



RAPPORT LNR 4610-2002

## Resipientundersøkelse i Trondheimsfjorden 2001

Miljøgifter i grisetang  
(*Ascophyllum nodosum*) og blåskjell  
(*Mytilus edulis*)

**Hovedkontor**

Postboks 173, Kjelsås  
0411 Oslo  
Telefon (47) 22 18 51 00  
Telefax (47) 22 18 52 00  
Internet: www.niva.no

**Sørlandsavdelingen**

Televeien 3  
4879 Grimstad  
Telefon (47) 37 29 50 55  
Telefax (47) 37 04 45 13

**Østlandsavdelingen**

Sandvikaveien 41  
2312 Ottestad  
Telefon (47) 62 57 64 00  
Telefax (47) 62 57 66 53

**Vestlandsavdelingen**

Nordnesboder 5  
5005 Bergen  
Telefon (47) 55 30 22 50  
Telefax (47) 55 30 22 51

**Akvaplan-niva**

9296 Tromsø  
Telefon (47) 77 75 03 00  
Telefax (47) 77 75 03 01

Tittel  Resipientundersøkelse i Trondheimsfjorden 2001. Miljøgifter i grisetang ( <i>Ascophyllum nodosum</i> ) og blåskjell ( <i>Mytilus edulis</i> )	Løpenr. (for bestilling) 4610-2002	Dato 06/02-03
	Prosjektnr. O-202463, O-202462	Sider      Pris 27
Forfatter(e) John Arthur Berge	Fagområde Miljøgifter marint	Distribusjon Fri
	Geografisk område Sør Trøndelag	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Oceanor/Trondheim kommune	Oppdragsreferanse
---	-------------------

**Sammendrag:** Det er gjennomført resipientundersøkelser i Trondheimsfjorden for Trondheim kommune. Her rapporteres delundersøkelsen som omhandler miljøgifter i grisetang (*Ascophyllum nodosum*) og blåskjell (*Mytilus edulis*). Tang fra 7 stasjoner (Fagervika, Ilamoloen, Skansen, Ladehammermoloen, Korsvika, Munkholmen, Folafofen) og skjell fra 4 av de samme stasjoner ble analysert. Tangen ble analysert for kvikksølv (Hg), kadmium (Cd), bly (Pb), kobber (Cu) og sink (Zn), nikkel (Ni) og krom (Cr). Skjellene ble analysert for metaller (Hg, Cd, Pb, Cu, Zn), polyklorerte bifenyler (PCB), polysykliske aromatiske hydrokarbiner (PAH) og tinnorganiske forbindelser som tributyltinn (TBT). Tangen fra Fagervika var sterkt forurenset med henholdsvis kobber og moderat forurenset med krom. De høyeste konsentrasjoner av krom (markert forurenset) ble observert i alger fra Skansen. For øvrig synes tangen å være ubetydelig til moderat forurenset med alle de analyserte metaller på alle stasjoner i 2001. En høyere konsentrasjon av Cu og Zn ble funnet i tang fra Fagervika i 2001 enn i 1987 og var de eneste tilfeller der en observerte en økning i metallkonsentrasjon fra 1987 til 2001. Også i skjell ble de høyeste konsentrasjoner av metaller i hovedsak observert i Fagervika. Med unntak av Cu var skjellene både i 1987 og i 2001 ubetydelig til moderat forurenset med metaller. I skjell fra Fagervika ble det imidlertid i 2001 observert dobbelt så høye Cu-konsentrasjoner som i 1987. Både for tang og skjell var det relativt få endringer fra 1987 til 2001 mht. tilstandsklasse og der det hadde skjedd en endring var dette med ett unntak (Cu i skjell fra Fagervika) i retning av lavere forureningsgrad. Konsentrasjonen av TBT i skjell var relativt høy (markert forurenset) på alle stasjoner. Skjell fra alle stasjoner var ubetydelig til lite forurenset med PCB. De høyeste konsentrasjoner av PAH ble funnet i blåskjell fra Fagervika (markert forurenset) mens skjellene fra Ila-moloen gjennomgående inneholdt de laveste konsentrasjoner (ubetydelig til lite forurenset). Med unntak av for TBT er det i hovedsak Fagervika hvor miljøgiftinnholdet i skjell indikerer begrensninger når det gjelder vannets bruk til akvakulturformål og fritidsfiske. Fagervika er kraftig eksponert av Cu og andre forurenninger fra tidligere virksomhet ved Killingdals gruver og av oljekomponenter som sannsynligvis stammer fra skipstrafikken ved en oljeterminal i nærområdet.

Fire norske emneord 1. Miljøgifter 2. Grisetang 3. Blåskjell 4. Resipientvurdering	Fire engelske emneord 1. Micropollutents 2. Knobbed wrack 3. Blue mussel 4. Environmental evaluation
--	--



John Arthur Berge  
Prosjektleder



Kristoffer Næs  
Forskningsleder



Jens Skei  
Forskningsdirektør

**Resipientundersøkelse i Trondheimsfjorden 2001.**  
Miljøgifter i grisetang (*Ascophyllum nodosum*) og  
blåskjell (*Mytilus edulis*)

## Forord

I forbindelse med mulige renskrav knyttet til kloakkutslipp til Trondheimsfjorden fra Høvringen rensanlegg ønsket Trondheim kommune å gjennomføre resipientundersøkelser i Trondheimsfjorden. Kommunen la gjennomføringen av undersøkelsene ut på anbud med anbudsfrist 31/7-2000. OCEANOR, NIVA og SINTEF ga et samlet anbud på resipientundersøkelsen (OCEANOR, 2000). På basis av anbudet ble gjennomføringen av undersøkelsen gitt til de tre samarbeidspartnere under ledelse av OCEANOR.

Resipientundersøkelsen omfattet følgende fagområder

- Hydrografi (strøm, salt , temperatur)
- Kontinuerlige målinger-strøm,
- Sporstoffundersøkelser
- Utslippsberegninger
- Målinger av næringssalter og oksygen
- Målinger av klorofyll, planktonalger og bakterier
- Kartlegging av bakteriologiske forhold på badeplasser
- Fjæresoneundersøkelser
- Undersøkelser av bløtbunnsfauna
- Undersøkelser av miljøgifter i sedimenter
- Undersøkelser av miljøgifter i organismer (alger, blåskjell, fisk)
- Kartlegging av brukereinteresser

NIVA har hatt fagansvar for fjæresoneundersøkelser, undersøkelser av bløtbunnsfauna, undersøkelser av miljøgifter i sedimenter og undersøkelser av miljøgifter i organismer (alger, blåskjell, fisk).

I denne rapporten rapporteres resultatene fra undersøkelser av miljøgifter i alger og blåskjell.

Fagansvarlig for delprosjektet har vært John Arthur Berge, NIVA. NIVAs kontaktperson hos OCEANOR har vært Johanne Arff.

Feltarbeidet ble gjennomført av Mats Walday og Tone Kroglund begge fra NIVA. Alle analyser er utført av NIVA.

Oslo, 06/02-2003

*John Arthur Berge*

---

# Innhold

<b>Sammendrag</b>	<b>5</b>
<b>Summary</b>	<b>7</b>
<b>1. Innledning</b>	<b>9</b>
<b>2. Materiale og metode</b>	<b>10</b>
2.1 Metaller i grisetang	10
2.2 Miljøgifter i blåskjell	11
<b>3. Resultater og diskusjon</b>	<b>12</b>
3.1 Metaller i alger	12
3.2 Metaller i blåskjell	14
3.3 Tinnorganiske forbindelser i blåskjell	15
3.4 PCB og andre klororganiske forbindelser i blåskjell	16
3.5 PAH i blåskjell	17
3.6 Egnethet for akvakultur og fritidsfiske	19
<b>4. Sammenfattede kommentarer</b>	<b>20</b>
<b>5. Referanser</b>	<b>22</b>
<b>Vedlegg A. Stasjonsposisjoner,</b>	<b>23</b>
<b>Vedlegg B. Metode for analyse av miljøgifter i grisetang og blåskjell</b>	<b>24</b>
<b>Vedlegg C. Resultater av analyse av klororganiske forbindelser i blåskjell</b>	<b>26</b>
<b>Vedlegg D. Resultater fra analyse av polysykliske aromatiske hydrokarboner i blåskjell</b>	<b>27</b>

---

## Sammendrag

I forbindelse med mulige renskrav knyttet til kloakkutslipp til Trondheimsfjorden fra Høvringen rensanlegg ønsket Trondheim kommune å gjennomføre resipientundersøkelser i Trondheimsfjorden. Undersøkelsene er gjennomført i 2001 av OCEANOR, SINTEF og NIVA.. Her rapporteres resultatene fra delundersøkelsen som omhandler miljøgifter i grisetang (*Ascophyllum nodosum*) og blåskjell (*Mytilus edulis*).

