

NIVA



RAPPORT LNR 4238-2000

**O**vervåking av  
NOAH-Langøya 1999

Strandsoneregistrering samt  
miljøgifter i blåskjell

**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  
5008 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 Overvåking NOAH-Langøya 1999 - Strandsoneregistreringer samt miljøgifter i blåskjell	Løpenr. (for bestilling) 4238-2000	Dato 2000.05.23
	Prosjektnr. Undernr. O 96231	Sider Pris 34
Forfatter(e) Walday, Mats Oug, Eivind Kroglund, Tone	Fagområde Miljøgifter sjøvann	Distribusjon
	Geografisk område Vestfold	Trykket NIVA

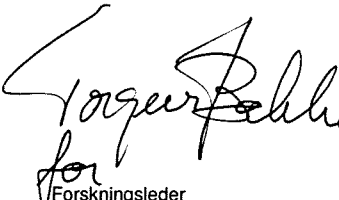
Oppdragsgiver(e) Norsk avfallshåndtering AS, Langøya (NOAH-Langøya)	Oppdragsreferanse K 99 030
--	-------------------------------

**Sammendrag**

Analyser av metallinnhold i blåskjell fra Langøya har siden undersøkelsene startet stort sett indikert en god miljøtilstand i området. Undersøkelsene er et ledd i overvåkingen av den marine resipienten utenfor NOAHs anlegg for spesialavfall på Langøya. Tilstanden i 1999 kan for det meste klassifiseres som ubetydelig – lite forurenset. Høyest verdier hadde arsen, vanadium og krom; for kroms del markert forurenset på 3 av stasjonene. Forekomsten av bly, kvikksølv og kadmium i blåskjellene har økt signifikant siden 1996. Av de organiske miljøgifter var TBT, BaP, PCB og dioksiner forhøyede i forhold til kontrollen, men undersøkelsene kan ikke påvise hvorvidt dette representerer noe problem i miljøet rundt Langøya. Det antas at driften på Langøya bidrar til de overkonsentrasjoner av miljøgifter som er funnet, men det har ikke vært mulig å detektere noen klare sammenheng med NOAH-Langøyas utslipp. Forekomstene av alger og dyr var normale på de tre strandsonestasjonene.

Fire norske emneord 1. Langøya 2. Marin 3. Overvåking 4. Miljøgifter	Fire engelske emneord 1. Langøya island 2. Marine 3. Monitoring 4. Micropollutants
--	--

  
Mats Walday  
Prosjektleder

  
for  
Forskningsleder

  
Bjørn Braaten  
Forsknings sjef

O-96231

**Overvåking NOAH-Langøya 1999**

Strandsoneregistreringer samt miljøgifter i blåskjell

## Forord

Undersøkelsene, som er et ledd i overvåkingen av resipienten utenfor Norsk avfallshåndtering A/S (NOAH) anlegg for uorganisk avfall på Langøya, er utført av Norsk Institutt for Vannforskning (NIVA) på oppdrag for NOAH-Langøya. Kontaktperson på NOAH har vært Trygve Sverreson.

Blåskjellinnsamling, strandsoneregistreringer og transplantering av blåskjell er utført av Lise Tveiten, Tone Kroglund og Mats Walday. PCA-analysene er utført av Eivind Oug.

Blåskjellriggen er vedlikeholdt av Arvid Hansen, NOAH.

Metallanalysene er utført på NIVAs laboratorium under ledelse av Bente Lauritzen. Norunn Følsvik har vært ansvarlig for TBT analysene, mens Gro Prestbakmo har vært ansvarlig for de organiske analyser.

Opparbeiding av blåskjell er utført av Unni Efraimsen og Lise Tveiten.

Dioksiner og non-orto PCB er analysert av Martin Schlabach på Norsk Institutt for Luftforskning (NILU).

Resultatene fra referansestasjonen på Mølen er delvis basert på data fra "Joint Assessment and Monitoring Programme" (JAMP, se Green *et al.* 2000).

Rapporten er forfattet av Tone Kroglund, Eivind Oug og Mats Walday, som også er prosjektleder.

Oslo, 23. mai 2000

*Mats Walday*

---

# Innhold

<b>Sammendrag</b>	<b>5</b>
<b>Summary</b>	<b>6</b>
<b>1. Innledning</b>	<b>7</b>
<b>2. Materiale og Metoder</b>	<b>8</b>
<b>3. Resultater</b>	<b>11</b>
3.1 Metaller i blåskjell	11
3.2 Gradienter i metallkonsentrasjoner	12
3.3 Multivariate analyser	18
3.4 Andre miljøgifter i blåskjell	22
3.5 Strandsoneregistreringer	22
3.6 Vurdering av prøvetakingsstrategi	24
<b>4. Referanser</b>	<b>25</b>
<b>Vedlegg A. Kjemiske analyser</b>	<b>26</b>
<b>Vedlegg B. Rådata</b>	<b>33</b>
<b>Vedlegg C. Metallnivåer 1994 – 1999</b>	<b>34</b>

---

## Sammendrag

I 1999 undersøkte NIVA, på oppdrag av Norsk avfallshandtering A/S (NOAH), metallinnholdet i blåskjell (*Mytilus edulis*) fra syv stasjoner i området rundt Langøya. I tillegg ble det analysert metaller, organiske miljøgifter samt organotinn fra to stasjoner. Det ble også foretatt registreringer av alger og dyr på tre strandsonestasjoner. Undersøkelsene er et ledd i overvåkingen av den marine resipienten utenfor NOAHs anlegg for spesialavfall på Langøya. NIVA utførte i 1994 en orienterende undersøkelse i området (Walday & Helland 1994) og siden 1996 er det utført årlige undersøkelser (Walday 1997, 1998, 1999). I den foreliggende rapport er resultatene fra 1999 års undersøkelser presentert og sammenlignet med de tidligere undersøkelser.

Analyser av metallinnhold i blåskjell fra Langøya har siden undersøkelsene startet stort sett indikert en god miljøtilstand i området. I 1999 ble det registrert overkonsentrasjoner for 9 av de 10 metaller som ble analysert. Tilstanden kan imidlertid for det meste klassifiseres som ubetydelig – lite forurenset (Molvær *et al.* 1997). De høyeste verdiene ble funnet hos arsen, vanadium og krom. Forekomsten av bly, kvikksølv og kadmium i blåskjellene har imidlertid økt signifikant siden 1996. De orienterende analyser av organiske miljøgifter som ble foretatt i 1999 viser forhøyede verdier av TBT, BaP, PCB og dioksiner i forhold til kontrollen. Undersøkelsene kan ikke påvise hvorvidt de sistnevnte stoffene representerer noe problem i miljøet rundt Langøya, men de indikerer at stoffene er tilstede i avløpsvannet fra NOAH-Langøya.

Det antas at driften på Langøya bidrar til de overkonsentrasjoner av miljøgifter som er funnet i blåskjell, men det har ikke vært mulig å finne noen klare sammenhenger mellom konsentrasjoner og avstand fra NOAH-Langøyas utslipp. Beregninger av utslippsvannets spredning i resipienten (Magnusson *et al.* 1997) har gitt bedre forutsetninger for å vurdere resultatene i forhold til NOAHs utslipp av prosessvann.

Sammenhengen mellom nivåene av metaller i blåskjell og NOAHs målinger av metaller direkte i utslippsvannet er tildels uklar, primært med hensyn til krom, kvikksølv og bly.

Det blir fra og med 1999 utført kvantitative undersøkelser (ruteundersøkelser) på faste flater i strandsonen. Forekomsten av alger og dyr viste ingen unormale trekk på de tre strandsonestasjonene i 1999. De forskjeller som ble registrert mellom stasjonene var ikke påfallende og kan delvis forklares utfra naturlige forhold som eksponering og substrat.

## Summary

Littoral communities and concentrations of metals in blue mussels (*Mytilus edulis*) were investigated by NIVA in 1999 as part of the monitoring programme for the marine recipient outside NOAH's receiving station for industrial waste on the island of Langøya in the Oslofjord. A brief inspection of the area was carried out by NIVA in 1994 (Walday & Helland 1994), and more comprehensive monitoring has been done yearly since 1996 (Walday 1997, 1998, 1999). Results from the investigations are compared in this report.

Levels of metals observed in blue mussels has generally indicated healthy environmental conditions in the area. In 1994 elevated concentrations of lead, Pb and arsenate, As was found, while the 1996 investigations only revealed elevated concentrations of chromium, Cr on the three stations closest to the outlet. Concentrations were on the whole lower in 1996 than in 1994, significant lower ( $p < 0,05$ ) for cadmium, Cd and mercury, Hg. In 1997 concentrations of As, Cd, Hg and V were significant higher than in 1996. 1998 indicated a small improvement, except for moderately elevated concentrations of Pb on one station, and Cu on five stations. In 1999, elevated concentrations were found for 9 of the 10 metals analysed. Most of the stations were, however, moderately polluted (Molvær *et al.* 1997). Chrome (Cr) was the metal with the most elevated concentrations in blue mussels from the area, but increasing levels of lead (Pb), mercury (Hg) and cadmium (Cd) give rise to concern. It has not been possible to detect any clear relation between distance from outlet and levels of metals in blue mussels.

The briefing analyses of organic micro-pollutants in blue mussels show some elevated levels of benzo-a-pyren (BaP), polychlorinated biphenyls (PCB), dioxins and tributyltin (TBT) close to the discharge from NOAH-Langøya.

The investigation of the littoral communities from 3 stations on Langøya showed no signs of negative influence from NOAHs activities on Langøya.

Title: Monitoring NOAH-Langøya 1999. Littoral communities and micropollutants in mussels

Year: 2000

Author: Walday, Mats

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 82-577-3861-1

# 1. Innledning

Langøya ligger i Holmestrandsfjorden som er en åpen fjord uten terskler. Mot nordvest går den over i Sandebukta og mot sørøst går den over i Breiungen som er et åpent område av ytre Oslofjord. Kalkgrunnen på Langøya er bygget opp av fossiler som ble avsatt for rundt 400 millioner år siden. I mer enn 90 år har det vært drevet kalksteinbrudd på øya, men i dag brukes de to gamle bruddene stort sett til avfallshåndtering. Anlegget tar imot de fleste typer uorganisk-, og siden 1998, noen typer organisk avfall. Håndteringen er konsesjonsbetinget. De ulike avfallstypene deponeres i nordbruddet og behandles for å gi nøytrale og kjemisk stabile sluttprodukter. I denne sammenheng felles det ut metaller. Fordi bruddet ligger til kote -50 er lekkasje fra bruddet ut til fjorden ikke mulig. Erfaringsmessig har det vist seg at anlegget heller ikke har lekkasjer fra fjorden utenfor, men de store bruddflatene tar imot anselige mengder regnvann og sigevann fra omgivelsene. Overskuddsvannet (prosessvannet) fra NOAHs avfallsdeponi slippes ut på 15 m dyp på vestsiden av øya, og lasting / lossing av avfall foregår like sør for utslippsområdet. Prosesssvannets pH måles kontinuerlig og det tas hver måned uked prøver for analyse av bl.a. metallinnhold og organiske miljøgifter. Det er slippes normalt ut 50-70 m<sup>3</sup> prosessvann / time. Det er blitt utført beregninger av strømforholdene i området (Magnusson *et al.* 1997) og disse ligger til grunn ved vurderingen av mulige kilder til forhøyede nivåer av metaller i resipienten.

Hardbunnsorganismer som eksempelvis blåskjell, tar opp miljøgifter fra vannet og oppkonsentrerer disse i varierende grad. Blåskjell er vanlig benyttet som indikatorart i miljøgiftovervåking av marine sjøområder, både nasjonalt og internasjonalt. Fordelen med å undersøke fastsittende eller lite mobile organismer, er at de ikke kan unnsnippe eller flytte til andre områder og at de på den måten reflekterer den lokale belastningen integrert over tid.

På den samme måte reflekterer også sedimentenes innhold av miljøgifter tilførselen av disse over tid. Tidsperspektivet er imidlertid lenger sammenlignet med blåskjell. Innholdet av miljøgifter i sedimentene er avhengig av tilførslene til resipienten samt avsetningsforholdene. For at miljøgiftene skal lagres i sedimentene er det en forutsetning at området har sedimentasjonsbunn. I motsatt fall vil miljøgiftene transporteres ut av området. Et område som har grove sedimenter indikerer erosjonsbunn, dvs. at innholdet av finpartikulært materiale som kan adsorbere metaller er lavt. Det ble ikke gjort sedimentundersøkelser i 1999, men dette vil bli inkludert i programmet for år 2001.

