

NIVA



RAPPORT LNR 4701-2003

Øvervåking NOAH
Langøya 2002

Strandsoneregistreringer 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
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 Overvåking NOAH Langøya 2002. Strandsoneregistreringer samt miljøgifter i blåskjell	Løpenr. (for bestilling) 4701-2003	Dato 2003-07-02
	Prosjektnr. Undernr. 23221	Sider Pris 33
Forfatter(e) Walday, Mats Kroglund, Tone Mortensen, Tom Chr.	Fagområde Miljøgifter sjøvann	Distribusjon
	Geografisk område Vestfold	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) NOAH Langøya AS	Oppdragsreferanse i2003 LA-0159
-------------------------------------	------------------------------------

<p>Sammendrag</p> <p>Analyser av miljøgifter i blåskjell og sedimenter fra området utenfor Langøya i Oslofjorden har siden undersøkelsene startet i 1994 stort sett indikert en god miljøtilstand i området. Undersøkelsene er et ledd i overvåkingen av den marine resipienten utenfor NOAHs mottaksanlegg for farlig avfall på Langøya. Tilstanden i blåskjell i 2002 kan for det meste klassifiseres som ubetydelig – lite forurenset i hht. SFTs klassifiseringssystem. Det ble registrert moderat forurensning av kvikksølv, kadmium, arsen og krom i blåskjell utenfor Langøya. Skjellene var markert forurenset av bly på en stasjon nær kaiområdet. Det ble samlet observert færre overskridelser i forhold til "ubetydelig – lite forurenset" enn i 2001. Konsentrasjonene i skjell fra referansestasjonene var gjennomgående lavere. Driften på Langøya bidrar sannsynligvis til de overkonsentrasjoner av miljøgifter som er funnet, men for de fleste miljøgifter har det ikke vært mulig å detektere noen klar sammenheng med NOAH-Langøyas utslipp. Dette er som ventet i et område med flere og diffuse kilder til utslipp. Det antas at spill i forbindelse med lossing av avfall medvirker til forurensningen. Forekomstene av alger og dyr ble undersøkt på tre strandsonestasjoner. Organismesamfunnene var normale i forhold til de naturgitte forutsetninger på de tre stasjonene.</p>

<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> Langøya Marin Overvåking Miljøgifter 	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> Langøya island Marine Monitoring Micropollutants
--	--

Mats Walday
Prosjektleder

Kari Nygaard
Forskningsleder
ISBN 82-577-4369-0

Jens Skei
Forskningsdirektør

prosjekt 23221

Overvåking NOAH Langøya 2002

Strandsoneregistreringer samt miljøgifter i blåskjell

Forord

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

Blåskjellinnsamling og strandsoneregistreringer ble gjennomført av Tom Chr. Mortensen og Mats Walday i september 2002.

Resultatene fra algeregistreringene er vurdert av Tone Kroglund.

Metallanalysene er utført på NIVAs laboratorium under ledelse av Bente Lauritzen. Lill-Ann Kronvall var ansvarlig for analyse av de organiske miljøgiftene.

Opparbeiding av blåskjell er utført på NIVA av Wenche Knudsen, Åse Bakketun og Merete Schøyen.

Resultatene fra kontrollstasjonen på Mølen er delvis basert på data fra "Joint Assessment and Monitoring Programme" (JAMP, se f.eks. Green et al. 2001).

Oslo, 3. juli 2003

Mats Walday

Innhold

Sammendrag	5
Summary	7
1. Innledning	8
1.1 Tilførsler til resipienten fra NOAH AS	9
2. Metodikk	10
2.1 Blåskjellpopulasjoner	10
2.2 Blåskjellrigg	11
2.3 Strandsoneregistrering	11
2.4 Databearbeiding	11
3. Resultater	13
3.1 Gradienter og utvikling i blåskjell	15
3.2 Strandsoneregistreringer	21
4. Referanser	23
Vedlegg A.	24
Vedlegg B.	25
Vedlegg C.	32

Sammendrag

I september i år 2002 undersøkte NIVA, på oppdrag av NOAH AS, metallinnholdet i blåskjell (*Mytilus edulis*) i området rundt Langøya og ved kontrollstasjonen på Mølen. Fra kontrollstasjonen ble det også analysert organiske miljøgifter inkludert tinnorganiske forbindelser (TBT). Normalt analyseres også miljøgifter i blåskjell fra en rigg utenfor Langøya, men denne forsvant i løpet av 2002 og det foreligger derfor ingen resultater. Det ble videre foretatt registreringer av alger og dyr på tre strandsonestasjoner. Undersøkelsene er et ledd i overvåkingen av den marine resipienten utenfor NOAHs anlegg for farlig avfall 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; Walday et al. 2000, Walday & Kroglund 2001, Walday et al. 2002). I den foreliggende rapport er resultatene fra 2002 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; tilstanden kan for det meste klassifiseres som ubetydelig – lite forurenset, tilsvarende Klasse I i SFTs klassifiseringssystem.

I perioden oktober 2001 til og med september 2002 ble det sluppet ut mindre vann fra NOAHs anlegg enn i 2000/2001 (ca. 3/4). Innholdet av metaller og andre miljøgifter i utslippsvannet tilfredstilte konsesjonskravet gjennom hele perioden. For barium er det gitt dispensasjon fra SFT til en høyere utslippsgrense.

I 2002 ble det registrert overkonsentrasjoner for arsen i blåskjell på fem stasjoner, mens kvikksølv, kadmium, bly og krom viste overkonsentrasjoner på én stasjon. Bly har siden 1998 forekommet med overkonsentrasjoner i blåskjell utenfor Langøya og dette kan med stor sikkerhet knyttes til NOAHs virksomhet. På kontrollstasjonen var samtlige metallnivåer lavere enn ved Langøya og dette indikerer at driften ved Langøya bidrar til de forhøyede nivåer som er påvist. NOAHs utslipp av barium har økt siden 2000 og det er sannsynlig at de økte nivåer i blåskjell som ble målt fra samtlige stasjoner i 2002 er signaler fra dette. Nivåene hadde økt mest på stasjonen nærmest bulkkaia på Langøya. TBT viste overkonsentrasjoner i blåskjell ved kontrollstasjonen. TBT-forurensning har i forbindelse med en annen undersøkelse også vært registrert i sedimenter og blåskjell nærmere Holmestrand (Næs et al. 2002). Skipstrafikk og forurensede sedimenter i småbåthavner antas å være de viktigste kilder til TBT-forekomstene.

Forekomsten av kadmium, kvikksølv, arsen, og bly i blåskjell er høyere enn de var i 1996, mens nikkel, sink, kobolt, kopper og krom er på omtrent samme nivå eller noe lavere enn i 1996. Nivåene av vanadium er kraftig redusert i forhold til 2000 og 2001. For vanadium, kvikksølv og kadmium har det også vært relativt store endringer på kontrollstasjonen i samme periode; kvikksølv har økt, mens vanadium og kadmium har minket.

Siden NOAHs anlegg har utslipp av metallholdig avløpsvann til fjorden antar vi 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. Det er også indikasjoner på at kontrollstasjonen på Mølen kan påvirkes av aktivitetene på Langøya. Resultater fra stasjonen ved Mulodden sør for Holmestrand og fra kontrollstasjonen på Mølen, samt andre undersøkelser som er gjort i området, viser som ventet at det finnes flere forurensningskilder for Langøyaområdet enn NOAH-Langøya og at forurensningsbildet er komplisert, særlig med hensyn til kildeidentifisering. Nylig publiserte resultater fra undersøkelser i og i nærheten av havneområder viste blant annet at torsk utenfor Holmestrand var markert forurenset av PCB, og moderat forurenset av kvikksølv (Næs et al. 2002). Metallforurensningen i sedimenter og blåskjell fra Moss, Horten og

Holmestrandområdet var imidlertid av betydelig mindre omfang enn forurensningen av de organiske, inklusive metallorganiske, miljøgiftene.

Forekomsten av alger og dyr viste imidlertid ingen unormale trekk på de tre strandsonestasjonene i 2002. Forskjeller som ble registrert mellom stasjonene kan til en stor grad forklares utfra forskjeller i naturlige forhold som ferskvannspåvirkning og bølgeeksponering.

Summary

Littoral communities and concentrations of metals in blue mussels (*Mytilus edulis*) were investigated by NIVA in 2002 as part of a monitoring programme for the marine recipient outside NOAH Langøya AS 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; Walday et al. 2000; Walday & Kroglund 2001, Walday et al. 2002). Results from the investigations are compared in this report.

Levels of metals observed in blue mussels has generally indicated healthy environmental conditions in the recipient. There are several other sources to pollution in the area than NOAH-Langøya. This complicates the assessment of NOAHs contribution.