Målsettingen har vært å beskrive dagens tilstand, danne grunnlag for vurdering av betydningen av dagens utslipp på miljøtilstanden, sammenligne med tidligere undersøkelser og danne grunnlag for senere oppfølging og overvåking.

Grisetang fra 7 stasjoner (Fagervika, Ilamoloen, Skansen, Ladehammermoloen, Korsvika, Munkholmen, Folafofen) og blåskjell fra 4 stasjoner (Fagervika, Ila-moloen, Ladehammermoloen, og Korsvika) ble analysert. Tangen ble analysert for metaller: kvikksølv (Hg), kadmium (Cd), bly (Pb), kobber (Cu) og sink (Zn), nikkel (Ni) og krom (Cr). Skjellene ble analysert for Hg, Cd, Pb, Cu, Zn, polyklorerte bifenyler (PCB), polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) og utvalgte tinnorganiske forbindelser som tributyltinn (TBT). Analyseresultater er klassifisert ifølge SFTs tilstandskriterier for fjord og kystfarvann.

Metallkonsentrasjonen i grisetang fra Munkholmen, Folafofen og Korsvika var i hovedsak lave (ubetydelig til lite forurenset) og bare Cr viste en noe forhøyet konsentrasjon (moderat forurenset). Tangen fra Fagervika var sterkt forurenset med henholdsvis kobber og moderat forurenset med krom. De høyeste konsentrasjoner av krom (markert forurenset) ble observert i tangen fra Skansen. For øvrig synes tangen å være ubetydelig til moderat forurenset med alle de analyserte metaller på alle stasjoner i 2001.

I hovedsak ble de høyeste konsentrasjoner av metaller observert i skjell fra Fagervika og de laveste fra Korsvika. Med unntak av kobber var skjellene både i 1987 og i 2001 ubetydelig til moderat forurenset med metaller (tilstandsklasse I-II). Skjellene fra Fagervika viste imidlertid i 2001 dobbelt så høye kobberkonsentrasjoner som i 1987. Dette medførte en forverring av tilstandsklasse fra moderat forurenset til markert forurenset. Kilden til kobber er antatt å være tidligere utslipp fra Killingdals Grubeselskaps oppredningsverk i Ilsvika og muligens resuspensjon fra kobberholdige sedimentpartikler på grunn av økt skipstrafikk. På de øvrige stasjoner ble det observert en nedgang i Cu-konsentrasjonen. For de øvrige metaller var det relativt få endringer fra 1987 til 2001 mht. tilstandsklasse og der det hadde skjedd en endring var det i retning av lavere forurensningsgrad.

Observerte konsentrasjoner av TBT i blåskjell var relativt høye (markert forurenset). TBT var den dominerende butyltinnforbindelse og er derfor sannsynligvis tilført relativt nylig. Skipsfart er i dag sannsynligvis den mest betydelige kilde til TBT i skjell i fjordområdet. Hensynet til skipsfarten har medført at en fremdeles tillater bruk av TBT som begroingshindrende middel. En må forvente en fortsatt spredning av forbindelsen så lenge den brukes på skip. En må regne med at TBT vil være et problem i norske kystområder i lang tid fremover. Det ble også observert noe trifenylytinn i skjell.

PCB er ofte et miljøproblem i havneområder. Skjellene var imidlertid på alle stasjoner ubetydelig til lite forurenset med polyklorerte bifenyler ( $\Sigma\text{PCB}_7$ ) og heksaklorbensen (HCB). Også for de landbruksrelaterte forbindelsene heksaklorsykkloheksan (HCH) og nedbrytningsproduktene av DDT (dvs. DDE og DDD) var konsentrasjonene lave.

De høyeste konsentrasjoner av PAH ble funnet i blåskjell fra Fagervika (markert forurenset) mens skjellene fra Ilamoloen inneholdt gjennomgående de laveste konsentrasjoner (ubetydelig til lite forurenset).

PAH stammer særlig fra forbrenning av kull og olje men også fra oljesøl, oljeprodukter, veiforurensning og utslipp fra smelteverk. Fagervika ligger nært inntil en oljeterminal der det foregår lasting og lossing av oljeprodukter fra skip som kan medføre stadige små oljesøl til sjøen i området Høvringen-IIa, slik at området eksponeres for PAH-komponenter. I tillegg kommer sotnedfall fra utendørs, åpen forbrenning av oljeprodukter i forbindelse med brannøvelser ved et øvelsesfelt på Høvringen.

Med unntak av for TBT er det i hovedsak Fagervika hvor miljøgiftinnholdet i skjell indikerer begrensninger når det gjelder vannets bruk til akvakulturformål og fritidsfiske.

## Summary

Title: Environmental investigations in Trondheimsfjorden (Norway) in 2001. Contaminants in nobbed wrack (*Ascophyllum nodosum*) and blue mussels (*Mytilus edulis*)

Year:2002

Author: John Arthur Berge

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 82-577-4271-6

---

Environmental investigations were performed in the Trondheimsfjord for The Municipality of Trondheim in order to evaluate the possible need for further treatment of the discharge from the sewage treatment plant at Høvringen. The investigations were performed by OCEANOR, SINTEF and NIVA. Here NIVA reports the results from analysis of metals and organic micropollutants in nobbed wrack (*Ascophyllum nodosum*) and blue mussels (*Mytilus edulis*).

The objective was to describe the present environmental condition in the recipient, establish basis for evaluation of present discharges on the environmental quality, compare with results from previous investigations and establish a basis for future monitoring.

Nobbed wrack was collected from 7 stations in the fjord in the vicinity of Trondheim (Fagervika, Ilamoloen, Skansen, Ladehammermoloen, Korsvika, Munkholmen and Folafoten) and blue mussels from 4 stations (Fagervika, Ila-moloen, Ladehamar-moloen and Korsvika).

The nobbed wrack was analysed for mercury (Hg), cadmium (Cd), lead (Pb), copper (Cu), zink (Zn), nickel (Ni) and chromium (Cr). The mussels were analysed for Hg, Cd, Pb, Cu, Zn, polychlorinated biphenyls (PCB), polycyclic aromatic hydrokarbons (PAH) and organotins like tributyltin (TBT). The analytical results are classified according to the classification system established by The Norwegian State Pollution Control Authority.

Nobbed wrack from Fagervika and Skansen was severely polluted with Cu and markedly polluted with Cr. High concentrations of Cu were also observed in nobbed wrack from Fagervika in 1987. The concentrations of metals in wrack from Munkholmen, Folafoten and Korsvika were in general low (insignificantly polluted) and Cr was the only metal which showed elevated concentrations (moderately polluted). The algae from Ilamoloen, Skansen and Ladehammermoloen were in 2001 insignificantly to moderately polluted with Cd, Cu, Hg, Ni, Pb and Zn.

The highest metal concentrations were in general observed in mussels from Fagervika and the lowest in mussels from Korsvika. The mussels were, with the exception for copper, both in 1987 and 2001 insignificantly to moderately polluted with metals. The copper concentration in mussels from Fagervika had doubled from 1987 (moderately polluted) to 2001 (markedly polluted). The observed high copper concentration is probably caused by former discharges of mine tailings from Killingdals Mining company. A reduction in copper concentrations was, however, observed in mussels from the remaining stations. There were relatively few changes in metal concentrations that resulted in significant changes in environmental quality. Where changes could be seen they indicated improved environmental quality.

The concentration of TBT in the mussels from all stations was high (markedly polluted) and of relatively new origin, probably from present use as antifouling compound on the underwater hull of larger ships.

---



The mussels were insignificantly polluted with PCB.

The highest concentrations of PAH were found in mussels from Fagervika (markedly polluted) and the lowest in mussels from Ilamoloen (insignificantly polluted). The mussels from Ladehammermoloen and Korsvika were insignificantly to moderately polluted with PAH. PAH may originate from combustion of coal and oil, oil spills, oil products, pollution from roads and industry. The source for the observed high concentration of PAH in the mussels from Fagervika is probably small oil spills from the activity at an oil terminal close to the Fagervika location.

