl. V (meget sterkt forurenset).

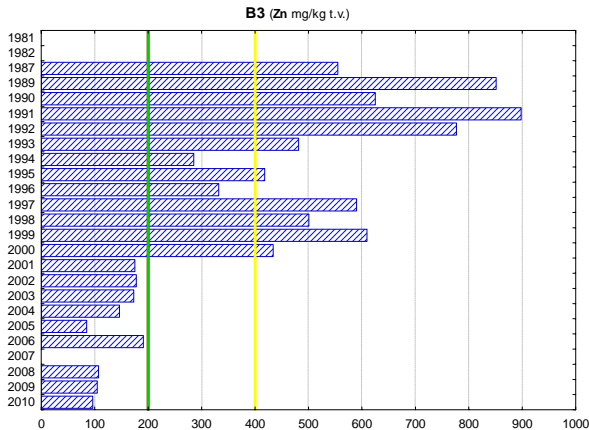
B1 (2).



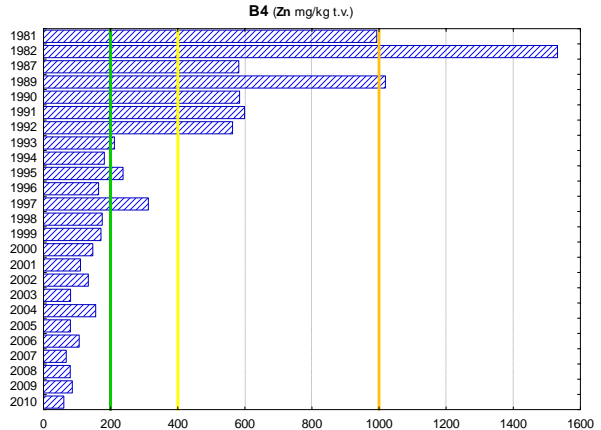
B2 (3).



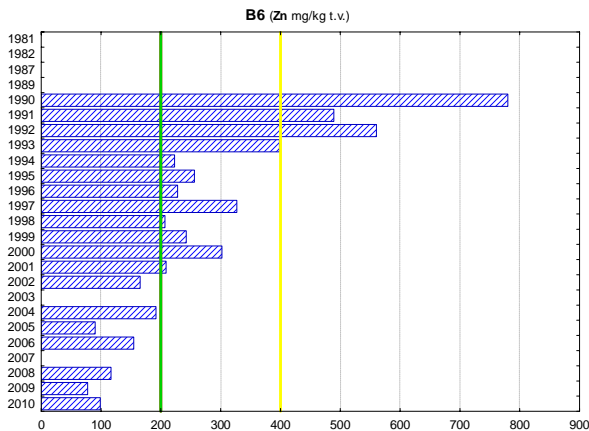
B3 (6).



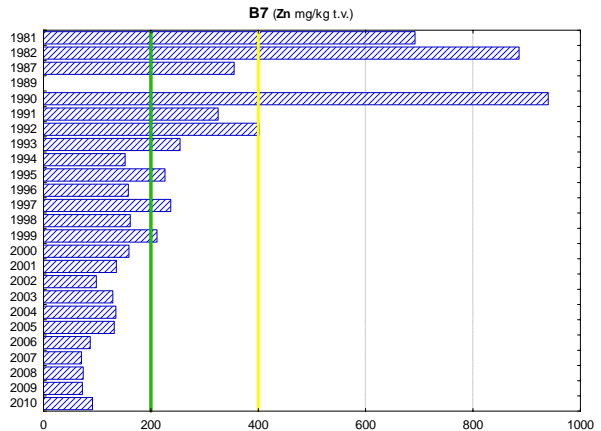
B4 (10).



B6 (18).

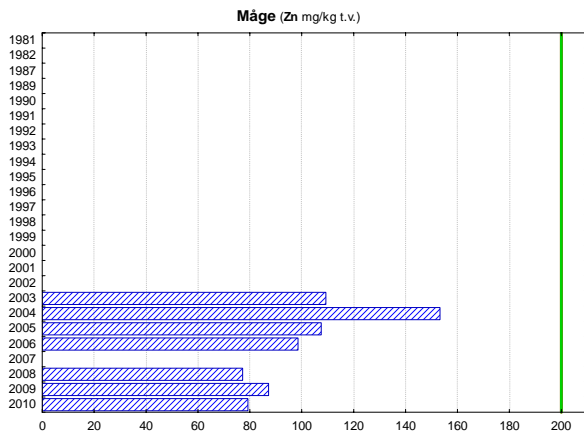


B7 (38).

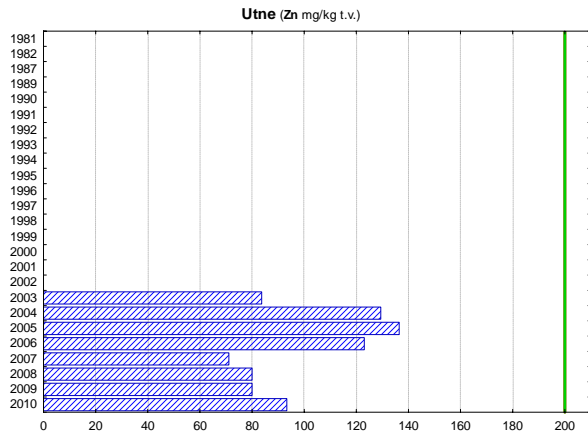


Forts. Figur 26.

Måge (15).

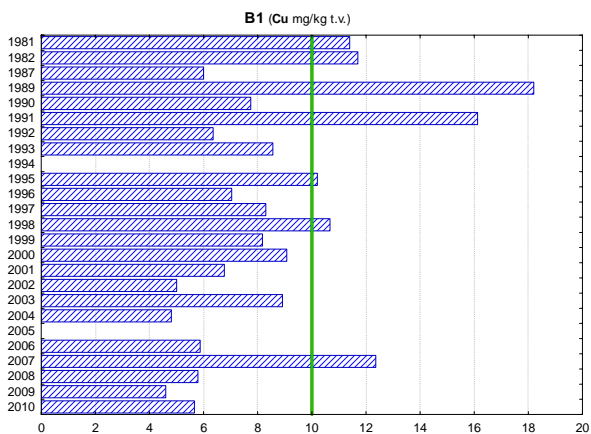


Utne (40).

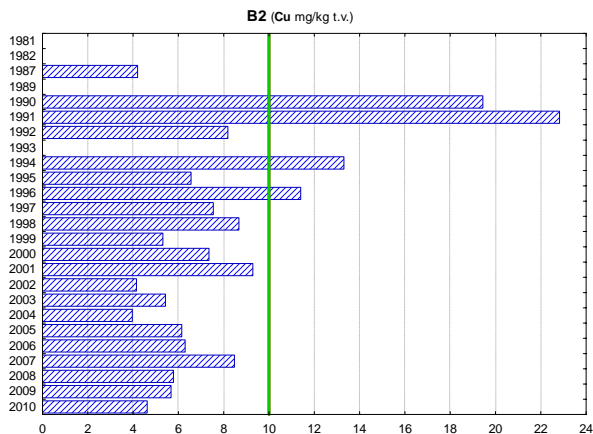


Figur 27. Kobber i blåskjell fra utvalgte stasjoner i Sør fjorden 1981-2010, mg/kg tørrvekt. I parentes ved stasjonsnr.: Ca. avstand (km) fra Odda. Merk at aksene har ulik skala for de forskjellige stasjonene. Nedre grenser for Klifs tilstandsklasser for miljøkvalitet er angitt; grønn: Kl. II (moderat forurenset); gul: Kl. III (markert forurenset); oransje: Kl. IV (sterkt forurenset); rød: Kl. V (meget sterkt forurenset).

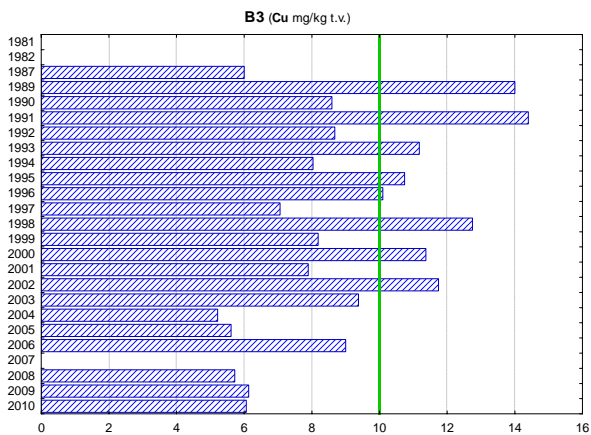
B1 (2).



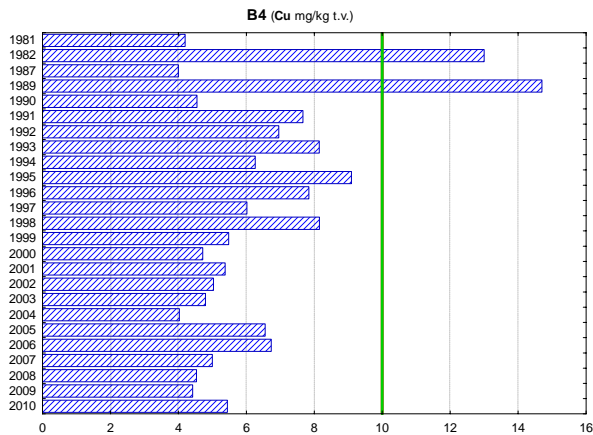
B2 (3).



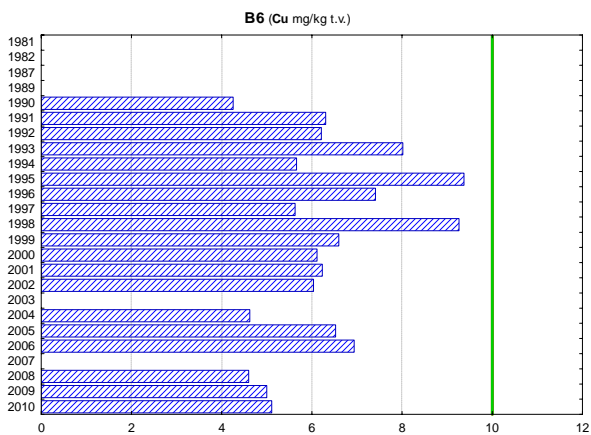
B3 (6).



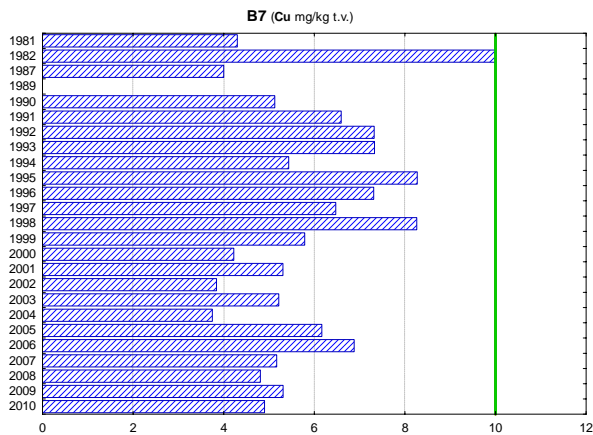
B4 (10).



B6 (18).

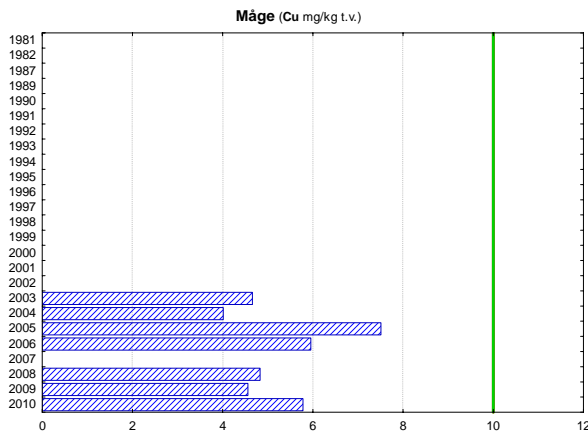


B7 (38).

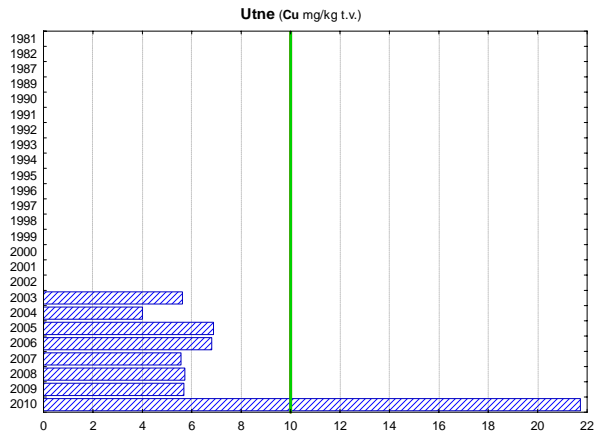


Forts. Figur 27.

Måge (15).



Utne (40).



5.4.3 Halogenerte stoffer i fisk

Oppsummering av de viktigste observasjonene i 2010:

- Den gjennomsnittlige ΣPCB_7 -konsentrasjonen i torskelever fra Sørfjorden representerte i 2010 Klasse III (markert forurenset). Filet av torsk var moderat (Kl. II) forurenset med PCB.
- Den gjennomsnittlige ΣDDT -konsentrasjonen i torskelever fra Sørfjorden representerte i 2010 Klasse III (markert forurenset). Filet av torsk var moderat (Kl. II) forurenset med ΣDDT .
- Lave konsentrasjoner av klororganiske forbindelser ble funnet i fisk fra Strandebarm også i 2010 (torsk var ubetydelig/lite forurenset; Kl. I; ΣDDT representerte grensen mellom Kl. I og Kl. II, moderat forurenset).

Utdrag av resultatene av fisk (samlet innenfor CEMP) analysert for klorerte organiske miljøgifter er presentert i Tabell 12.

Tabell 12. ΣPCB_7 (sum av CB 28, 52, 101, 118, 138, 153 og 180) og DDT med nedbrytningsprodukter (gjennomsnitt/standardavvik) i fisk fra indre Sørfjorden (CEMP-st. 53) og i Hardangerfjorden ved Strandebarm (CEMP-st. 67) 2010, $\mu\text{g}/\text{kg}$ våtvekt og $\mu\text{g}/\text{kg}$ fett. Ikke analysert: i.a. (Om prøvenes sammensetning, se Tabell 8*).

Stasjoner/arter	Våtvektsbasis				Fettbasis **		
	DDT	DDE	DDD	ΣDDT	ΣPCB_7	ΣDDT	ΣPCB_7
I. Sørfj., (53)							
Torsk, lever	144/92	435/283	53/32	631/380	1832/2553	1701	4938
Torsk, filet	0,4/~0,2	2,2/1,0	0,3/0,1	2,8/1,2	9/5	933	3000
Skrubbe, lever	<5,1/~2,6	28,5/30,1	9,0/8,4	<42,6/~41	308/199	<185	1339
Skrubbe, filet	<0,2/~0,0	0,6/0,5	<0,2/~0,0	<0,9/~0,6	6/3	<129	857
Strandebarm (67)							
Torsk, lever	35/29	336/217	35/29	407/259	260/228	948	606
Torsk, filet	<0,2/~0,0	0,9/0,3	<0,1/~0,0	<1,1/~0,3	$\leq 0,4/~1$	<367	≤ 133
Skrubbe, lever							
Skrubbe, filet							
Glassvar, lever	13,5/4,3	65,3/4,5	7,8/1,4	86,6/8,9	69/11	372	296
Glassvar, filet	<0,2/~0,0	0,4/0,1	<0,1/~0,0	<0,6/~0,1	$\leq 0,4/~1$	<150	≤ 102

* DDT og PCB analyseres i 5 blandprøver (av 5 individer) i filet av torsk.