In 1994 elevated concentrations of lead, Pb and arsenic, 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 vanadium, V were significant higher than in 1996. The results from 1998 indicated a small improvement, except for moderately elevated concentrations of Pb on one station, and copper, 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). Increasing levels of Pb, Hg and Cd gave rise to concern. In 2000, elevated levels were found for 5 out of 11 metals investigated. Most stations were, however only slightly polluted (Molvær et al. 1997). Arsenic, V and Pb showed overconcentrations on more stations than the other metals. In 2001, elevated concentration of As and V were found in mussels from all stations. Sediments were moderately polluted from Hg, Pb, Zn and Ni. A few samples have contained exceptionally high levels of chromium and nickel. This is probably due to contamination from these metals in the laboratory during the process of homogenisation of the mussels.

In 2002 mussels outside Langøya were moderately polluted from Hg, Cd, As and Cr. One station close to the quayside was markedly polluted by Pb, probably a result of spill while unloading industrial waste. Altogether, fewer samples were classified as polluted in 2002 than in 2001. Mussels from the reference-station were on the whole less polluted than they were at Langøya, but there are some indications on influence on the reference-station from the activities on Langøya. Pollution from Pb and Cd on some of the stations is probably related to the activities on Langøya, but it has not been possible to detect any clear relation between distance from outlet and levels of metals in blue mussels.

The investigation of the littoral communities from 2 stations on Langøya and the reference-station on Mølen has not shown any signs of negative influence from NOAHs activities on Langøya.

Title: Monitoring NOAH Langøya 2002. Littoral communities and micropollutants in mussels
Year:2003

Author: Walday, Mats; Kroglund, Tone; Mortensen, Tom Chr.

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 82-577-4369-0

1. Innledning

Målsetningen med undersøkelsene er å overvåke resipienten for å undersøke om NOAH Langøyas AS utslipp og aktiviteter har påvirket eller påvirker livet i sjøen rundt Langøya.

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. Grunnen på Langøya er bygget opp av 400 millioner år gamle kalkavsetninger med rester av fossiler. I mer enn 100 år har det vært drevet kalksteinbrudd på øya, men i dag brukes det ene av de to gamle bruddene til avfallsdisponering. Anlegget tar imot de fleste typer uorganisk farlig avfall, siden 1998 også forurensede masser med lave konsentrasjoner av organiske- og uorganiske miljøgifter. Håndteringen er konsesjonsbetinget. De ulike avfallstypene gjennomgår en forbehandling for stabilisering før sluttdisponering i deponi. I denne sammenheng felles det ut metaller. Fordi bruddet ligger under havnivå 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 store mengder regnvann og sigevann fra omgivelsene. Overskuddsvannet fra NOAHs avfallsdeponi renses og slippes ut på 14 m dyp ca. 80 m fra land utenfor kaianlegget. Lasting / lossing av avfall foregår like ved utslippsområdet. Utslippsvannets pH og turbiditet måles kontinuerlig og det tas døgnprøver hver uke for analyse av bl.a. metallinnhold og organiske miljøgifter. Det slippes normalt ut 80-130 m³ vann / time. Det er blitt utført beregninger av utslippsforholdene i området (Magnusson et al. 1997) og disse legges til grunn ved vurderingen av mulige kilder til forhøyede nivåer av metaller i resipienten.

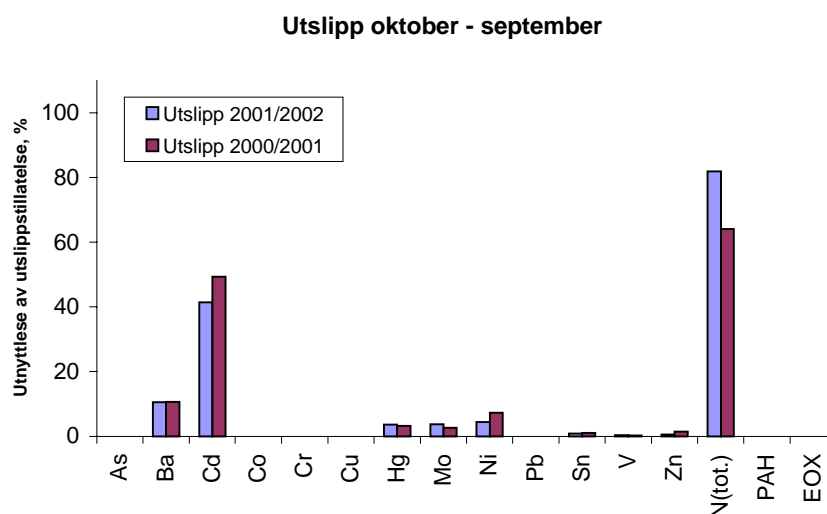
Hardbunnsorganismer som eksempelvis blåskjell, tar opp miljøgifter fra vannet og oppkonsentrerer disse i varierende grad. Blåskjell er ofte benyttet som indikatorart i miljøgiftovervåking av marine sjøområder, både nasjonalt og internasjonalt. Fordelen med å undersøke fastsittende eller lite mobile organismer, er at de ikke kan unnsnippe eller flytte til andre områder og at de på den måten reflekterer den lokale belastningen integrert over tid. En må imidlertid, ved vurdering av resultatene, ta hensyn til sesongmessige endringer i blåskjellenes biologisk aktivitet, f.eks. gyting, som kan påvirke innholdet av miljøgifter i dyret.

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 i 2001 gjort undersøkelser av sedimenter og disse er rapportert av Walday et al. (2002). Neste sedimentundersøkelse er planlagt til år 2006.

Ved de tidligere undersøkelser fra området i perioden 1994 til 2001, ble det konkludert at det foregår en tilførsel av metaller fra Langøya til resipienten. Metallinnholdet i blåskjell og sedimenter har imidlertid for det meste vært lavt, og tilstanden kan generelt betegnes som god (Walday & Helland 1994; Walday 1997, 1998, 1999, Walday et al. 2000, Walday & Kroglund 2001, Walday et al. 2002). Det er stor sannsynlighet for at andre kilder enn NOAH-Langøya bidrar til de forhøyede nivåer som er funnet i sediment og blåskjell. Bly og kadmium er påvist med forhøyede nivåer utenfor kaianlegget på Langøya siden 1998 og det er sannsynlig at NOAH Langøya AS er hovedkilde til denne forurensning.

1.1 Tilførsler til resipienten fra NOAH AS

I perioden oktober 2001 til og med september 2002 ble det sluppet ut 606 910 m³ vann fra NOAHs anlegg til fjorden utenfor. Det er 188 136 m³ mindre enn i perioden oktober 2000 - september 2001. Registrerte utslippsmengder og konsentrasjoner i utløpsvannet var for samtlige stoffer innenfor konsesjonsgrensene. Gjennomsnittlig konsentrasjon av barium i utslippsvannet var 0,421 mg/l, som er lavere enn SFTs reviderte konsesjonskrav på 4 mg Ba/l, (endret mai 2001). Totalmengden av barium som ble sluppet ut i resipienten lå også langt under konsesjonsgrensen for døgnutslipp (**Figur 1**). Utslippmengder pr. måned for de metaller som er analysert i blåskjell er vist i **Tabell 1**.



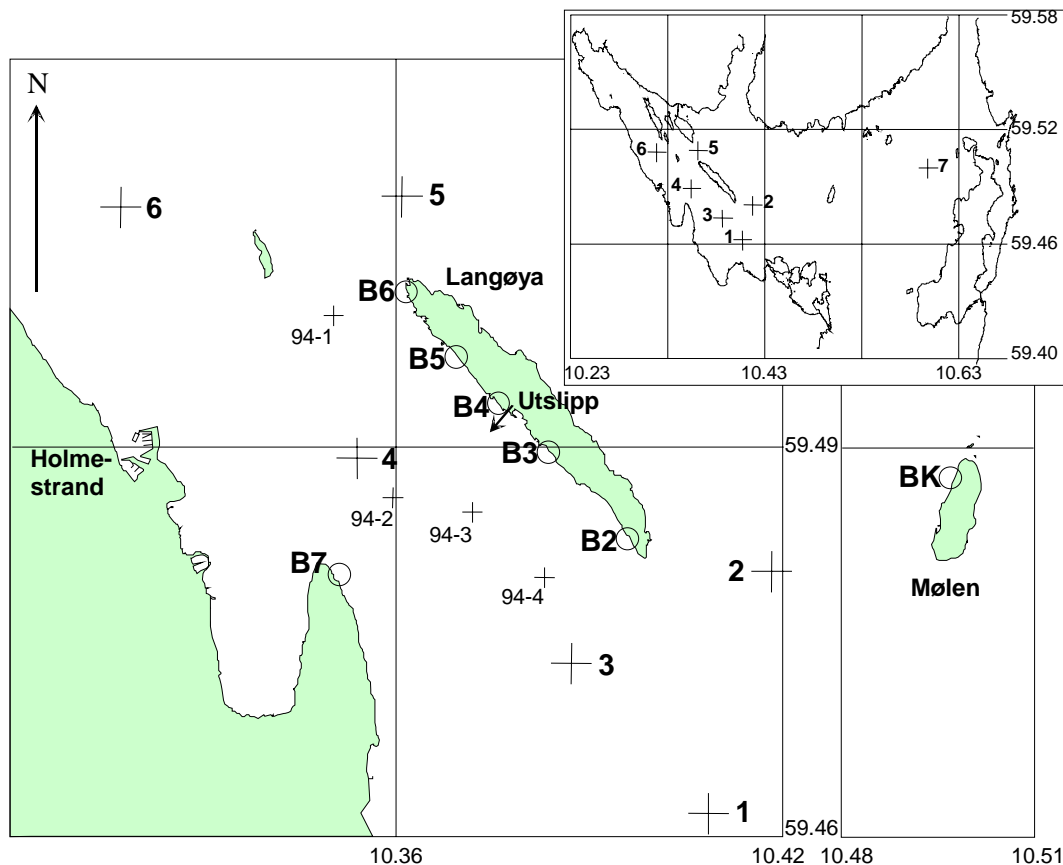
Figur 1. Utslipp i % av utslippstillatelse fra NOAH-Langøya i perioden oktober til september for 2000/2001 og 2001/2002. Basert på konsesjonsbestemte mengder i utslippsvannet; arsen (As), barium (Ba), kadmium (Cd), kobolt (Co), krom (Cr), kopper (Cu), kvikksølv (Hg), molybden (Mo), nikkel (Ni), bly (Pb), tinn (Sn), vanadium (V), sink (Zn), total-nitrogen (N(tot)), tjærestoffer (PAH) og summen av ekstraherbare klorerte organiske forbindelser (EOX). Etter figur fra NOAH AS.