# 1. Innledning

Trondheim kommune har et kloakkutslipp til Trondheimsfjorden fra Høvringen renseanlegg. I dag har anlegget et silanlegg med difusorutslipp på ca 50 m dyp. Det har vært reist spørsmål om nødvendigheten av ytterligere rensning av kloakkutslippet fra renseanlegget ved bygging av et kjemisk/biologisk rensetrinn. Sentralt for de renskrav som Trondheim kommune vil bli pålagt fra sentral miljøforvaltning (nasjonalt og innen EU) vil være dagens miljøtilstand i Trondheimsfjorden og i hvilken grad eventuelle dårlige miljøforhold kan knyttes til dagens utslipp fra Høvringen.

I denne rapporten rapporteres resultatene fra undersøkelser av miljøgifter i alger (grisetang) og blåskjell.

Målsettingen med undersøkelsene har vært å

- beskrive dagens tilstand
- danne grunnlag for vurdering av betydningen av dagens utslipp på miljøtilstanden
- sammenligne med tidligere undersøkelser
- danne grunnlag for senere oppfølging og overvåking

Alger: Hovedhensikten med undersøkelsene som ble gjennomført i 2001 var å se på utviklingen siden 1987 samt å få en oppdatert oversikt over dagens miljøtilstand. Resultatene fra 1987 (Stokland, 1988) viste at grisetang i Trondheimsområdet var markert til sterkt forurenset med kobber og lite til moderat forurenset med de øvrige metaller.

Blåskjell: Tidligere undersøkelser av blåskjell fra 4 stasjoner i Trondheims havneområde (Stokland, 1988) har avdekket at blåskjell fra Fagervika var moderat forurenset med kadmium, bly, kobber, sink mens skjell fra de øvrige stasjoner i hovedsak var ubetydelig til moderat forurenset med metaller. Overvåking i regi av SFT i området (Østmarknes, Biologisk stasjon) i årene 84, 85, 95 og 96 tyder på en relativt svak metallbelastning i blåskjell (Green og Rønningen, 1994; Green og Severinsen, 1999).

Undersøkelsene som ble gjennomført i 87 (Stokland, 1988), inkluderte ikke analyse av organiske miljøgifter. Andre undersøkelser kan imidlertid tyde på at en tidligere har hatt belastning med PCB (Green og Rønningen, 1994) og PAH (Green og Severinsen, 1999).

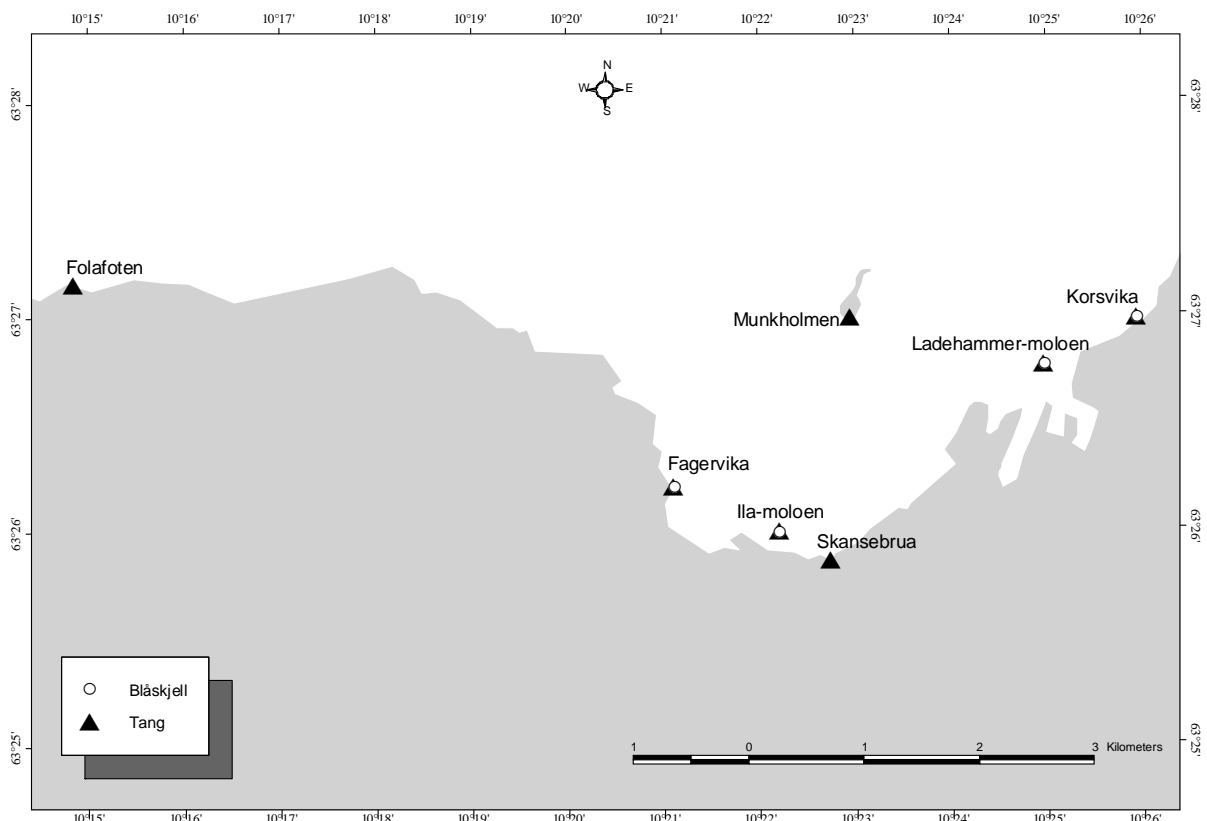
## 2. Materiale og metode

### 2.1 Metaller i grisetang

I dette delprosjektet har en i hovedsak gjentatt undersøkelser utført i 1987 (Stokland, 1988) men har i tillegg også analysert grisetang (*Ascophyllum nodosum*) fra to nye stasjoner (Munkholmen og Folafoten). Munkholmen ble valgt fordi stasjonen ligger noe ut i fra land og derfor i mindre grad antas å være påvirket av forholdene i Trondheims umiddelbare nærhet. Folafoten ble valgt fordi stasjonen antas å ligge oppstrøms hovedstrømretningen i området (cf. Thendrup et al. 1988).

Lokalisering av de enkelte stasjoner ses i Figur 1 og stasjonsposisjoner i Vedlegg A.

Tangen ble innsamlet fra i alt 7 stasjoner 20-22 august 2000. Innsamling av tang ble foretatt samtidig med hardbunnsundersøkelsene i littoralsonen (Kroglund og Walday, 2001). På hver stasjon ble det innsamlet 20 individer spredt på lokaliteten. Fra hver stasjon ble en blandprøve bestående av vev mellom 1. og 2. Blære (internode 1) analysert for metaller. Dvs. vev som i hovedsak er dannet i 2000 og dermed representerer metallbelastningen i denne periode.



**Figur 1.** Kart som viser stasjoner der det ble innsamlet blæretang og blåskjell

Følgende metaller ble analysert: kvikksølv (Hg), kadmium (Cd), bly (Pb), kobber (Cu) og sink (Zn), nikkel (Ni) og krom (Cr). Benyttede analysemetoder ses i vedlegg B.

## 2.2 Miljøgifter i blåskjell

Blåskjell (*Mytilus edulis*) opptrer i de øvre vannlag og filtrerer ut partikler fra vannet. Blåskjell er derfor godt egnet til å overvåke tilstanden i overflatelaget med hensyn til forekomst av løste miljøgifter i vann og i suspendert partikulært materiale.

Blåskjell ble innsamlet fra de samme stasjoner som i 1988 (Fagervika, utsiden av Ilamoloen, Ladehammer-moloen, Korsvika). Fra hver stasjon ble en blandprøve bestående av ca. 50 skjell analysert. I Tabell 1 ses en oversikt over størrelse på de skjell som inngår i den enkelte blandprøve. Undersøkelsen omfatter analyse av de samme metaller som i 1988 (Hg, Cd, Pb, Cu, Zn) samt PCB, PAH og TBT. Benyttede analysemetoder ses i vedlegg C.