** Basert på gjennomsnittskonsentrasjoner og gjennomsnittlig fettinnhold

PCB

Den gjennomsnittlige ΣPCB_7 -konsentrasjonen i torskelever fra Sørfjorden representerte i 2010 **Kl. III (markert forurenset)** i Klifs klassifiseringssystem for miljøkvalitet. Det bemerkes også at den individuelle variasjonen var stor, som gjenspeiles av det høye standardavviket (standard avviket var høyere enn gjennomsnittskonsentrasjonen; Tabell 12). Det var en faktor 78 forskjell på laveste og høyeste konsentrasjon og variasjons-koeffisienten var på 139%.

Fettnormaliserte PCB-konsentrasjoner i torsk er presentert i Tabell 13 og Figur 28, hvor de kan sammenlignes med tidligere år. Gjennomsnittskonsentrasjonen for 2010 er ikke vesentlig

forskjellig fra konsentrasjonene i årene etter 2002, som var et år da veldig høye konsentrasjoner av PCB ble observert i torsk fra Sørfjorden.

Tabell 13. Gjennomsnitt av Σ PCB₇ i fisk (lever (l.) og filet (f.)) fra indre Sørfjorden og Hardangerfjorden ved Strandebarm 1991-2010, mg/kg fett. Individuelle analyser eller blandprøver av størrelseskategorier.

Stasj./arter	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
I. Sørfj.										
Torsk l.	1,6	8,0	<0,8	0,66	0,36	11,4 ¹⁾	2,4 ¹⁾	20,2 ¹⁾	5,1	20,8
Torsk f.	0,6	6,9	<0,6	-	0,19	8,4 ²⁾	2,0 ¹⁾	34,6 ¹⁾	2,4	20,0
Skrubbe l.	2,8	2,6	<0,5	9,2	0,41	1,4 ²⁾	0,77 ²⁾	0,56 ²⁾	0,84	0,80
Skrubbe f.	16,7	2,5	<0,6	1,96	0,33	0,74 ³⁾	0,64 ²⁾	0,43 ²⁾	0,76	0,46
Strandeb.										
Torsk l.	0,67	0,66	<0,5	0,93	0,38	0,47	1,6	0,54	0,90	0,54
Torsk f.	0,34	<0,4	<0,2	0,50	0,20	1,1	2,1	0,22	0,48	0,44
Glassvar l.	0,39	1,2	<0,6	1,1	1,1	0,47	0,51	0,39	0,62	0,34
Glassvar f.	0,32	0,63	<0,3	0,56	0,76	0,33	0,28	0,26	0,46	0,24
Skrubbe l.						0,58		0,38	0,15	0,13
Skrubbe f.						0,64		0,43	0,15	0,10

¹⁾ Middell av prøvene fra Tyssedal og Edna.

²⁾ Middell av de tre prøvene fra Odda, Tyssedal og Edna.

³⁾ Bare analysert i materialet fra Odda.

Stasj./arter	2001	2002	2003	2004	2005 ⁷⁾	2006	2007
I. Sørfj.							
Torsk l.	5,3	271,2 ⁴⁾ (7,4) ⁵⁾	2,41	2,42	2,14	0,94	5,37 ⁸⁾
Torsk f.	<0,25	234,7 ⁶⁾	2,5	1,0	0,95	<0,33	2,0
Skrubbe l.	0,62	0,81	1,60	0,90	2,06		0,58
Skrubbe f.	<0,6	0,40	<0,2	0,75	1,60		<0,4
Strandeb.							
Torsk l.	0,75	0,35	0,20	0,33	0,51	0,14	0,27
Torsk f.	<3,3	0,25	-	<0,5	0,22	-	-
Glassvar l.	0,32	0,40	0,30	0,20	0,33	0,25	0,17
Glassvar f.	<0,25	0,00	-	-	0,29	<0,17	-
Skrubbe l.	0,12	0,12	0,13	0,14	0,13	0,16	0,20
Skrubbe f.	<0,08	0,18	0,08	-	0,14	<0,50	<0,14

⁴⁾ Ekstreme konsentrasjoner i fire (av 25) individer (gjennomsnittlig 296,0 mg/kg våttvekt ± standard avvik: 118,7) trekker gjennomsnittet opp til denne høye verdien. I parentes:

⁵⁾ Gjennomsnittet (av 21 fisk) uten disse fire individene (se fotnote ⁴⁾).

⁶⁾ Gjennomsnitt av 5 blandprøver på hhv 0,009, 0,008, 0,002, 3,242 og 0,002 mg/kg våttvekt. Det er tydelig at de fire torskene med ekstreme PCB-konsentrasjoner (nevnt i fotnote ⁴⁾ og ⁵⁾) Har blitt ujevnt fordelt på disse fem blandprøvene. PCB-verdiene i filet av torsk fra Sørfjorden 2002 er derfor lite representative.

⁷⁾ Regnet fra individuelle konsentrasjoner på fettbasis (ikke gjennomsnittskonsentrasjoner og midlere fettinnhold, som de andre årene).

⁸⁾ Gjennomsnitt trukket opp av ett individ som hadde spesielt høy konsentrasjon (36).

Forts. Tabell 13

Stasj./arter	2008	2009	2010
I. Sørfj.			
Torsk l.	3,86	2,04	4,94
Torsk f.	4,0	2,0	3,0
Skrubbe l.	0,69	0,23	1,34
Skrubbe f.	<0,4	<0,17	0,86
Strandeb.			
Torsk l.	0,30	0,28	0,61
Torsk f.	<0,33	<0,25	≤0,13
Glassvar l.	0,28	0,20	0,30
Glassvar f.	<0,33	<0,33	≤0,10
Skrubbe l.	0,17	0,11	
Skrubbe f.	<0,15	<0,09	

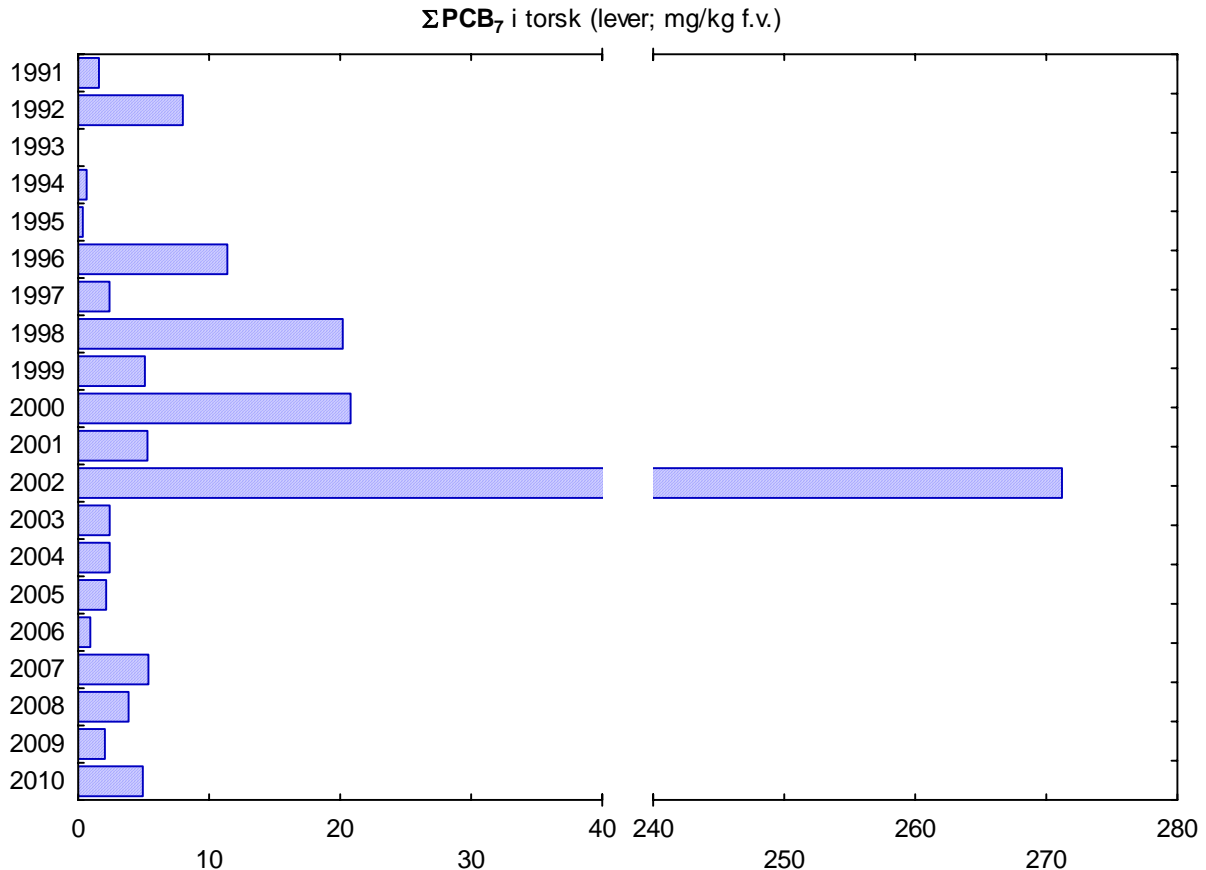
Filet av torsk fra Sørfjorden var **moderat (Kl. II)** forurenset med PCB.

Analysene viste forholdsvis lave PCB-konsentrasjoner i fisk fra Strandebarm også i 2010 (Tabell 12). Konsentrasjonene i torsk representerer **Kl. I (lite/ubetydelig forurenset)** i henhold til Klifs tilstandsklasser.

En sammenligning av konsentrasjonene av PCB i fisk fra Sørfjorden med typiske konsentrasjoner i andre fjordområder viser følgende:

Nivåene av PCB i fisk fra Sørfjorden er (når en ser bort fra ekstremkonsentrasjonene funnet i 2002) lavere enn i fisk fra havneområder og i nærheten av byer (eksempelvis indre Oslofjord [21] og ved Bergen [23]).

Figur 28. Gjennomsnitt av ΣPCB_7 i lever av torsk fra indre Sør fjorden (1991-2010), mg/kg fettvekt. Verdiene er også gjengitt i Tabell 13. Mrk. brudd på akse mellom 40 og 240.



DDT

Den gjennomsnittlige ΣDDT -konsentrasjonen i **torskelever** fra Sør fjorden representerte i 2010 **Kl. III (markert forurenset)** i Klifs klassifiseringssystem (Tabell 12, Figur 29). Ved strandebarm representerte ΣDDT -konsentrasjonen **Kl. II (moderat forurenset)**.

Filet av torsk fra Sør fjorden var **moderat (Kl. II) forurenset** med DDT-forbindelser, mens filet av torsk fra Strandebarm var på grensen mellom **lite/ubetydelig (Kl. I)** og **moderat (Kl. II) forurenset** (Tabell 12).

Glassvar fra Strandebarm viste også i 2010 vanlige lave ΣDDT -konsentrasjoner (Tabell 12, Tabell 14).

For sammenligning av konsentrasjonene av DDT-forbindelser i fisk fra Sør fjorden med typiske konsentrasjoner i andre fjordområder, vises det igjen til en rapport [4] som går i dybden på emnet. Følgende kan konkluderes:

- Konsentrasjonene av DDT-forbindelser i fisk fra Sør fjorden er høye, men forskjellene fra andre relevante fjordområder er ikke like markert som for blåskjell (se nedenfor)
- Det kan tyde på at flere fjordområder er belastet med DDT fra gammelt av (ligger i sedimenter), men stadig utlekking til sjøen fra land er større i Sør fjorden.

- Konsentrasjoner av p,p'-DDE i torskelever fra indre Drammensjorden, som er resipient for elver som drenerer fruktdyrkingsområder, er sammenlignbare med konsentrasjonene i torsk fra Sørfjorden.

Tabell 14. Gjennomsnitt av Σ DDT i fisk (lever (l.) og filet (f.)) fra indre Sør fjorden og Hardangerfjorden ved Strande barm 1991-2010, mg/kg fett. Individuelle analyser eller blandprøver av størrelseskategorier.

Stasj./arter	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
I. Sør fj.										
Torsk l.	3,4	3,1 ³⁾	0,8 ³⁾	0,4 ³⁾	0,1 ³⁾	2,6 ¹⁾	2,9 ^{1, 3)}	4,3 ⁵⁾	2,8 ³⁾	2,1
Torsk f.	1,0	3,8 ³⁾	0,7 ³⁾	-	<0,1 ³⁾	-	1,4 ^{1, 3)}	-	-	-
Skrubbe l.	0,5 ³⁾	0,3 ³⁾	0,2 ³⁾	2,2 ³⁾	0,1 ³⁾	0,18 ²⁾	0,9 ⁴⁾	0,4 ⁴⁾	0,43	0,26
Skrubbe f.	3,1 ³⁾	0,8 ³⁾	0,6 ³⁾	0,7 ³⁾	0,1 ³⁾		0,37 ⁴⁾	-	-	-
Strandeb.										
Torsk l.	2,0	0,8 ³⁾	1,0 ³⁾	1,3 ³⁾	0,3 ³⁾	1,5	5,8	1,2	0,89 ³⁾	0,93
Torsk f.	1,1	0,6 ³⁾	0,4 ³⁾	1,5 ³⁾	0,5 ³⁾	-	5,6 ³⁾	-	-	-
Glassvar l.	1,1 ³⁾	1,5 ³⁾	1,1 ³⁾	1,7 ³⁾	1,0 ³⁾	-	1,0 ³⁾	1,1	1,5	0,64
Glassvar f.	0,8 ³⁾	1,2 ³⁾	0,8 ³⁾	1,2 ³⁾	1,6 ³⁾	-	0,5 ³⁾	-	-	-
Skrubbe l.						0,17		0,55	0,21	0,17
Skrubbe f.						-		0,49	-	-

Stasj./arter	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
I. Sør fj.								
Torsk l.	1,3	1,30	1,65	1,66	4,38	0,87	1,79	1,22
Torsk f.	0,15 ³⁾	1,17 ³⁾	1,10 ³⁾	0,70	1,13	<0,40	0,80	0,97
Skrubbe l.	0,33	0,41	0,54	0,33	0,40		0,32	0,28
Skrubbe f.	<0,22 ³⁾	0,18 ³⁾	0,20 ³⁾	0,20	0,37		<0,22	<0,2
Strandeb.								
Torsk l.	0,49	0,38	0,24	0,30	0,56	0,15	0,39	0,64
Torsk f.	1,1 ³⁾	0,13 ³⁾	<0,10 ³⁾	<0,25	0,27	<0,08	<0,20	<0,33
Glassvar l.	0,43	0,39	0,48	0,30	0,55	0,48	0,26	0,57
Glassvar f.	<0,15 ³⁾	0,12 ³⁾	0,18 ³⁾	0,20	0,34	<0,23	<0,02	<0,43
Skrubbe l.	0,13	0,15	0,16	0,12	0,13	0,14	0,17	0,19
Skrubbe f.	0,09 ³⁾	0,12 ³⁾	0,09 ³⁾	0,20	0,10	<0,05	<0,16	<0,15

Stasj./arter	2009	2010
I. Sør fj.		
Torsk l.	1,19	1,70
Torsk f.	0,53	0,93
Skrubbe l.	0,19	<0,19
Skrubbe f.	<0,17	<0,13
Strandeb.		
Torsk l.	0,43	0,95
Torsk f.	<0,20	<0,37
Glassvar l.	0,36	0,37
Glassvar f.	<0,33	<0,15
Skrubbe l.	<0,13	
Skrubbe f.	<0,11	

¹⁾ Middell av prøvene fra Tyssedal og Edna.