Tabell 1. Utslipp av metaller i gram/måned fra NOAH Langøya AS til sjø for perioden okt. 2001 til sept. 2002. Tall fra NOAH Langøya AS. I juli var det ikke utpumping av vann til sjø. u.d. betyr konsentrasjon under deteksjonsgrensen. Merk at deteksjonsgrensen (QL) er oppgitt i mg/l. For arsen ble QL bestemt ved hver analysedag og har i perioden variert mellom 0,00005-0,0011.

Metall	QL mg/l	2001					2002					
		Okt.	Nov.	Des.	Jan.	Feb.	Mars	April	Mai	Juni	Aug.	Sept.
As	0,0011	u.d.	u.d.	u.d.	u.d.	u.d.	u.d.	u.d.	u.d.	u.d.	u.d.	u.d.
Ba	0,006	26261,8	27283,7	25772,5	23881,3	20050,2	28801,7	29904,7	14592,4	14705,0	27137,7	17198,2
Cd	0,002	572,1	612,0	556,4	628,5	77,9	267,0	644,9	620,2	211,3	609,2	223,8
Co	0,02	u.d.	u.d.	u.d.	u.d.	u.d.	u.d.	u.d.	u.d.	u.d.	u.d.	u.d.
Cr	0,02	u.d.	u.d.	u.d.	u.d.	u.d.	u.d.	u.d.	u.d.	u.d.	u.d.	u.d.
Cu	0,003	u.d.	u.d.	u.d.	u.d.	u.d.	u.d.	u.d.	u.d.	u.d.	u.d.	u.d.
Hg	0,0001	12,3	10,8	30,6	30,3	1,6	3,8	2,9	1,8	3,1	4,4	6,4
Ni	0,009	1076,1	2220,3	2323,6	2885,8	1651,4	1430,6	1388,0	364,8	u.d.	u.d.	u.d.
Pb	0,04	u.d.	u.d.	u.d.	u.d.	u.d.	u.d.	u.d.	u.d.	u.d.	u.d.	u.d.
V	0,004	u.d.	u.d.	u.d.	u.d.	u.d.	u.d.	336,5	u.d.	333,7	456,9	u.d.
Zn	0,02	u.d.	u.d.	u.d.	u.d.	u.d.	u.d.	u.d.	u.d.	u.d.	636,9	1230,7

2. Metodikk

Innsamling av blåskjell (*Mytilus edulis*) og strandsoneregistreringer ble gjennomført 19. september 2002 i området vest for Langøya og på Mølen (kontrollstasjon BK). Stasjonsplassering er dokumentert ved fotografering og de fleste posisjoner er bestemt ved hjelp av GPS (Tabell 2).



Figur 2. Langøya med plassering av blåskjell- (B) og sedimentstasjoner (1 – 7, for st. 7 se oversiktskartet). BK er kontrollstasjonen på Mølen. Stasjon B7 ble etablert i 2000. Strandsoneregistreringer ble utført på stasjon BK, B2 og B6. De dype sedimentstasjonene som ble undersøkt i 1994 er merket 94-1, 94-2 osv.

2.1 Blåskjellpopulasjoner

Blåskjell ble samlet inn fra stasjon BK samt B2 - B7 (Figur 2, Tabell 2). På hver stasjon ble det innsamlet 3 parallelle prøver à 20 skjell av 4-5 cm lengde. Blåskjell fra kontrollstasjonen blir samlet inn samtidig men under et annet program (JAMP, cf. Green et al. 2001). På laboriet ble skallengden målt og samlet vekt av bløtdeler for hver stasjon veid, før muslingene ble homogenisert og sendt til analyse for innhold av miljøgifter. Alle analyser, unntatt organotinn, er utført etter akkrediterte metoder på NIVAs laboratorium.

Tabell 2. Stasjoner for innsamling av blåskjell og gjennomføring strandsoneregistreringer. Posisjoner er bestemt ved hjelp av GPS, unntatt B4 og B7 som er fra kart. BK er kontrollstasjonen på Mølen (se også Figur 2). B7 erstattet fra år 2000 stasjon B1 og er plassert like ved fyrlykten på Mulodden.

Stasjon	Navn	lengdegrad	breddegrad	blåskjell	strandsonereg.
BK	Mølen, ref.	Ø 10° 29.56'	N 59° 28.75'	+	+
B2	Langøya	Ø 10° 23.84'	N 59° 28.95'	+	+
B3	Langøya	Ø 10° 22.95'	N 59° 29.51'	+	-
B4	Langøya	Ø 10° 22.7'	N 59° 29.6'	+	-
B5	Langøya	Ø 10° 22.12'	N 59° 29.85'	+	-
B6	Langøya	Ø 10° 21.74'	N 59° 30.18'	+	+
B7	Mulodden	Ø 10° 21.0'	N 59° 28.9'	+	-

2.2 Blåskjellrigg

Blåskjellriggen som var plassert ved utløpet fra NOAH Langøya forsvant i løpet av 2002 og det foreligger derfor ingen resultater fra denne.

2.3 Strandsoneregistrering

Strandsoneregistrering av bunnlevende hardbunnsorganismer ble utført på 3 av blåskjellstasjonene (se Figur 2 og Tabell 2). Registreringen foregår ved hjelp av snorkling. Tilstedeværende arter av fastsittende alger og dyr registreres og deres mengder anslås etter en semikvantitativ skala:

- 1 enkelt funn
- 2 spredte funn
- 3 vanlig forekommende
- 4 dominerende forekomst

Ved denne type registrering vil vesentlige unormale forandringer i strandsamfunnene kunne detekteres.

2.4 Databearbeiding

Nivåene av de analyserte miljøgifter fra 2002 blir sammenlignet mellom stasjoner og med resultatene fra tidligere år. Resultatene er også klassifisert etter konsentrasjon, i hovedsak etter SFTs system for klassifisering av miljøkvalitet (Molvær et al. 1997) (Tabell 3). For kobolt er "antatt høyt bakgrunnsnivå" (Klasse I) vist, mens det for barium ikke har vært mulig å fastsette bakgrunnsnivåer for blåskjell. 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 3. SFTs klassifikasjon av tilstand ut fra målinger i blåskjell, etter Molvær et al. (1997). Klassifikasjon av 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 ¹	"	<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
Kobber ¹	"	<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 ₇	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

Data fra strandsoneregistreringene har gjennomgått likhetssanalyser (cluster) i programpakken PRIMER v5 (Clarke & Gorley 2001). Analysene bidrar til å avdekke likheter/ulikheter i artssammensetning mellom prøver.

¹ Blåskjell har evne til å regulere opptak, særlig ved moderate konsentrasjoner

3. Resultater

Det ble registrert 8 tilfeller hvor blåskjell var moderat forurenset (Klasse II) av metaller (Hg, Cd, As, Cr), og et tilfelle med markert forurensning av bly på stasjon B3 (Klasse III) i 2002. Resterende 61 prøver var ubetydelig-lite forurenset (Klasse I). Det eksisterer ikke spesifikk tilstandsklassifisering for barium. Samtlige metaller viste laveste verdier på kontrollstasjonen på Mølen, men TBT var forhøyet (Klasse II). De endringer hos strandsoneorganismer som er observert i forhold til tidligere år indikerer ingen redusert biologisk kvalitet hos samfunnene på Langøya.