Tributyltinn (TBT), som vesentlig benyttes som begroingshindrende middel på skip er blitt et av de alvorligste miljøgiftproblemene i marine områder. I en rekke norske kystområder og spesielt i havner er bunnsedimenter og blåskjell observert å inneholde betenkelig høye konsentrasjoner av TBT (Koniczny & Juliussen 1995; Koniczny 1996). Blåskjell er ikke blant de mest ømfintlige arter mht. effekter av TBT, og dette gjør arten godt egnet for overvåking av TBT-belastning selv i sterkt forurensede områder. Tilførsler av tinnorganiske forbindelser som TBT og dets nedbrytningsprodukter fra kommunale renseanlegg til akvatisk miljø er kjent fra Sveits (Fent, 1996). Kilden til disse tilførsler var uklare. Tilsvarende undersøkelser er ikke gjort i Norge. Sannsynligvis er TBT et problem i de fleste norske havneområder. Dette er hovedårsaken at en har valgt å inkludere TBT i analysene.

Skjellene ble innsamlet 20-22 august 200. Innsamling av skjell ble foretatt samtidig med hardbunnsundersøkelsene i littoralsonen (Kroglund og Walday, 2001).

**Tabell 1.** Blåskjell fra Trondheimsfjorden brukt til analyse av miljøgifter.

Stasjon	Antall skjell	Max. lengde (mm)	Min. lengde (mm)	Midlere skall-lengde (mm)	Midlere bløtdelsvekt (g)
<b>Fagervika</b>	49	59	31	46,67	4,05
<b>Ilamoloen</b>	50	47	33	36,76	1,55
<b>Ladehammer-moloen</b>	50	58	31	44,12	3,19
<b>Korsvika</b>	50	49	31	39,52	2,17

## 3. Resultater og diskusjon

### 3.1 Metaller i alger

Konsentrasjonen av metaller i gisetang i 2001 og 1987 ses i Tabell 2. Metallkonsentrasjonen i grisetang fra de to kontrollstasjoner (Munkholmen og Folafofen) var i hovedsak lave (ubetydelig til lite forurenset) og bare krom viste en svakt forhøyet konsentrasjon. Også i tang fra Korsvika ble det observert relativt lave metallkonsentrasjoner i 2001.

Tangen fra Fagervika var sterkt forurenset med henholdsvis kobber og moderat forurenset med krom. De høyeste konsentrasjoner av krom (markert forurenset) ble observert i alger fra Skansen. For øvrig synes tangen å være ubetydelig til moderat forurenset med alle de analyserte metaller på alle stasjoner i 2001.

Også i 1987 inneholdt tang fra Fagervika høye verdier av kobber. I 1987 ble det imidlertid ikke analysert for krom i algemateriale slik at en ikke kan si noe om en eventuell endring.







En høyere konsentrasjon av kobber og sink ble funnet i tang fra Fagervika i 2001 enn i 1987 og var de eneste tilfeller der en så en økning i metallkonsentrasjon fra 1987 til 2001. Økningene var imidlertid ikke så store at det førte til noen endring i tilstandsklasse. For de øvrige metaller og stasjoner tyder resultatene i hovedsak på en nedgang i konsentrasjon fra 1987 til 2001 og i noen tilfelle tilnærmet lik konsentrasjon begge år.

Konsentrasjonsnedgangen i tang fra stasjonene Ilamoloen, Skansen og Ladehammermoloen over perioden 1987-2001 førte til en forbedring av forurenningstilstanden på inntil 1 tilstandsklasse. I samme periode ble det også observert en reduksjon i kobberkonsentrasjonen i alger fra Korsvika som tilsvarer 2 tilstandsklasser mens det for de øvrige metaller fra denne stasjonen ikke kunne spores noen endringer i tilstandsklasse.

Totalt sett synes resultatene med unntak av for kobber (Fagervika) og krom (Skansen) ikke å indikere noe sterk metallbelastning i resipienten.

**Tabell 2.** Konsentrasjon av metaller i grisetang fra Trondheimsområdet i 2001 (denne undersøkelsen og 1987 (Stokland, 1988). Alle konsentrasjoner er oppgitt i  $\mu\text{g/g t.v.}$

Data fra de enkelte stasjoner er klassifisert ifølge SFTs klassifiseringssystem (Molvær et al. 1997)

	I. Ubetydelig- lite forurenset		II. Moderat forurenset		III. Markert forurenset		IV. Sterkt forurenset
	V. Meget sterkt forurenset		Ikke i klassifiseringssystem/ kan ikke klassifiseres				

Område	Cd 1987	Cd 2001	Cr 2001	Cu 1987	Cu 2001	Hg 1987	Hg 2001
St. I, Fagervika	0,51	0,43	1,5	66	118	0,033	0,015
St. II Ilamoloen	0,76	0,13	3,9	17,7	3,5	0,067	0,013
St. III Skansen	0,57	0,16	7,2	18,4	8,2	0,112	0,021
St. IV Ladehammermoloen	0,35	0,35	4,2	16,7	5,5	0,110	0,033
St. V Korsvika	0,23	0,2	3,6	15,6	3	0,039	0,015
St. VI Munkholmen		0,14	3,7		3		0,012
St. VII Folafoten		0,15	2,1		2,1		0,011
Øvre grense for klasse I ( $\mu\text{g/g t.v.}$ )	<b>1,5</b>	<b>1,5</b>	<b>1</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>0,05</b>	<b>0,05</b>

Område	Ni 2001	Pb 1987	Pb 2001	Zn 1987	Zn 2001
St. I, Fagervika	0,91	0,97	0,66	213	300
St. II Ilamoloen	3,4	1,87	0,86	127	43
St. III Skansen	5,5	1,13	1,1	174	80
St. IV Ladehammermoloen	7,4	0,74	0,31	178	84
St. V Korsvika	4,4	0,18	0,19	138	48
St. VI Munkholmen	3,3		0,28		32
St. VII Folafoten	1,9		0,16		26
Øvre grense for klasse I ( $\mu\text{g/g t.v.}$ )	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>150</b>	<b>150</b>

### 3.2 Metaller i blåskjell

I hovedsak ble de høyeste konsentrasjoner av metaller funnet i skjell fra Fagervika og de laveste fra Korsvika (**Tabell 3**).

Med unntak av kobber var skjellene både i 1987 og i 2001 ubetydelig til moderat forurenset med metaller (tilstandsklasse I-II). Skjellene innfanget i 2001 i Fagervika hadde imidlertid ca. dobbelt så høye kobberkonsentrasjoner som i 1987. Dette medførte en forverring av tilstandsklasse fra moderat forurenset til markert forurenset. Også i tidligere undersøkelser er det funnet høye kobberkonsentrasjoner i Fagervika. Kilden er antatt å være tidligere utslipp fra Killingdals Grubeselskaps oppredningsverk i Ilsvika (Stokland, 1988). Det har foregått en relativt omfattende skipstrafikk til kaianleggene ved oppredningsverket i de senere år, spesielt leveranser av sand i forbindelse med omfattende utbyggingsprosjekter i Ilsvika. Dette er større båter som kan ha virvlet opp kobberholdig sediment slik at området mellom Høvringen og Ila eksponeres med forurensede partikler og oppløste kobberforbindelser. I tillegg kan det være utlekking av forurenset sigevann fra oppredningsverket og annen forurenset grunn i Ila-området.

Også analysene av alger fra Fagervika tyder på en øket kobbereksponering i 2001 enn i 1987 mens det i alger på de øvrige stasjoner ble observert en klar nedgang (Tabell 2).







I de senere 11 år har det pga. forbud mot bruk av TBT som begroingshindrende middel på småbåter blitt mer vanlig å bruke kobberholdige bunnstoff. I områder nær småbåthavner kan en derfor forvente en økende kobbereksponering.

For de øvrige metaller var det relativt få endringer fra 1987 til 2001 mht. tilstandsklasse og der det hadde skjedd en endring var det i retning av lavere forureningsgrad.

Det ble begge år funnet relativt lave konsentrasjoner med kvikksølv men konsentrasjonsnivået var allikevel gjennomgående høyere i 2001 enn i 1987. Motsatt ble observert for kadmium.