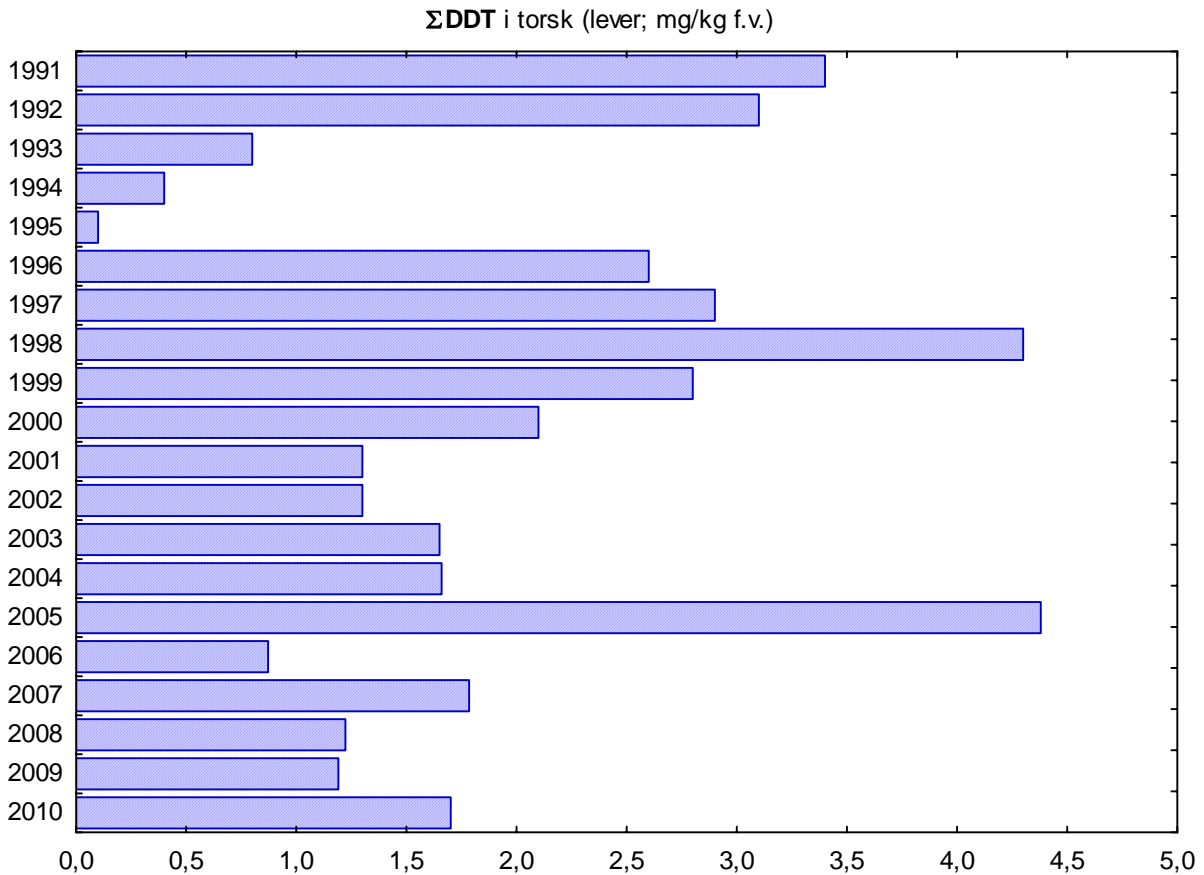
²⁾ Bare analysert i materialet fra Odda.

³⁾ Sum av bare DDE + DDD, avrundede verdier.

⁴⁾ Middell av de tre understasjonene Odda, Tyssedal og Edna.

⁵⁾ Bare verdier fra Edna.

Figur 29. Gjennomsnitt av Σ DDT i lever av torsk fra indre Sjørfjorden (1991-2010), mg/kg fettvekt. Verdiene er også gjengitt i Tabell 14.



Polybromerte difenyletere

Polybromerte difenyletere (bromerte flammehemmere) ble analysert i lever av torsk fra Sjørfjorden i 2010. Følgende kongener ble analysert: BDE-28, -47, -49, -66, -71, -77, -85, -99, -100, -138, -153, -154, -183, -196, -205 og 209. Den gjennomsnittlige konsentrasjonen av summen av polybromerte difenyletere (Σ PBDE) var 83,9 μ g/kg våtvekt. Mange av forbindelsene kunne ikke detekteres (under deteksjonsgrensen) i flere prøver. Det var BDE-47 (2,2',4,4'-tetrabromdifenyleter), som utgjorde den desidert største andelen (gjennomsnittskonsentrasjon: 61,6 μ g/kg våtvekt).

Gjennomsnittskonsentrasjonen av sum Σ PBDE i 2010 var således tilsynelatende noe høyere enn de siste få år (2009: 34,5 μ g/kg våtvekt, 2008: 35,36 μ g/kg våtvekt, 2007: 69,28 μ g/kg våtvekt, 2006: 24,43 μ g/kg våtvekt).

PBDE er tidligere analysert i torskelever fra ulike lokaliteter i Norge [24]. Vanligst forekommende konsentrasjoner lå i området 10-95 μ g/kg våtvekt [24]. De høyeste konsentrasjonene (ca. 110 μ g/kg) ble funnet i torsk fra indre Oslofjord [24]. Etter normalisering til fettvekt, viste det seg at torsk fra Ulsteinvik hadde omtrent tilsvarende konsentrasjoner som torsk fra indre Oslofjord. Det er vanlig at BDE-47 forekommer i høyere konsentrasjoner enn de andre kongenerene [24].

Perfluorerte alkylforbindelser

Det ble analysert for perfluorerte alkylforbindelser (PFAS) i lever av torsk fra Sørfjorden i 2010. PFAS er en gruppe forbindelser som inneholder en fullstendig fluorert alkylkjede og en gruppe som gjør at forbindelsene har en viss vannløselighet. Forbindelsene er verken lipofile eller hydrofile, men binder seg gjerne til partikkeloverflater. Forbindelsene brukes hovedsaklig på grunn av deres gode overflateegenskaper og deres vann- og fettavvisende egenskaper. Produkter som inneholder forbindelsene er f. eks. gulvvoks, maling, rengjøringsmidler og brannslukkingsmidler.

Forbindelsene som ble analysert var perfluorbutansulfonat (PFBS), perfluorheptansyre (PFHpA), perfluorheksansyre (PFHxA), perfluornonansyre (PFNA), perfluoroktansyre (PFOA), perfluoroktansulfonat (PFOS) og perfluoroktansulfonamid (PFOSA). De fleste av forbindelsene kunne ikke detekteres i noen av prøvene (deteksjonsgrenser spenner fra $<0,3$ til <15 $\mu\text{g}/\text{kg}$). PFOS kunne detekteres i de fleste prøver (gjennomsnittlig konsentrasjon: $2,9$ $\mu\text{g}/\text{kg}$ våtvekt). I tillegg kunne PFNA detekteres i flere prøver (gjennomsnittlig konsentrasjon: $1,7$ $\mu\text{g}/\text{kg}$ våtvekt)

PFAS er tidligere analysert i torskelever fra ulike lokaliteter i Norge [24]. Vanlig forekommende konsentrasjoner var i området $1-4,5$ $\mu\text{g}/\text{kg}$ våtvekt, og den høyeste konsentrasjonen ble observert i torsk fra indre Oslofjord [24]. Perfluoroktansulfonat (PFOS) var den dominerende forbindelsen [24].

5.4.4 Klororganiske stoffer i blåskjell

Oppsummering av de viktigste observasjonene i 2010:

- Konsentrasjoner av Σ DDT i blåskjell viste opp til meget sterkt forurensning (Kl. V; st. "Utne"). På de øvrige stasjoner ble konsentrasjoner tilsvarende Klasse I (lite/ubetydelig forurenset) til Kl. IV (sterkt forurenset) observert.
- Blåskjellene fra alle stasjoner i Sørfjorden var lite/ubetydelig forurenset (Kl. I) med Σ PCB₇ i 2010, med unntak av ved Tyssedal (st. B3), hvor (median-)konsentrasjonen tilsvarte moderat forurenset (Kl. II).
- I 2010 ble dioksiner (polyklorerte dibenzo-*p*-dioksiner og furaner), samt dioksinliknende PCB (non-*ortho* substituerte) analysert i 3 prøver av blåskjell fra Sørfjorden (to fra Tyssedal og en fra Eitheim). Summen av toksiske ekvivalenter for dioksiner og furaner (median), TE_{PCDF/D}, tilsvarte grensen mellom Kl. II (moderat forurenset) og Kl. III (markert forurenset).

Resultatene fra analysene av klorerte organiske miljøgifter i blåskjell er presentert i Tabell 16. Resultater fra replikate blåskjellanalyser på stasjon B3 (Tyssedal) og Utne er presentert i Tabell 15.

Tabell 15. Median-, minimums- og maksimumskonsentrasjon ($\mu\text{g}/\text{kg}$ våtvekt) i triplikate analyser (m.a.o. alle 3 observasjoner) av blåskjell fra stasjon B3 (Tyssedal) og stasjon Utne, 2010.

St.	DDT	DDE	DDD	Σ DDT	Σ PCB ₇
B3 ¹⁾	1,4 (1,3-1,7)	1,5 (1,3-1,7)	0,4 (0,3-0,4)	3,2 (3,0-3,8)	4,6 (4,1-5,0)
Utne ²⁾	23 (22-26)	44 (38-53)	4,8 (3,7-5,6)	72 (64-85)	0,8 (0,8-0,9)

¹⁾ 3 replikater

²⁾ 3 replikater

Variasjonen mellom replikater var liten (som for metaller). Variasjonen var tilsynelatende lavere, eller i samme størrelse, som forskjeller i konsentrasjoner mellom skjell samlet innenfor Statlig program for forurensningsovervåking og skjell samlet innefor CEMP to måneder tidligere (på de stasjoner hvor det er overlappende innsamling). De høyeste konsentrasjonene av Σ DDT som er registrert i blåskjell fra Sørfjorden siden måleserien startet i 1991, ble observert ved stasjon Utne i 2006, 2007 og 2009 (Tabell 16, Tabell 17, Figur 30, [25-27]). Konsentrasjonen observert på denne stasjonen i 2010 var noe lavere (Tabell 16, Figur 30), men den høyeste Σ DDT-konsentrasjonen ble igjen observert på denne stasjonen. Det er tidligere bemerket at det er tydelig at blåskjellene på stasjonen blir påvirket av DDT-forbindelser, og det i er varierende grad avhengig av lokale forhold [17]. Vi har tidligere vist at det er meget sannsynlig at perioder med eksempelvis høye konsentrasjoner av DDT-forbindelser i blåskjell er forbundet med spesielt stor nedbør (og dermed utvasking av DDT fra kilder på land) i tiden før blåskjellinnsamlingen [3, 4, 25, 28].

DDT

ΣDDT viste i 2010 opp til **meget sterk (Kl. V) forurensning** (st. "Utne"). 2010-resultatene viser altså vedvarende høy konsentrasjon på stasjon Utne, men noe lavere enn foregående år. (Tabell 16, Tabell 17, Figur 30, [25-27]). På stasjonene B6/56A og B7/57A (kun Statlig program for forurensningsovervåking) tilsvarte konsentrasjonene av ΣDDT i blåskjell **sterkt (Kl. IV) forurenset**. På de øvrige stasjonene tilsvarte konsentrasjonene **lite/ubetydelig (Kl. I) til markert (Kl. III) forurenset**.

Det er tidligere vist at tidspunkt med høye blåskjellkonsentrasjoner av ΣDDT har sammenfalt med høye andeler av det insekticide virkestoffet p,p'-DDT, relativt til nedbrytningsproduktet p,p'-DDE [3, 4]. Andelen p,p'-DDT var imidlertid ikke påfallende høy på noen stasjoner i 2010 (Tabell 17).

For sammenligning av konsentrasjonene av DDT-forbindelser i fisk fra Sørfjorden med typiske konsentrasjoner i andre fjordområder, vises det igjen til rapporten [4] som går i dybden på emnet. Det kan konkluderes med følgende:

- Det er begrenset med relevante sammenligningsdata på konsentrasjoner av DDT-forbindelser i blåskjell fra andre områder, men dataene som foreligger indikerer tidvis spesielt høye konsentrasjoner på enkelte stasjoner i Sørfjorden.

Tabell 16. DDT med nedbrytningsprodukter og ΣPCB₇¹⁾ i blåskjell fra Sørfjorden og Hardangerfjorden 2010 (1-19 november [S. P.] og 30 august - 2 september [CEMP], μg/kg våtvekt) (ΣDDT også i μg/kg fett). (Fra CEMP gjennomsnitt av 3 størrelseskategorier). Data fra det opprinnelige stasjonsnettet (st. B1 osv.) i kolonner merket "S. P."; fra CEMP/INDEKS (st. 51A osv.) i kolonner merket "CEMP". Jfr.Figur 3 vedrørende stasjonsplassering (i tabellen oppført med økende avstand fra Odda).

St.nr.	DDT		DDE		DDD		ΣDDT		ΣPCB ₇		ΣDDT (μg/kg fett)	
	S. P. ²⁾	CEMP	S. P. ²⁾	CEMP	S. P. ²⁾	CEMP	S. P. ²⁾	CEMP	S. P. ²⁾	CEMP	S. P. ²⁾	CEMP
B1/51A	1,7	2,0	1,9	1,1	0,4	0,3	4,0	3,3	1,16	1,0	180	176
B2/52A	1,3	1,0	2,1	0,9	0,6	0,3	4,0	2,3	1,50	0,9	132	126
B3	1,4		1,5		0,4		3,2		4,62		165	
B4	<0,2		3,2		0,6		3,8		0,72		150	
Måge	3,2		4,1		0,8		8,1		0,71		445	
B6/56A	5,8	4,0	8,9	7,7	1,5	1,1	16,2	12,8	0,44	0,4	1307	1035
B7/57A	4,3	1,2	8,9	1,4	1,8	0,3	15,0	3,0	0,28	0,4	1181	251
Utne	23,0		44,0		4,8		71,8		0,81		3972	
63A		<0,4		0,5		<0,2		0,5		0,1		41
B15/65A		<0,4		0,3		<0,2		0,3		n.d.		22

¹⁾ Sum av CB 28, 52, 101, 118, 138, 153 og 180; "n.d." betyr at ingen av disse kongenerene ble detektert i prøven.

²⁾ Verdi (S. P.) fra stasjon B3: Median av 3 replikater. Verdi fra stasjon Utne: Median av 3 replikater.

Tabell 17. DDT og nedbrytningsprodukter i blåskjell 1991-2000 (a) og 2001-2010 (b), $\mu\text{g}/\text{kg}$ våtvekt. (I parentes % av ΣDDT). Verdiene er delvis avrundet. Ikke registrert: B1 i 1994, B2 i 1993, B3/B4 i 1997, B6 i 2003 og B1 i 2005. (c.) viser DDT og nedbrytningsprodukter i blåskjell på de nyere stasjonene "Måge" og "Utne" (2003-2010).