Ved de tidligere undersøkelser fra området i perioden 1994 til 1998, ble det konkludert at det foregår en tilførsel av metaller fra Langøya til resipienten. Metallinnholdet i blåskjell og sedimenter var imidlertid lavt (Waldy & Helland 1994; Waldy 1997, 1998, 1999) og tilstanden kan generelt betegnes som god. Det er også stor sannsynlighet for at andre kilder enn NOAH-Langøya kan bidra til de forhøyede nivåer som er funnet i sediment og blåskjell.

Grunnet konsesjonsutvidelse mht. type avfallskategorier som kan tas imot på NOAH-Langøya er det siden 1998, i tillegg til metaller, analysert organiske miljøgifter i blåskjell på en nyetablert stasjon ved utslippspunktet og på kontrollstasjonen.

- *Målsetningen med undersøkelsene er å overvåke resipienten for å undersøke om NOAH-Langøyas utlipp og aktiviteter har påvirket eller påvirker livet i sjøen rundt Langøya*



## 2. Materiale og Metoder

Innsamling av blåskjell (*Mytilus edulis*) og strandsoneregistreringer ble gjennomført 6. oktober og 11. november 1999 i området vest for Langøya, og på Mølen (kontrollstasjon). Under feltarbeidet var det pent vær. Stasjonsplassering er dokumentert ved fotografering og de fleste posisjoner er bestemt ved hjelp av GPS (Tabell 1).

- Blåskjellpopulasjoner

Blåskjell ble samlet inn fra de samme 6 stasjoner som tidligere (Figur 1). På hver stasjon ble det innsamlet 3 parallelle prøver à 20 skjell av 4-5 cm lengde. Blåskjell fra kontrollstasjonen blir samlet inn under et annet program (JAMP, cf. Green 1997). På laboratoriet ble skallengden målt og samlet vekt av bløtdeler for hver stasjon veid, før muslingene ble homogenisert og sendt til analyse av metallinnhold. Alle analyser, untatt organotinn, er utført etter NIVAs akkrediterte metoder. Dioxiner og non-orto PCB er analysert på NILU. Nærmere informasjon om NIVAs analyser er gitt i Vedlegg A.

**Tabell 1.** Stasjoner for innsamling av blåskjell og gjennomføring strandsoneregistreringer. Posisjoner er bestemt ved hjelp av GPS. BK er kontrollstasjonen på Mølen (se også Figur 1).

Stasjon	lengdegrad	breddegrad	blåskjell	strandsonereg.
BK	Ø 10° 29.56'	N 59° 28.75'	+	+
B1	Ø 10° 24.01'	N 59° 28.98'	+	-
B2	Ø 10° 23.84'	N 59° 28.95'	+	+
B3	Ø 10° 22.95'	N 59° 29.51'	+	-
B4	mangler	mangler	+	-
B5	Ø 10° 22.12'	N 59° 29.85'	+	-
B6	Ø 10° 21.74'	N 59° 30.18'	+	+

- Blåskjellrigg

Omtrent 220 blåskjell i størrelse 3-5 cm ble i september 1998 transplantert fra kontrollstasjonen på Mølen til en blåskjellrigg på bunnen like ved utslippet fra Langøya (Figur 1). Disse muslingene ble prøvetatt 11. november 1999 og analysert for metaller, PCB, non-orto PCB, dioksiner, organiske tinnforbindelser og PAH. Nye muslinger ble samtidig transplantert fra Mølen til burene ved utslippet. Kun én prøve av organiske miljøgifter er analysert pr. stasjon. Hvis stoffene er tilstede i utslippsvannet kan det bli aktuelt å analysere parallelle prøver for å bedre følge utviklingen over tid. Muslingene er plassert i kurver slik at predasjon unngås og slik at muslingene skal komme i kontakt med prosessvannet når det er utslipp fra bedriften. Riggene blir jevnlig renses av personell fra NOAH-Langøya.

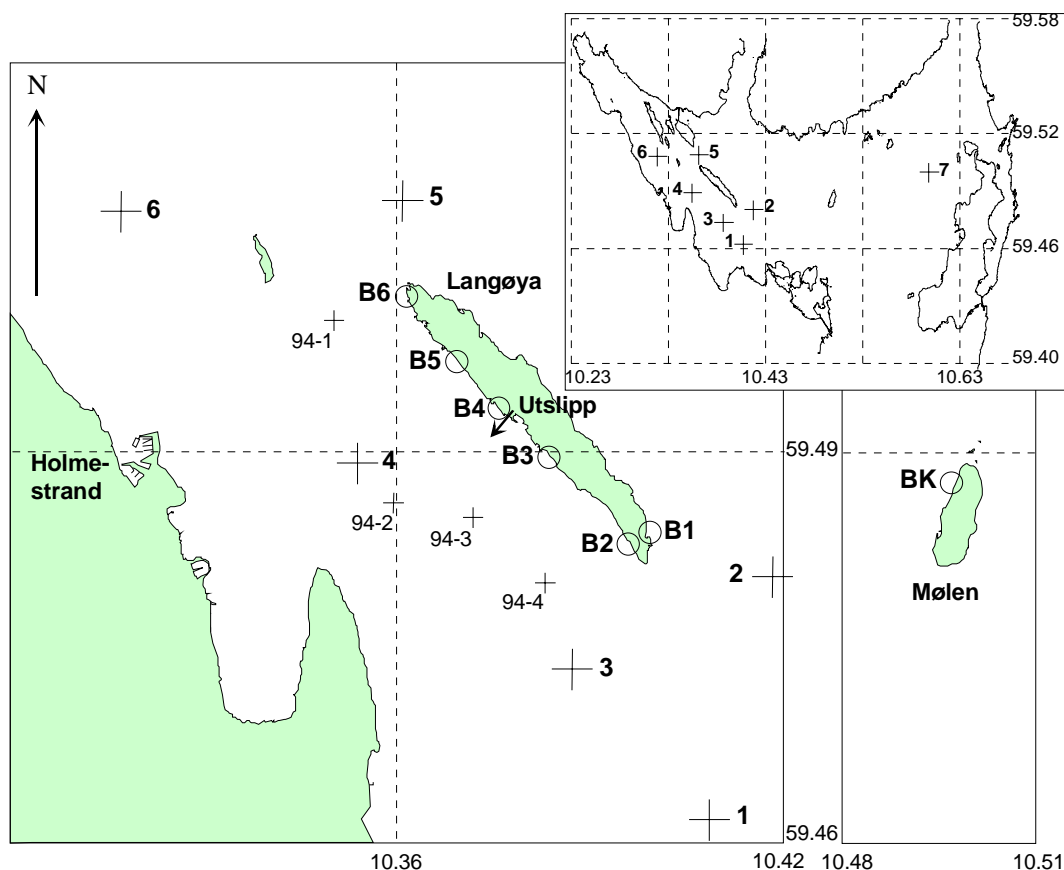
- Strandsoneregistrering

Strandsoneregistrering av bunnlevende hardbunnsorganismer ble utført i rammer på 3 av blåskjellstasjonene (se Figur 1). Rammene har en størrelse på 150 x 60 cm og er inndelt i 90 ruter på 10 x 10 cm. Metoden innebærer en frekvensregistrering av alger og dyr i 30 på forhånd tilfeldig valgte ruter hvilket gir et godt grunnlag for senere statistisk behandling. Rammene ble plassert på faste, markerte flater på fjellet slik at nøyaktig det samme området ble undersøkt begge årene

- Databearbeiding

Det er utført variansanalyser for å undersøke om det var noen signifikante forskjeller mellom stasjonene mht. metallnivåer i blåskjellene. Det er også foretatt multivariatanalyser av dataene for metaller fra 1996-99 for å beskrive hovedutviklingen i perioden og sammenlikne forekomsten av metallene innbyrdes. Analysene er foretatt med prinsipal komponent-analyse (PCA), som er en

teknikk hvor alle data analyseres under ett og hvor relasjonene vises i samtidige plott av metaller og prøver. Analysene er variabelsentrert og utført på log-transformerte data. Ved dette oppsettet vil analysene både ta hensyn til nivåforskjeller og den relative fordelingen mellom metallene over prøvene.



**Figur 1.** Langøya med plassering av blåskjell- (B) og sedimentstasjoner (1 – 7, for st. 7 se oversiktskartet). Det ble ikke samlet inn sedimentprøver i 1999. BK er kontrollstasjonen på Mølen. Strandsoneregistreringer ble utført på stasjon BK, B2 og B6. De dype sedimentstasjonene som ble undersøkt i 1994 er merket 94-1, 94-2 osv.

De analyserte miljøgifter blir i det følgende klassifisert etter konsentrasjon, i hovedsak etter SFTs system for klassifisering av miljøkvalitet (Molvær *et al.* 1997) (Tabell 2). For kobolt er "antatt høyt bakgrunnsnivå" (Klasse I) vist. For vanadium og kobolt se Knutzen & Skei (1990) samt Konieczny & Brevik (1997). Overskridelser av Klasse I nivå (overkonsentrasjoner) antyder påvirkning fra en eller flere punktkilder. Verdier i Klasse I utelukker imidlertid ikke belastning fra små utslipp med lokale innflytelsesområder.

**Tabell 2.** SFTs klassifikasjon av tilstand ut fra målinger i blåskjell, etter Molvær *et al.* (1997). Kobolt og vanadium etter Knutzen & Skei (1990) og Konieczny & Brevik (1997). Kl. V (meget sterkt forurenset) er ikke vist.

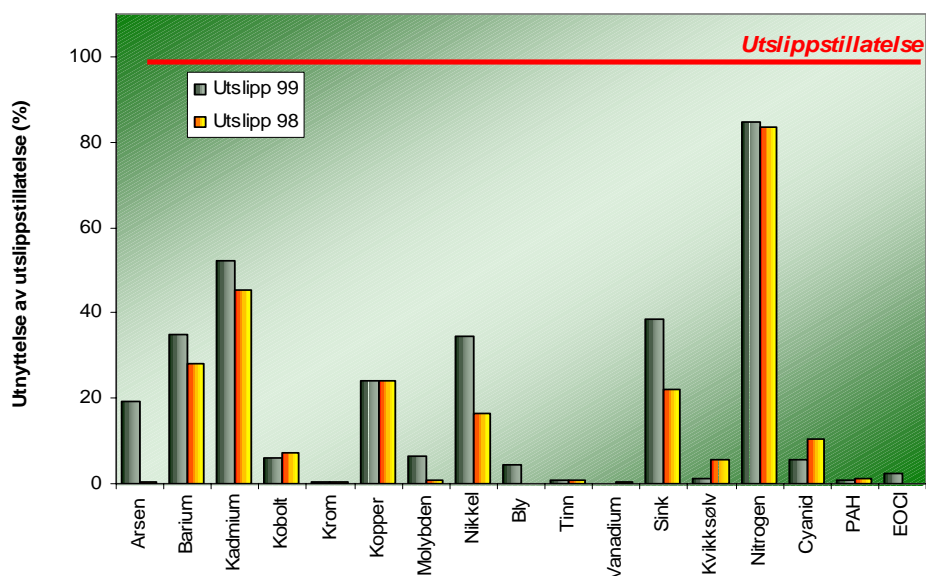
Stoff		Kl. I Ubetydelig-lite forurenset	Kl. II Moderat forurenset	Kl. III Markert forurenset	Kl. IV Sterkt forurenset
Kvikksølv	mg/kg t.v.	<0,2	0,2-0,5	0,5-1,5	1,5-4
Kadmium	"	<2	2-5	5-20	20-40
Bly	"	<3	3-15	15-40	40-100
Arsen	"	<10	10-30	30-100	100-200
Sink <sup>1</sup>	"	<200	200-400	400-1000	1000-2500
Krom	"	<3	3-10	10-30	30-60
Kobolt	"	<3	ikke klassifisert	ikke klassifisert	ikke klassifisert
Vanadium	"	<2	2-10	10-30	>30
Nikkel	"	<5	5-20	20-50	50-100
Kopper <sup>1</sup>	"	<10	10-30	30-100	100-200
TBT	"	<0,1	0,1-0,5	0,5-2	2-5
Dioxin	ng/kg v.v.	<0,2	0,2-0,5	0,5-1,5	1,5-3
Sum-PCB <sub>7</sub>	µg/kg v.v.	<4	4-15	15-40	40-100
Sum-PAH	"	<50	50-200	200-2000	2000-5000
BaP	"	<1	1-3	3-10	10-30

<sup>1</sup> Blåskjell har evne til å regulere opptak, særlig ved moderate konsentrasjoner (se kap. 3.2)

<sup>1</sup> Blåskjell har evne til å regulere opptak, særlig ved moderate konsentrasjoner

### 3. Resultater

I 1999 ble det totalt sluppet ut 366 276 m<sup>3</sup> vann fra NOAHs anlegg, hvorav 37% i perioden mai-juni. Til sammenligning ble det i sluppet ut 277 000m<sup>3</sup> i 1998. Innholdet av metaller og andre miljøgifter i utslippsvannet analyseres løpende av NOAH, og nivåene for 1999 tilfredstilte konsesjonskravet fra SFT (Figur 2). For samtlige metaller unntatt vanadium (V) og kvikksølv (Hg) har imidlertid utlippene økt sammenlignet med 1998 og dette har stort sett sammenheng med den større vannmengde som ble sluppet ut i 1999.