Det ble målt forhøyede verdier (Klasse II) av tre metaller på stasjon B2 og B3 som begge ligger sør for bulkkai og utløp ved Langøya (Tabell 4, Figur 2). B3 var markert forurenset av bly (Klasse III). På stasjon B4, B6 og B7 var det overkonsentrasjoner av arsen (Klasse II), men forøvrig var tilstanden ubetydelig-lite forurenset (Klasse I). Klart høyeste verdier av kobolt ble funnet på B5, slik som det har vært gjort gjennom hele undersøkelsesperioden. Det har ikke vært registrert kobolt i NOAHs utslippsvann siden desember 1999 og årsaken til de høyere verdiene på B5 er ikke kjent, men må skyldes en lokal kilde. Bariumnivåene var oppsiktsvekkende mye høyere på B3 enn på de øvrige stasjonene. Krom var forhøyet på B2 (Klasse II), mens det knytter seg stor usikkerhet (+/- 30-40%) til mange av de øvrige kromverdiene for 2002. Bakgrunnen er relativt lave krom-konsentrasjoner kombinert med et høyt kloridinnhold i prøvene. Usikkerheten tatt i betraktning, vil disse prøvene uansett bli klassifisert som ubetydelig-lite forurenset (Klasse I). Ifølge NIVAs laboratorium kan også høye verdier av krom, og delvis også nikkel, i blåskjellprøver skyldes kontaminering fra knivene i homogenisatoren (se Walday et al. 2002). Rådata fra analysene og enkel statistikk på denne er gitt i vedlegg.

Tabell 4. Innhold av metallene kvikksølv (Hg), kadmium (Cd), bly (Pb), arsen (As), sink (Zn), kobolt (Co), vanadium (V), kopper (Cu), krom (Cr), barium (Ba) og nikkel (Ni) i mg/kg tørrvekt, samt %-tørstoff (TS), i blåskjell utenfor Langøya oktober 2002. Nivåene er gjennomsnitt av tre paralleller. BK er kontrollstasjonen på Mølen. Verdier med grønn bakgrunn indikerer moderat forurenset (Klasse II), gul bakgrunn markert forurenset (Klasse III), øvrige verdier er i Klasse I. Barium inngår ikke i klassifiseringssystemet.

Stasjon:	2	3	4	5	6	7	BK
Kvikksølv	0,269	0,146	0,100	0,137	0,136	0,075	0,060
Kadmium	1,199	3,585	1,463	1,460	1,234	1,432	1,185
Bly	1,954	16,666	2,295	2,408	1,676	0,867	0,592
Arsen	11,912	11,432	11,003	9,773	11,301	10,994	7,706
Sink	156,269	156,941	114,549	101,160	149,802	95,164	88,754
Kobolt	0,469	0,336	0,397	0,897	0,457	0,306	0,219
Vanadium	1,935	1,411	1,394	1,219	1,390	1,462	0,407
Kobber	7,065	7,756	7,303	7,588	7,649	7,782	6,823
Krom	4,891	2,119	1,795	1,477	1,333	1,471	0,929
Barium	11,259	45,693	19,782	17,676	11,738	20,263	9,140
Nikkel	1,692	1,449	1,687	1,213	1,583	1,213	1,067
% TS	9,9	14,0	13,7	14,8	11,3	14,1	17,2

For noen metaller er det indikasjoner på at utslipp fra Langøya kan spores i blåskjell fra kontrollstasjonen på Mølen; NOAHs utslipp av barium er mer enn femdoblet siden 1999/2000 (se **Figur 8**). Det er sannsynlig at de økte nivåer i blåskjell som ble målt fra samtlige stasjoner i 2002 er signaler fra dette, men det er uklart hvorfor økte nivåer av barium ikke ble registrert ved undersøkelsene i 2001 (**Figur 7**). Variasjonene i nivåene av vanadium, kvikksølv og kadmium over tid på Mølen er tildels samsvarende med variasjonene for de samme metaller i skjell fra Langøya. Dette

kan skyldes at aktivitetene på Langøya påvirker skjell på Mølen, eller at det er en eller flere andre kilder som er styrende for forurensningsbildet i området.

Innholdet av organiske miljøgifter i blåskjell fra kontrollstasjonen på Mølen var generelt lavt (Tabell 5), og for samtlige stoffer lavere enn det var i 2001 (Waldy et al. 2002). TBT-innholdet var imidlertid fortsatt forhøyet og skjellene kan klassifiseres som moderat forurenset (kl. II). Skipstrafikken øst for Mølen antas å være hovedårsak til dette. Stasjon Langøya Rigg (blåskjellriggen) er ute av drift og derfor foreligger ingen sammenlignbare resultater fra denne.

Tabell 5. Innhold av organiske miljøgifter og TBT i blåskjell fra kontrollstasjonen på Mølen (BK) i 2002; PCB7, benzo-a-pyren (BaP), polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH), potensielt kreftfremkallende PAH (KPAH), tributyltinn på ionebasis (TBT). Konsentrasjoner i $\mu\text{g}/\text{kg}$ våtvekt, unntatt TBT som er oppgitt på tørrvektbasis. Verdier med grønn bakgrunn indikerer moderat forurenset (Klasse II) (Tabell 3), øvrige verdier er i Klasse I.

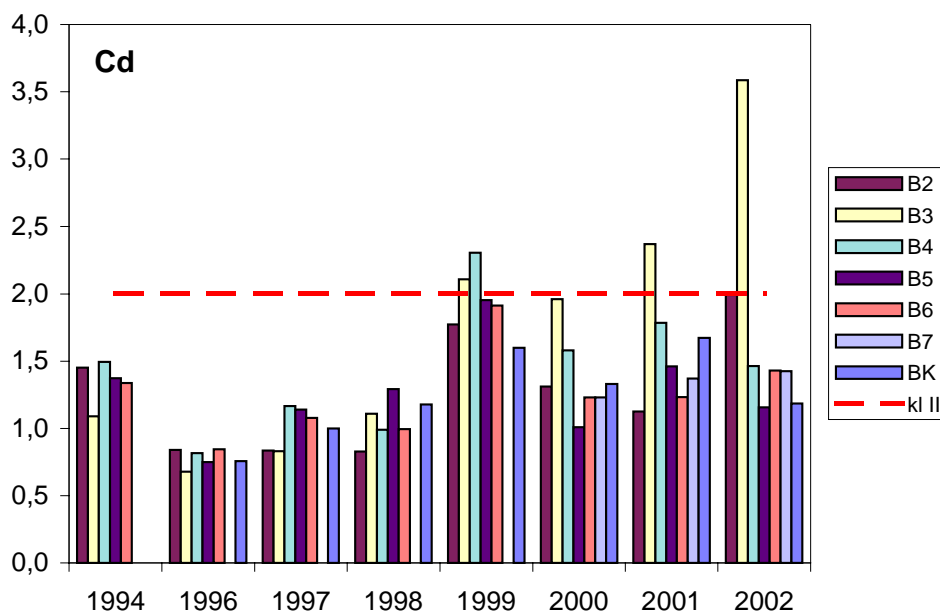
Stasjon	PCB7	BaP	Sum PAH	Sum KPAH	TBT
BK Mølen 4-5 cm	1.04	<0.5	12.7	0.5	389.8

3.1 Gradienter og utvikling i blåskjell

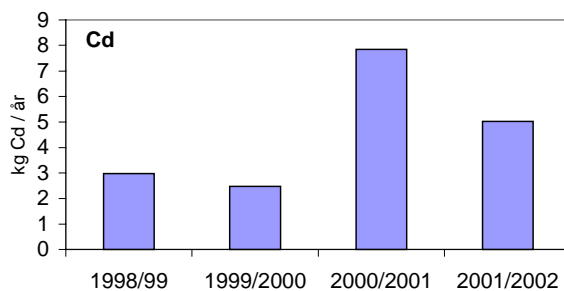
I det følgende er utviklingen til de metaller som forekom i overkonsentrasjoner nærmere kommentert. Kopper, kobolt, nikkel, sink og vanadium ble registrert med nivåer som tilsvarer ubetydelig-lite forurenset tilstand (Klasse I) og deres utvikling er vist i Vedlegg A og B.

Kadmium

På stasjon B3 var det i 2002 forhøyede verdier av kadmium, og stasjonen kan klassifiseres som moderat forurenset (Klasse II, **Figur 3**). Resten av stasjonene var ubetydelig - lite forurenset (Klasse I). Nivåene på B2 og B3 var klart høyere enn i 2001. B2 viste de høyeste nivåer som er målt på den stasjonen gjennom perioden og den ligger nå på grensen til å bli klassifisert som moderat forurenset. Utslippene via NOAHs utløpsvann har blitt større i de siste par år (**Figur 4**) og nivåene av kadmium i blåskjell utenfor Langøya har generelt gått noe opp sammenlignet med perioden før 1999. Resultatene tyder på at Langøya bidrar til de forhøyede nivåene av kadmium i blåskjell. Tilstanden har imidlertid stort sett vært god i hele perioden og de fleste av stasjonene har hatt konsentrasjoner i nærheten av de som er blitt registrert på kontrollstasjonen på Mølen. Det kan ikke utelukkes at også Mølen kan påvirkes av økte utslipp av kadmium fra Langøya.