(a.)					
Stasjoner	År	DDT	DDE	DDD	Σ DDT
St. B1 Byrkjenes	1991	0,7 (20)	2,0 (60)	0,7 (20)	3,4
	1992	< 0,2 (\approx 2)	2,3 (56)	1,7 (42)	4,9 ¹⁾
	1993	0,1 (\approx 3)	2,5 (69)	1,0 (28)	3,6
	1995	2,0 (33)	3,3 (55)	0,7 (12)	6,0
	1996	3,0 (48)	2,4 (38)	0,9 (14)	6,3
	1997 ³⁾	2,5 (47)	2,4 (46)	0,3 (7)	5,2
	1998	< 0,5 (<6)	2,3 (49)	2,1 (45)	4,7
	1999	2,2 (46)	2,3 (48)	0,3 (6)	4,8
	2000	2,7 (37)	4,2 (58)	0,4 (5)	7,3
St. B2 Eitrheim	1991	0,1 (4)	1,5 (62)	0,8 (34)	2,4
	1992	< 0,2 (< 2)	2,5 (51)	2,3 (47)	4,9 ¹⁾
	1994	0,9 (28)	2,1 (64)	0,3 (8)	3,3
	1995	2,8 (40)	3,2 (46)	0,9 (14)	6,9
	1996	1,9 (35)	2,4 (44)	1,1 (21)	5,5
	1997 ³⁾	2,1 (39)	2,2 (40)	1,1 (21)	5,4
	1998	< 0,5 (<5)	3,3 (49)	3,2 (47)	6,8
	1999	3,2 (46)	3,2 (46)	0,6 (8)	7,0
	2000	2,6 (36)	4,2 (58)	0,4 (7)	7,2
St. B3 Tyssedal	1991	0,1 (\approx 6)	1,0 (63)	0,5 (31)	1,6
	1992	0,4 (15)	1,7 (60)	0,7 (25)	2,8
	1993	< 0,1 (\approx 6)	1,8 (62)	1,0 (32)	2,9 ¹⁾
	1994	0,4 (15)	1,9 (68)	0,5 (17)	~ 2,7 ?
	1995	1,5 (40)	1,8 (46)	0,5 (14)	3,8
	1996	2,2 (40)	2,4 (44)	0,9 (16)	5,4
	1998	< 0,5 (<5)	2,9 (45)	3,2 (50)	6,4
	1999	1,9 (51)	1,5 (40)	0,4 (9)	3,8
	2000	2,0 (38)	2,2 (41)	1,1 (21)	5,3
St. B4 Digranes	1991	1,4 (18)	4,1 (51)	2,5 (31)	8,0
	1992	< 0,2 (\approx 1)	4,8 (48)	5,1 (51)	10,0 ¹⁾
	1993	1,6 (17)	4,9 (53)	2,8 (30)	9,3
	1994	0,3 (9)	2,6 (73)	0,7 (18)	3,6
	1995	3,7 (53)	2,7 (38)	0,6 (9)	7,0
	1996	3,7 (40)	3,8 (42)	1,6 (18)	9,0
	1998	< 0,5 (<2)	6,2 (44)	7,7 (54)	14,2
	1999	4,3 (43)	4,5 (45)	1,2 (12)	10,0
	2000	4,1 (39)	5,8 (55)	0,6 (6)	10,5
St. B6 Kvalnes	1991	4,7 (22)	10,7 (50)	6,0 (28)	21,4
	1992	0,5 (3)	7,8 (44)	9,4 (53)	17,7
	1993	0,3 (1)	15,5 (63)	8,7 (36)	24,5
	1994	3,2 (17)	13,8 (73)	2,0 (10)	18,9
	1995	16,3 (46)	15,3 (43)	4,1 (11)	35,7
	1996	9,7 (51)	8,3 (44)	0,9 (5)	18,9
	1997 ³⁾	9,8 (46)	8,1 (38)	3,5 (16)	21,4
	1998	13,0 (34)	16,0 (41)	9,5 (25)	38,5
	1999	19,0 (40)	22,0 (46)	6,7 (14)	47,7
2000	32,0 (61)	16,0 (30)	4,9 (9)	52,9	
St. B7 Krossanes	1991	1,9 (20)	5,7 (61)	1,8 (19)	9,4
	1992	< 0,2 (\approx 1)	5,6 (52)	5,0 (47)	10,7 ¹⁾
	1993	0,1 (\approx 3)	2,2 (61)	1,3 (36)	3,6
	1994	0,2 (4)	4,7 (73)	1,5 (23)	6,5
	1995 ²⁾	1,3 (32)	2,2 (53)	0,6 (15)	4,2
	1996	2,4 (27)	4,4 (51)	1,9 (22)	8,7
	1997 ³⁾	8,6 (54)	5,7 (35)	3,2 (11)	16,1
	1998	1,7 (7)	9,1 (40)	12,0 (53)	22,8
	1999	3,2 (36)	4,7 (53)	1,0 (11)	8,9
2000	7,3 (41)	9,4 (53)	1,0 (6)	9,4	

¹⁾ Ved summering eventuelt regnet med 1/2 deteksjonsgrense.

²⁾ Verdier fra reanalyse. ΣDDT fra 1. gangs analyse: 1,9.

³⁾ Data fra CEMP/INDEKS.

Forts. Tabell 17.

(b.)

Stasjoner	År	DDT	DDE	DDD	Σ DDT	
St. B1 Byrkjenes	2001	1,8 (33)	3,0 (54)	0,7 (13)	5,5	
	2002	1,5 (32)	2,3 (50)	0,8 (18)	4,6	
	2003	5,9 (56)	3,0 (29)	1,6 (15)	10,5	
	2004	1,4 (38)	1,9 (52)	0,4 (10)	3,7	
	2006	6,1 (60)	3,3 (32)	0,8 (8)	10,2	
	2007	1,0 (34)	1,9 (54)	0,4 (13)	3,4	
	2008	0,8 (32)	1,5 (62)	0,2 (6)	2,4	
	2009	0,8 (33)	1,4 (56)	0,3 (11)	2,5	
	2010	1,7 (43)	1,9 (48)	0,4 (9)	4,0	
	St. B2 Eitrheim	2001	- ⁴⁾	3,9 (<86)	0,6 (<14)	4,5
2002		2,1 (40)	2,5 (47)	0,7 (13)	5,3	
2003		4,1 (55)	2,2 (30)	1,1 (15)	7,4	
2004		1,5 (37)	2,1 (52)	0,4 (11)	4,0	
2005		5,7 (43)	6,6 (50)	0,9 (7)	13,2	
2006		5,1 (48)	4,5 (43)	0,9 (9)	10,5	
2007		1,7 (31)	3,2 (57)	0,7 (12)	5,6	
2008		1,0 (32)	1,9 (61)	0,2 (7)	3,1	
2009		1,4 (32)	2,4 (55)	0,6 (14)	4,4	
2010		1,3 (33)	2,1 (53)	0,6 (14)	4,0	
St. B3 Tyssedal	2001	1,5 (<34)	2,9 (<66)	- ⁴⁾	4,4	
	2002	- ⁴⁾	2,1 (<68)	1,0 (<32)	3,1	
	2003	5,7 (62)	2,3 (25)	1,2 (13)	9,2	
	2004	1,8 (38)	2,4 (51)	0,5 (11)	4,7	
	2005	3,8 (42)	4,5 (49)	0,8 (9)	9,1	
	2006	5,6 (55)	3,9 (38)	0,8 (7)	10,3	
	2008	1,0 (35)	1,6 (58)	0,2 (7)	2,7	
	2009	1,0 (35)	1,5 (54)	0,4 (11)	2,8	
	2010	1,4 (45)	1,5 (45)	0,4 (11)	3,2	
	St. B4 Digranes	2001	1,0 (12)	6,0 (71)	1,5 (18)	8,5
2002		0,7 (14)	3,1 (59)	1,4 (27)	5,3	
2003		17,0 (71)	4,6 (19)	2,3 (10)	23,9	
2004		2,6 (42)	3,0 (49)	0,6 (9)	6,2	
2005		6,4 (44)	7,1 (49)	1,1 (8)	14,6	
2006		8,3 (48)	7,3 (42)	1,7 (10)	17,3	
2007		2,3 (32)	4,1 (56)	0,9 (12)	7,3	
2008		1,4 (31)	2,8 (62)	0,3 (7)	4,5	
2009		2,5 (35)	3,9 (54)	0,8 (11)	7,2	
2010		<0,2 (-)	3,2 (84)	0,6 (16)	3,8	
St. B6 Kvalnes	2001	15,0 (37)	21,0 (51)	4,8 (12)	40,8	
	2002	5,2 (20)	15,0 (56)	6,5 (24)	26,7	
	2004	17,0 (51)	13,0 (39)	3,4 (10)	33,4	
	2005	26,0 (44)	29,0 (49)	4,5 (8)	59,5	
	2006	27,0 (42)	30,0 (47)	6,7 (11)	63,7	
	2008	6,4 (30)	13,0 (62)	1,7 (8)	21,1	
	2009	3,0 (28)	6,5 (61)	1,1 (10)	10,6	
	2010	5,8 (36)	8,9 (55)	1,5 (9)	16,2	
	St. B7 Krossanes	2001	9,5 (52)	7,5 (41)	1,4 (8)	18,4
		2002	2,7 (25)	5,4 (51)	2,6 (24)	10,7
2003		21,0 (56)	12,0 (32)	4,3 (12)	37,3	
2004		8,2 (47)	7,9 (46)	1,2 (7)	17,3	
2005		8,0 (39)	11,0 (54)	1,3 (6)	20,3	
2006		14,0 (53)	10,0 (38)	2,4 (9)	26,4	
2007		4,1 (36)	6,0 (52)	1,4 (12)	11,5	
2008		1,7 (32)	3,2 (60)	0,4 (8)	5,3	
2009		3,3 (32)	5,6 (55)	1,3 (13)	10,2	
2010		4,3 (29)	8,9 (59)	1,8 (12)	15,0	

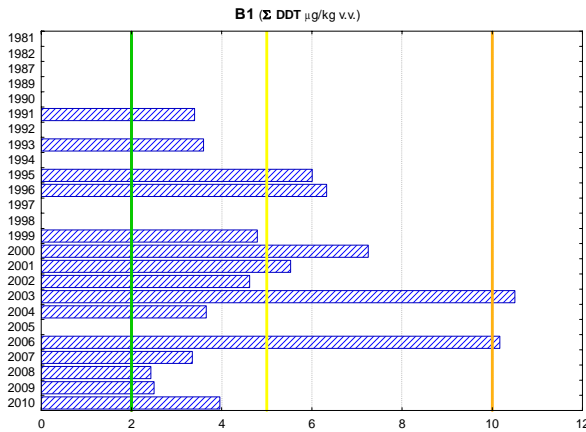
⁴⁾ Interferens i kromatogram.

*Forts. Tabell 17.**(c.)*

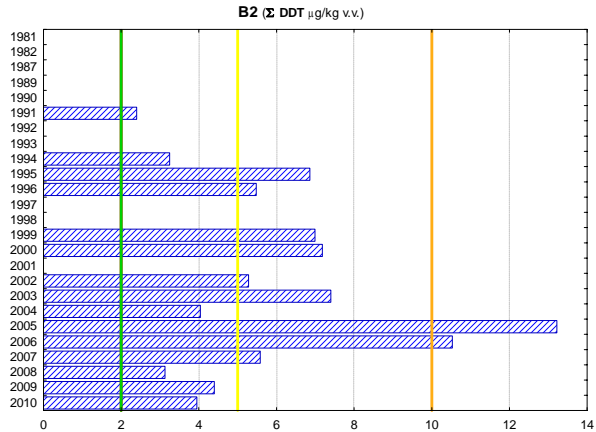
Stasjoner	År	DDT	DDE	DDD	Σ DDT
Måge	2003	17,0 (69)	4,6 (19)	2,9 (12)	24,5
	2004	7,8 (43)	8,9 (49)	1,4 (8)	18,1
	2005	6,9 (42)	8,3 (51)	1,2 (7)	16,4
	2006	8,4 (47)	7,5 (42)	2,0 (11)	17,9
	2008	5,6 (33)	8,0 (48)	3,2 (19)	16,8
	2009	8,8 (32)	16,0 (55)	5,9 (13)	30,7
	2010	3,2 (40)	4,1 (51)	0,8 (10)	8,1
	2003	16,0 (60)	8,1 (30)	2,7 (10)	26,8
	2004	3,3 (41)	4,2 (52)	0,6 (8)	8,1
	2005	7,4 (44)	8,5 (50)	1,1 (7)	17,0
Utne (Trones)	2006	55,0 (35)	92,0 (58)	12,0 (8)	159,0
	2007	25,0 (21)	85,0 (72)	8,8 (7)	118,8
	2008	6,3 (17)	28,0 (77)	2,4 (6)	36,7
	2009	22,0 (18,3)	87,0 (72,5)	11,0 (9,2)	120,0
	2010	23,0 (32)	44,0 (61)	4,8 (7)	71,8

Figur 30. Σ DDT i blåskjell fra Sørkjorden 1981-2010, $\mu\text{g/kg}$ våtvekt (søyler er kun vist for de år/stasjoner hvor alle tre komponenter [DDT, DDE og DDD] er detektert i prøven. Om fordeling mellom DDT, DDE og DDD, se Tabell 9 og 10. I parentes ved stasjonsnr.: Ca. avstand fra Odda [km]. Merk at aksene har ulik skala for de forskjellige stasjonene. Nedre grenser for Klifs tilstandsklasser for miljøkvalitet er angitt; grønn: Kl. II [moderat forurenset]; gul: Kl. III [markert forurenset]; oransje: Kl. IV [sterkt forurenset]; rød: Kl. V [meget sterkt forurenset]).

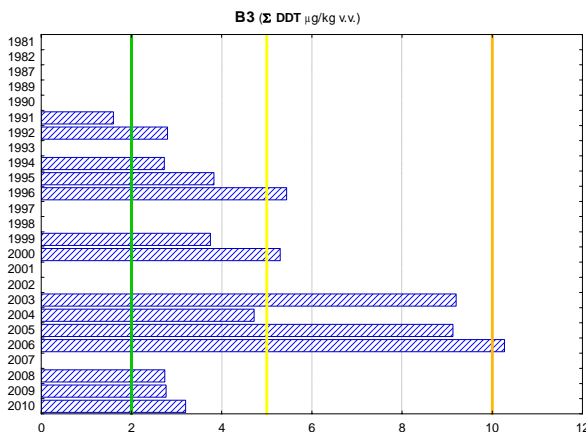
B1 (2).



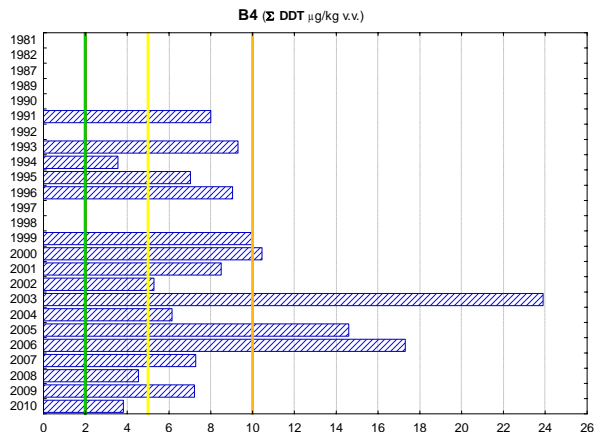
B2 (3).



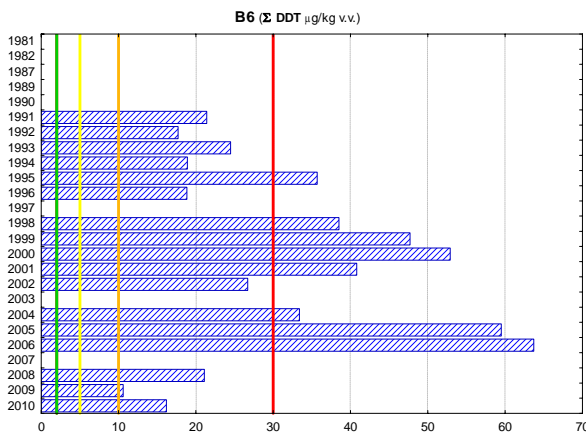
B3 (6).