**Figur 2.** Utslipp i % av utslippstillatelse fra NOAH-Langøya i 1998 og 1999. Figur fra NOAH-Langøya.

#### 3.1 Metaller i blåskjell

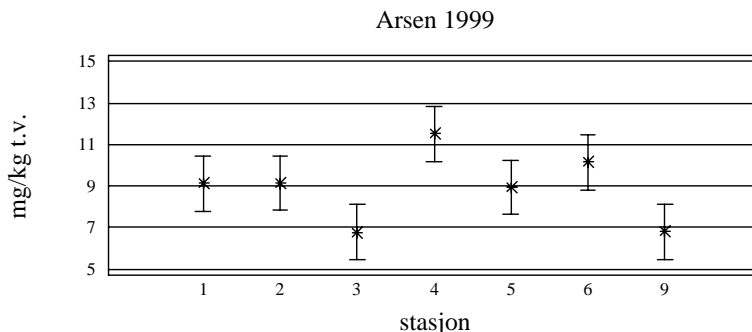
Metallnivåer i blåskjell høsten 1999 er vist i Tabell 3. Resultatene fra samtlige kjemiske analyser er vist i Vedlegg B. På de fleste stasjoner, og for de fleste metaller, kan tilstanden betegnes som ”ubetydelig-lite forurenset” (K1. I). I forhold til nivåene på kontrollstasjonen (BK) var imidlertid nivåer av metaller generelt forhøyet ved Langøya, og det antas at driften på Langøya bidrar til disse overkonsentrasjoner. Krom var forhøyet overalt bortsett fra på kontrollstasjonen. Dette er overaskende siden krom i liten grad har vært registrert ved NOAHs egne målinger på avløpsvannet. Den mest påvirkede lokalitet var stasjon 4, rett nord for utslippsområdet.

**Tabell 3.** Innhold av metallene kvikksølv (Hg), kadmium (Cd), bly (Pb), arsen (As), sink (Zn), kobolt (Co), vanadium (V), kopper (Cu), krom (Cr) og nikkel (Ni) i mg/kg tørrvekt, samt %-tørrestoff (TS), i blåskjell utenfor Langøya høsten 1999. Nivåene er gjennomsnitt av tre paralleller. BB er blåskjell fra bur og BK er blåskjell kontroll fra Mølen. Verdier med lys skravert bakgrunn indikerer klasse II "moderat forurenset", mens mørk skravert bakgrunn indikerer klasse III "markert forurenset" (se Tabell 2).

Stasjon:	1	2	3	4	5	6	BB	BK
Hg	0.25	0.22	0.14	0.18	0.17	0.19	0.17	0.11
Cd	1.65	1.77	2.11	2.30	1.95	1.91	1.44	1.60
Pb	3.07	2.86	5.10	5.91	2.72	2.68	2.52	0.75
As	9.12	9.14	6.77	11.51	8.93	10.15	58.24	6.79
Zn	158.09	205.62	128.46	200.64	168.31	169.42	162.86	108.05
Co	0.83	0.68	0.45	0.89	1.76	0.69	1.05	0.36
V	1.85	1.91	1.33	2.06	1.85	1.55	15.13	0.55
Cu	9.67	8.88	8.79	10.90	9.17	8.05	8.48	7.59
Cr	27.94	17.24	6.28	19.51	4.59	3.58	4.13	2.01
Ni	19.90	11.94	4.03	14.19	2.70	2.68	3.21	1.37
% TS	12.17	12.80	14.77	11.30	12.33	11.20	14.53	14.77

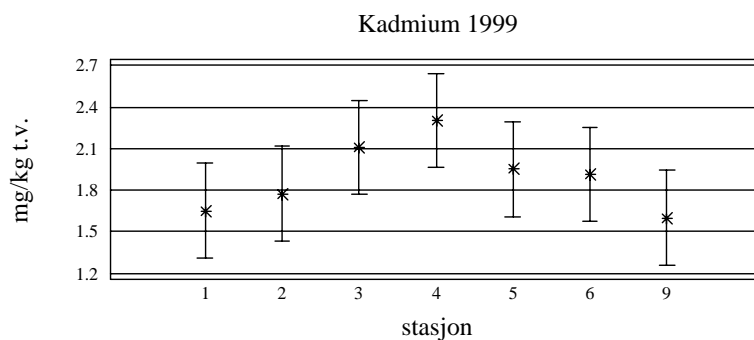
### 3.2 Gradienter i metallkonsentrasjoner

I det følgende er det gitt kommentarer og vist figurer til de metaller hvor signifikante konsentrasjonsforskjeller mellom stasjoner ble registrert i 1999. Dette ble gjort for å undersøke hvorvidt det var konsentrasjons-gradienter i materialet som kunne knyttes til Langøyas utslipp av prosessvann. Det er også gjort en vurdering av samtlige metaller utvikling over tid og en forenklet illustrasjon av dette er vist i Figur 11. Mer detaljerte figurer er gitt i Vedlegg C.



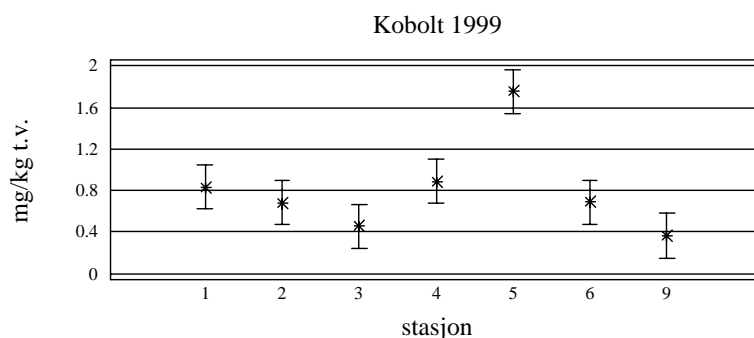
**Figur 3.** Arsen (As) i blåskjell fra Langøya i 1999 (mg/kg t.v.). Gjennomsnittsverdier med Scheffe 95%-intervall; ikke overlappende intervall indikerer signifikante forskjeller. Stasjon 9 er lik kontrollstasjonen BK.

Nivåene av arsen var ikke spesielt høye i 1999 (Figur 3), på tross av at utslippene fra Langøya var nesten 100 ganger større enn i 1998 (NOAHs målinger). To stasjoner, 4 og 6, ble klassifisert som "moderat forurenset", resten var "ubetydelig-lite forurenset". Muslingene fra burene indikerer at prosessvannet kan være en arsenkilde (Tabell 3). Arsen viser ikke noen entydig utvikling over tid (Figur 11).



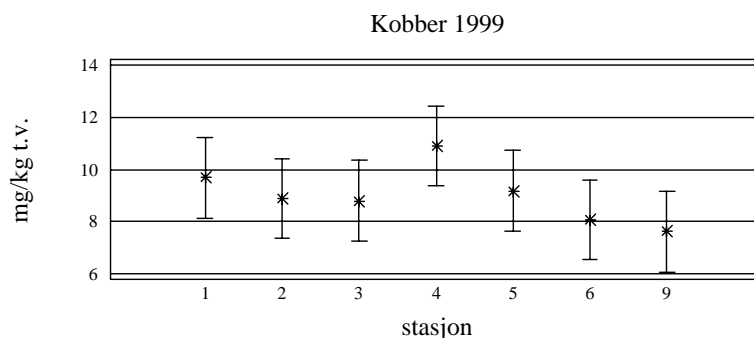
**Figur 4.** Kadmium (Cd) i blåskjell fra Langøya i 1999 (mg/kg t.v.). Gjennomsnittsverdier med Scheffe 95%-intervall; ikke overlappende intervall indikerer signifikante forskjeller. Stasjon 9 er lik kontrollstasjonen BK.

Stasjon 3 og 4 hadde signifikant høyere kadmiumverdier enn kontrollstasjonen i 1999 (Figur 4). Disse 2 stasjonene ligger nærmest utslippet og resultatene antyder derfor dette som en kilde, mens nivåene i burmuslingene ikke indikerer prosessvannet som hovedkilde (Tabell 3). Generelt har nivåene av kadmium økt siden 1996 (Figur 11) og for første gang siden målingene startet kan tilstanden betegnes som “moderat forurenset”. Utviklingen videre bør følges nøye hos dette metallet.



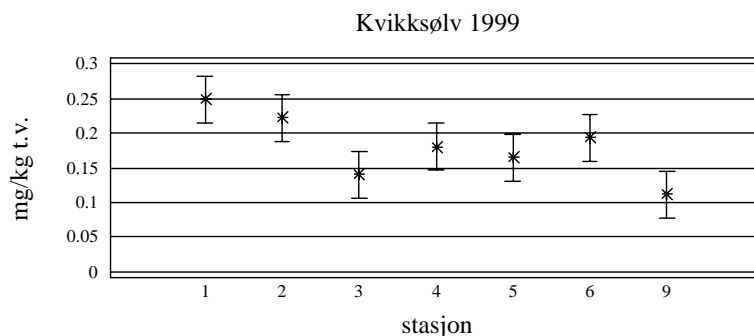
**Figur 5.** Kobolt (Co) i blåskjell fra Langøya i 1999 (mg/kg t.v.). Gjennomsnittsverdier med Scheffe 95%-intervall; ikke overlappende intervall indikerer signifikante forskjeller. Stasjon 9 er lik kontrollstasjonen BK.

Stasjon 5 var signifikant mer kobolt-påvirket enn alle andre stasjoner i 1999, og slik har det vært siden kobolt første gang ble målt i 1996. Dette er vanskelig å forklare, men det antas at en lokal kobolt-kilde i nærheten av stasjonen er årsaken. Tilstanden på stasjonen kan imidlertid betegnes som ”ubetydelig lite forurenset”.



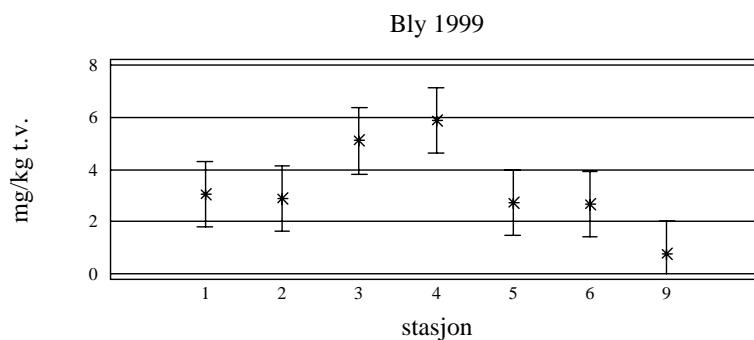
**Figur 6.** Kopper (Cu) i blåskjell fra Langøya i 1999 (mg/kg t.v.). Gjennomsnittsverdier med Scheffe 95%-intervall; ikke overlappende intervall indikerer signifikante forskjeller. Stasjon 9 er lik kontrollstasjonen BK.

Stasjon 4 var signifikant mer kopper-påvirket enn kontrollstasjonen i 1999, og den eneste stasjonen med overkonsentrasjoner som klassifiserer den som ”moderat forurenset” (Figur 6). Nivåene var lavere enn i 1998, men det er ingen trend i utviklingen hos dette metallet (Figur 11). Blåskjell har en evne å regulere opptak av kopper, og særlig ved moderate konsentrasjoner. Det er derfor usikkert i hvilken grad nivåene av kopper i blåskjellene avspeiler nivåene i miljøet rundt Langøya.



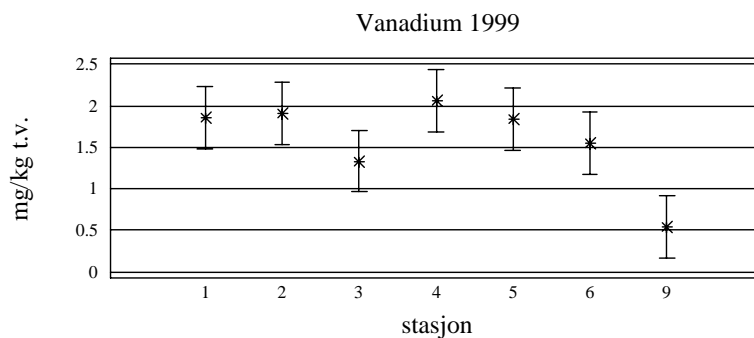
**Figur 7.** Kvikksølv (Hg) i blåskjell fra Langøya i 1999 (mg/kg t.v.). Gjennomsnittsverdier med Scheffe 95%-intervall; ikke overlappende intervall indikerer signifikante forskjeller. Stasjon 9 er lik kontrollstasjonen BK.