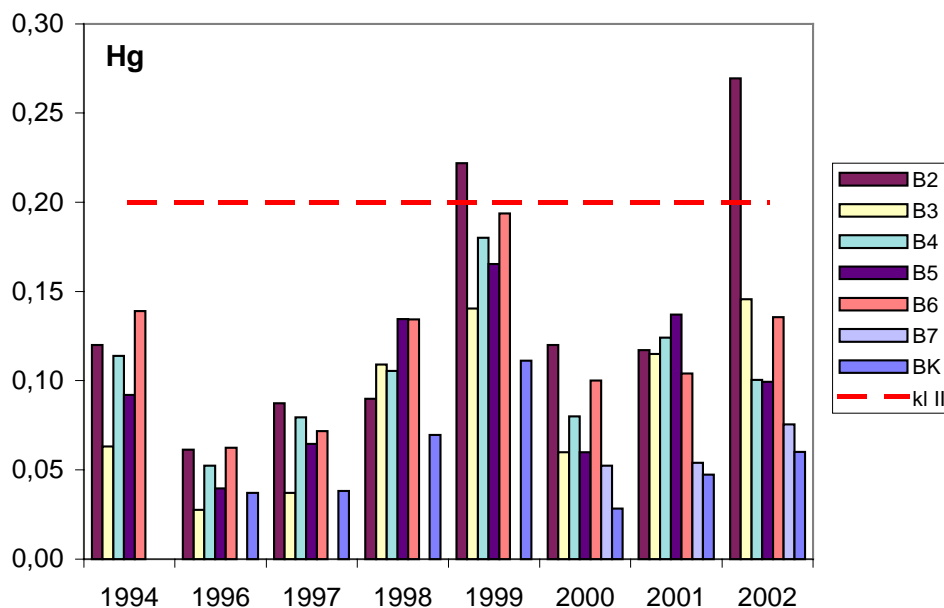
Figur 3. Nivåer av kadmium i blåskjell fra 6 stasjoner i området rundt Langøya og referansestasjonen BK. Gjennomsnitt av tre parallelle prøver uttrykt i mg/kg på tørrvektsbasis. Den stiplede streken markerer skille mellom tilstandsklasse I og II (Molvær et al. 1997).



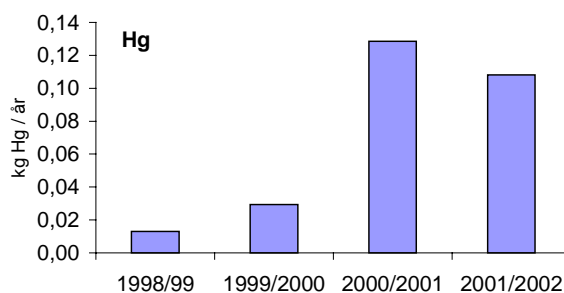
Figur 4. Utslipp av kadmium (kg Cd/år (okt.-sept.)) til sjøen fra NOAH AS anlegg på Langøya. Data fra NOAH AS.

Kvikksølv

Tilstanden med hensyn til kvikksølv var ubetydelig - lite forurenset (Klasse I) på samtlige stasjoner unntatt B2 (Figur 5). På B2 ble de høyeste verdier for hele perioden målt i 2002 og tilstanden kan klassifiseres som moderat forurenset (kl. II). Laveste verdier har gjennom hele perioden blitt målt på B7 på Mulodden og på kontrollstasjonen BK. Utslippene via NOAHs avløpsvann var i 2001/2002 nesten firedoblet siden 1999/00 (Figur 6). Kvikksølvnivåene i blåskjell har generelt vært lave gjennom mesteparten av undersøkelses-perioden, men er som nevnt forhøyet i forhold til kontrollstasjonen på Mølen og B7 Mulodden. Resultatene antyder en påvirkning fra Langøya.



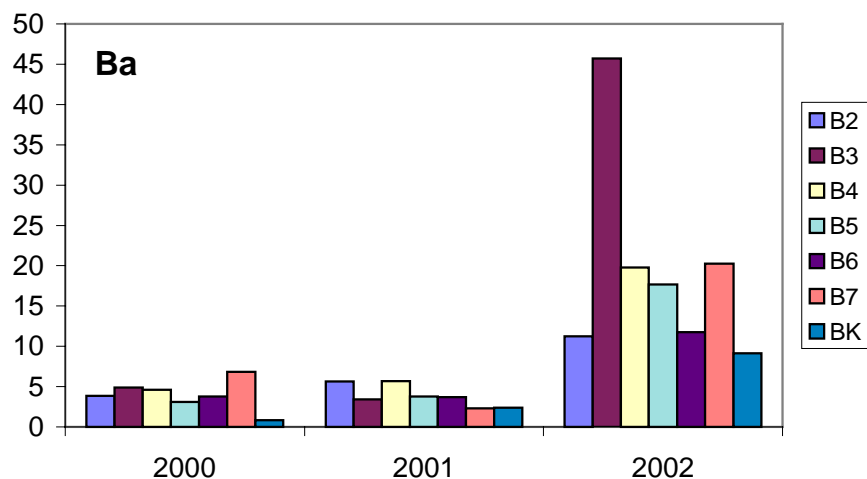
Figur 5. Nivåer av kvikksølv i blåskjell fra 6 stasjoner i området rundt Langøya og på referansestasjonen BK. Gjennomsnitt av tre parallelle prøver uttrykt i mg/kg på tørrvektsbasis. Den stiplede streken markerer skille mellom tilstandsklasse I og II (Molvær et al. 1997).



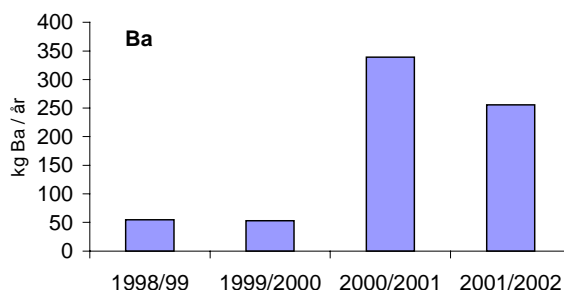
Figur 6. Utslipp av kvikksølv (kg Hg/år (okt.-sept.)) til sjøen fra NOAH AS anlegg på Langøya. Data fra NOAH AS.

Barium

Det har vært en kraftig økning i bariuminnholdet i blåskjell siden tidligere år (Figur 7), og særlig på stasjon B3 hvor nivåene var 13 ganger høyere enn i 2001. Siden 1999/2000 har det vært en økning i utslippene av barium fra Langøya (Figur 8). Det ble sluppet ut 5,5 ganger mer barium fra Langøya i perioden oktober 2000 - september 2002, enn i tilsvarende periode 1998-2000. Det var ikke mulig å registrere denne økningen utfra nivåene i blåskjell ved undersøkelsene i oktober 2001 (Walday et al. 2002). Nå har imidlertid nivåene på samtlige stasjoner, inklusive kontrollstasjonen, økt kraftig og det er nærliggende å anta at dette har sin årsak i de økte utslippene fra Langøya. Prøvene ble for sikkerhets skyld reanalysert og resultatene ble da tilnærmet lik de originale. Barium inngår ikke i klassifiseringssystemet for miljøkvalitet og anses ikke for å være noe problem i marine miljøer. Unntak er områder hvor det drives med oljeboring og hvor barium inngår i boreslammet. I følge vannkvalitetskriteriene for USA må konsentrasjonene av løst barium i sjøvann være over 50 mg/l før man kan vente toksiske effekter. Høyeste konsentrasjon målt i NOAHs utløpsvann er 0,54 mg/l (gjennomsnitt for september 2002) og ved en normal senterfortynning av utløpsvannet på 14 - 26 ganger (Magnusson et al. 1997) vil konsentrasjonene av barium rett utenfor utløpspunktet være mindre enn 0,04 mg/l og skulle dermed ikke gi toksiske effekter på organismer i nærområdet.



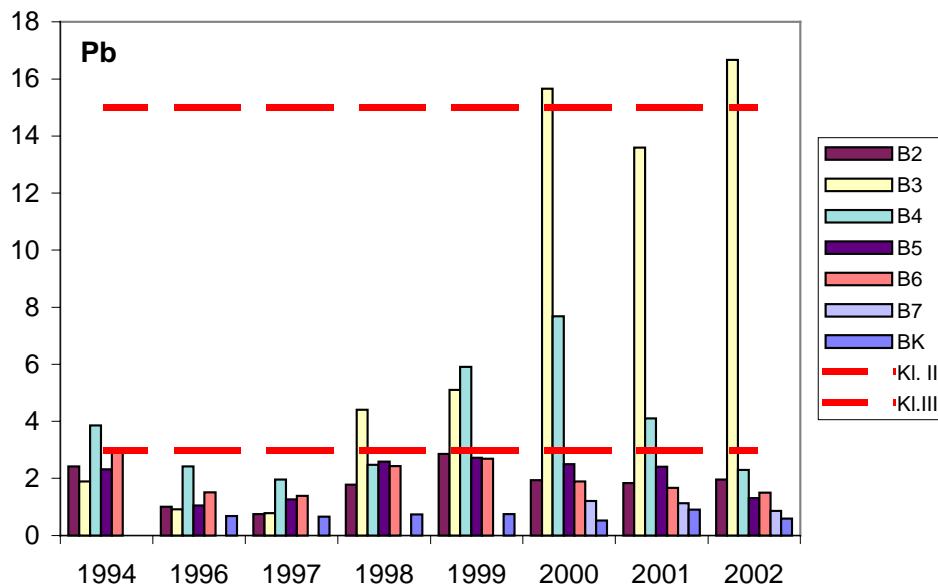
Figur 7. Nivåer av barium i blåskjell fra 6 stasjoner i området rundt Langøya samt på kontrollstasjonen BK. Gjennomsnitt av tre parallelle prøver uttrykt i mg/kg på tørrvektbasis.