**Tabell 3.** Metaller i blåskjell innsamlet i Trondheimsfjorden i 2001. Resultater fra skjell innsamlet i 1987 (Stokland, 1988) er også vist i tabell 3B. Data fra de enkelte stasjoner er klassifisert i tilstandsklasser ifølge SFTs klassifiseringssystem (Molvær et al. 1997). Kadmium=Cd, kvikksølv=Hg, bly=Pb, kobber =Cu, sink=Zn, nikkel=Ni, krom=Cr.

Fargekoder brukt på ulike tilstandsklasser i tabellen:

	I. Ubetydelig- lite forurenset		II. Moderat forurenset		III. Markert forurenset		IV. Sterkt forurenset	
	V. Meget sterkt forurenset		Ikke i klassifiseringssystem/kan ikke klassifiser					

#### A:våtektsbasis

Stasjon	%TS 2001	Cd 2001	Cu 2001	Hg 2001	Pb 2001	Zn 2001
St. I Fagervika	16	0,35	7,4	0,016	1,6	49
St. II Ilamoloen	14,3	0,15	1,4	0,014	0,37	13
St. IV Ladehamar moloen	14	0,13	1,3	0,011	0,3	14
St. V Korsvika	14,8	0,12	1,3	0,017	0,17	10
Enhet	%	µg/g v.v.				

#### B:tørrektebasis

Metall, årstall/ Stasjon	Cd 1987	Cd 2001	Cu 1987	Cu 2001	Hg 1987	Hg 2001	Pb 1987	Pb 2001	Zn 1987	Zn 2001
St. I Fagervika	2,70	2,19	23,9	46,25	0,037	0,10	3,94	10,00	268	306,25
St. II Ilamoloen	1,70	1,05	10,8	9,79	0,032	0,10	1,71	2,59	111	90,91
St. IV Ladehamar moloen	2,10	0,93	5,4	9,29	0,055	0,08	2,07	2,14	108	100,00
St. V Korsvika	1,43	0,81	10,2	8,78	0,029	0,11	2,06	1,15	106	67,57
Øvre grense for klasse I	2	2	10	10	0,2	0,2	3	3	200	200
Enhet	µg/g t.v.									

### 3.3 Tinnorganiske forbindelser i blåskjell

Tributyltinn (TBT) benyttes som begroingshindrende middel på skip og er blant de giftigste stoffene som er introdusert til det marine miljø. I en rekke norske kystområder og spesielt i havner inneholder bunnsedimenter og blåskjell høye konsentrasjoner av TBT. Videre er det langs store deler av norskekysten påvist forstyrrelse av formeringsorganene hos hunner av enkelte sneglearter (Følsvik et al. 1998).

Konsentrasjonen av TBT i de analyserte skjell var relativt høy (markert forurenset) (Tabell 4). TBT var den dominerende butyltinnforbindelse. Dette kan tyde på at en betydelig del av den observerte TBT er tilført relativt nylig. Hadde tilførslene vært av eldre dato antar en at nedbrytnings produktene (MBT, DBT) ville ha vært mer fremtredende. Det ble også observert noe trifenylytinn (Tabell 4).



Ut fra de observerte konsentrasjoner av TBT i skjell kan en beregne antatte konsentrasjoner i vann (Følsvik et al. 2002). Beregnede vannkonsentrasjoner av TBT ligger fra under 1 ng Sn/L til ca 5 ng Sn/L. Terskelkonsentrasjonen for giftvirkninger av TBT overfor de mest ømfintlige marine organismer er ~1-2 ng TBT/l (Bryan et al. 1986). De vannkonsentrasjoner av TBT som er beregnet i denne rapporten ligger i hovedsak over det som er antatt å gi skadelige effekter på de mest følsomme organismer.

**Tabell 4.** Tinnorganiske forbindelser i blåskjell fra Trondheimsfjorden 2001. Data fra de enkelte stasjoner er klassifisert i tilstandsklasser ifølge SFTs klassifiseringssystem (Molvær et al. 1997). Merk at konsentrasjonen av tributyltinn (TBT) er oppgitt både på tinnbasis (vekten av tinnatomet alene) og som TBT (vekten av tinn+butylgrupper). TBT=tributyltinn, DBT=dibutyltinn, MBT=monobutyltinn, BT=TBT+DBT+MBT, TPhT=trifenyltinn, DPhT=difenyltinn, MPhT=monofenyltinn.

Fargekoder brukt på ulike tilstandsklasser for TBT i tabellen:

<100	I. Ubetydelig-lite forurenset	100-500	II. Moderat forurenset	500-2000	III. Markert forurenset	2000-5000	IV. Sterkt forurenset
>5000	V. Meget sterkt forurenset		Ikke i klassifiseringssystem/kan ikke klassifiseres				

Komponenter/ Stasjoner	TBT	TBT	DBT	MBT	BT	TPhT	DPhT	MPhT
<b>St. I Fagervika</b>	534	35	11	2,8	48,8	1,4	<0.50	<0.50
<b>St. II Ilamoloen</b>	768	45	8,2	2,8	56	1,8	<0.50	<0.50
<b>St. IV Ladehamar moloen</b>	1412	81	15	6,1	102,1	1,1	<0.50	<0.50
<b>St. V Korsvika</b>	775	47	11	2,9	60,9	1,1	<0.50	<0.50
" Øvre grense for klasse I	100µg/kg							
Enhet	µg TBT/kg t.v.	µg Sn/kg v.v.						

### 3.4 PCB og andre klororganiske forbindelser i blåskjell

Skjellene var på alle stasjoner ubetydelig til lite forurenset med polyklorerte bifenyler ( $\Sigma$ PCB<sub>7</sub>) og heksaklorbensen (HCB) (Tabell 5). Også for de landbruksrelaterte forbindelsene heksaklosykloheksan (HCH) og nedbrytningsproduktene av DDT (dvs DDE og DDD) var konsentrasjonene lave (Tabell 5). Rådata for analyse av klororganiske forbindelser ses i Vedlegg B.







På bakgrunn av resultatene kan en konkludere med at skjellene er ubetydelig til lite forurenset med klororganiske forbindelser.

Det foreligger få analyseresultater for PCB i blåskjell fra selve Trondheimsområdet. Data fra 80-tallet (Østmarknes og Biologisk stasjon) (Green og Rønningen, 1994) kan tyde på at en tidligere har hatt noe høyere konsentrasjoner i blåskjell enn det en har observert i denne undersøkelse. Resultater fra et område vest for Trondheim (Flak) fra perioden 84-89 antyder også en nedgang i PCB konsentrasjonen

i blåskjell (Green og Rønningen, 1994) slik at observerte nivåer i skjellene i 1989 tilsvarte tilstandsklasse I (ubetydelig til lite forurenset).

**Tabell 5.** Konsentrasjonen av polyklorete bifenyler ( $\Sigma\text{PCB}_7$ ), heksaklorbensen (HCB) og to nedbrytningsprodukter (diklordifenyldikloreten=DDE, diklordifenyldikloretan=DDD) av diklordifenyiltrikloretan (DDT) i blåskjell fra Trondheimsfjorden 2001. Enheter:  $\mu\text{g}/\text{kg}$  v.v..

Fargekoder brukt på ulike tilstandsklasser i tabellen:

	I. Ubetydelig- lite forurenset		II. Moderat forurenset		III. Markert forurenset		IV. Sterkt forurenset	
	V. Meget sterkt forurenset		Ikke i klassifiseringssystem/kan ikke klassifiser					

Stasjon	$\Sigma\text{PCB}_7$	HCB	$\alpha\text{-HCH} + \gamma\text{-HCH}$	DDE+ DDD
St. I Fagervika	1,78	0,03	0,11	0,28-0,34
St. II Ilamoloen	1,19	0,02	0,09	0,19-0,25
St. IV Ladehammar moloen	3,28	0,03	0,13	0,37-0,44
St. V Korsvika	2,21	0,03	0,03-0,07	0,31-0,37
Øvre grense for klasse I ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ v.v.)	<4	<0,1	<1 <sup>1)</sup>	<2 <sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Grenseverdi gjelder for sum  $\alpha$ -,  $\beta$ - og  $\gamma$ -isomerene

<sup>2)</sup>Grenseverdi gjelder for  $\Sigma\text{DDE}$ , DDD, DDT

### 3.5 PAH i blåskjell







De klart høyeste konsentrasjoner av PAH ble funnet i blåskjell fra Fagervika (Tabell 6) og kvalifiserte for betegnelsen markert forurenset. Skjellene fra Ilamoloen inneholdt gjennomgående de laveste konsentrasjoner av PAH (Tabell 6) og kunne betegnes som ubetydelig til lite forurenset. Innholdet av PAH i de analyserte skjell fra Ilamoloen og Ladehammermoloen lå mellom de to andre stasjoner og kunne i hovedsak karakteriseres som ubetydelig til moderat forurenset.