Stasjonene 1, 2, 4 og 6 hadde i 1999 signifikant høyere kvikksølvverdier enn kontrollstasjonen (Figur 7). Stasjon 1 har siden 1996 hatt de høyeste nivåene. I henhold til klassifiseringssystemet kan de to sørlige stasjonene 1 og 2 betegnes som ”moderat forurenset”. Stasjon 1 ligger på sør-østsiden av Langøya og burde derfor være mindre påvirket av utslippet av prosessvann fra anlegget på Langøya enn øvrige stasjoner; se spredningsberegninger utført av Magnusson *et al.* 1997. Blåskjellene fra burene hadde relativt lave nivåer av kvikksølv (Tabell 3) og nivåene i prosessvannet var også langt under SFTs krav (NOAHs målinger). Dette støtter teorien om en annen kvikksølvkilde enn prosessvannet. Generelt har nivåene av kvikksølv økt siden 1996 og utviklingen videre bør derfor følges nøye (Figur 11).



**Figur 8.** Bly (Pb) i blåskjell fra Langøya i 1999 (mg/kg t.v.). Gjennomsnittsverdier med Scheffe 95%-intervall; ikke overlappende intervall indikerer signifikante forskjeller. Stasjon 9 er lik kontrollstasjonen BK.

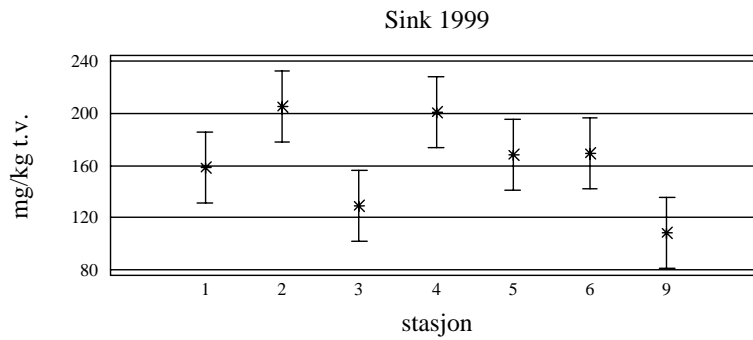
Blynivåene var i 1999 høyest i blåskjell fra stasjon 3 og 4 (Figur 8). Disse stasjonene ligger hhv. noen hundre meter sør og nord for utslippet. Tilstanden kan klassifiseres som ”moderat forurenset”. Tidligere år har blynivåene på disse stasjonene vært lavere. Resultatene tyder derfor på en økende tilførsel av bly til miljøet i området (se Figur 11), og de høye verdiene på stasjon 3 og 4 gjør at det ikke kan utelukkes at virksomheten på Langøya er årsaken til de økte verdier. Utslippene av bly fra NOAH-Langøya har i 1999 vært noe høyere enn det var i 1998 (NOAHs analyser), men blåskjellene i burene hadde ikke spesielt høye verdier av bly og de indikerer derfor en annen blykilde enn prosessvannet. Utviklingen videre bør følges nøye.



**Figur 9.** Vanadium (V) i blåskjell fra Langøya i 1999 (mg/kg t.v.). Gjennomsnittsverdier med Scheffe 95%-intervall; ikke overlappende intervall indikerer signifikante forskjeller. Stasjon 9 er lik kontrollstasjonen BK.

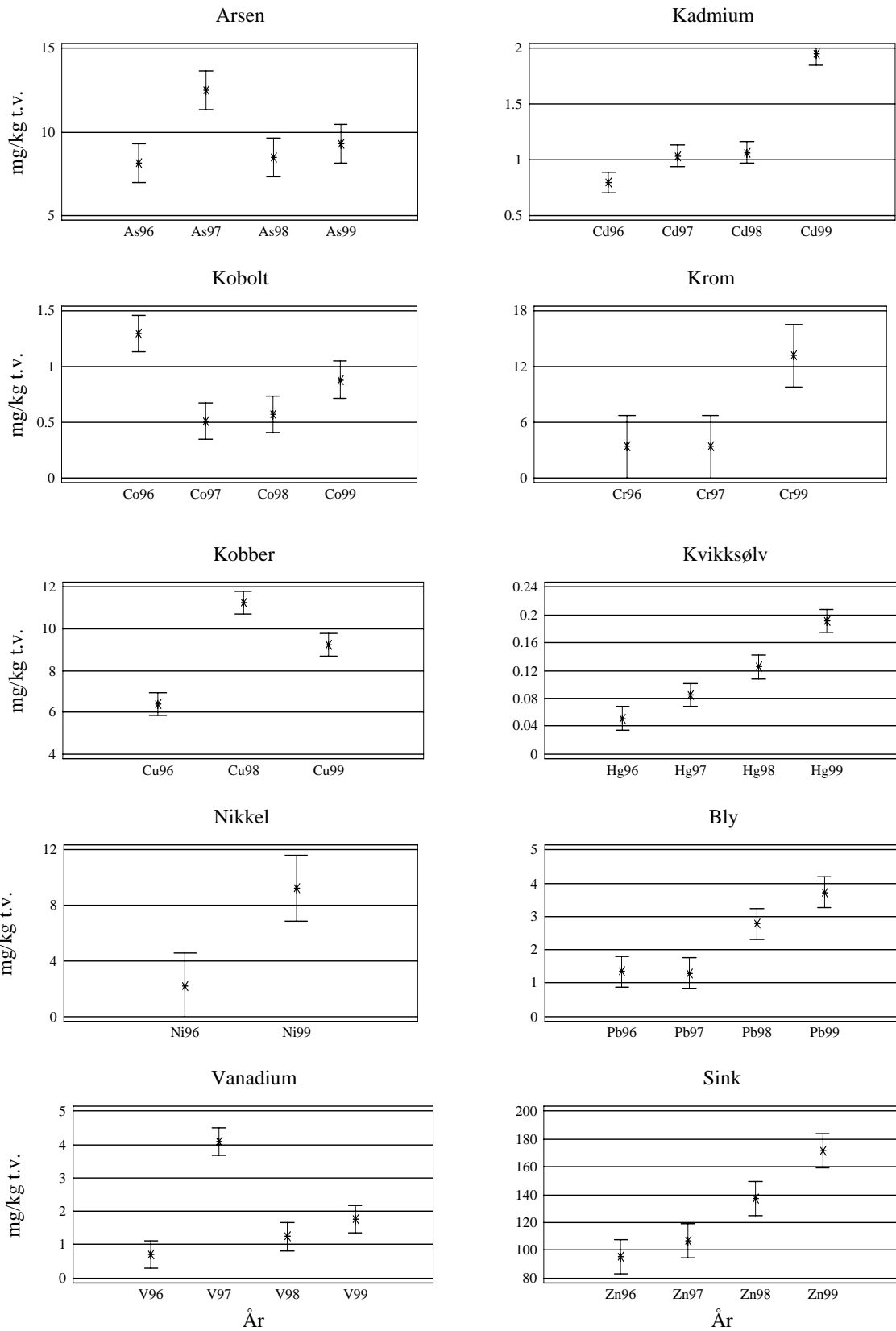
Samtlige stasjoner hadde i 1999 signifikant høyere vanadium-verdier enn kontrollstasjonen (Figur 9), men det var bare på stasjon 4 at tilstanden kunne klassifiseres som ”moderat forurenset”. Vanadiumutslippene fra Langøya var små i 1999; ca. 1/10 av det som ble målt i 1998 (NOAHs målinger). Bortsett fra i 1997 så har konsentrasjonene i blåskjell stort sett vært relativt lave siden undersøkelsene begynte (Figur 11).





**Figur 10.** Sink (Zn) i blåskjell fra Langøya i 1999 (mg/kg t.v.). Gjennomsnittsverdier med Scheffe 95%-intervall; ikke overlappende intervall indikerer signifikante forskjeller. Stasjon 9 er lik kontrollstasjonen BK.

Stasjon 2, 4, 5 og 6 hadde signifikant høyere sinkverdier enn kontrollstasjonen i 1999 (Figur 10) og stasjon 2 og 4 var ”moderat forurenset”. Resultatene indikerer en annen hovedkilde enn prosessvannet, se Tabell 3. Blåskjell har evnen til å regulere opptak av sink, og særlig ved moderate konsentrasjoner. Det er derfor usikkert i hvilken grad nivåene av sink i blåskjellene avspeiler nivåene i miljøet. Det har imidlertid vært en klar økning i målte sinkverdier i blåskjell fra Langøya siden 1996 (Figur 11).



**Figur 11.** Gjennomsnittsverdier av metaller per år, med Scheffe 95%-intervall, for stasjonene utenfor Langøya (B1-B6) over den tid de har vært undersøkt, ikke overlappende intervall indikerer signifikante forskjeller.

### 3.3 Multivariate analyser

I det følgende er det gjort en sammenfattende analyse av dataene for metaller fra 1996 til 1999 for å beskrive de mest fremtredende mønstre i fordelingen av metaller på stasjoner og år. Multivariat-analyser benyttes på datasett hvor mange variable (her metaller) er målt over mange prøver. Målet med analysene er å illustrere de viktigste mønstre og trender i datasettet, slik at disse kan tolkes mot kjente miljøforhold eller hendelser i tid. I prinsippal komponent-analyse (PCA), som er benyttet her, sammenlignes og illustreres variable (metaller) og prøver under ett, variablene med hensyn på hvordan de korrelerer innbyrdes og prøvene med hensyn på hvor like de er i komponentsammensetning. Resultatene fremstilles i plott hvor hovedtrendene markeres ved akser og hvor variable og prøver tegnes inn som henholdsvis vektorer og punkter. Variabelvektorene peker i retning for økende verdier relativt til prøvene i plottet. Vektorer som peker i samme retning indikerer variable som er innbyrdes korrelerte. Prøvepunktene plottes slik at avstanden mellom punktene er et mål for grad av likhet mellom prøvene, like prøver plottes nær hverandre. Forskjeller mellom metaller, stasjoner og parallellprøver kan derved tolkes direkte fra figurene. Analysen vil naturlig nok illustrere tydelige trender som påvises ved analyser av ett og ett metall av gangen (se, kap. 3.2, figurene 3-11), men trendene kan skaleres mot hverandre samtidig som metallene sammenlignes innbyrdes.