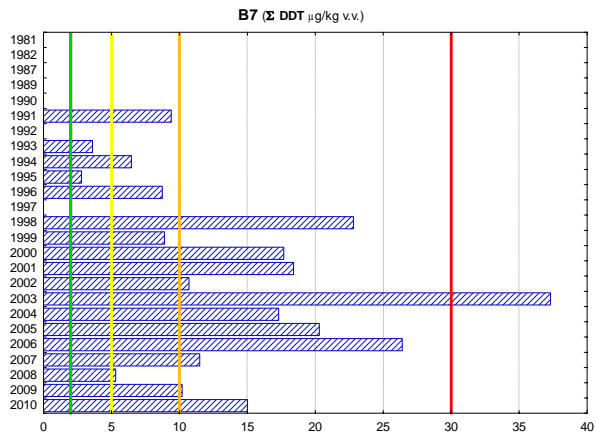
B4 (10).



B6 (18).

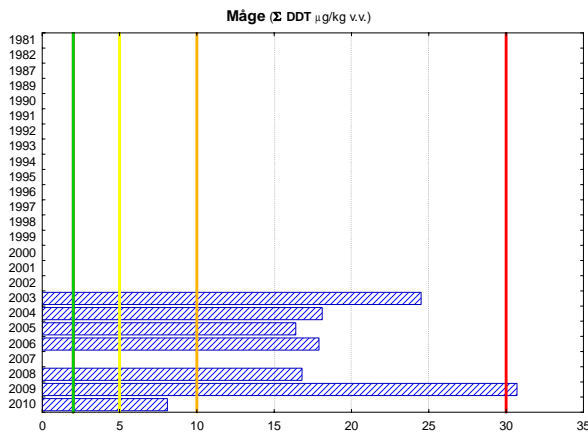


B7 (38).

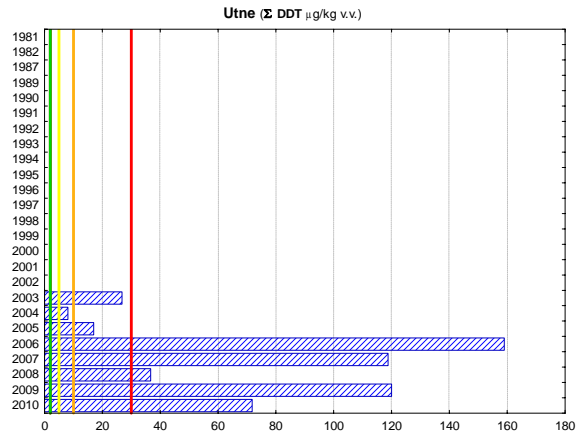


Forts. Figur 30.

Måge (15).



Utne (40).



PCB

Blåskjellene fra alle stasjoner i Sørfjorden var **lite/ubetydelig forurenset (Kl. I)** med ΣPCB_7 i 2010, med unntak av ved Tyssedal (st. B3), hvor (median-)konsentrasjonen tilsvarte **moderat forurenset (Kl. II;** Tabell 16, Tabell 18, Figur 31).

Tabell 18. ΣPCB_7 i blåskjell fra st. B3, Tyssedal 1991-2010 (1997-materialet pga. en feil ikke analysert. Det ble ikke funnet skjell på stasjon B3, Tyssedal i 2007), $\mu\text{g/kg}$ våtvekt og $\mu\text{g/kg}$ fett.

	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1998	1999	2000
Våtv.basis	8,8	10,1	10,6	8,2	10,1	17,2	20,5	13,4	45,3
Fettbasis	978	918	757	683	773	963	1139	957	3775

	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008 ¹⁾
Våtv.basis	1132	91,8	12,2	12,4	5,8	3,9	-	6,0
Fettbasis	59584	3825	719	592	222	296	-	315

	2009 ²⁾	2010 ³⁾
Våtv.basis	3,6	4,6
Fettbasis	211	231

¹⁾ Median av 3 replikater (alle skjell samlet 20.10.08).

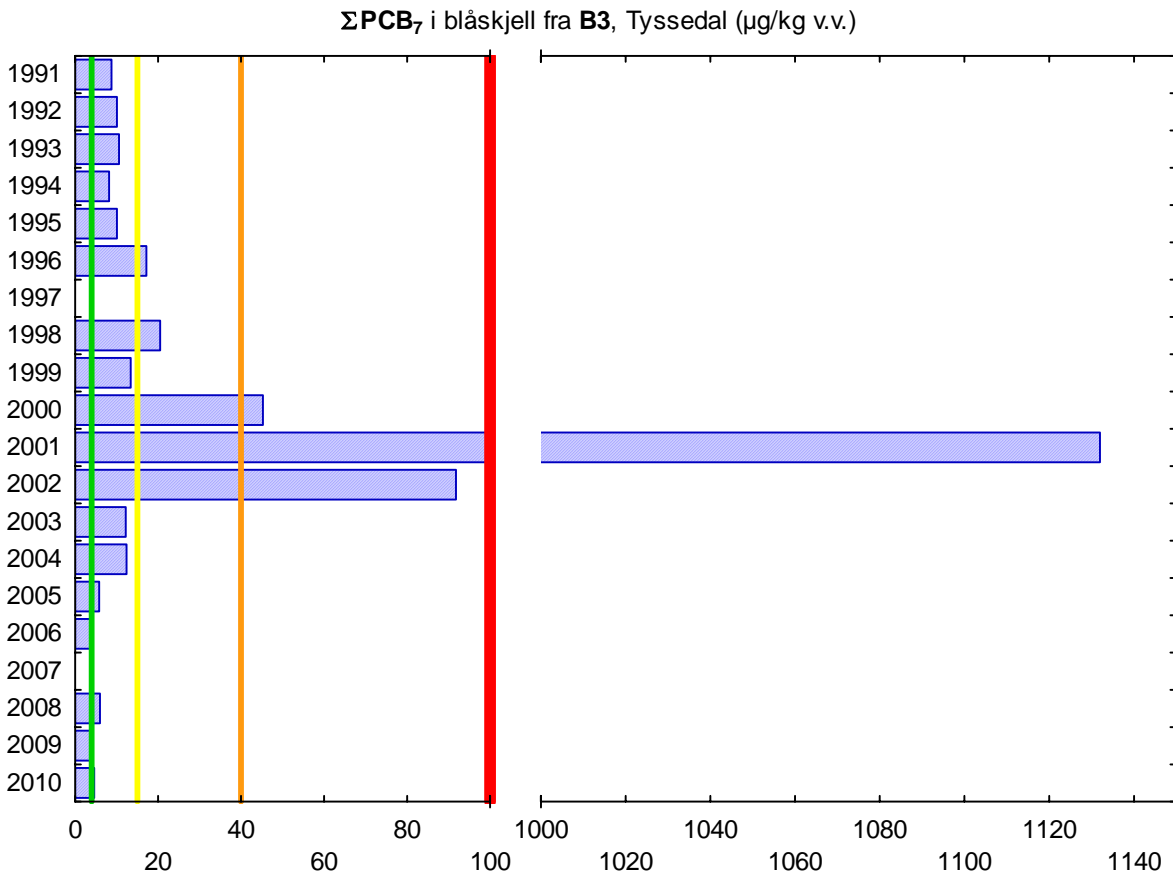
²⁾ Median av 3 replikater (alle skjell samlet 21.10.09).

³⁾ Median av 3 replikater (alle skjell samlet november 2010).

Ut fra en sammenligning av konsentrasjonene av PCB i blåskjell fra Sørfjorden med typiske konsentrasjoner i andre fjordområder, kan følgende bemerkes:

- Nivåene av PCB i blåskjell fra Sørfjorden (også når en ser bort fra ekstremkonsentrasjonen funnet i 2001) har de siste årene ligget litt høyere enn mange steder langs kysten [21].
- PCB-nivåene har imidlertid vært lavere enn i blåskjell i nærheten av havneområder og urbane strøk (eksempelvis indre Oslofjord [21] og ved Bergen [23]).

Figur 31. ΣPCB_7 i blåskjell fra Tyssedal (st. B3; 1991-2010), $\mu\text{g}/\text{kg}$ våtvekt. Verdiene er også gjengitt i Tabell 18. Nedre grenser for Klifs tilstandsklasser for miljøkvalitet er angitt; grønn: Kl. II (moderat forurenset); gul: Kl. III (markert forurenset); oransje: Kl. IV (sterkt forurenset); rød: Kl. V (meget sterkt forurenset). Mrk. brudd på akse mellom 100 og 1000.



Dioksiner og non-ortho PCB

Dioksiner (polyklorerte dibenzo-*p*-dioksiner og furaner), samt dioksinliknende PCB (non-ortho substituerte) ble analysert i 3 prøver av blåskjell fra Sørfjorden i 2010. I 2007 ble lever av torsk analysert for disse forbindelsene, mens filet av torsk ble analysert for disse forbindelsene i 2008. I 2009 var det lever av brosme som ble analysert for disse forbindelsene.

Resultatene er presentert i Tabell 19. Tabellen gir konsentrasjoner (pg/g) av de ulike analyserte kongenerene, samt toksiske ekvivalenter (TE) av sum dioksiner, sum furaner og sum non-ortho PCB.

Siden disse stoffene uttrykker giftighet gjennom den samme mekanismen, er såkalte toksiske ekvivalens-faktorer (TEF) utviklet som et verktøy i risikovurdering. Disse faktorene angir størrelsesorden-estimerer på giftighet av forbindelsene i forhold til 2,3,7,8-tetraklordibenzo-*p*-dioksin (TCDD), som er den mest giftige/potente av dioksinene og er tildelt TEF-verdien 1. TEF-verdier i kombinasjon med konsentrasjoner av aktuelle forbindelser brukes til å kalkulere toksiske ekvivalens-konsentrasjoner (TE) [29]. De TEF-verdier som anvendes av Verdens helseorganisasjon (WHO) fra 1998 [29] ble noe justert i 2005 [30].

Summen av toksiske ekvivalenter for dioksiner og furaner (median; ikke non-*ortho* PCB), TE_{PCDF/D}, ville tilsvare grensen mellom **Kl. II (moderat forurenset)** og **Kl. III, (markert forurenset)**, i Klifs klassifiseringssystem for miljøtilstand.

Konsentrasjonene av non-*ortho* PCB er høyere enn av dioksiner og furaner, og ettersom PCB-126 har TEF=0,1 så utgjør de toksiske ekvivalentene (TE) av non-*ortho* PCB-forbindelser (totalt) sammenlignbare nivåer med toksiske ekvivalenter av polyklorerte dibenzo-*p*-dioksiner og furaner i de to prøvene ved Tyssedal. Konsentrasjonene (og dermed toksiske ekvivalenter) av non-*ortho* PCB-forbindelser var imidlertid lavere ved Eitheim.

Til sammenligning er grenseverdiene som anvendes for fiskekjøtt og fiskerivarer (dog ikke skjell) 4 pg TE/g våtvekt (dioksiner). Felles grenseverdi for dioksiner og dioksinliknende PCB er 8 pg TE/g våtvekt [5]. Bakgrunnen for disse er EU regulativ 2375/2001 og oppdateringen fra 2006 (regulativ 1881/2006).

Det opereres for øvrig med et tolerabelt ukentlig inntak (TWI) på 14 pg/kg kroppsvekt for disse stoffene (bakgrunn i arbeid fra EUs Scientific Committee on Food; SCF).

Det må bemerkes at dette er første gang dioksiner og dioksinliknende PCB er rapportert i blåskjell fra Sjøfjorden og det foreligger således ingen tidsserie.

Enkelte PCB-kongenerer som er mono-*ortho* substituert er også tildelte toksiske ekvivalensfaktorer. Av disse er PCB-105, -118 (som f.ø. også inngår i ΣPCB₇) og PCB-156 analysert i blåskjell fra Sjøfjorden. Median konsentrasjon (min-max) (våtvekt) av disse kongenerene i de ovennevnte tre prøver var h.h.v. 0,25 µg/kg (0,08-0,32), 0,71 µg/kg (0,17-0,88) og 0,09 µg/kg (<0,05-0,12). I toksiske ekvivalenter (TE; WHO 2005) tilsvarer median-konsentrasjonene h.h.v. 0,0075 pg/g, 0,0213 pg/g og 0,0027 pg/g.

Ut fra en sammenligning av konsentrasjonene av dioksiner i blåskjell fra Sjøfjorden med typiske konsentrasjoner i andre fjordområder kan følgende bemerkes:

- Nivåene av dioksiner i blåskjell fra Sjøfjorden er lavere (en faktor ~10) enn i blåskjell fra Grenlandsfjordene, med kjent dioksinbelastning [21].
- Nivåene av dioksiner i blåskjell fra Sjøfjorden er imidlertid sammenlignbare med nivåer i blåskjell fra Kristiansand-området [21].
- Nivåene av dioksiner i blåskjell fra Sjøfjorden er høyere (en faktor ~5) enn i blåskjell fra indre Oslofjord [21].

Tabell 19. Konsentrasjoner (pg/g; våtvekt) av dioksiner (PCDD), furaner (PCDF) og non-ortho PCB (PCB-77, -81, -126 og -169), samt toksiske ekvivalenter (TE; pg/g; uthevet skrift) av sum dioksiner, sum furaner og sum non-ortho PCB i blåskjell fra Sørffjorden i 2010.

	Prøve 1 ¹⁾	Prøve 2 ²⁾	Prøve 3 ³⁾
2378-TCDD	0,08	0,06	0,05
12378-PeCDD	0,07	0,07	0,04
123478-HxCDD	<0,01	0,02	<0,01
123678-HxCDD	0,02	0,02	0,01
123789-HxCDD	0,02	0,02	0,01
1234678-HpCDD	0,15	0,15	0,09
OCDD	0,69	0,59	0,44
1378-TCDF	1,23	1,23	1,07
12378/12348-PeCDF	0,18	0,18	0,12
23478-PeCDF	0,53	0,56	0,64
123478/123479-HxCDF	0,05	0,06	0,05
123678-HxCDF	0,05	0,05	0,04
123789-HxCDF	<0,01	<0,01	<0,01
234678-HxCDF	0,07	0,06	0,08
1234678-HpCDF	0,05	0,05	0,03
1234789-HpCDF	<0,01	<0,01	<0,01
OCDF	0,05	0,05	0,03
PCB-77	13,8	14,7	9,88
PCB-81	1,56	1,69	1,41
PCB-126	4,42	4,61	1,77
PCB-169	0,44	0,45	0,27
TE (WHO 1998) sum PCDD	0,15	0,14	0,10
TE (WHO 1998) sum PCDF	0,42	0,43	0,45
TE (WHO 1998) sum n.o.-PCB	0,45	0,47	0,18
TE (WHO 2005) sum PCDD	0,15	0,14	0,10
TE (WHO 2005) sum PCDF	0,31	0,31	0,32
TE (WHO 2005) sum n.o.-PCB	0,46	0,48	0,19

¹⁾ Tyssedal 1 ²⁾ Tyssedal 2 ³⁾ Eitheim

Ordforklaringer:

TCDD:	Tetraklordibenzo- <i>p</i> -dioksin
PeCDD:	Pentaklordibenzo- <i>p</i> -dioksin
HxCDD:	Hexaklordibenzo- <i>p</i> -dioksin
HpCDD:	Heptaklordibenzo- <i>p</i> -dioksin
OCDD:	Oktaklordibenzo- <i>p</i> -dioksin
TCDF:	Tetraklordibenzofuran
PeCDF:	Pentaklordibenzofuran
HxCDF:	Hexaklordibenzofuran
HpCDF:	Heptaklordibenzofuran
OCDF:	Oktaklordibenzofuran