Figur 8. Utslipp av barium (kg Ba/år (okt.-sept.)) til sjøen fra NOAH AS anlegg på Langøya. Data fra NOAH AS.

Bly

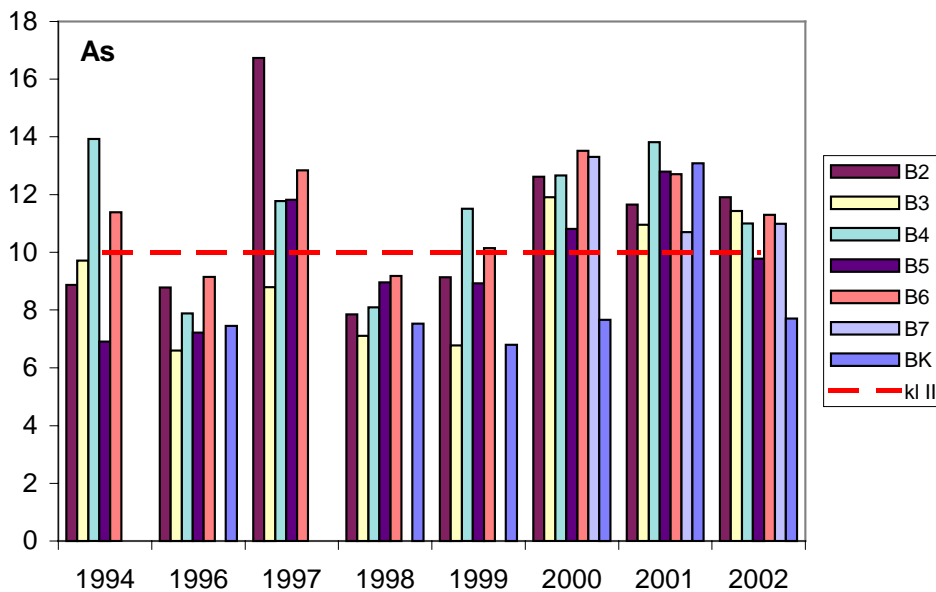
Blynivåene på stasjon B3 var i 2002 omtrent like høye som de to foregående år (**Figur 9**). Skjellene kan her klassifiseres som markert forurenset av bly (Klasse III). Dette blir vurdert som et lokalt problem for denne stasjonen siden øvrige stasjoner viser langt lavere verdier. Det er ikke påvist bly i avløpsvannet fra Langøya siden 1999 (**Tabell 1**), og det antas at spill i forbindelse med lossing av avfall fra den nærliggende bulkkai er årsak til de høye verdiene av bly som er blitt registrert siden 2000 (Sverreson pers. medd.) og dette vil bli nærmere undersøkt i 2003. Bly har gjennom hele perioden vært lavest i skjell fra kontrollstasjonen BK.



Figur 9. Nivåer av bly i blåskjell fra 6 stasjoner i området rundt Langøya og på kontrollstasjonen BK. Gjennomsnitt av tre parallelle prøver uttrykt i mg/kg på tørrvektbasis. De stiplede strekene markerer skille mellom hhv. tilstandsklasse I - II, og II - III (Molvær et al. 1997).

Arsen

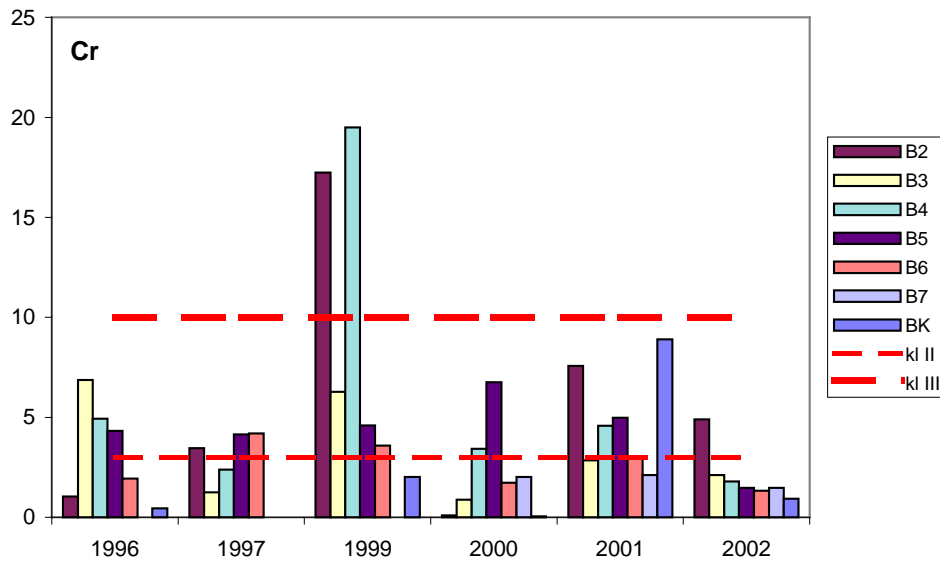
Nivåene av arsen var forhøyet på samtlige stasjoner unntatt B5 og kontrollstasjonen BK (**Figur 10**). Tilstanden kan betegnes som moderat forurenset (kl. II) med hensyn til dette metallet. Nivåene var lavest på kontrollstasjonen, mens forskjellene mellom øvrige stasjoner var relativt små. Konsentrasjonen av arsen viser ingen entydig utvikling over tid, men nivåene har økt noe siden 1998. Dette samsvarer ikke med utslippsdata fra Langøya, hvor det ikke er påvist arsen i avløpsvannet siden september 1998. Høye arsennivåer på kontrollstasjonen (BK) i 2001 tyder på at andre kilder enn Langøya kan bidra med arsen til det marine miljøet. Øvrige år har imidlertid nivåene på BK kun variert mellom 6,8 og 7,7 mg/kg t.v og Langøya kan derfor ikke utelukkes som kilde til forurensningen av arsen på de øvrige stasjoner. Det knytter seg usikkerhet til kvantifiseringen av 2 enkeltprøver, nr. 2 på B2 og nr. 2 på B6. Dette skyldes unormalt høye kloridinnhold i prøvene. Standardavviket på disse to stasjoner var imidlertid i samme størrelsesorden som på de andre stasjonenes (Vedlegg C) og resultatene er derfor inkludert i vurderingene av de to stasjonene.



Figur 10. Nivåer av arsen i blåskjell fra 6 stasjoner i området rundt Langøya og på kontrollstasjonen BK. Gjennomsnitt av tre parallelle prøver uttrykt i mg/kg på tørrvektsbasis. Den stiplede streken markerer skille mellom tilstandsklasse I og II (Molvær et al. 1997).

Krom

Stasjon B2 var eneste stasjon med forhøyede nivåer av krom i 2002 (kl. II, **Figur 11**). De høye verdiene på kontrollstasjonen (BK) i 2001 var oppsiktsvekkende. I 2002 var nivåene igjen lavere enn på stasjonene rundt Langøya (B2-B7) slik som de har vært i perioden forøvrig. Generelt har det vært en signifikant nedgang i krominnhold i blåskjell fra Langøya siden 1999. Ingen stasjoner har de siste tre år vært markert forurenset slik som i 1999. Det har ikke vært registrert krom i avløpsvannet fra Langøya siden oktober 1999 og frem til prøvetaking i 2002. En kan ikke se bort fra at kontaminering i forbindelse med homogenisering av blåskjellmaterialet er årsaken til at enkelte paralleller har meget forhøyede konsentrasjoner av krom i 1999 og 2001.



Figur 11. Nivåer av krom i blåskjell fra 6 stasjoner i området rundt Langøya og på referansestasjonen BK. Gjennomsnitt av tre parallelle prøver uttrykt i mg/kg på tørrvektbasis. De stiplede strekene markerer skille mellom hhv. tilstandsklasse I - II, og II - III (Molvær et al. 1997).

3.2 Strandsoneregistreringer

I fjæra er dyr og alger utsatt for store svingninger i temperatur og saltholdighet samtidig som de tørres ut i lavvannsperioder. Fjell og større stabile stein i fjæresonen har vanligvis et stort utvalg av tang, småvokste alger og fastsittende fjæredyr. Utvalg og mengde av de ulike artene vil variere lokalt, regionalt og sesongmessig. Naturlige faktorer som påvirker artssammensetningen lokalt er bølge/strøm-eksponeringsgrad, ferskvannspåvirkning, substrattypen og himmelretning.