#### 3.3.1 Hovedmønstre i perioden 1996-99.

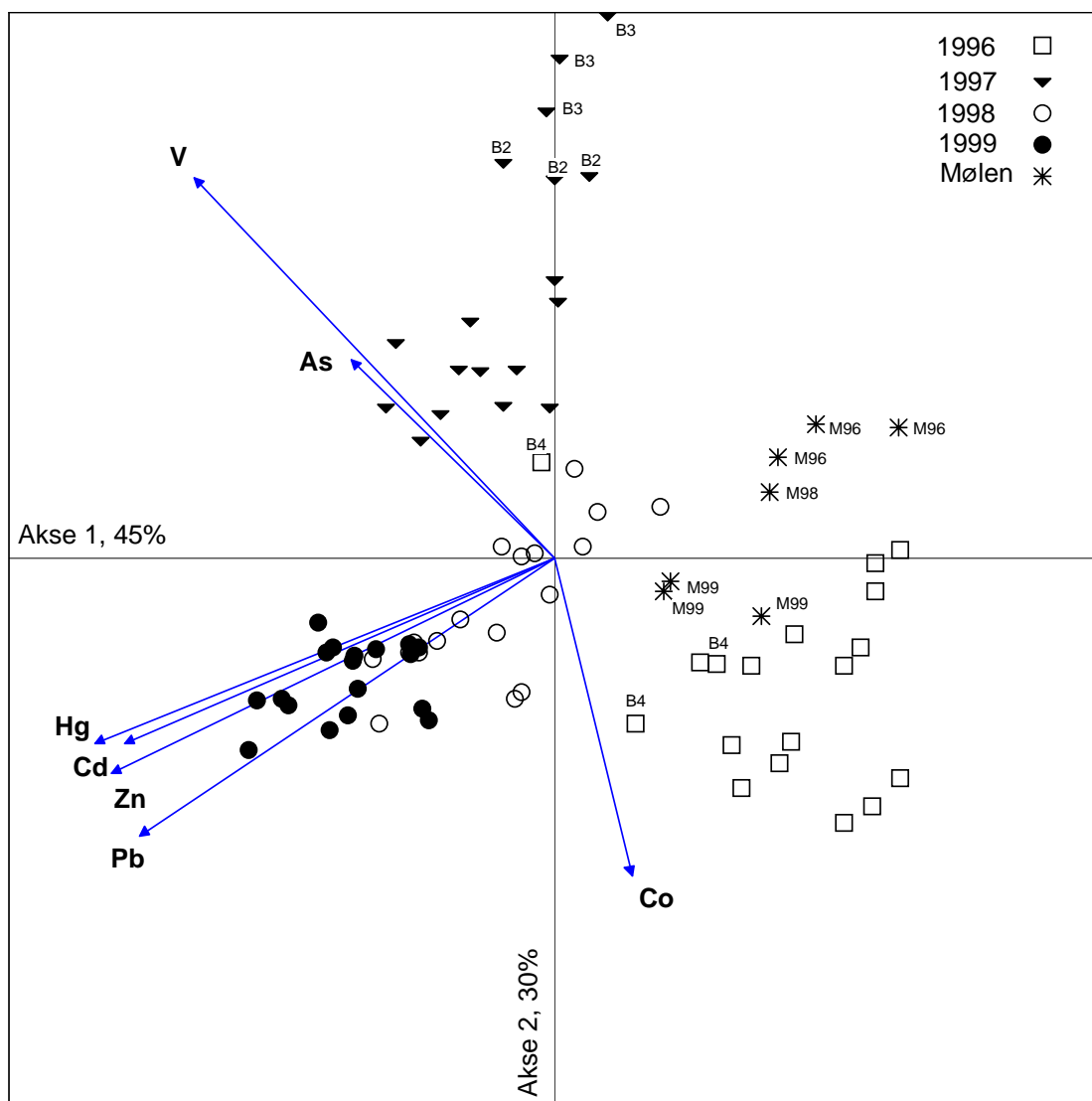
Det er utført en analyse for alle metallene som har komplette data for hele perioden, dvs. sink (Zn), kadmium (Cd), bly (Pb), kvikksølv (Hg), vanadium (V), arsen (As) og kobolt (Co). Alle prøvene fra Langøya (med unntak for burprøvene fra 1999) er tatt med. Fra Mølen er alle prøvene som har data for de samme metallene tatt med, dvs. alle prøvene fra 1996, en prøve fra 1998 og alle prøvene fra 1999. Analyseresultatene er vist i Figur 12 - Figur 13.

Analysen viser:

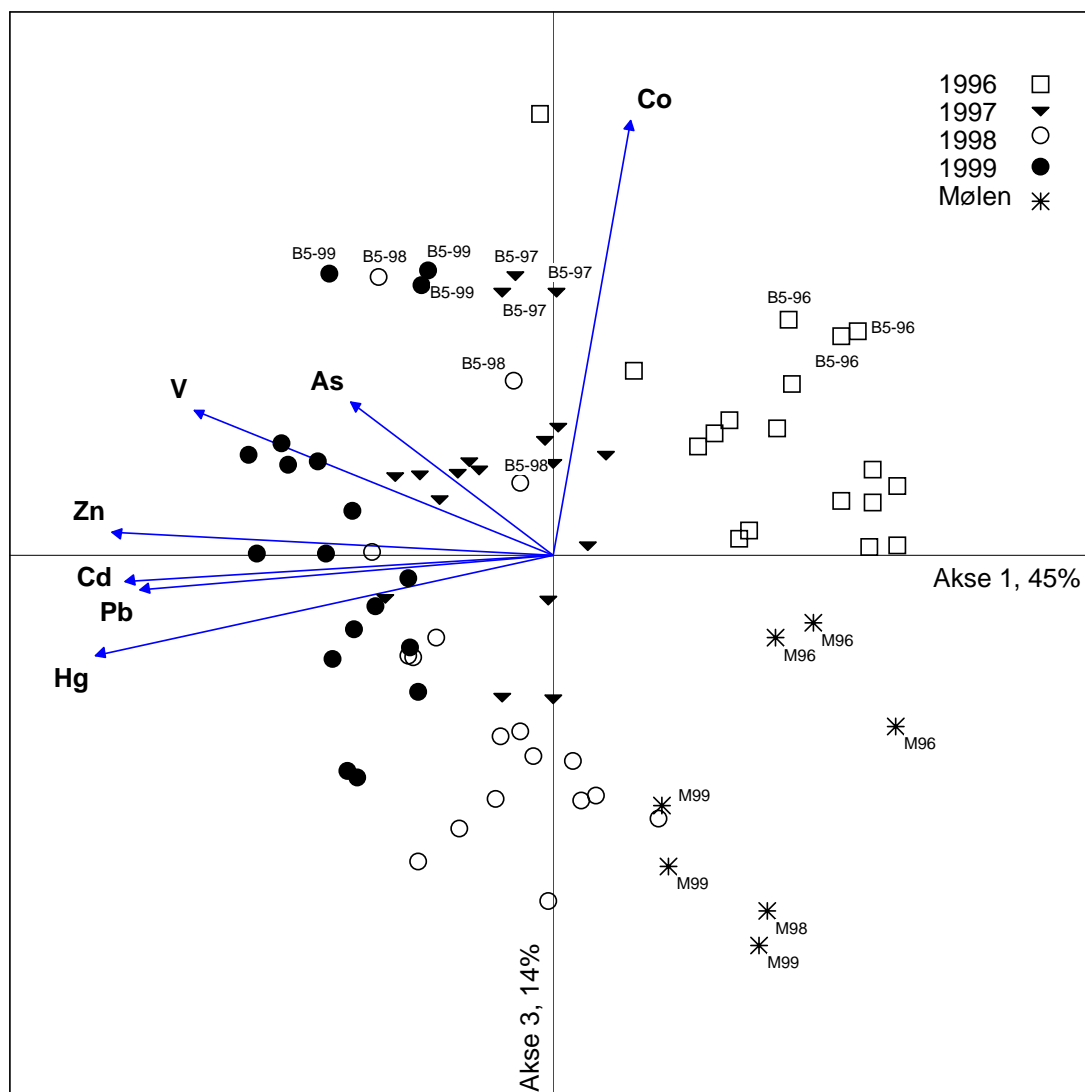
- Hovedtrenden i datasettet er at alle metallene, med unntak for kobolt (Co) øker fra 1996 til 1999. Dette vises på første akse (45% av datasettets varians) hvor prøvepunktene for 1996 ligger til høyre og motsatt vektorene til metallene, mens prøvepunktene for 1999 ligger til venstre i vektorenes retning.
- Den nest mest markerte mønsteret er at vanadium (V) og arsen (As) skiller seg ut med høye verdier i 1997. Dette vises på andre akse (30% variasjon) hvor alle prøvene fra 1997 ligger opp i diagrammet og skilt fra prøvene fra de andre årene. Verdiene var særlig høye på stasjonene B2 og B3, som er markert spesielt i plottet.
- Kontrollstasjonen på Mølen forandret seg litt fra 1996/98 til 1999, men det var klart mindre forskjell mellom årene enn på Langøya. Det var størst likhet mellom Langøya og Mølen i 1996 og 1998, mens forskjellene var tydeligere i 1997 og 1999.
- Det var stor grad av innbyrdes likhet mellom stasjoner og parallellprøver for hvert år. Dette fører til at hvert år hadde sin 'identitet' – forskjellen mellom årene (spredningen i plottet) var omtrent som forskjellen mellom stasjoner innen år.
- Det var generelt små forskjeller mellom parallellprøver (Figur 13), med noen få unntak. For eksempel skiller en prøve fra B4-1996 seg ut. Denne hadde en avvikende høy verdi for vanadium (prøvepunktene er vist på Fig. 12).
- Sink, kadmium, bly og kvikksølv korrelerte innbyrdes. Generelt var verdiene for disse metallene økende i 1998 og 1999, og høyere enn på kontrollstasjonen på Mølen.
- Prøvene fra 1996 viste forhøyde verdier for kobolt. Dessuten var det generelt forhøyde verdier for kobolt på stasjon B5 alle årene (Figur 13). Dette vises på tredje akse (14% varians) hvor alle

prøvene fra stasjon B5 ligger løftet opp i plottet. De forhøyde verdiene for kobolt gir denne stasjonen en klar identitet. Det var liten korrelasjon mellom kobolt og de andre metallene.

- Sammenlignet med kontrollstasjonen på Mølen kan prøvene fra Langøya grovt sett karakteriseres ved forhøyde verdier for kobolt i 1996, forhøyde verdier for vanadium og arsen i 1997 og forhøyde verdier for sink, kadmium, bly, kvikksølv og tildels kobolt i 1998 og 1999.



**Figur 12.** Plott av prøver og variable (biplot) for akse 1 og 2. I plottet er variablene (metallene) vist ved vektorer som peker i retning for økende verdier (verdiene avtar i motsatt retning). Vektorer som peker i samme retning indikerer metaller som samvarierer, rett vinkel mellom vektorer viser liten til ingen samvariasjon. Prøvene fra Langøya er vist ved et symbol for år, i tillegg er prøvene fra stasjon B2 og B3 i 1997, som skiller seg særlig ut, og B4 i 1996, som har en avvikende parallellprøve, vist ved stasjonskode. Prøvene fra kontrollstasjonen på Mølen (BK) er vist separat. Figuren representerer 75% av variansen i datamaterialet.



**Figur 13.** Plott av prøver og variable (biplot) for akse 1 og 3. Prøvene fra stasjon B5 skiller seg spesielt ut ved høye verdier for Co og er vist ved stasjonskode. Prøvene fra kontrollstasjonen på Mølen er vist separat. Figuren representerer 59% av variansen i datamaterialet, og tilsammen representerer akse 1-3 89% av variansen.

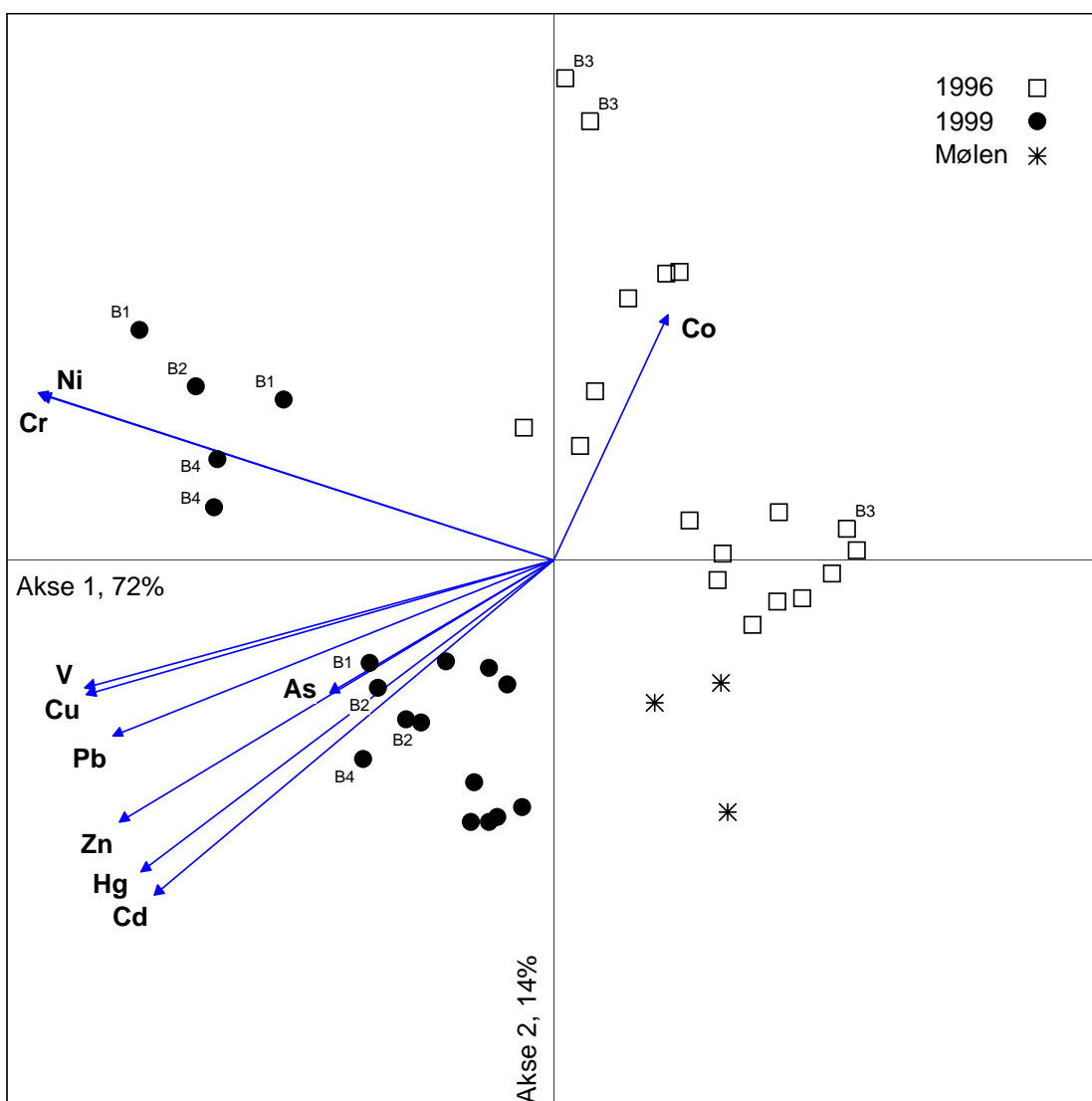
### 3.3.2 Alle metaller i 1996 og 1999.