6. Referanser

1. Skei, J., Rygg, B., Moy, F., Molvær, J., Knutzen, J., Hylland, K., Næs, K., Green, N., og Johnsen, T. 1998. Forurensningsutviklingen i Sjørfjorden/Hardangerfjorden i perioden 1980-1997. Sammenstilling av resultater fra overvåkingen av vann, sedimenter og organismer. Rapport 742/98 innen Statlig program for forurensningsovervåking. NIVA-rapport 3922-98. 95 s.
2. Amundsen, C.E. 2009. Kartlegging av DDT i jord ved Kvalneset, Ullensvang herad. Bioforsk-rapport Vol. 4 Nr. 123.
3. Ruus, A., Green, N.W., Maage, A., Amundsen, C.E., Schøyen, M., og Skei, J. 2010. Post World War II orcharding creates present day DDT-problems in the Sjørfjord (Western Norway) - A case study. *Marine Pollution Bulletin*. 60: s. 1856-1861.
4. Skei, J., Ruus, A., og Måge, A. 2005. Kildekartlegging av DDT i Sjørfjorden, Hordaland. Forprosjekt. NIVA-rapport 5038-2005, 44 s.
5. Økland, T. 2005. Kostholdsråd i norske havner og fjorder - En gjennomgang av kostholdsråd i norske havner og fjorder fra 1960-tallet til i dag. Rapport utarbeidet av Bergfald & Co as på vegne av Mattilsynet, med Vitenskapskomiteen for mattrygghet (VKM) og Statens forurensningstilsyn (SFT) som samarbeidende etater. 269 s.
6. Danielsson, L.G., Magnusson, B., og Westerlund, S. 1978. An improved metal extraction procedure for the determination of trace metals in sea water by atomic absorption spectrometry with electrothermal atomization. *Anal. Chim. Acta*. 98: s. 47-59.
7. Bloom, N.S. og Crecelius, E.A. 1983. Determination of mercury in seawater at sub-nanogram per liter levels. *Mar. Chem.* 14: s. 49-59.
8. Molvær, J. 2005. Overvåking av miljøforholdene i Sjørfjorden 2004. Delrapport 1. Oksygen, nitrogen og fosfor i vannmassene. Rapport 923/2005 innen Statlig program for forurensningsovervåking. NIVA-rapport 4696-2005, 26 s.
9. National Research Council og Environmental Protection Agency 1980. The International MUSSEL WATCH. Report of a Workshop Sponsored by the Environmental Studies board, Commission on Natural Resources and the National Research Council. National Academy of Sciences, Washington D.C. Library of Congress Catalog Card Number 80-80896. International Standard Book Number 0-309-03040-4.
10. Green, N.W. og Knutzen, J. 2001. Joint Assessment and Monitoring Programme. Forurensningsindeks og referanseindeks basert på observasjoner av miljøgifter i blåskjell fra utvalgte områder 1995-1999. Rapport 821/01 innen Statlig program for forurensningsovervåking. NIVA-rapport 4342-2001. 35 s.
11. Ruus, A. og Green, N. 2005. Overvåking av miljøforholdene i Sjørfjorden 2004. Delrapport 3. Miljøgifter i organismer. Rapport 938/2005 innen Statlig program for forurensningsovervåking. NIVA-rapport 5069-2005, 61 s.
12. Schlabach, M., Biseth, A., Gundersen, H., og Knutzen, J. 1995. Congener specific determination and levels of polychlorinated naphthalenes in cod liver samples from Norway. *Organohalogen Compounds*. 24: s. 489-492.
13. Schlabach, M., Biseth, A., Gundersen, H., og Oehme, M. 1993. On-line GPC/carbon clean up method for determination of PCDD/F in sediment and sewage sludge samples. *Organohalogen Compounds*. 11: s. 71-74.
14. Oehme, M., Klungsoyr, J., Biseth, A., og Schlabach, M. 1994. Quantitative determination of ppq-ppt levels of polychlorinated dibenzo-p-dioxins and

- dibenzofurans in sediments from the Arctic (Barents Sea) and the North Sea. *Anal. Methods Instrum.* 1: s. 153-163.
15. DNV 2006. Miljøundersøkelser av metaller og fluorid i indre del av Sør fjorden 2006. Rapport nr.: 2006-0490.
 16. Molvær, J., Helland, A., og Schøyen, M. 2002. Overvåking av miljøforholdene i Sør fjorden. Metaller, oksygen, nitrogen og vannutskiftning i 2001. Rapport 853/2002 innen Statlig program for forurensningsovervåking. NIVA-rapport 4562-2002, 51 s.
 17. Ruus, A., Skei, J., Molvær, J., Green, N.W., og Schøyen, M. 2009. Overvåking av miljøforholdene i Sør fjorden 2008. Metaller i vannmassene, Oksygen, nitrogen og fosfor i vannmassene, Miljøgifter i organismer. Rapport 1049/2009 innen Statlig program for forurensningsovervåking. NIVA-rapport 5808-2009, 91 s.
 18. Molvær, J., Knutzen, J., Magnusson, J., Rygg, B., Skei, J., og Sørensen, J. 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Veiledning. SFT-rapport TA-1467/1997, 36 s.
 19. Moy, F., Christie, H., og Tveiten, L. 2007. Undersøkelser av sukkertare i Hardangerfjorden. Tilstandsrapport fra befarings 2-3 juli 2007. SFT-rapport TA-2344/2007. NIVA-rapport nr. 5509/2007. 10 s.
 20. Knutzen, J. og Green, N.W. 2001. Joint Assessment and Monitoring Programme (JAMP). "Bakgrunnsnivåer" av miljøgifter i fisk og blåskjell basert på datamateriale fra 1990-1998. Rapport 829/01 innen Statlig program for forurensningsovervåking. NIVA-rapport 4339-2001, 145 s.
 21. Green, N.W., Schøyen, M., Øxnevad, S., Ruus, A., Høgåsen, T., Beylich, B., Håvardstun, J., Rogne, Å.G., og Tveiten, L. 2010. Hazardous substances in fjords and coastal waters - 2009. Levels, trends and effects. Long-term monitoring of environmental quality in Norwegian coastal waters. Norwegian State Pollution Monitoring Programme Report no. 1079/2010. TA-no. 2716/2010. 287 s.
 22. Lobel, P.B. og Marshall, H.D. 1998. A unique low molecular zinc-binding ligand in the kidney cytosol of the mussel *Mytilus edulis*, and its relationship to the inherent variability of zinc accumulation in organisms. *Mar. Biol.* 99: s. 101-105.
 23. Knutzen, J., Skei, J., Johnsen, T.M., Hylland, K., Klungsøyr, J., og Schlabach, M. 1995. Miljøgiftundersøkelser i Byfjorden/Bergen og tilliggende fjordområder. Fase 2. Observasjoner i 1994. NIVA-rapport 3351-95, 163 s.
 24. Fjeld, E., Schlabach, M., Berge, J.A., Eggen, T., Snilsberg, P., Vogelsang, C., Rognerud, S., Kjellberg, G., Enge, E.K., Dye, C.A., og Gundersen, H. 2005. Kartlegging av utvalgte nye organiske miljøgifter 2004. Bromerte flammehemmere, perfluoralkylstoffer, irgarol, diuron, BHT og dicofol. NIVA-rapport 5011-2005, 97s+vedlegg.
 25. Ruus, A. og Green, N.W. 2007. Overvåking av miljøforholdene i Sør fjorden 2006. Delrapport 3. Miljøgifter i organismer. Rapport 995/2006 innen Statlig program for forurensningsovervåking. NIVA-rapport 5495-2007, 65 s.
 26. Ruus, A., Skei, J., Green, N.W., og Schøyen, M. 2008. Overvåking av miljøforholdene i Sør fjorden 2007. Metaller i vannmassene, sedimentundersøkelse, miljøgifter i organismer. Rapport 1034/2008 innen Statlig program for forurensningsovervåking. NIVA-rapport 5635-2008, 107 s.
 27. Ruus, A., Skei, J., Green, N.W., og Schøyen, M. 2010. Overvåking av miljøforholdene i Sør fjorden 2009. Metaller i vannmassene, Miljøgifter i organismer. Rapport 1076/2010 innen Statlig program for forurensningsovervåking. NIVA-rapport 6018-2010, 92 s.

28. Ruus, A. og Green, N.W. 2006. Overvåking av miljøforholdene i Sørfjorden 2005. Delrapport 3. Miljøgifter i organismer. Rapport 959/2006 innen Statlig program for forurensningsovervåking. NIVA-rapport 5268-2006, 58 s.
29. Van den Berg, M., Birnbaum, L., Bosveld, A.T.C., Brunstrom, B., Cook, P., Feeley, M., Giesy, J.P., Hanberg, A., Hasegawa, R., Kennedy, S.W., Kubiak, T., Larsen, J.C., van Leeuwen, F.X.R., Liem, A.K.D., Nolt, C., Peterson, R.E., Poellinger, L., Safe, S., Schrenk, D., Tillitt, D., Tysklind, M., Younes, M., Waern, F., og Zacharewski, T. 1998. Toxic equivalency factors (TEFs) for PCBs, PCDDs, PCDFs for humans and wildlife. *Environmental Health Perspectives*. 106(12): s. 775-792.
30. Van den Berg, M., Birnbaum, L.S., Denison, M., De Vito, M., Farland, W., Feeley, M., Fiedler, H., Hakansson, H., Hanberg, A., Haws, L., Rose, M., Safe, S., Schrenk, D., Tohyama, C., Tritscher, A., Tuomisto, J., Tysklind, M., Walker, N., og Peterson, R.E. 2006. The 2005 World Health Organization reevaluation of human and mammalian toxic equivalency factors for dioxins and dioxin-like compounds. *Toxicological Sciences*. 93(2): s. 223-241.

VEDLEGG (Rådata)

Metaller, saltholdighet, temperatur og siktedyp i overflatevann og dypvann i 2010

**Måle- og analysemetoder
(temperatur, saltholdighet, siktedyp, oksygen, nitrogen og fosfor)**

**Metaller og klororganiske forbindelser i blåskjell fra Sørfjorden
samlet i uke 44-46 (november), 2010 (våtvektsbasis)**

**PCDD, PCDF og non-ortho PCB (samt toksiske ekvivalenter av disse) i blåskjell
fra Sørfjorden, november 2010 (våtvektsbasis)**

Rådata: Metaller, saltholdighet, temperatur og siktedyp i overflatevann og dypvann 2010.**Urdheim**

Dato	Dyp meter	Hg ng/l	Pb µg/l	Zn µg/l	Cd µg/l	Cu µg/l	Sal. o/oo	Temp. °C	Siktedyp m
25.02.2010	0	<1,0	1,10	5,19	0,082	0,43	26,5	7,6	10,5
22.03.2010	0	<1,0	0,14	2,13	0,04	0,34	27,7	5,6	13,0
26.05.2010	0	<1,0	0,15	3,63	0,04	0,65	9,2	11,4	6,0
22.06.2010	0	<1,0	0,89	14,00	0,03	1,87	13,2	15,4	5,0
22.06.2010	20	<1,0	0,16	3,15	0,04	0,27	28,3	9,2	
22.06.2010	40	<1,0	0,12	2,50	0,03	0,30	29,5	8,6	
22.06.2010	100	2,0	0,10	2,10	0,03	0,29	29,9	8,2	
22.06.2010	250	<1,0	0,16	3,19	0,02	0,56	30,7	8,1	
17.08.2010	0	<1,0	0,18	3,22	0,04	0,68	10,4	18,5	5,0
14.09.2010	0	<1,0	0,23	6,26	0,07	0,671	20,1	14,5	4,5
14.09.2010	20	<1,0	<0,025	1,05	0,01	0,475	26,3	15,0	
14.09.2010	40	<1,0	0,03	1,23	0,02	0,359	27,4	13,1	
14.09.2010	100	<1,0	0,08	3,68	0,05	0,677	28,4	9,9	
14.09.2010	250	17,5	1,02	4,12	0,02	0,327	28,6	9,0	
19.10.2010	0	3	0,07	2,71	0,02	0,646	18,8	10,2	7,0
17.11.2010	0	1,5	0,42	6,26	0,05	0,963	21,6	6,5	8,0

Børve

Dato	Dyp meter	Hg ng/l	Pb µg/l	Zn µg/l	Cd µg/l	Cu µg/l	Sal. o/oo	Temp. °C	Siktedyp m
25.02.2010	0	<1,0	0,69	4,39	0,063	0,74	27,8	4,8	12,0
22.03.2010	0	<1,0	0,19	2,40	0,05	0,35	23,3	5,4	13,0
26.05.2010	0	<1,0	0,20	3,20	0,03	0,38	7,2	10,1	4,0
22.06.2010	0	<1,0	0,25	4,44	0,06	0,77	9,8	16,0	5,5
22.06.2010	20	<1,0	0,24	3,70	0,04	0,66	27,9	8,9	
22.06.2010	40	1,5	0,18	2,75	0,03	0,32	29,7	8,6	
22.06.2010	100	3,5	0,23	7,86	0,03	1,23	30,4	8,3	
22.06.2010	250	<1,0	0,08	2,70	0,02	0,27	31,5	8,4	
22.06.2010	320	<1,0	0,09	3,58	0,02	0,33	32,2	8,9	
17.08.2010	0	<1,0	0,16	3,28	0,03	0,56	9,3	18,1	4,5
14.09.2010	0	<1,0	0,22	4,64	0,07	0,69	19,3	14,2	4,0
14.09.2010	20	<1,0	0,05	1,71	0,02	0,50	24,1	13,2	
14.09.2010	40	<1,0	0,04	1,50	0,02	0,32	26,4	12,2	
14.09.2010	100	<1,0	0,42	5,90	0,10	0,63	27,5	9,8	
14.09.2010	250	<1,0	0,12	4,25	0,02	0,56	28,1	8,7	
14.09.2010	320	<1,0	0,07	3,95	0,02	0,18	28,0	8,9	
19.10.2010	0	2,0	0,09	2,47	0,02	0,54	19,9	11,3	7,5
17.11.2010	0	1,5	0,26	6,80	0,04	1,12	21,0	8,0	8,5

Digranes

Dato	Dyp meter	Hg ng/l	Pb µg/l	Zn µg/l	Cd µg/l	Cu µg/l	Sal. o/oo	Temp. °C	Siktedyp m
25.02.2010	0	<1,0	0,76	4,40	0,068	0,86	25,1	7,3	10,0
22.03.2010	0	1,5	0,33	3,78	0,10	0,36	21,4	5,3	10,0
26.05.2010	0	<1,0	0,21	3,49	0,04	0,44	8,7	9,3	3,5
22.06.2010	0	5,0	0,23	3,44	0,07	0,48	2,4	13,8	5,5
22.06.2010	20		0,48	5,23	0,05	0,43	28,8	8,9	
22.06.2010	40	1,5	0,22	3,45	0,04	0,35	29,1	8,6	
22.06.2010	100		0,23	3,09	0,03	0,33	29,6	8,2	
22.06.2010	250	<1,0	0,12	2,79	0,02	0,42	30,2	8,3	
17.08.2010	0	<1,0	0,24	3,84	0,03	0,50	9,8	17,2	4,0
14.09.2010	0	<1,0	0,13	3,02	0,03	0,68	19,2	14,2	4,0
14.09.2010	20	<1,0	0,24	7,05	0,09	0,41	26,2	13,2	
14.09.2010	40	<1,0	0,13	3,15	0,03	0,36	27,3	12,1	
14.09.2010	100	<1,0	0,16	8,56	0,21	0,36	27,4	9,2	
14.09.2010	250	<1,0	0,16	2,79	0,02	0,20	28,5	8,2	
19.10.2010	0	<1,0	0,18	3,84	0,04	0,55	18,0	9,7	7,0
17.11.2010	0	1,0	0,26	6,20	0,05	1,06	21,6	9,5	9,0