Undersøkelser i 1995 og 1996 (Green og Severinsen, 1999) tyder på at blåskjell fra Trondheimsområdet (Østmarknes) også tidligere har inneholdt overkonsentrasjoner av PAH.

Tabell 6. Polysykliske aromatiske hydrokarboner ( $\mu\text{g}/\text{kg}$  v.v.) i blåskjell fra stasjoner i Dalsbukta. Data fra de enkelte stasjoner er klassifisert i tilstandsklasser ifølge SFT's klassifiseringssystem (Molvær, et al., 1997).

$\Sigma\text{PAH}$ =summen av 24 enkeltforbindelser,  $\text{KPAH}$ =summen av komponenter med potensielt kreftfremkallende egenskaper.

Fargekoder brukt på ulike tilstandsklasser i tabellen:

 I. Ubetydelig-lite forurenset	 II. Moderat forurenset	 III. Markert forurenset	 IV. Sterkt forurenset
 V. Meget sterkt forurenset	 Ikke i klassifiseringssystem/kan ikke klassifiser		

Stasjon	$\Sigma\text{PAH}$	KPAH	% KPAH	Benzo(a)pyren
<b>St. I Fagervika</b>	374	58,7	16	5,7
<b>St. II Ilamoloen</b>	33,3-36,3	4,9-6,4	15	<0.5
<b>St. IV Ladehammer moloen</b>	61,5-64	10,4-10,9	17	<0.5
<b>St. V Korsvika</b>	59-60	8,9-9,4	15	0,8
Øvre grense for klasse I ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ v.v.)	50	10		1

### 3.6 Egnethet for akvakultur og fritidsfiske

Akvakultur setter krav til innholdet av miljøgifter i vannet. Dette gjelder særlig dyrking av skjell som får sin næring via partikler/organismer i vannet. SFT har utarbeidet egnethetskriterier for akvakultur og fritidsfiske basert på innholdet av miljøgifter i blåskjell.

I Tabell 7 er resultater av analyser av metaller i blåskjell benyttet til å klassifisere de ulike stasjoner i forhold til egnethet for akvakultur og fritidsfiske og i Tabell 8 ses tilsvarende for TBT og organiske miljøgifter. Det må presiseres at klassifiseringen ikke gir grunnlag for å fastsette eventuelle restriksjoner for omsetning og konsum av fisk.

Det er i hovedsak Fagervika som har de høyeste konsentrasjoner og hvor miljøgiftinnholdet i skjell indikerer begrensninger når det gjelder vannets bruk til akvakulturformål og fritidsfiske. Et unntak er imidlertid TBT. Basert på denne forbindelse karakteriseres alle stasjoner som "ikke egnet" til akvakulturformål og fritidsfiske.

**Tabell 7.** Klassifisering av egnethet for akvakultur på de ulike stasjoner basert på innholdet av metaller i blåskjell. Kriterier: Molvær et al. 1997

Metall, årstall/ Stasjon	Cd 1987	Cd 2001	Cu 1987	Cu 2001	Hg 1987	Hg 2001	Pb 1987	Pb 2001	Zn 1987	Zn 2001
<b>St. I Fagervika</b>	Egnet	Egnet	Egnet	Mindre egnet	Godt egnet	Godt egnet	Godt egnet	Egnet	Egnet	Egnet
<b>St. II Ilamoloen</b>	Godt egnet	Godt egnet	Egnet	Godt egnet	Godt egnet	Godt egnet	Godt egnet	Godt egnet	Godt egnet	Godt egnet
<b>St. IV Ladehammer moloen</b>	Egnet	Godt egnet	Godt egnet	Godt egnet	Godt egnet	Godt egnet	Godt egnet	Godt egnet	Godt egnet	Godt egnet
<b>St. V Korsvika</b>	Godt egnet	Godt egnet	Egnet	Godt egnet	Godt egnet	Godt egnet	Godt egnet	Godt egnet	Godt egnet	Godt egnet

**Tabell 8.** Klassifisering av egnethet for akvakultur på de ulike stasjoner basert på innholdet av TBT og organiske miljøgifter i blåskjell. Kriterier: Molvær et al. 1997

Metall, årstall/ Stasjon	TBT	$\Sigma$ PCB og HCB	HCH + "DDT"	$\Sigma$ PAH	KPAH	Benzo(a) pyren
<b>St. I Fagervika</b>	Ikke egnet	Godt egnet	Godt egnet	Mindre egnet	Egnet	Mindre egnet
<b>St. II Ilamoloen</b>	Ikke egnet	Godt egnet	Godt egnet	Godt egnet	Godt egnet	Godt egnet
<b>St. IV Ladehammer moloen</b>	Ikke egnet	Godt egnet	Godt egnet	Egnet	Egnet	Godt egnet
<b>St. V Korsvika</b>	Ikke egnet	Godt egnet	Godt egnet	Egnet	Godt egnet	Godt egnet

## 4. Sammenfattede kommentarer

Det er mange potensielle kilder til forurensning i Trondheimsområdet (avfallsfyllinger, forurenset grunn, metallindustri, gassverk, gruvedrift, skipsfart, fritidsbåter, tankanlegg, kommunale utslipp). Nidelven har frem til 1975 også ført med seg spesialavfall som er tilført via industri (Konieczny og Juliussen, 1995). Historisk har metallindustrien og gruvedriften ved Killingdal gruver hatt størst betydning for de høye metallverdier som tidligere er registrert i Trondheimsområdet og spesielt i sediment i havneområdet (Stokland, 1987, Konieczny og Juliussen, 1995).

Basert på analyse av grisetang tyder foreliggende undersøkelse på at metallbelastningen er liten i områder som Folafofen og Munkholmen som ligger noe oppstrøms eller noe unna Trondheim by. Resultatene av metallanalyser av både grisetang og blåskjell tyder på at kobber er et miljøproblem i Fagervika og at nivåene der har økt siden 1987. For de øvrige metaller og stasjoner tyder resultatene i hovedsak på en nedgang i konsentrasjon fra 1987 til 2001 og i noen tilfelle tilnærmet lik konsentrasjon begge år. Der det ble observert endringer fra 1987 til 2001 mht. tilstandsklasse var det med ett unntak (kobber i skjell fra Fagervika) i retning av lavere forurensningsgrad. Dette er mest sannsynlig et resultat av naturlig fortynning/overdekking av tidligere utslipp av avgang fra Killingdals Gruveselskap. Totalt sett synes resultatene med unntak av for kobber (Fagervika) og krom (i alger fra Skansen) ikke å indikere noe vesentlig metallbelastning i resipienten.

Fagervika er den stasjon som i hovedsak har de høyeste konsentrasjoner av metaller særlig kobber. De høye koppernivåer som tidligere er observert i Fagervika har vært tilskrevet tidligere utslipp fra Killingdals Gruveselskap til Iilsvika. Nærområdet har tidligere (Stokland 1997) vist meget høye Cu-nivåer i overflatesedimentet utenfor oppredningsverkets kai. Her har det de senere år vært en betydelig skipstrafikk med lossing av grus som kan ha medført resuspensjon av Cu-holdige sedimentpartikler som dermed blandes opp i overflatelaget.

Fagervika er også den stasjonen som ligger nærmest utslippet fra renseanlegget på Høvringen. Noe metaller vil alltid følge med et kommunalt utslipp. Utslipp fra Høvringen innlagres vanligvis under overflatelaget der grisetang og blåskjell ble innsamlet. Vi tror derfor ikke at renseanlegget på Høvringen har noen betydning for de kobbernivåer som er observert i Fagervika. En øket bruk av kobber som begroingshindrende middel på småbåter kunne ha vært en forklaring på økningen som er antydnet for kobber siden 1987. Vi tror imidlertid ikke at dette er tilfelle da en da også skulle ha sett tilsvarende tendens på øvrige stasjoner som ligger nær småbåthavner. Vi antar at de relativt høye nivåer av kobber som ble observert i Fagervika i 2001 fremdeles kan tilskrives tidligere utslipp fra gruveselskapet og muligens sig fra landdeponi og forurenset grunn.