I 1996 og 1999 ble det også målt for krom (Cr), nikkel (Ni) og kopper (Cu) på alle stasjonene på Langøya. Nedenfor er det vist resultater fra en prinsippal komponent-analyse på prøvene fra de to årene for å vise hvordan disse tre metallene forholder seg til de andre (Figur 14). Prøvene fra kontrollstasjonen på Mølen 1996 er ikke tatt med fordi kopper her ikke var målt. I prøvene fra Mølen 1999 er verdiene for krom satt til 2.01 i alle parallellprøvene (bare målt i en prøve). Hovedtolkning fra denne analysen er:

- Nikkel og krom skilte seg fra de øvrige metallene og særlig på grunn av høye verdier i enkelte parallellprøver fra stasjon B1, B2 og B4 i 1999. Det var stor forskjell mellom parallellprøvene på

disse stasjonene, illustrert ved stor avstand mellom parallellene i plottet (Figur 14). Det var tilsvarende utslag for stasjon B3 i 1996.

- Nikkel og krom hadde svært høy samvariasjon (vektorene sammenfaller). Dette tyder på at det var samme kilde til nikkel og krom, og at dette kunne være en annen kilde enn til de andre metallene.
- Kopper samvarierte med hovedgruppen av metaller (bly, sink, kadmium, kvikksølv). Også vanadium faller i denne gruppen (dette illustrerer at den avvikende fordelingen for vanadium i analysen ovenfor skyldes utslagene i 1997)
- Det var klar forskjell mellom årene. I 1999 var det forhøyde konsentrasjoner for alle metaller unntatt kobolt i forhold til 1996. Prøvene fra 1996 hadde størst likhet med prøvene fra kontrollstasjonen på Mølen (dette tilsvarer hovedresultatene fra analysen ovenfor).
- Kobolt skilte seg ut også i denne analysen. Det var særlig prøvene fra stasjon B5 i 1999 som hadde høye verdier. Dette fremkommer på tredje akse (ikke vist i figur).



**Figur 14.** Plott av stasjoner og metaller (biplot) for akse 1 og 2 for 1996 og 1999 inkludert Ni, Cr og Cu. Parallellprøvene fra stasjon B3 i 1996 og B1, B2 og B4 i 1999 har stor innbyrdes variasjon og er indikert ved stasjonskode. Prøvene fra kontrollstasjonen på Mølen er vist separat. Figuren representerer 86% av variansen i datamaterialet.

### 3.4 Andre miljøgifter i blåskjell

Høsten 1998 ble muslinger transplantert fra Mølen (BK) til bur utenfor utslippet fra Langøya (BB). Kjemiske analyser av skjellene ble foretatt før transplantasjon, og etter et år i burene. Resultatene er vist i Tabell 4. Det er også vist resultater fra BK for de skjell som ble transplantert til burene høsten 1999. Foruten metaller er det analysert på organotin og noen utvalgte organiske miljøgifter i disse blåskjellene. Dette er orienterende undersøkelser og derfor er det ikke analysert på paralleller for de organiske parametrene.

Nivåene av TBT og dioksiner i burene er forhøyet i forhold til kontroll og dette indikerer tilførsel fra anlegget og til resipienten. NOAH har selv i sine rutinemålinger påvist TBT og dioksiner i prosessvannet. Tilstanden med hensyn til disse stoffene kan karakteriseres som "moderat forurenset", tangerende opp mot "markert forurenset" for TBT (se Tabell 2).

PAH og TBT er registrert med noe overkonsentrasjoner både på kontrollstasjonen og i burene (klasse II, moderat forurenset). Den mest kreftfremkallende komponenten i PAH (BaP) kunne imidlertid ikke detekteres på kontrollstasjonen. Nivåene av PAH og TBT på kontrollstasjonen kan skyldes fartøytrafikken i området, eller andre diffuse tilførsler. TBT er tidligere registrert med overkonsentrasjoner i blåskjell fra bl.a. Færder fyr (173 µg/kg t.v.) og ved Gressholmen i indre Oslofjord var konsentrasjonene så høye som 1854 µg/kg t.v., se Green *et al.* (2000). Småbåter kan bidra til PAH-forurensingen.

PCB er også forhøyet i burene i forhold til kontroll, mens NOAH ikke har detektert PCB i sitt avløpsvann. De plane, eller non-orto, PCB'er inngår ikke i klassifiseringssystemet og blir heller ikke analysert av NOAH i prosessvannet. Resultatene fra disse analysene indikerer noe forhøyede nivåer ved Langøya.

**Tabell 4.** Organiske miljøgifter i blåskjell. BB er blåskjell fra bur og BK er blåskjell-kontroll fra Mølen. Verdier med skravert bakgrunn indikerer "moderat forurenset" (Molvær *et al.* 1997).

Parameter		BK høst 1998	BB høst 1999	BK høst 1999
TBT, molekylbasis	µg/kg t.v.	387.96	471.17	343.89
PCB 7-Dutch	µg/kg v.v.	1.78	5.91	2.61
BAP	µg/kg v.v.	<0.5	1.30	<0.5
Sum PAH	µg/kg v.v.	61.90	43.00	35.20
dioxiner (TE <sub>PCDF/D</sub> )	ng/kg v.v.	0.17	0.26	0.14
non-orto PCB*	ng/kg v.v.	0.20	0.25	0.14
tørrestoff	%	15.80	14.50	14.90

\*inngår ikke i klassifiseringssystemet

### 3.5 Strandsoneregistreringer

1999 var første år med kvantitative ruteundersøkelser av strandsonen på Langøya og kontrollstasjonen på Mølen. Det vil derfor kun bli vist artslister for de tre stasjonene i denne rapporten, uten statistiske sammenligninger med tidligere års semikvantitative strandsonundersøkelser. Undersøkellesmetoden omfatter kun et lite areal (0,9 m<sup>2</sup>), og er derfor ikke egnet for en generell beskrivelse av vegetasjonen på stasjonene. Dette er imidlertid gjort i tidligere undersøkelser (Waldy 1997, 1998, 1999).

Stasjonene var preget av fattig algevegetasjon med innslag av mange forurenningstolerante arter. Referansestasjonen på Mølen hadde mer av både flerårige, opprette rødalger som sjøris og krusflik, og opportunistiske arter som tarmgrønnske og fastsittende blågrønnalger (Tabell 5). De vanligste artene på Mølen var blæretang, fjæreblood, fjæreskorpe, tarmgrønnske og grønt uidentifisert belegg på fjell. Disse

artene ble registrert i over 40% av rutene. De vanligste artene på nordvest-enden av Langøya var blæreløs blæretang, fjæreblood og fjæreskorpe.

**Tabell 5.** Alger fra ruteundersøkelsene på Langøya og referansestasjonen på Mølen (BK), (R=rødalger, B=brunalger, G=grønnalger, C=blågrønnalger).

06.10.1999		Forekomst (% av rutene)			
Taxa	Norske navn	Gruppe	Langøya sør (B2)	Langøya nord (B6)	BK (ref.)
<i>Hildenbrandia rubra</i>	Fjæreblood	R		90	93
<i>Porphyra purpurea</i>	Purpurfjærehinne	R		3	
<i>Chondrus crispus</i>	Krusfliik	R			10
<i>Ahnfeltia plicata</i>	Sjørisk	R			17
<i>Fucus spiralis</i>	Spiraltang	B	3		
<i>Fucus vesiculosus</i>	Blæretang	B	20		40
<i>Fucus vesiculosus</i>	Blæreløs blæretang	B	70	87	
<i>Fucus juvenile</i>	Unge tangplanter	B	33	7	3
<i>Fucus kimplante</i>	Kimplante	B	7		
<i>Elachista fucicola</i>	Tanglo	B	47	7	7
<i>Ectocarpus</i> sp.	Brunslis	B		3	
<i>Ralfsia</i> sp.	Fjæreskorpe	B	30	87	47
Brunt på fjell		B	33		
<i>Cladophora</i> sp.	Lys grønndusk	G		17	
Grønt på fjell	Grønt belegg	G		33	53
<i>Enteromorpha</i> sp.	Tarmgrønske	G			60
<i>Spongomorpha arcta</i>	Stor grønndott	G			30
cf. <i>Oscillatoria</i>	Blågrønnalger*	C			23
Antall taxa			8	9	11

Forekomstene av dyr var større på Mølen enn på Langøya (Tabell 6). Tilstedeværelsen av skipsrur og mosdyret *Conopeum seurati* nord på Langøya indikerer mer ferskvannspåvirkning i overflatelaget der enn på kontrollstasjonen på Mølen. Forekomstene av strandsnegl og blåskjell på Langøya begrenser sannsynligvis tilstedeværelsen av andre arter.

**Tabell 6.** Dyr fra ruteundersøkelsene på Langøya og referansestasjonen på Mølen (BK).

06.10.1999		Forekomst (% av rutene)		
Taxa	Gruppe	Langøya sør (B2)	Langøya nord (B6)	BK (ref.)
<i>Alcyonidium hirsutum</i>	mosdyr			7
<i>Alcyonidium</i> sp.	mosdyr			7
<i>Asterias rubens</i>	korstroll			3
<i>Balanus balanoides</i>	sur	37		63
<i>Balanus improvisus</i>	skipsrur	90	100	83
<i>Balanus</i> sp.	sur	3		3
cf. <i>Conopeum seurati</i>	mosdyr		23	
<i>Dynamena pumila</i>	hydroide			10
<i>Electra pilosa</i>	mosdyr	3	13	23
<i>Laomedea geniculata</i>	hydroide	3	30	40
<i>Littorina littorea</i>	vanlig strandsnegl	60	83	17
<i>Littorina obtusata</i>	butt strandsnegl			3
<i>Littorina saxatilis</i>	strandsnegl	7		10
<i>Littorina</i> sp. juvenil	strandsnegl	30		3
<i>Mytilus edulis</i>	blåskjell	77	43	3
<i>Mytilus edulis</i> juvenil	blåskjell		3	3
Antall taxa		9	7	15



### 3.6 Vurdering av prøvetakingsstrategi

Fordi det generelt er vist en klar likhet mellom parallellprøver og stasjoner innen årene (se Figur 12), kan reduksjoner i prøvetallet ved fortsatt overvåking vurderes. Anbefalinger om reduksjoner i antall stasjoner eller antall parallellprøver må gjøres ut fra målsettingen med overvåkingen og det anbefales derfor ingen reduksjon i antall paralleller da dette vil svekke resultatenes statistiske utsgnskraft. En stasjonsreduksjon kan derimot være mer aktuell.

Et tilbakevendende spørsmål ved vurdering av resultatene er fjordområdets generelle tilstand med hensyn til de stoffer som måles ved Langøya. En bedre klarlegging av bakgrunnsnivået i området kan fås ved å etablere en blåskjellstasjon uten direkte kontakt med Langøya, for eksempel i området mellom Langøya og Holmestrand. Med bakgrunn i dette anbefaler NIVA at stasjon B1 flyttes fra Langøya til området ved Mulodden sør for Holmestrand, -hvis blåskjell er tilstede i dette området.

Burforsøkene ved utløpet fra Langøya virker som et nyttig komplement til NOAHs målinger på prosessvannet. Muslingene integrerer stoffene over tid og vil derfor kunne fange opp eventuelle episodiske utslipp som ikke blir registrert i NOAHs ukesprøver. Nivåene som måles i disse muslingene kan imidlertid ikke direkte sammenlignes med nivåene fra de andre stasjonene, og heller ikke brukes ukritisk i SFTs system for klassifisering av vannkvalitet (Molvær *et al.* 1997).

Sink og kopper er to av metallene som analyseres i overvåkingen. Blåskjell har evnen til å regulere opptaket av disse metallene og nivåene i muslingene vil derfor ikke direkte avspeile nivået i det miljø de lever i, særlig ved lave konsentrasjoner i vannet. Det foreslås likevel at analysene beholdes fordi de fortsatt kan avsløre større tilførsler av sink og kopper til miljøet, og fordi de i tillegg representerer en ubetydelig andel av analysekostnadene.