Tyssedal

Dato	Dyp meter	Hg ng/l	Pb µg/l	Zn µg/l	Cd µg/l	Cu µg/l	Sal. o/oo	Temp. °C	Siktedyp m
25.02.2010	0	<1,0	0,87	4,8	0,07	0,77	24,6	6,5	11,5
22.03.2010	0	2,0	0,57	6,2	0,16	0,45	20,8	5,7	9,0
26.05.2010	0	<1,0	0,22	4,0	0,04	0,72	14,1	10,5	2,5
22.06.2010	0	<1,0	0,26	4,3	0,06	0,46	4,1	13,9	4,0
22.06.2010	20	1,5	1,62	27,1	0,12	2,32	27,3	8,8	
22.06.2010	40	<1,0	0,50	7,0	0,05	3,83	29,3	8,6	
22.06.2010	100	<1,0	0,32	5,6	0,04	0,44	29,4	8,6	
17.08.2010	0	<1,0	0,27	4,16	0,03	0,45	7,4	16,1	3,5
14.09.2010	0	<1,0	0,17	3,75	0,04	0,686	18,9	14,2	4,0
14.09.2010	20	1,5	0,49	10,10	0,12	0,447	26,8	13,2	
14.09.2010	40	<1,0	0,25	4,74	0,05	0,41	27,2	12,3	
14.09.2010	100	1,5	0,27	10,50	0,28	0,38	27,3	9,4	
19.10.2010	0	1,5	0,23	3,59	0,03	0,50	18,6	10,7	7,0
17.11.2010	0	1,0	0,28	6,11	0,05	0,62	19,0	8,8	9,0

Lindenes

Dato	Dyp meter	Hg ng/l	Pb µg/l	Zn µg/l	Cd µg/l	Cu µg/l	Sal. o/oo	Temp. °C	Siktedyp m
25.02.2010	0	<1,0	1,34	7,4	0,12	0,85	26,8	6,1	10,0
22.03.2010	0	5,0	0,59	6,24	0,17	0,47	20,5	5,7	8,0
26.05.2010	0	<1,0	0,18	3,30	0,03	0,44	9,4	9,2	3,0
22.06.2010	0	<1,0	0,20	3,09	0,04	0,42	4,3	13,8	5,0
22.06.2010	20	1,5	0,96	15,10	1,78	0,50	28,1	9,0	
22.06.2010	40	1,5	0,49	5,78	0,09	0,43	28,8	8,9	
17.08.2010	0	<1,0	0,23	3,37	0,03	0,39	9,9	17,4	3,0
14.09.2010	0	<1,0	0,18	4,44	0,04	0,411	17,6	13,9	3,5
14.09.2010	20	2,5	0,79	14,60	0,15	0,502	25,9	13,1	
14.09.2010	40	3	1,01	11,10	0,11	0,539	26,8	12,0	
19.10.2010	0	1,5	0,35	5,58	0,04	0,72	17,5	10,6	6,5
17.11.2010	0	1,5	0,42	9,00	0,08	1,37	20,1	9,8	8,0

Havnebasseng

Dato	Dyp meter	Hg ng/l	Pb µg/l	Zn µg/l	Cd µg/l	Cu µg/l	Sal. o/oo	Temp. °C	Siktedyp m
25.02.2010	0	1,0	2,11	13,4	0,21	1,69	25,9	5,5	10,0
22.03.2010	0	1,5	0,46	5,99	0,14	0,42	16,0	4,8	8,5
26.05.2010	0	<1,0	0,17	3,14	0,03	0,43	7,9	9,0	4,0
22.06.2010	0	<1,0	0,31	3,21	0,02	0,45	3,3	13,2	4,0
22.06.2010	20	2,0	0,89	19,90	4,00	0,50	28,2	9,0	
22.06.2010	40	3,0	1,15	12,50	0,15	0,71	28,7	8,9	
17.08.2010	0	<1,0	0,27	3,79	0,03	0,43	6,3	15,5	4,0
14.09.2010	0	<1,0	0,19	4,07	0,05	0,693	11,1	13,4	4,0
14.09.2010	20	3	0,89	15,40	0,17	0,581	24,3	13,0	
14.09.2010	40	5,5	2,55	17,10	0,19	0,993	25,6	11,9	
19.10.2010	0	1,5	0,41	6,98	0,06	1,06	18,8	9,8	5,0
17.11.2010	0	2,0	0,58	10,80	0,10	1,06	19,1	10,1	10,0

Eitrheimsvågen

Dato	Dyp meter	Hg ng/l	Pb µg/l	Zn µg/l	Cd µg/l	Cu µg/l	Sal. o/oo	Temp. °C	Siktedyp m
25.02.2010	0	<1,0	1,98	11,7	0,21	1,89	26,9	5,3	9,5
22.03.2010	0	1,5	0,51	10,40	0,14	0,47	11,2	3,7	9,0
22.03.2010	10	6,0	1,39	24,90	0,28	0,80			
26.05.2010	0	<1,0	1,02	16,20	0,09	0,62	12,0	9,6	3,0
22.06.2010	0	<1,0	0,36	4,76	0,04	0,46	2,4	13,7	5,0
22.06.2010	10	10,2	2,34	40,40	0,79	1,35	28,1	9,5	
17.08.2010	0	<1,0	0,38	6,50	0,04	0,412	4,30	15,7	4,0
14.09.2010	0	1,5	0,85	13,70	0,09	0,67	10,0	12,6	4,0
14.09.2010	10	7,5	1,38	33,10	0,34	0,69	22,7	14,9	
19.10.2010	0	1,5	1,30	15,20	0,04	0,852	18,6	9,8	3,5
17.11.2010	0	3,5	4,21	19,70	0,21	1,05	24,9	12,7	8,0

Måle- og analysemetoder (temperatur, saltholdighet, siktedyp, oksygen, nitrogen og fosfor).*Siktedyp:*

Siktedypet er målt som det dyp hvor en hvit skive (secchi-skive) med ca. 25 cm diameter forsvinner av syne fra overflaten. Vannkikkert er ikke brukt.

Temperatur og saltholdighet:

Er målt ved bruk av en YSI modell 30 sonde. Spesifikasjonen er vist nedenfor.

30 salinity, conductivity & temperature (System Specifications)			
Range: User-selected or autoranging			
Adjustable reference temperature: 15 to 25°C			
Adjustable temperature compensation factor: 0 to 4%			
Cable lengths: 10, 25, 50, 100 feet (3, 7.6, 15.2, 30.5 meters)			
Measurement	Range	Resolution	Accuracy (meter & probe)
Conductivity	0 to 499.9 µS/cm	0.1 µS/cm	±0.5% full scale
	0 to 4999 µS/cm	1 µS/cm	±0.5% full scale
	0 to 49.99 mS/cm	0.01 mS/cm	±0.5% full scale
	0 to 200.0 mS/cm	0.1 mS/cm	±0.5% full scale
Salinity	0 to 80 ppt	0.1 ppt	±2% or ±0.1 ppt
Temperature	-5 to +95°C	0.1°C	±0.1°C (±1 lsd)

Oksygen:

Modifisert Winkler-metode.

Nitrat:

Analyseres ved hjelp av Autoanalysator. Nedre grense er 1 µg N/l.

Total fosfor:

Analyseres ved hjelp av Autoanalysator ved NIVAs laboratorium i Oslo. Nedre grense er 1 µg P/l.

Hydrografiske profilmålinger 22. juni 2010 ble benyttet med en nedsenkbar sonde av typen SAIV SD204. Spesifikasjonene til sonden er gitt nedenfor.

Egenskaper for hydrografiloggeren SAIV SD204

Parameter	Rekkevidde	Oppløsning	Nøyaktighet	Responstid
Konduktivitet, C	0 - 70 mS/cm	0,01 ms/cm	± 0,02 mS/cm	
Salinitet (fra C)	0 - 40	0,01	± 0,02	
Temperatur, T	-2 - +40 °C	0,001 °C	± 0,01 °C	0,2 s
Trykk P	500 m	0,01 dbar (m)	± 0,01 % FS	0,1 s

Rådata: Metaller og klororganiske forbindelser i blåskjell samlet på ulike stasjoner i Sør fjorden, november 2010 (våtvektsbasis).

Rekvisisjonsnr : 2011-00051 Mottatt dato : 20110114 Godkjent av : KLR Godkjent dato: 20110303

Prosjektnr : O 26461 02

Kunde/Stikkord : Sør fjorden biota

Kontaktpr./Saksbeh. : ARU

Analysevariabel	Enhet	Metode	Prøto	Merking	Prøvetype	TTS/%		Pct-%		Cu/MS-B		Hg-B		Pb/MS-B		Zn/MS-B		CB28-B		CB52-B		
						B	%	H 3-4	E 8-3	H 3-4	E 8-3	H 3-4	E 8-3	H 3-4	E 8-3	H 3-4	E 8-3	H 3-4	E 8-3	H 3-4	E 8-3	H 3-4
1	1	20101025	B1	Byrkjenes	biotek	2011-00051	17.5	2.20	0.431	0.99	0.042	4.10	11.9	11.9	11.9	11.9	11.9	11.9	11.9	11.9	11.9	11.9
2	2	20101025	B2	Eitrem	biotek	2011-00051	24.7	3.00	0.319	1.14	0.020	1.44	11.7	11.7	11.7	11.7	11.7	11.7	11.7	11.7	11.7	
3	3	20101025	B3	Tyessedal nr 1	biotek	2011-00051	16.7	1.81	0.378	1.06	0.042	2.18	16.1	16.1	16.1	16.1	16.1	16.1	16.1	16.1	16.1	
4	4	20101025	B3	Tyessedal nr 2	biotek	2011-00051	18.0	2.17	0.384	1.09	0.039	2.33	18.9	18.9	18.9	18.9	18.9	18.9	18.9	18.9	18.9	
5	5	20101025	B3	Tyessedal nr 3	biotek	2011-00051	17.6	1.99	0.370	1.00	0.039	1.93	15.2	15.2	15.2	15.2	15.2	15.2	15.2	15.2	15.2	
6	6	20101025	B4	Digranes	biotek	2011-00051	20.6	2.55	0.208	1.12	0.016	0.52	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	
7	7	20101025	B6	Kvalnes	biotek	2011-00051	14.1	1.24	0.332	0.72	0.034	1.61	13.9	13.9	13.9	13.9	13.9	13.9	13.9	13.9	13.9	
8	8	20101025	B7	Krossanes Urheim	biotek	2011-00051	14.9	1.27	0.330	0.73	0.029	1.52	13.6	13.6	13.6	13.6	13.6	13.6	13.6	13.6	13.6	
9	9	20101025	B8	Måge	biotek	2011-00051	15.4	1.82	0.352	0.89	0.042	1.37	12.2	12.2	12.2	12.2	12.2	12.2	12.2	12.2	12.2	
10	10	20101025	B9	Urne nr 1	biotek	2011-00051	17.3	1.28	0.227	3.76	0.022	0.42	16.2	16.2	16.2	16.2	16.2	16.2	16.2	16.2	16.2	
11	11	20101025	B9	Urne nr 2	biotek	2011-00051	18	2.13	0.205	6.89	0.021	0.39	16.8	16.8	16.8	16.8	16.8	16.8	16.8	16.8	16.8	
12	12	20101025	B9	Urne nr 3	biotek	2011-00051	17.3	1.88	0.203	3.56	0.020	0.37	13.9	13.9	13.9	13.9	13.9	13.9	13.9	13.9	13.9	

Analysevariabel	Enhet	Metode	Prøto	Merking	Prøvetype	CB101-B		CB118-B		CB105-B		CB153-B		CB138-B		CB156-B		CB209-B		ΣPCB	
						H 3-4	H 3-4	H 3-4	H 3-4	H 3-4	H 3-4	H 3-4	H 3-4	H 3-4	H 3-4	H 3-4	H 3-4	H 3-4	H 3-4	H 3-4	H 3-4
1	1	20101025	B1	Byrkjenes	biotek	<0.4	0.16	0.07	0.45	0.33	<0.05	0.14	<0.05	0.14	<0.05	0.14	<0.05	0.14	<0.05	0.14	<1.73
2	2	20101025	B2	Eitrem	biotek	s0.43	0.17	0.08	0.42	0.34	<0.05	0.14	<0.05	0.14	<0.05	0.14	<0.05	0.14	<0.05	0.14	s1<1.27
3	3	20101025	B3	Tyessedal nr 1	biotek	0.84	0.71	0.25	1.1	1.0	0.09	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	s1<4.24
4	4	20101025	B3	Tyessedal nr 2	biotek	1.1	0.88	0.32	1.3	1.3	0.12	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	s<5.34
5	5	20101025	B3	Tyessedal nr 3	biotek	0.97	0.82	0.29	1.2	1.2	0.12	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	s<4.44
6	6	20101025	B4	Digranes	biotek	<0.40	0.13	0.06	0.29	0.26	<0.05	0.07	<0.05	0.07	<0.05	0.07	<0.05	0.07	<0.05	0.07	<1.32
7	7	20101025	B6	Kvalnes	biotek	<0.20	0.08	<0.05	0.20	0.16	<0.05	0.14	<0.05	0.14	<0.05	0.14	<0.05	0.14	<0.05	0.14	<0.79
8	8	20101025	B7	Krossanes Urheim	biotek	<0.10	0.12	<0.05	0.20	0.20	0.22	0.07	<0.05	0.07	<0.05	0.07	<0.05	0.07	<0.05	0.07	i<0.58
9	9	20101025	B8	Måge	biotek	<0.30	0.12	0.05	0.30	0.22	<0.05	0.07	<0.05	0.07	<0.05	0.07	<0.05	0.07	<0.05	0.07	i<1.21
10	10	20101025	B9	Urne nr 1	biotek	<0.30	0.12	<0.05	0.33	0.21	<0.05	0.07	<0.05	0.07	<0.05	0.07	<0.05	0.07	<0.05	0.07	i<1.15
11	11	20101025	B9	Urne nr 2	biotek	<0.20	0.10	0.05	0.42	0.26	<0.05	0.07	<0.05	0.07	<0.05	0.07	<0.05	0.07	<0.05	0.07	<1.35
12	12	20101025	B9	Urne nr 3	biotek	<0.30	<0.20	0.06	0.44	0.28	<0.05	0.09	<0.05	0.09	<0.05	0.09	<0.05	0.09	<0.05	0.09	i<1.57

Rekvisisjonsnr : 2011-00051 Mottatt dato : 20110114 Godkjent av : KLR Godkjent dato: 20110303

Prosjektnr : O 26461 02

Kunde/Stikkord : Sør fjorden biota

Kontaktpr./Saksbeh. : ARU

Analysevariabel	Enhet	Metode	Prøto	Merking	Prøvetype	OCB-B		HCHA-B		HCB-B		HCHG-B		OCS-B		DOEPP-B		TDREPP-B		DDEPP-B	
						H 3-4	H 3-4	H 3-4	H 3-4	H 3-4	H 3-4	H 3-4	H 3-4	H 3-4	H 3-4	H 3-4	H 3-4	H 3-4	H 3-4	H 3-4	H 3-4
1	1	20101025	B1	Byrkjenes	biotek	<0.03	<0.05	0.09	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	1.9	0.36	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7
2	2	20101025	B2	Eitrem	biotek	0.03	<0.05	0.10	<0.05	0.10	<0.05	2.1	0.55	2.1	0.55	2.1	0.55	2.1	0.55	2.1	0.55
3	3	20101025	B3	Tyessedal nr 1	biotek	<0.03	<0.05	0.06	<0.05	0.06	<0.05	1.3	0.29	1.3	0.29	1.3	0.29	1.3	0.29	1.3	0.29
4	4	20101025	B3	Tyessedal nr 2	biotek	<0.03	<0.05	0.08	<0.05	0.08	<0.05	1.7	0.42	1.7	0.42	1.7	0.42	1.7	0.42	1.7	0.42
5	5	20101025	B3	Tyessedal nr 3	biotek	<0.03	<0.05	0.08	<0.05	0.08	<0.05	1.5	0.40	1.5	0.40	1.5	0.40	1.5	0.40	1.5	0.40
6	6	20101025	B4	Digranes	biotek	<0.03	<0.05	0.09	<0.05	0.09	<0.05	3.2	0.62	3.2	0.62	3.2	0.62	3.2	0.62	3.2	0.62
7	7	20101025	B6	Kvalnes	biotek	<0.03	<0.05	0.06	<0.05	0.06	<0.05	8.9	1.5	8.9	1.5	8.9	1.5	8.9	1.5	8.9	1.5
8	8	20101025	B7	Krossanes Urheim	biotek	<0.03	<0.05	0.06	<0.05	0.06	<0.05	4.1	0.79	4.1	0.79	4.1	0.79	4.1	0.79	4.1	0.79
9	9	20101025	B8	Måge	biotek	<0.03	<0.05	0.07	<0.05	0.07	<0.05	3.8	0.7	3.8	0.7	3.8	0.7	3.8	0.7	3.8	0.7
10	10	20101025	B9	Urne nr 1	biotek	<0.03	<0.05	0.09	<0.05	0.09	<0.05	5.3	0.9	5.3	0.9	5.3	0.9	5.3	0.9	5.3	0.9
11	11	20101025	B9	Urne nr 2	biotek	<0.03	<0.05	0.07	<0.05	0.07	<0.05	4.4	0.8	4.4	0.8	4.4	0.8	4.4	0.8	4.4	0.8
12	12	20101025	B9	Urne nr 3	biotek	<0.03	<0.05	0.07	<0.05	0.07	<0.05	4.4	0.8	4.4	0.8	4.4	0.8	4.4	0.8	4.4	0.8

s Det er knyttet større usikkerhet enn normalt til kvantifisering.

i Forbindelsen er dekket av en interferens i kromatogrammet.