Sammenhengen mellom observerte endringer i samfunnssammensetning og årsaken til disse er ofte uklare. En vet at svake overkonsentrasjoner av næringssalter kan virke gunstig på organismesamfunnet i fjæra ved at artsrikdommen øker (gjødslings-effekt). Ved høyere overkonsentrasjoner av næringssalter vil de negative effektene dominere. Noen få tolerante arter blir begunstiget og øker i mengde på bekostning av artsrikheten. Det er særlig små blad- og trådformete grønnalger og enkelte trådformete brunalger som øker i mengde ved høye overkonsentrasjoner av næringssalter. En endring av algesammensetningen vil også påvirke den assosierte fauna siden mange av dyreartene i fjæra er avhengige av et godt utviklet tangbelte.

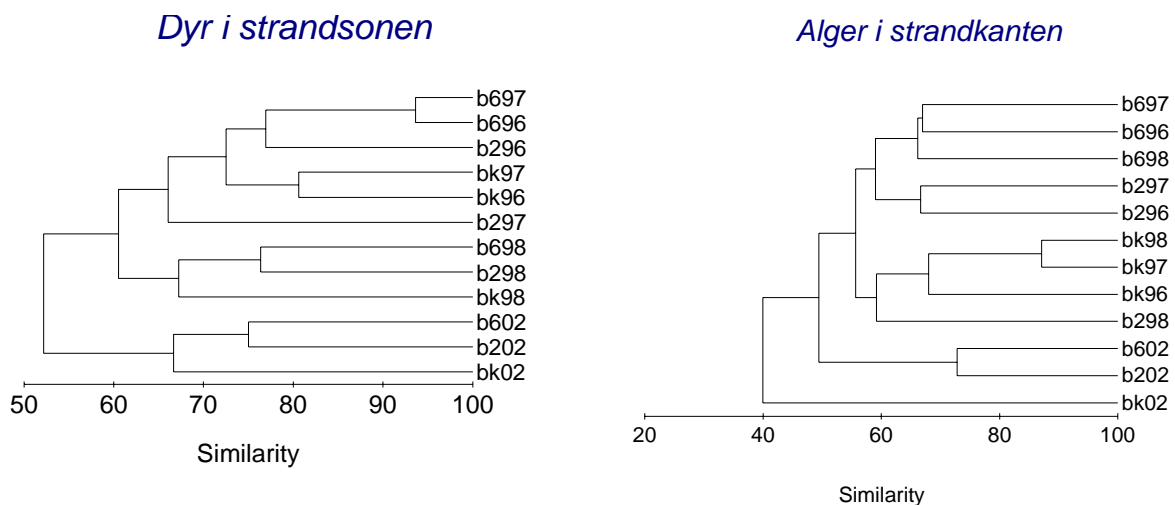
Tabell 6. Forekomst av dyr og alger i fjæra på 3 stasjoner: B2 og B6 på Langøya samt BK på Mølen 2002. Basert på semikvantitativ registrering (se metodekapittel). 1 = enkelt funn, 2 = spredt forekomst, 3 = vanlig forekomst, 4 = dominerende forekomst.

Dyr	BK_02	B6_02	B2_02	Alger	BK_02	B6_02	B2_02
<i>Alcyonidium gelatinosum</i>	2	3	2	<i>Ahnfeltia plicata</i>	2	2	
<i>Asterias rubens</i>	1			Brunt på fjell	3		3
<i>Balanus balanoides</i>	3		2	<i>Ceramium rubrum</i>		2	
<i>Balanus crenatus</i>	4	4	3	cf <i>Phyllophora truncata</i>		2	
<i>Carcinus maenas</i>	2	1	2	Cf. <i>Polyides rotundus</i>		1	
<i>Dynamena pumila</i>	3			<i>Chaetomorpha mediterranea</i>			2
<i>Electra crustulenta</i>		3	2	<i>Chondrus crispus</i>	2		
<i>Electra pilosa</i>	2	2		<i>Cladophora</i> sp.		2	1
<i>Laomedea geniculata</i>	2		1	<i>Cruoria pellita</i>	3		
<i>Leptasterias mülleri</i>	1			diatomeer		4	4
<i>Littorina littorea</i>	4	3	3	<i>Elachista fucicola</i>	2	2	2
<i>Littorina obtusata</i>	1			<i>Enteromorpha</i> sp.		1	3
<i>Littorina saxatilis</i>	2	1	2	<i>Fucus</i> cf. <i>spiralis</i>	2		
<i>Mytilus edulis</i>	4	3	3	<i>Fucus evanescens</i>		1	3
strandreker	2	2	2	<i>Fucus serratus</i>	3	4	4
tangkutling	2	2	2	<i>Fucus</i> sp.	2	2	2
				<i>Fucus</i> sp. juvenile			2
				<i>Fucus vesiculosus</i>	3	4	4
				Grønt i rur			2
				<i>Hildenbrandia rubra</i>	4		2
				<i>Polysiphonia</i> cf. <i>urceolata</i>		2	
Antall taxa	15	10	11	Antall taxa	10	13	13

En oversikt over registrerte arter på stasjonene i 2002 er gitt i **Tabell 6**. Flest taxa av dyr ble registrert på Mølen (BK) mens flest algetaxa ble registrert på Langøyastasjonene. Noen av ulikhetene vil bli kommentert her. Mosdyret *Electra crustulenta* var spredt til vanlig på Langøya, men ikke tilstede på Mølen. Dette er en brakkevannsort og påvirkning fra Drammenselva gir optimalere forhold i overflatevann ved Langøya enn ved Mølen. Hydroiden *Dynamena pumila* var derimot vanlig på Mølen men fraværende på Langøya. Arten er ofte assosiert til sagtang (*Fucus serratus*) og denne var sterkt tilstede på alle tre stasjoner. Den er også tolerant overfor brakkevann. Årsaken til fraværet er

ukjent, men arten har heller ikke blitt funnet på Langøya tidligere. Det ble forøvrig registrert et kraftig nedslag av rur (*Balanus cf. crenatus*) på tang og blåskjell ved Langøya i 2002.

En sammenligning med de av tidligere års undersøkelser hvor det også ble brukt semikvantitativ metodikk viser at 2002 skiller seg ut fra de øvrige år (**Figur 12**). Algene er, bortsett fra 2002, ganske godt gruppert etter stasjon. Dyrene er i større grad gruppert etter år; 1998 og 2002 danner egne grupper, men 1996 og 1997 er samlet i én gruppe. Blant dyrene var det fordelingen mellom to arter av mosdyr og to arter av rur som hadde mest betydning for at 2002 skilte seg ut fra øvrige år. Årsaken kan ligge i tidligere feilbestemmelse av enkelte nær beslektede arter, men vil uansett ikke indikere noen forringelse av den biologiske kvaliteten. Større mengder kiselalger i 2002 enn i de øvrige år var hovedårsak til grupperingen av dette året. Brunalgen fjæreskorpe (*Ralfsia* spp.) har derimot ikke blitt funnet i 2002. Det ble også registrert mindre mengder av rødalgene rekeklo (*Ceramium* spp.) og krusflik (*Chondrus crispus*) enn i 90-årene.



Figur 12. Dendrogram som illustrerer likhet mellom prøver med hensyn til sammensetning av dyre og algesamfunn i fjæra på stasjonene: B2, B6 på Langøya samt BK på Mølen. Prøver med lik artssammensetning ligger nær hverandre.

Forskjellene i forekomst av alger og dyr mellom stasjoner og år antas imidlertid å være innenfor det en normalt kan forvente i et strandsoneområde. Påvirkning fra Drammenselva samt lavere grad av bølgeeksponering er forhold som sannsynligvis bidrar til lavere biologiske mangfold på Langøya-stasjonene, sammenlignet med kontrollen på Mølen. Det må også påpekes at registreringene av algene i 2002 ble gjort av en zoolog, mens det tidligere år har vært en botaniker som har gjort registreringene av alger. Dette kan bety at små og sjeldne arter ikke er like godt registrert som tidligere år.