Strandsoneregistreringene er viktige, men lavere prioritert i rapporteringen enn det målingene av miljøgifter i blåskjell og sediment er. Årsaken er at små strukturelle endringer i de biologiske samfunnene ikke er mulige å knytte til de moderate overkonsentrasjoner av miljøgifter en per idag finner rundt Langøya. Endringene kan like gjerne skyldes andre miljøforhold som klima og biologiske interaksjoner. Undersøkelsene vil derimot være viktige som referanse hvis utslippsnivåene i fremtiden økes, eller om det skulle inntreffe et større uhellsutslipp. Da gir resultatene fra de biologiske undersøkelsene muligheter til å gjøre nøyaktige vurderinger av skadeomfanget fra utslippet. Undersøkelsene vil også være egnet til å påvise forhøyede nivåer av næringssalter i vannmassene.

## 4. Referanser

- Green, N.W., 1997. Joint Assessment and Monitoring Programme (JAMP) Comments to the Norwegian Data for 1995. Norwegian State Pollution Control Authority, Monitoring report no. 716/97 TA no. 1489/1997. Norwegian Institute for Water Research project 80106, report number 3730-97, 129 pp.. ISBN number 82-577-3299-0.
- Green N.W., Bjerkeng B., Helland A., Hylland K., Knutzen J. & M. Walday. 2000. *Joint Assessment and Monitoring Program (JAMP). National Comments regarding the Norwegian data for 1998 and supplementary investigations on cod (1996) and sediment (1996-1997)*. Norwegian State Pollution Monitoring Program. Report no. 788/00. TA-no. 1702/2000. NIVA-report 4171-2000. 206pp.
- Knutzen J., Skei J. 1990. *Kvalitetskriterier for miljøgifter i vann, sedimenter og organismer, samt foreløpige forslag til klassifikasjon av miljøkvalitet*. NIVA-rapport 2540. 139 s.
- Konieczny R.M. & E.M. Brevik, 1997. *Kartlegging av et tønneponi i sjøen utenfor Aspond, Indre Oslofjord 1996. Utbredelse, tilstand og miljøgifter*. NIVA-rapport 3586-96. 56s.
- Magnusson J., Hackett B. & Ø. Sætra. 1997. *Vurdering av utslippsforholdene ved Langøya, Breiangeren*. NIVA-rapport 3657-97, 23s.
- Molvær, J., Knutzen, J., Magnusson, J., Rygg, B., Skei, J. & J. Sørensen. 1997. *Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann*. Veiledning. SFT-veiledning 97:03. ISBN 82-7655-367-2. 36 s.
- Walday M. & A. Helland, 1994. *Orienterende undersøkelse av metallinnhold i sediment og blåskjell utenfor Langøya i Holmestrandsfjorden*. NIVA-rapport 3057, 22s.
- Walday M. 1997. *Overvåking NOAH Langøya, -strandsoneregistreringer samt metaller i sediment og blåskjell*. NIVA-rapport 3664-97, 26s.
- Walday M. 1998. *Overvåking NOAH-Langøya 1997 Strandsoneregistreringer samt metaller i blåskjell* NIVA-rapport 3825-98, 22s.
- Walday M. 1999. *Overvåking NOAH-Langøya 1998 Strandsoneregistreringer samt metaller i blåskjell* NIVA-rapport 4040-99, 33s.

## Vedlegg A. Kjemiske analyser

NIVA-metode nr.	Analysevariabel:	Måleenhet:	Labdatakode:
<b>H 14-2 *</b>	<b>Tinnorganiske forbind.</b>	ng/g	<b>SnOrg-B</b>
<b>Tittel:</b> Opparbeidelse og analyse av tinnorganiske forbindelser i biologisk materiale.			
<b>Anvendelsesområde:</b> Metoden benyttes til bestemmelse av tinnorganiske forbindelser i biologisk materiale, de forbindelsene som bestemmes rutinemessig er butyl- og fenyl-tinnforbindelser.			
<b>Prinsipp:</b> 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-permeasjons kromatografi og oppkonsentreres. Prøvene analyseres ved bruk av gasskromatografi og atomemisjons-deteksjon, GC-AED. De ulike forbindelsene identifiseres ved hjelp av retensjonstidene som oppnås, og selve kvantifiseringen utføres med den indre standarden.			
<b>Instrument(er):</b> Hewlett Packard 5890 Series II gass kromatograf med HP 7673 autoinjektor og HP 5921 A atomemisjons-detektor.			
<b>Måleusikkerhet:</b> Se referanse.			
<b>Referanser:</b> N. Følsvik, J.A. Berge, E.M: Brevik and M. Walday: Quantification of organotin compounds and determination of imposex in populations of dogwhelks (Nucella lapillus) from Norway. Chemosphere 1999, Vol 38 (3), 681-91.			

NIVA-metode nr.	Analysevariabel:	Måleenhet:	Labdatakode:
<b>H 2-1</b>	<b>Polyaromatiske hydrokarboner</b>	$\mu\text{g/l}$ , $\mu\text{g/kg}$	<b>PAH</b>
<b>Tittel:</b> Gasskromatografisk bestemmelse av polyaromatiske hydrokarboner i sedimenter, vann og biologisk materiale, generell del.			
<b>Anvendelsesområde:</b> Metoden benyttes for bestemmelse av polyaromatiske hydrokarboner i sedimenter og slam, renvann og avløpsvann samt ulike typer av planter og biologisk materiale fra det vandige miljø.			
<b>Prinsipp:</b> Prøvene tilsettes indre standard og ekstraheres med organisk løsemiddel. Ekstraktene gjennomgår ulike rensetrinn for å fjerne interfererende stoffer. Til slutt analyseres ekstraktet ved bruk av gasskromatograf utstyrt med masseselektiv detektor (GC/MSD). De polyaromatiske hydrokarbonene identifiseres med GC/MSD ut fra retensjonstider og forbindelsenes molekylioner. Kvantifisering utføres ved hjelp av indre standarder.			
<b>Instrument(er):</b> 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 $\mu\text{m}$ .			
<b>Måleusikkerhet:</b> Se NIVA-dokument nr. Y - 3.			
<b>Referanser:</b> Grimmer, G. og Bøhnke, H., 1975. Jour. of the AOAC, Vol. 58, No. 4.			

<b>NIVA-metode nr.</b> <b>H 2-4</b>	<b>Analysevariabel:</b> <b>Polyaromatiske hydrokarboner</b>	<b>Måleenhet:</b> $\mu\text{g}/\text{kg}$	<b>Labdatakode:</b> <b>PAH-B</b>
<b>Tittel:</b> Ekstraksjon og opparbeiding av PAH i biologisk materiale.			
<b>Anvendelsesområde:</b> Metoden benyttes for bestemmelse av PAH i biologisk materiale fra det vandige miljø som fisk, muslinger og krabbe. Deteksjonsgrensen avhenger av prøvemengden.			
<b>Prinsipp:</b> Prøvene tilsettes indre standarder. Biologisk materiale forsåpes først med KOH/metanol. Deretter ekstraheres PAH med pentan. Ekstraktene gjennomgår så ulike renseprosesser for å fjerne forstyrrende 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.			
<b>Instrument(er):</b> 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 $\mu\text{m}$ .			
<b>Måleusikkerhet:</b> Se NIVA-dokument nr. Y – 3.			
<b>Referanser:</b> Grimmer, G. og Bøhnke, H., 1975. Jour. of the AOAC, Vol. 58, No. 4.			

NIVA-metode nr. <b>H 3-1</b>	Analysevariabel: <b>Polyklorerte bifenyler</b>	Måleenhet: $\mu\text{g/l}$ , $\mu\text{g/kg}$	Labdatakode: <b>PCB</b>
<b>Tittel:</b>  Gasskromatografisk bestemmelse av klororganiske forbindelser i sedimenter, vann og biologisk materiale, generell del.			
<b>Anvendelsesområde:</b>  Metoden benyttes for bestemmelse av klororganiske forbindelser i sedimenter og slam, renvann (ferskvann og sjøvann) og avløpsvann samt ulike typer av planter og biologisk materiale fra det vandige miljø. Med klororganiske forbindelser menes i denne sammenheng klorpesticider og polyklorerte bifenyler (PCB).			
<b>Prinsipp:</b>  Prøvene tilsettes indre standard og ekstraheres med organiske løsemidler. Ekstraktene gjennomgår ulike rensetrinn for å fjerne interfererende stoffer. Til slutt analyseres ekstraktet ved bruk av gasskromatograf utstyrt med elektroninnfangningsdetektor, GC/ECD. De klor-organiske forbindelsene identifiseres utfra de respektives retensjonstider på to kolonner med ulik polaritet. Kvantifisering utføres ved hjelp av indre standard.			
<b>Instrument(er):</b>  Hewlett Packard modell 5890 Series II, med column injector og HP autoinjektor 7673. Systemet er utstyrt med elektroninnfangningsdetektor (ECD).			
<b>Målesikkerhet:</b>  Se NIVA-dokument nr. Y – 3.			
<b>Referanser:</b>  Brilis, G.M. & J.Marsden: Chemosphere <b>21</b> , 91- 98, (1990). Brevik, E.M.: Bull. Environ. Cont. Toxicol. <b>19</b> , 281 - 286, (1978). Harvey, A & A.Loomis.: J. Gen. Physiol. <b>15</b> , 147, (1932). Lopez-Avila, V. et al. : J. Assoc. Off. Anal. Chem <b>72</b> , 593 - 602, (1989).			

<b>NIVA-metode nr.</b>	<b>Analysevariabel:</b>	<b>Måleenhet:</b>	<b>Labdatakode:</b>
<b>H 3-4</b>	<b>Polyklorerte bifenyler</b>	$\mu\text{g/kg}$	<b>PCB-B</b>
<b>Tittel:</b>			
Ekstraksjon og opparbeiding av klororganiske forbindelser i biologisk materiale.			
<b>Anvendelsesområde:</b>			
Metoden benyttes for bestemmelse av klororganiske forbindelser i sedimenter og slam, renvann (ferskvann og sjøvann) og avløpsvann samt ulike typer av planter og biologisk materiale fra det vandige miljø. Med klororganiske forbindelser menes i denne sammenheng klorpesticider og polyklorerte bifenyler (PCB).			
<b>Prinsipp:</b>			
Prøvene tilsettes indre standard og ekstraheres med organiske løsemidler. Ekstraktene gjennomgår ulike rensetrinn for å fjerne interfererende stoffer. Til slutt analyseres ekstraktet ved bruk av gasskromatograf utstyrt med elektroninnfangningsdetektor, GC/ECD. De klororganiske forbindelsene identifiseres utfra de respektives retensjonstider på to kolonner med ulik polaritet. Kvantifisering utføres ved hjelp av indre standard.			
<b>Instrument(er):</b>			
Hewlett Packard modell 5890 Series II, med column injector og HP autoinjektor 7673. Systemet er utstyrt med elektroninnfangningsdetektor (ECD).			
<b>Måleusikkerhet:</b>			
Se NIVA-dokument nr. Y – 3.			
<b>Referanser:</b>			
Brilis, G.M. & J.Marsden: Chemosphere <b>21</b> , 91- 98, (1990). Brevik, E.M.: Bull. Environ. Cont. Toxicol. <b>19</b> , 281 - 286, (1978). Harvey, A & A.Loomis.: J. Gen. Physiol. <b>15</b> , 147, (1932). Lopez-Avila, V. et al. : J. Assoc. Off. Anal. Chem <b>72</b> , 593 - 602, (1989).			