PNR 1 RET: Prøvene i retur til ARU. PCB: Rapporteringsgrensen er høyere enn normalt for CB28.

CB52 og CB101 i enkelte prøver pga interferens i kromatogrammet.

PNR 2 PCB:s-forbindelsen er delvis dekket av en interferens i kromatogrammet av prøven. Det er derfor knyttet større usikkerhet enn normalt til kvantifisering.

Rådata: PCDD, PCDF og non-ortho PCB (samt toksiske ekvivalenter av disse) i blåskjell fra Sørfjorden, november 2010 (våtvektsbasis).

**Results of
PCDD/PCDF and nonortho-PCB Analysis**



Encl. to measuring report: O-7634

NILU sample number: 11/754

Customer: NIVA v/A. Ruus

Customers sample ID: Tyssedal 1

: (B3-I)

Sample type: Blåskjell

Sample amount: 36,0 g

Total sample amount:

Concentration units: pg/g

Data files: SA300

Compound	Concentration		Recovery	TE(nordic)	TE (1998)	TE (2005)
	pg/g					
Dioxins						
2378-TCDD		0,08	59	0,08	0,08	0,08
12378-PeCDD		0,07 b	68	0,03	0,07	0,07
123478-HxCDD	<	0,01	72	0,00	0,00	0,00
123678-HxCDD		0,02 i	67	0,00	0,00	0,00
123789-HxCDD		0,02		0,00	0,00	0,00
1234678-HpCDD		0,15	63	0,00	0,00	0,00
OCDD		0,69	70	0,00	0,00	0,00
SUM PCDD				0,12	0,15	0,15
Furanes						
2378-TCDF		1,23	79	0,12	0,12	0,12
12378/12348-PeCDF		0,18	*	0,00	0,01	0,01
23478-PeCDF		0,53	69	0,27	0,27	0,16
123478/123479-HxCDF		0,05	71	0,01	0,01	0,01
123678-HxCDF		0,05	65	0,00	0,00	0,00
123789-HxCDF	<	0,01	*	0,00	0,00	0,00
234678-HxCDF		0,07	67	0,01	0,01	0,01
1234678-HpCDF		0,05	66	0,00	0,00	0,00
1234789-HpCDF	<	0,01	*	0,00	0,00	0,00
OCDF		0,05	62	0,00	0,00	0,00
SUM PCDF				0,41	0,42	0,31
SUM PCDD/PCDF				0,53	0,57	0,46
nonortho - PCB						
33'44'-TeCB (PCB-77)		13,8	71		0,00	0,00
344'5'-TeCB (PCB-81)		1,56			0,00	0,00
33'44'5'-PeCB (PCB-126)		4,42	69		0,44	0,44
33'44'55'-HxCB (PCB-169)		0,44	72		0,00	0,01
SUM TE-PCB					0,45	0,46

TE(nordic) : 2378-TCDD toxicity equivalents according to the nordic model (Ahlborg et al., 1988)

TE (1998) : 2378-TCDD toxicity equivalents according to the WHO model (M. Van den Berg et al., 1998)

TE (2005) : 2378-TCDD toxicity equivalents according to the WHO model (M. Van den Berg et al., 2005)

< : Lower than detection limit at signal-to-noise 3 to 1

i : Isotope ratio deviates more than 20 % from theoretical value.

This may be due to instrumental noise or/and chemical interference

b : Lower than 10 times method blank

g : Recovery is not according to NILUs quality criteria

* : Samplingstandard NS-EN 1948

Rådata: PCDD, PCDF og non-ortho PCB (samt toksiske ekvivalenter av disse) i blåskjell fra Sørfjorden, november 2010 (våtvektsbasis).

Results of PCDD/PCDF and nonortho-PCB Analysis



Encl. to measuring report: O-7634

NILU sample number: 11/755

Customer: NIVA v/A. Ruus

Customers sample ID: Tyssedal 2

: (B3-III)

Sample type: Blåskjell

Sample amount: 31,7 g

Total sample amount:

Concentration units: pg/g

Data files: SA300

Compound	Concentration		Recovery	TE(nordic)	TE (1998)	TE (2005)
	pg/g					
Dioxins						
2378-TCDD	0,06		71	0,06	0,06	0,06
12378-PeCDD	0,07	b	83	0,04	0,07	0,07
123478-HxCDD	0,02		85	0,00	0,00	0,00
123678-HxCDD	0,02		86	0,00	0,00	0,00
123789-HxCDD	0,02	i		0,00	0,00	0,00
1234678-HpCDD	0,15		84	0,00	0,00	0,00
OCDD	0,59		87	0,00	0,00	0,00
SUM PCDD				0,10	0,14	0,14
Furanes						
2378-TCDF	1,23		92	0,12	0,12	0,12
12378/12348-PeCDF	0,18		*	0,00	0,01	0,01
23478-PeCDF	0,56		87	0,28	0,28	0,17
123478/123479-HxCDF	0,06		90	0,01	0,01	0,01
123678-HxCDF	0,05		83	0,01	0,01	0,01
123789-HxCDF	<		*	0,00	0,00	0,00
234678-HxCDF	0,06		86	0,01	0,01	0,01
1234678-HpCDF	0,05		88	0,00	0,00	0,00
1234789-HpCDF	<		*	0,00	0,00	0,00
OCDF	0,05		85	0,00	0,00	0,00
SUM PCDF				0,42	0,43	0,31
SUM PCDD/PCDF				0,53	0,57	0,45
nonortho - PCB						
33'44'-TeCB (PCB-77)	14,7		87		0,00	0,00
344'5'-TeCB (PCB-81)	1,69				0,00	0,00
33'44'5'-PeCB (PCB-126)	4,61		81		0,46	0,46
33'44'55'-HxCB (PCB-169)	0,45		88		0,00	0,01
SUM TE-PCB					0,47	0,48

TE(nordic) : 2378-TCDD toxicity equivalents according to the nordic model (Ahlborg et al., 1988)

TE (1998) : 2378-TCDD toxicity equivalents according to the WHO model (M. Van den Berg et al., 1998)

TE (2005) : 2378-TCDD toxicity equivalents according to the WHO model (M. Van den Berg et al., 2005)

< : Lower than detection limit at signal-to-noise 3 to 1

i : Isotope ratio deviates more than 20 % from theoretical value.

This may be due to instrumental noise or/and chemical interference

b : Lower than 10 times method blank

g : Recovery is not according to NILUs quality criteria

* : Samplingstandard NS-EN 1948

Rådata: PCDD, PCDF og non-ortho PCB (samt toksiske ekvivalenter av disse) i blåskjell fra Sørfjorden, november 2010 (våtvektsbasis).

**Results of
PCDD/PCDF and nonortho-PCB Analysis**



Encl. to measuring report: O-7625

NILU sample number: 11/876

Customer: NIVA v/A. Ruus

Customers sample ID: B-2

:

Sample type: Blåskjell

Sample amount: 40,0 g

Total sample amount:

Concentration units: pg/g

Data files: SA303

Compound	Concentration		Recovery	TE(nordic)	TE (1998)	TE (2005)
	pg/g					
Dioxins						
2378-TCDD		0,05	29	0,05	0,05	0,05
12378-PeCDD		0,04 b	88	0,02	0,04	0,04
123478-HxCDD	<	0,01	91	0,00	0,00	0,00
123678-HxCDD		0,01	94	0,00	0,00	0,00
123789-HxCDD		0,01		0,00	0,00	0,00
1234678-HpCDD		0,09	91	0,00	0,00	0,00
OCDD		0,44 b	91	0,00	0,00	0,00
SUM PCDD				0,08	0,10	0,10
Furanes						
2378-TCDF		1,07	93	0,11	0,11	0,11
12378/12348-PeCDF		0,12	*	0,00	0,01	0,00
23478-PeCDF		0,64	89	0,32	0,32	0,19
123478/123479-HxCDF		0,05	93	0,00	0,00	0,00
123678-HxCDF		0,04	88	0,00	0,00	0,00
123789-HxCDF	<	0,01	*	0,00	0,00	0,00
234678-HxCDF		0,08	90	0,01	0,01	0,01
1234678-HpCDF		0,03	84	0,00	0,00	0,00
1234789-HpCDF	<	0,01	*	0,00	0,00	0,00
OCDF		0,03	87	0,00	0,00	0,00
SUM PCDF				0,45	0,45	0,32
SUM PCDD/PCDF				0,52	0,55	0,42
nonortho - PCB						
33'44'-TeCB (PCB-77)		9,88	76		0,00	0,00
344'5'-TeCB (PCB-81)		1,41			0,00	0,00
33'44'5'-PeCB (PCB-126)		1,77	84		0,18	0,18
33'44'55'-HxCB (PCB-169)		0,27	89		0,00	0,01
SUM TE-PCB					0,18	0,19

TE(nordic) : 2378-TCDD toxicity equivalents according to the nordic model (Ahlborg et al., 1988)

TE (1998) : 2378-TCDD toxicity equivalents according to the WHO model (M. Van den Berg et al., 1998)

TE (2005) : 2378-TCDD toxicity equivalents according to the WHO model (M. Van den Berg et al., 2005)

< : Lower than detection limit at signal-to-noise 3 to 1

i : Isotope ratio deviates more than 20 % from theoretical value.

This may be due to instrumental noise or/and chemical interference

b : Lower than 10 times method blank

g : Recovery is not according to NILUs quality criteria

* : Samplingstandard NS-EN 1948



KLIMA- OG
FORURENSNINGS-
DIREKTORATET

Klima- og forurensningsdirektoratet
Postboks 8100 Dep, 0032 Oslo
Besøksadresse: Strømsveien 96
Telefon: 22 57 34 00
Telefaks: 22 67 67 06
E-post: postmottak@klif.no
Internett: www.klif.no

Utførende institusjon Norsk institutt for vannforskning (NIVA)	ISBN-nummer 978-82-577-5934-6
---	----------------------------------

Oppdragstakers prosjektansvarlig Anders Ruus	Kontaktperson i Klima- og forurensningsdirektoratet Henrik Gade	TA-nummer 2824
		SPFO-nummer 1103

	År 2011	Sidetall 100	Klifs kontraktnummer 4010013
--	------------	-----------------	---------------------------------

Utgiver Norsk institutt for vannforskning NIVA-rapport 6199-2011 Prosjekt nr. 26461	Prosjektet er finansiert av Klima og forurensningsdirektoratet, Boliden Odda AS, Eramet Titanium & Iron, Tyssefaldene A/S, Odda kommune og Ullensvang herad
--	--

Forfatter(e) Anders Ruus, Jens Skei, Kjersti Lundmark Daae, Norman Green, Merete Schøyen

Tittel - norsk og engelsk Overvåking av miljøforholdene i Sørfjorden 2010. Metaller i vannmassene, Oksygen, nitrogen og fosfor i vannmassene, Miljøgifter i organismer Monitoring of environmental quality in the Sørfjord 2010. Metals in the water masses, Oxygen, nitrogen and phosphorus in the water masses, Contaminants in organisms

Sammendrag – summary Resultatene av overvåkingen i 2010 kan oppsummeres som følger: Til tross for en økning i utslipp til vann sammenlignet med 2009 er det små forskjeller i konsentrasjonene av metaller i overflatevannet. I dypere vannlag er nivåene sporadisk høyere enn i overflatevannet. Nitratkonsentrasjonene i fjorden var de laveste observert siden 2001, som viser at utviklingen med avtakende utlekking av nitrogen fra sedimentene fortsetter. Fosfor viser en økning i 2010, sammenlignet med perioden 2005-2008 som har vært stabil. Konsentrasjonene av kvikksølv i torsk fra Sørfjorden tilsvarte Kl. II (moderat). Kvikksølv i blåskjell viste konsentrasjoner opp til Kl. II. Det var ingen overskridelser av Kl. I (lite/ubetydelig forurenset) for kobber og sink i blåskjell, med unntak av kobber ved Utne (Kl. II). Kadmium og bly i blåskjell viste konsentrasjoner fra Kl. I og opp til Kl. III (markert). ΣPCB ₇ - og ΣDDT-konsentrasjonene i torsk fra Sørfjorden tilsvarte Kl. III i lever og Kl. II i filet. ΣDDT i blåskjell tilsvarte opp til Kl. V (meget sterkt forurenset) og de høyeste konsentrasjonene ble observert ved Utne. Blåskjell fra Sørfjorden var lite/ubetydelig forurenset med ΣPCB ₇ (Kl. I), unntatt ved Tyssedal (Kl. II). TE _{PCDF/D} i blåskjell var moderat (Kl..II) til markert (Kl. III).
--

4 emneord Overvåking, Sørfjorden, Miljøgifter, Forurensning	4 subject words Monitoring, Sørfjord, Contaminants, Pollution
---	--



Klima- og forurensningsdirektoratet

Postboks 8100 Dep,
0032 Oslo

Besøksadresse: Strømsveien 96

Telefon: 22 57 34 00

Telefaks: 22 67 67 06

E-post: postmottak@klif.no

www.klif.no

Om Statlig program for forurensningsovervåking

Statlig program for forurensningsovervåking omfatter overvåking av forurensningsforholdene i luft og nedbør, skog, vassdrag, fjorder og havområder. Overvåkingsprogrammet dekker langsiktige undersøkelser av:

- overgjødsling
- forsuring (sur nedbør)
- ozon (ved bakken og i stratosfæren)
- klimagasser
- miljøgifter

Overvåkingsprogrammet skal gi informasjon om tilstanden og utviklingen av forurensningssituasjonen, og påvise eventuell uheldig utvikling på et tidlig tidspunkt. Programmet skal dekke myndighetenes informasjonsbehov om forurensningsforholdene, registrere virkningen av iverksatte tiltak for å redusere forurensningen, og danne grunnlag for vurdering av nye tiltak. Klima- og forurensningsdirektoratet er ansvarlig for gjennomføringen av overvåkingsprogrammet.