Konsentrasjonen av TBT i de analyserte skjellene var relativt høy (markert forurenset) (Tabell 4). Utenlandske undersøkelser viser at en av transportveiene for TBT går via kloakkrenseanlegg (Fent, 1996). Blant annet i lys av at de høyeste konsentrasjoner av TBT ikke er observert på stasjonen nærmest utslippet (Fagervika) antas at utslippet fra Høvringen ikke er noen betydelig kilde til den TBT som er observert i skjell fra overflatelaget i området og det antas at skipsfarten i dag er den mest betydelige aktive TBT kilde.

Hensynet til skipsfarten har medført at en fremdeles tillater bruk av TBT som begroingshindrende middel og en må forvente en fortsatt spredning av forbindelsen så lenge den brukes på skip. I et langsiktig perspektiv (år 2008) er det internasjonalt lagt planer for utfasing av TBT-bruk innen skipsfart. I mellomtiden og sannsynligvis i lang tid etter må en imidlertid regne med at TBT vil være et problem i norske kystområder.

Klororganiske forbindelser som PCB er ofte et miljøproblem i havneområder. Vi kan slå fast at slike forbindelser opptrer i lave konsentrasjoner i de analyserte skjell. Dette tyder på liten tilførsel av slike forbindelser til overflatevannet i området.

De høyeste konsentrasjoner av  $\Sigma$ PAH og utvalgte PAH forbindelser ble funnet i blåskjell fra Fagervika (Tabell 6) og kvalifiserte for betegnelsen markert forurenset. Skjellene fra de øvrige stasjoner kunne karakteriseres som ubetydelig til moderat forurenset.

PAH stammer særlig fra forbrenning av kull og olje men også fra oljesøl, fritidsbåter, oljeprodukter, veiforurensning og utslipp fra smelteverk. Skjell fra Fagervika er mer PAH påvirket enn de øvrige stasjoner. Mellom Høvringen og Fagervika ligger en oljeterminal med anløp av tankskip som lossere eller laster oljeprodukter. I sjøen i området er det observert hyppig forekomst av små oljesøl. I tillegg kommer en betydelig aktivitet ved Høvringen øvelsesfelt (Nutec Midnor) der det forbrennes oljeprodukter under brannvernøvelser, ofte med sterk røykutvikling og nedfall på land og sjøområdet mellom Høvringen og Ila.

Som nevnt er det lite sannsynlig for at vann fra Høvringen skal nå overflatelaget. Det er derfor lite trolig at de høye PAH verdiene i Fagervika skyldes utslipp fra Høvringen. Det bør også nevnes at Trondheims biologiske stasjon (TBS) ligger nær Fagervika. TBS har et vanninntak på 100 m dyp og blir neppe påvirket av den noe reduserte vannkvaliteten som indikeres for overflatevannet i denne rapporten.

De undersøkte blåskjellstasjonene ligger relativt nær Trondheim, og det er neppe i dag et aktuelt område for akvakultur, men er absolutt aktuelt for fritidsfiske. Det er i hovedsak Fagervika som har de høyeste konsentrasjoner og hvor miljøgiftinnholdet i skjell (særlig TBT) indikerer mulige begrensninger når det gjelder vannets bruk til akvakulturformål og fritidsfiske.

Nylig har Statens næringsmiddeltilsyn (SNT) kommet med følgende kostholdsrad for blåskjell fra området "Konsum av blåskjell fra Fagervika og Iilsvika avgrenset av en linje fra kaia ved tankanlegget ved Fagervika (Bynesveien 42) til nordenden av Ila Pir frarådes" (kilde:[http://www.snt.no/nytt/kosthold/fisk\\_skalldyr/trondheimsfjorden.htm](http://www.snt.no/nytt/kosthold/fisk_skalldyr/trondheimsfjorden.htm))

## 5. Referanser

- Bryan, G.W., Gibbs, P.E., Hummerstone, L.G. og Burt, G.R., 1986. The decline of the gastropod *Nucella papillus* around South-West England: evidence for the effect of tributyltin from antifouling paints. J.mar.biol.Ass. U.K., 66, 611-640.
- Green, N.W. og Rønningen, A., 1994. Contaminants in shellfish and fish 1981-92 Joint Monitoring Program (JAMP) Norwegian data. NIVA rapport nr. 3175, 351s.
- Green, N.W og Severinsen, G., 1999. Joint Assessment and Monitoring Program (JAMP). Contaminants in shellfish 1993-1997, NIVA rapport nr.4083-99, 206s.
- Fent, K., 1996. Organotin compounds in municipal wastewater and sewage sludge: contamination, fate in treatment process and exotoxicological consequences. The Science of the Total Environment 185, 151-159.
- Følsvik, N., Berge, J.A., Brevik, E-M., and Walday, M., 1998. Quantification of organotin compounds and determination of imposex in populations of dogwhelks (*Nucella lapillus*) from Norway. Chemosphere 38: 681-691.
- Følsvik, N., Brevik, E. og Berge, 2002. Organotin Compounds in a Norwegian fjord. A comparison of concentration levels in Semipermeable Membrane Devices (SPMD's), Blue Mussels (*Mytilus edulis*) and Water Samples, Artikkel sendt til Journal of Environmental Monitoring i desember 2001.
- Konieczny, R. og Juliussen, A., 1995. Sonderende undersøkelser i norske havner og utvalgte kystområder. Miljøgifter i sedimenter på strekningen Narvik-Kragerø. Rapport 587/94 innen Statlig program for forurensningsovervåking. NIVA-rapport 3275, 185 s.
- Konieczny, R., 1996. Sonderende undersøkelser i norske havner og utvalgte kystområder. Miljøgifter i sedimenter på strekningen Kirkenes-Ramsund. Rapport 608/95 innen Statlig program for forurensningsovervåking. NIVA-rapport 3423-96, 117 s.
- Kroglund og Walday, 2002. Resipientundersøkelse i Trondheimsfjorden 2001. Alger og dyr i fjæresonen, NIVA-rapport 4609, 26 s.
- Molvær, J., J. Knutzen, J. Magnusson, B. Rygg, J. Skei & J. Sørensen 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Veiledning. SFT Veiledning 97:03. SFT. 36 s.
- OCEANOR, 2000. Resipientundersøkelse i Trondheimsfjorden, Tilbud nr. OCT T-20008 av 28/7-2002, 43s+vedlegg.
- Stokland, Ø., 1988. Resipientundersøkelse for Trondheimsfjorden. Resultater fra analyser av miljøgifter i organismer - Delrapport nr. 5. OCEANOR (OCN 88043), 31 s. + Vedlegg.
- Stokland, Ø., 1987. Resipientundersøkelse for Trondheimsfjorden. Resultater fra analysen av sedimentene. Delrapport nr. 2. OCEANOR (OCN 87036), 35 s.
- Thendrup, A., Stokland, Ø. Og Tangen, K., 1988. Resipientundersøkelse for Trondheim, Hovedrapport. OCEANOR rapport OCN 88077, 178s.

## Vedlegg A. Stasjonsposisjoner,

Tabell over stasjoner for innsamling av grisetang og blåskjell for analyse av miljøgifter. Stasjonsposisjonene er bestemt ved bruk av GPS.

Stasjons nr.	Stasjonsnavn	Koordinater		Tang	Blåskjell	Dato
		N	E			
I	Fagervika	63°26.244	10°21.103	x	x	20.aug
II	Ila-moloen	63°26.034	10°22.198	x	x	20.aug
III	Skansebrua	63°25.904	10°22.732	x		22.aug
IV	Ladehammer-moloen	63°26.809*	10°24.971*	x	x	22.aug
V	Korsvika	63°27.026	10°25.937	x	x	22.aug
VI	Munkholmen	63°27.028	10°22.948	x		22.aug
VII	Folafoten	63°27.192	10°14.844	x		22.aug

\* Posisjon bestemt ut fra sjøkart.