NIVA-metode nr.	Analysevariabel:	Måleenhet:	Labdatakode:
<b>E 8-2</b>	<b>Metaller, ICP-MS</b>	$\mu\text{g/l}$	<b>Me/MS</b>
<p><b>Tittel:</b></p> <p>Elementbestemming i biologisk materiale med ICP-MS.</p>			
<p><b>Anvendelsesområde:</b></p> <p>Metoden angir bestemmelse av en rekke elementer i ulike typer biologisk materiale: Li, Be, B, Al, Sc, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, Ge, As, Se, Rb, Sr, Y, Zr, Nb, Mo, Cd, In, Sn, Sb, Cs, Ba, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Ta, W, Tl, Pb, Th, og U. Tabell 1 viser konsentrasjonsområdet metoden kan måle de ulike elementene innenfor uten fortykning av prøven.</p>			
<p><b>Prinsipp:</b></p> <p>Salpetersyreoppløst prøver overføres til en aerosol i forstøveren. Denne blir ført til argonplasmaet som atomiserer og ioniserer prøven. Etter plasmaet passerer prøven to ulike konar i område med redusert trykk. Her separeres ioner fra partiklar. Ionene blir så fokuserte i retning mot kvadrupolen av ei sylindrerformet linse med varierende elektrisk potensiale. Ioner med et visst masse/ladingsforhold er stabile og kan passere gjennom kvadrupolen uhindret, avhengig av den elektriske spenninga 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 millisekund. Etter kvadrupolen treffer ionene detektoren der et elektronisk signal blir sendt til datamaskinen. Detektoren har i teorien et dynamisk område på 8 størrelsesordener.</p>			
<p><b>Instrument(er):</b></p> <p>Perkin-Elmer Sciex ELAN 6000 ICP-MS, utstyrt med P-E autosampler AS-90, AS-90b prøvebrett og P-E Rinsing Port Kit.</p>			
<p><b>Måleusikkerhet:</b></p> <p>Se NIVA-dokument Y-3.</p>			
<p><b>Referanser:</b></p> <p>Perkin-Elmer: ELAN 6000 Hardware Guide, Part No. 0993-8969, og ELAN 6000 Software Guide, Part No. 0993-8968.</p>			



NIVA-metode nr.	Analysevariabel:	Måleenhet:	Labdatakode:
<b>E 4-2</b>	<b>Kvikksølv</b>	ng/l, µg/g	<b>Hg/H, Hg-Sm, Hg-B</b>
<p><b>Tittel:</b></p> <p>Bestemmelse av kvikksølv i vann, slam, sedimenter og biologisk materiale ved gullfelle-teknikk.</p>			
<p><b>Anvendelsesområde:</b></p> <p>Denne metoden skal anvendes til avløpsvann, slam, sedimenter og biologisk materiale. Kvikksølv analyseres i våt prøve så raskt som mulig etter prøvetaking eller i homogenisert, frysetørret prøve. Tørking i varmeskap bør unngås p.g.a. tap av flyktige organiske kvikksølv-forbindelser og fordamping av metallisk kvikksølv. Dersom man allikevel velger denne metoden, må temperaturen ikke overstige 80 °C. Deteksjonsgrensen for avløpsvann er 0.1 µg/l, og for faste prøver ved innveing av 1 g tørket materiale 0.01 µg/g.</p>			
<p><b>Prinsipp:</b></p> <p>En nøyaktig innveid mengde prøve oppsluttes ved autoklaving med salpetersyre. Organisk bundet kvikksølv oksideres til toverdlig kvikksølv i ioneform (Hg<sup>++</sup>). Deretter reduseres kvikksølvet til elementær tilstand med tinnklorid, og drives ut som damp ved hjelp av helium som bæregass. Kvikksølvet amalgamerer på gullfellen, og blir senere frigjort ved elektrotermisk oppvarming av denne. Bæregassen fører kvikksølvdampen gjennom kvarts-kyvetten hvor absorbanse måles ved 253.7 nm ved kalddamp atomabsorpsjon</p>			
<p><b>Instrument(er):</b></p> <p>Perkin-Elmer atomabsorpsjonsspektrometer modell 1100 B ombygget til måling med kalddamp-teknikk. Gullfellen lages på laboratoriet av oppklippet gulltråd i kvartsull.</p>			
<p><b>Målesikkerhet:</b></p> <p>19 målinger av referansematerialer ga følgende resultater: PACS-1 (sediment) 4.57 ± 0.16 µg/g, ga middelvei 4.58 µg/g og standardavvik 0.14 µg/g, BEST-1 (sediment) 0.092 ± 0.009 µg/g, ga 0.089 og 0.004 µg/g, BCR 144 (slam) 1.49 ± 0.22 µg/g, ga 1.44 og 0.12 µg/g, DORM-1 (fiskemuskel) 0.798 ± 0.074 µg/g ga 0.81 og 0.06 µg/g.</p> <p><b>Referanser:</b></p> <p>B. Welz, M. Melcher, H.W. Sinemus, D. Maier: Pico-trace determination of mercury using the amalgamation technique. Norsk Standard, NS 4768. Vannundersøkelse. Bestemmelse av kvikksølv ved kalddamp atomabsorpsjonsspektrometri Oksidasjon med salpetersyre. 1. Utg. 1989.</p>			

## Vedlegg B. Rådata

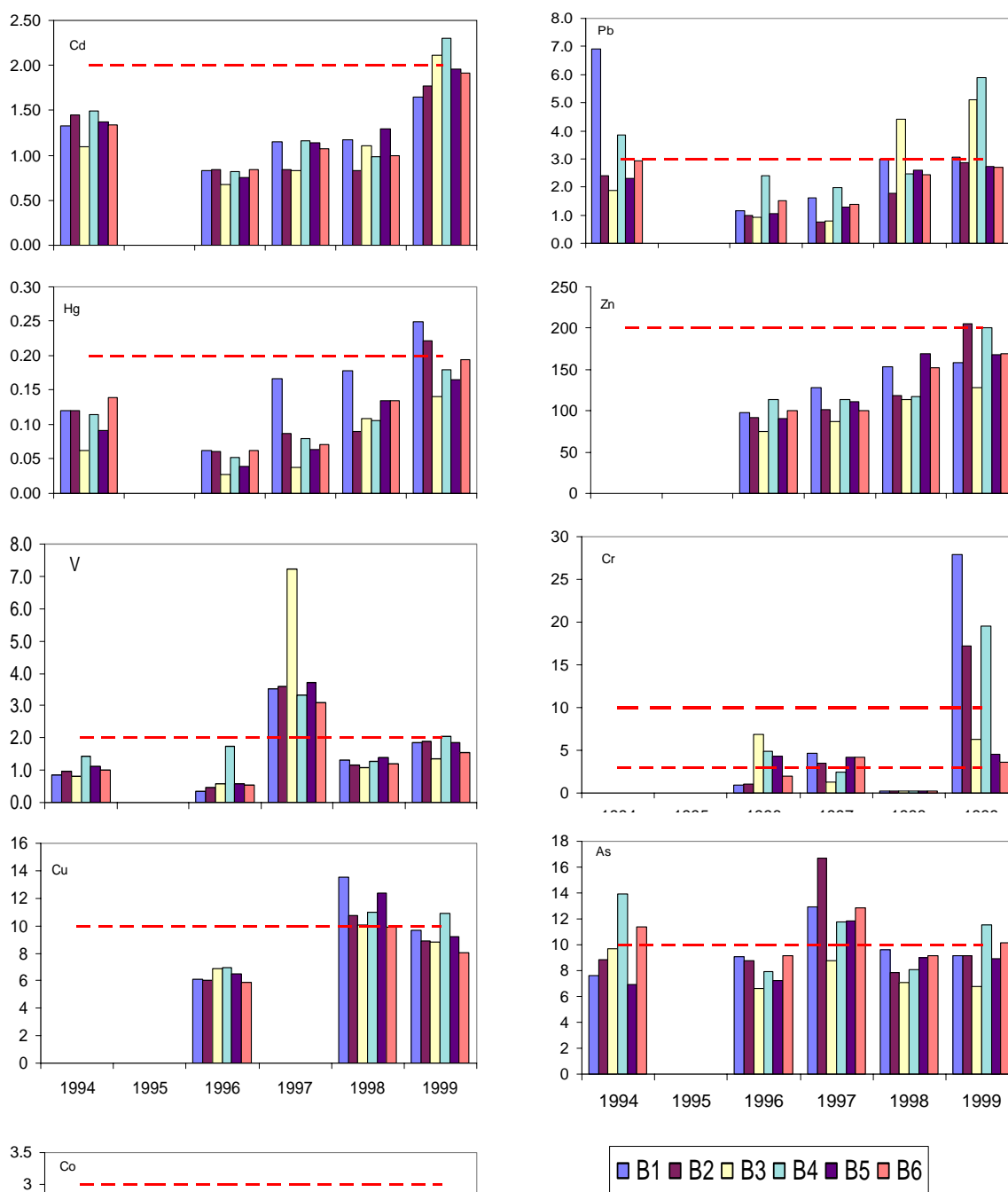
**Tabell 7.** Innhold av metaller i mg/kg på tørrvektsbasis fra blåskjell (*Mytilus edulis*) i området utenfor Langøya i 1999. BK= kontrollstasjon på Mølen; BB= bur utenfor utslipp

stasjon	prøve	Cd	Cu	Hg	Pb	Zn	As	Co	Cr	Ni	V
BK 20-29mm	1	1.53	8.79	0.14	0.71	110.71	7.14	0.43	2.01	2.14	0.64
BK 30-39mm	2	1.51	7.14	0.10	0.65	100.00	5.84	0.32	2.01	1.30	0.39
BK 40-49mm	3	1.75	6.85	0.10	0.87	113.42	7.38	0.34	2.01	0.67	0.60
BB	1	1.44	9.59	0.12	2.74	157.53	63.70	1.10	3.42	3.42	17.81
BB	2	1.38	8.28	0.21	2.76	186.21	53.10	1.03	4.14	2.76	13.79
BB	3	1.52	7.59	0.17	2.07	144.83	57.93	1.03	4.83	3.45	13.79
B1	1	1.67	11.11	0.29	3.70	185.19	10.19	1.02	51.85	36.11	2.04
B1	2	1.48	8.89	0.23	2.22	133.33	8.15	0.74	22.96	17.04	1.56
B1	3	1.80	9.02	0.23	3.28	155.74	9.02	0.74	9.02	6.56	1.97
B2	1	1.73	8.27	0.20	3.01	210.53	8.27	0.60	6.77	4.51	1.65
B2	2	1.65	7.87	0.23	3.15	204.72	8.66	0.55	8.66	6.30	1.73
B2	3	1.94	10.48	0.24	2.42	201.61	10.48	0.89	36.29	25.00	2.34
B3	1	1.84	8.82	0.13	3.68	117.65	6.62	0.51	6.62	4.41	1.40
B3	2	2.15	8.33	0.16	4.86	138.89	6.94	0.42	4.86	2.78	1.32
B3	3	2.33	9.20	0.13	6.75	128.83	6.75	0.43	7.36	4.91	1.29
B4	1	2.11	11.40	0.18	6.14	219.30	11.40	0.70	7.89	5.26	2.02
B4	2	2.26	11.30	0.17	5.22	182.61	11.30	0.96	26.09	19.13	2.17
B4	3	2.55	10.00	0.19	6.36	200.00	11.82	1.00	24.55	18.18	2.00
B5	1	1.75	9.52	0.16	2.38	158.73	8.73	1.83	4.76	2.38	1.67
B5	2	1.89	9.45	0.16	2.36	149.61	8.66	1.73	4.72	3.15	1.73
B5	3	2.22	8.55	0.18	3.42	196.58	9.40	1.71	4.27	2.56	2.14
B6	1	1.93	8.26	0.19	2.75	165.14	10.09	0.64	3.67	2.75	1.56
B6	2	1.68	7.56	0.18	2.52	176.47	9.24	0.59	3.36	2.52	1.34
B6	3	2.13	8.33	0.20	2.78	166.67	11.11	0.83	3.70	2.78	1.76

**Tabell 8.** Innhold av organiske miljøgifter, organometall (TBT) samt metaller i transplanterte blåskjell fra Mølen (BK) til bur utenfor utslipp ved Langøya (BB).

Parameter	Enhet	BK, høst 1998	BK, høst 1999	BB, høst 1999
tørrstoff	%		15.80	14.90
TBT	µgSn/kg t.v.		159.00	140.94
TBT, molekylbasis	µg/kg t.v.		387.96	343.89
PCB 7-Dutch	µg/kg v.v.		1.78	2.61
BAP	µg/kg v.v.		<0.5	<0.5
Sum PAH	µg/kg v.v.		61.90	35.20
dioxiner	ng/kg v.v.		0.17	0.14
non-orto PCB	ng/kg v.v.		0.20	0.14
Hg	mg/kg t.v.		0.06	0.11
Cu	mg/kg t.v.		10.70	7.59
Co	mg/kg t.v.		0.25	0.36
V	mg/kg t.v.		0.57	0.55
Zn	mg/kg t.v.		112.03	108.05
As	mg/kg t.v.		7.59	6.79
Cd	mg/kg t.v.		1.04	1.60
Cs	mg/kg t.v.		n.d.	n.d.
Pb	mg/kg t.v.		0.76	0.75
Cr	mg/kg t.v.		-	2.01

## Vedlegg C. Metallnivåer 1994 – 1999



**Figur 15.** Metaller i blåskjell (mg/kg, gjennomsnitt av tre paralleller) fra samtlige stasjoner på Langøya. Nivåer over stiplede linje indikerer "moderat forurenset" tilstand; for Cr også "markert forurenset" (Molvær *et al.* 1997). Kobolt, sink, krom ble ikke analysert i 1994, og kobber ble hverken analysert i 1994 eller 1997.