## Vedlegg B. Metode for analyse av miljøgifter i grisetang og blåskjell

Forbindelse/ element	Oppslutningsmetode etc.	Analysemetode
Kadmium (Cd), kobber (Cu) og bly (Pb), krom (Cr), nikkel (Ni), sink (Zn)	Salpetersyreoppluttede prøver overføres til en aerosol i en forstøver. Denne blir ført til et argonplasma som atomiserer og ioniserer prøven. Etter plasmaet passerer prøven to ulike konar i område med redusert trykk. Her separeres ioner fra partikler. Ionene blir så fokuserte i retning mot kvadrupolen av en sylinderformet linse med varierende elektrisk potensiale. Ioner med et visst masse/ladningsforhold er stabile og kan passere gjennom kvadrupolen uhindret, avhengig av den elektriske spenningen denne blir tilført. Spenningsnivået i kvadrupolen kan endres i løpet av mikrosekunder for å optimalisere transporten av de ulike ionene på ulike tidspunkt. Hele området fra 2 til 270 masseenheter kan scannes i løpet av millisekunder. Etter kvadrupolen treffer ionene detektoren der et elektronisk signal blir sendt til datamaskinen. Detektoren har i teorien et dynamisk område på 8 størrelsesordener.	ICP-MS <sup>1)</sup>
Kvikksølv (Hg)	Oppslutning i salpetersyre. Kvikksølv må foreligge på ionisk form i prøveløsningen for at kalddamp-teknikk skal kunne benyttes. Når reduksjonsmiddelet (SnCl <sub>2</sub> ) blandes med prøven blir det ioniske kvikksølv omformet til metallisk kvikksølv (Hg). En inert bæregass (argon) transporterer kvikksølv til spektrofotometeret. En fordel med denne teknikken er den gode separasjonen av analytten fra matrisen, slik at ikke-spesifikk bakgrunnsabsorpsjon og matriseinterferenser er minimale. Kvikksølv oppkonsentreres i et amalgameringsystem.	Atomabsorpsjon <sup>2)</sup>
Tinnorganiske forbindelser	Prøvene tilsettes en indre standard og oppsluttes med alkoholisk lut. Etter pH-justering og direkte derivatisering ekstraheres de tinnorganiske forbindelsene med organiske løsningsmidler og prøvene renses ved hjelp av gel-permeasjonskromatografi og oppkonsentreres. De ulike forbindelsene identifiseres ved hjelp av retensjonstidene som oppnås, og selve kvantifiseringen utføres med den indre standarden.	Gasskromatografi med atomemisjonsdeteksjon, GC-AED <sup>3)</sup>
PCB	Prøvene tilsettes indre standard og ekstraheres med organiske løsemidler. Ekstraktene gjennomgår ulike rensetrinn for å fjerne interfererende stoffer. De klor-organiske forbindelsene identifiseres ut fra de respektives retensjonstider på to kolonner med ulik polaritet. Kvantifisering utføres ved hjelp av indre standard.	Gasskromatograf utstyrt med elektroninnfangningsdetektor, GC/ECD <sup>4)</sup>
PAH	Prøvene tilsettes indre standarder. Biologisk materiale forsåpes først med KOH/metanol. Deretter ekstraheres PAH med pentan. Ekstraktene gjennomgår så ulike renseprosesser for å fjerne forstyrende stoffer. Tilslutt analyseres ekstraktet med GC/MSD. PAH identifiseres med MSD ut fra retensjonstider og forbindelsenes molekylioner. Kvantifisering utføres ved hjelp av de tilsatte indre standarder.	Gasskromatograf med masseselektiv detektor (GC/MSD) <sup>5)</sup> .
% tørrstoff	En kjent mengde prøve tørkes til tørrhet (konstant vekt) ved 105 °C, og den gjenværende rest veies.	Gravimetri

## Fortsettelse av vedlegg A

1) Følgende instrumentering er benyttet: Perkin-Elmer Sciex ELAN 6000 ICP-MS, utstyrt med P-E autosampler AS-90, AS-90b prøvebrett og P-E Rinsing Port Kit (NIVA interne analysemetode E 8-2).

2) Følgende instrumentering er benyttet: Perkin-Elmer FIMS-400 med P-E AS-90 autosampler og P-E amalgamsystem (NIVA interne analysemetode E 4-3).

3) Følgende instrumentering er benyttet: Hewlett Packard 5890 Series II gass kromatograf med HP 7673 autoinjektor og HP 5921 A atomemisjons-detektor (NIVA interne analysemetode H 14-2).

4) Følgende instrumentering er benyttet: Hewlett Packard modell 5890 Series II, med column injector og HP autoinjektor 7673. Systemet er utstyrt med elektroninnfangingsdetektor (ECD) (NIVA interne analysemetode H 3-4)..

5) Følgende instrumentering er benyttet: Hewlett Packard modell 5890 Series II, med column injector og HP autosampler 7673. Systemet er utstyrt med HD modell 5970 B masseselektiv detektor, og kolonne HD HP-5 MS 30 m x 0.25 mm i.d. x 0.25  $\mu\text{m}$  (NIVA interne analysemetode H 2-4 ).

## Vedlegg C. Resultater av analyse av klororganiske forbindelser i blåskjell

Enhet: µg/kg t.v.

Stasjon/ forbindelse	St. I Fagervika	St. II Ila moloen	St. IV Ladehamar moloen	St. V Korsvika
PCB28*	0,06	0,05	0,09	0,06
PCB52*	i	i	i	i
PCB101*	0,23	0,15	0,44	0,3
PCB118*	0,28	0,18	0,42	0,29
PCB105	0,13	0,08	0,19	0,13
PCB153*	0,54	0,38	1,1	0,73
PCB138*	0,61	0,43	1,1	0,75
PCB156	0,06	0,04	0,11	0,07
PCB180*	0,06	<0.04	0,13	0,08
PCB209	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04
Sum PCB	1,97	1,31	3,58	2,41
Σ PCB <sub>7</sub>	1,78	1,19	3,28	2,21
Penta-klorbenzen	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
Alfa-hexakl.cyclohex	0,04	<0.04	0,05	<0.04
Hexa-klorbenzen	0,03	0,02	0,03	0,03
Gamma-hexakl.cyclohex	s 0.08	s 0.07	s 0.10	<0.04
Oktaklorstyren	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04
4,4-DDE	0,28	0,19	0,37	0,31
4,4-DDD	<0.06	<0.06	0,07	<0.06

\*Komponenter som inngår i beregning av Σ PCB<sub>7</sub>.

S=forbindelsen er delvis dekket av en interferens i kromatogrammet. Det er derfor knyttet større usikkerhet enn normalt til kvantifiseringen

## Vedlegg D. Resultater fra analyse av polysykliske aromatiske hydrokarboner i blåskjell

Stasjon/ forbindelse	St. I Fagervika	St. II Ila moloen	St. IV Ladehamar moloen	St. V Korsvika
Naftalen	9,7	<0.5	2,3	1,5
2-Metylnaftalen	5,6	0,6	0,6	0,6
1-Metylnaftalen	9,8	0,9	0,9	0,9
Bifenyl	12	<0.5	<0.5	<0.5
2,6-Dimetylnaftalen	5,7	<0.5	<0.5	1,6
Acenaftylen*	10	<0.5	<0.5	1
Acenaften*	0,7	<0.5	<0.5	<0.5
2,3,5-Trimetylnaftalen	0,9	0,7	0,9	0,6
Fluoren*	3,6	0,9	1,2	1,2
Fenantren*	21	3,7	5,3	5,4
Antracen *	11	0,7	1,5	1,3
1-Metylfenantren*	57	2,3	3,4	2,8
Fluoranten*	96	8,3	15	13
Pyren*	30	6,2	12	9,4
Benz(a)antracen*#	30	2,2	4,5	3,3
Chrysen+trifenylen*	22	2,6	5	4,3
Benzo(b+j,k)fluoranten*#	21	2,7	5,3	4,3
Benzo(e)pyren*	14	0,5	1,1	4,3
Benzo(a)pyren*#	5,7	<0.5	<0.5	0,8
Perylen*	3,9	<0.5	<0.5	0,9
Indeno(1,2,3cd)pyren*#	1,5	<0.5	0,6	0,5
Dibenz(a,c/a,h)antracen*#	0,5	<0.5	<0.5	<0.5
Benzo(ghi)perylene*	2,4	1	1,9	1,3
Sum PAH	374	33,3-36,3	61,5-64	59-60
Sum KPAH	58,7	4,9-6,4	10,4-10,9	8,9-9,4
Sum NPD	109,7	8,2	13,4	13,4

\* Forbindelser som inngår i Sum PAH

# Forbindelser som inngår i Sum KPAH