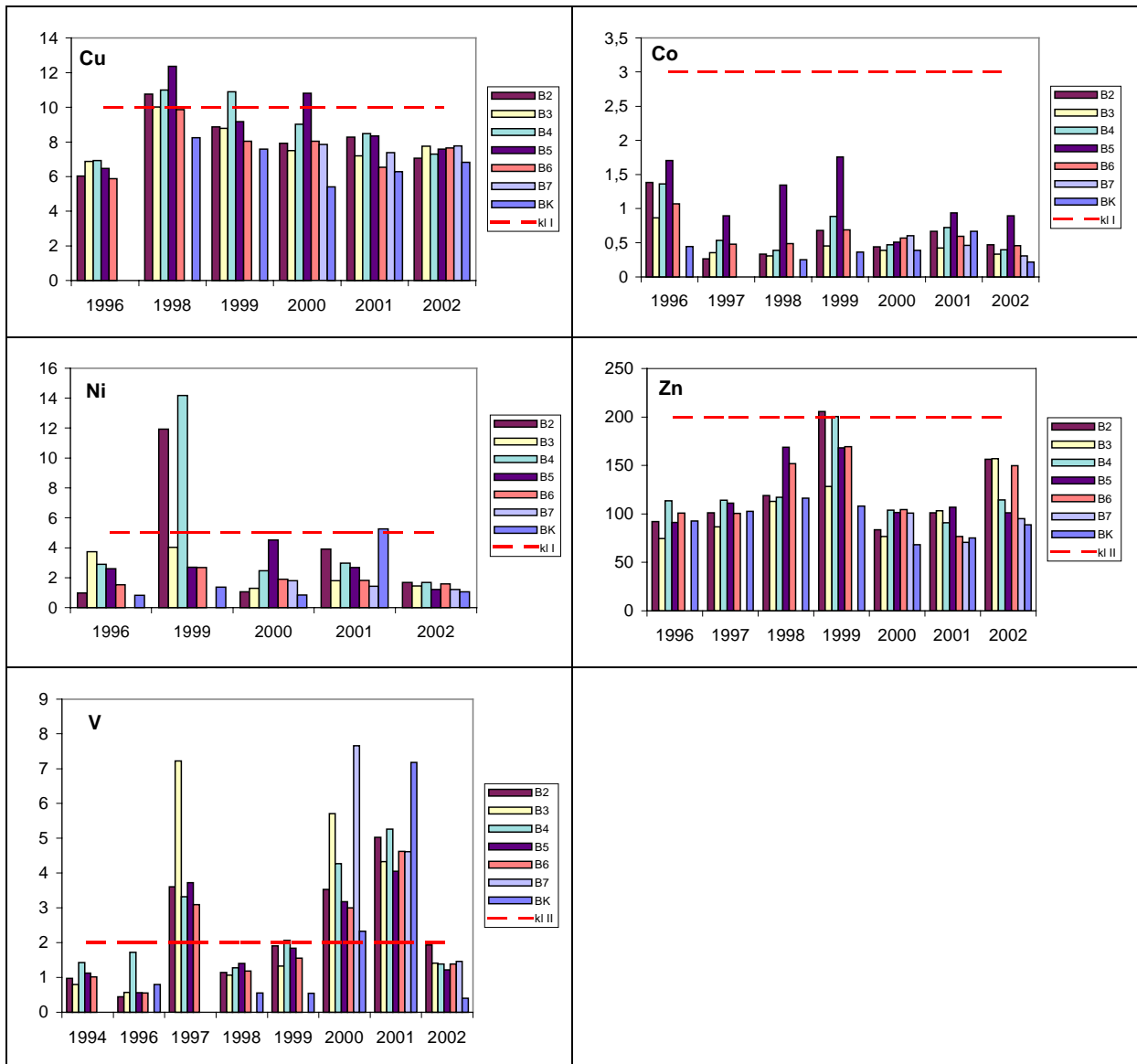
4. Referanser

- Clarke K.R. & R.N. Gorley. 2001. PRIMER v5: User manual/tutorial. PRIMER-E Ltd: Plymouth.
- Green N.W., Bjerkeng B., Helland A., Hylland K., Knutzen J. & M. Walday. 2001. *Joint Assessment and Monitoring Program (JAMP). Overvåking av miljøgifter i marine sedimenter og organismer 1981-1999*. Statens forurensningstilsyn 819/01, TA nr. 1797/2001. NIVA-rapport 4358-2001. 191 s. ISBN 82-577-3995-2.
- 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, Breianger*. 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.
- Næs K. et al. 2002. *Miljøgiftundersøkelse i havner i Telemark, Vestfold, Akershus og Østfold 1999. PAH, PCB, tungmetaller og TBT i sedimenter og organismer*. Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport: 849/02. TA-nummer: 1885/2002.
- 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.
- Walday M., Oug E. & T. Kroglund. 2000. *Overvåking NOAH-Langøya 1999 - Strandsoneregistreringer samt miljøgifter i blåskjell*. NIVA-rapport 4238-2000, 34s.
- Walday M. & T. Kroglund. 2001. *Overvåking NOAH-Langøya 2000 - Strandsoneregistreringer samt miljøgifter i blåskjell*. NIVA-rapport 4404-2001, 44s.
- Walday M., Helland A. & T. Kroglund. 2002. *Overvåking NOAH-Langøya 2001. Strandsoneregistreringer samt miljøgifter i blåskjell og sedimenter*. NIVA-rapport 4575-2002. 47s.

Personlige meddelelser

Sverreson T., NOAH AS, Langøya

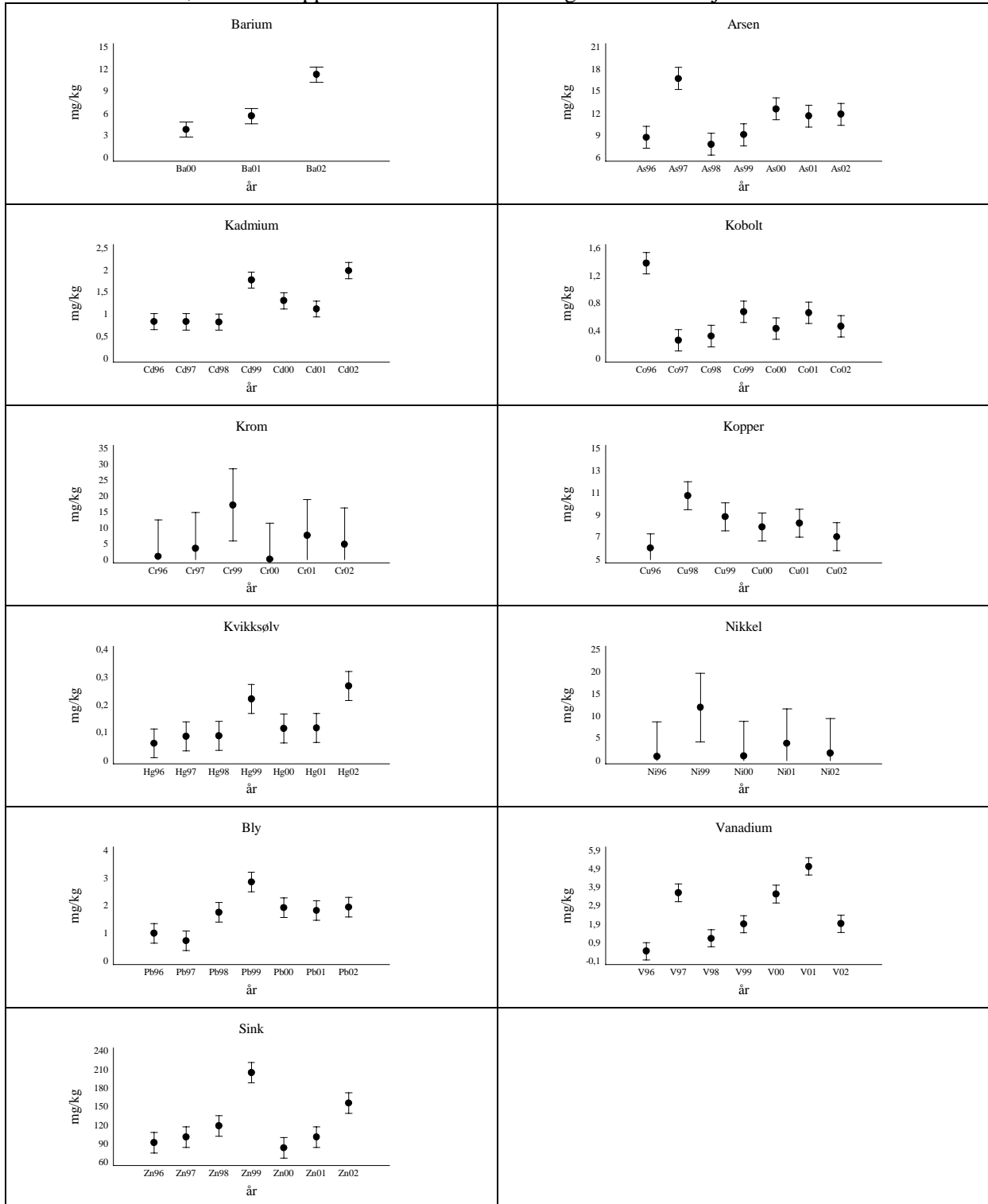
Vedlegg A.



Figur 13. Konsentrasjoner av kopper (Cu), kobolt (Co), nikkel (Ni), sink (Zn) og vanadium (V) i blåskjell fra 6 stasjoner i området rundt Langøya og referansestasjonen BK. Gjennomsnitt av tre parallelle prøver uttrykt i mg/kg på tørrvektsbasis. Den stiplede streken markerer skillet mellom tilstandsklasse I og II (Molvær et al. 1997).

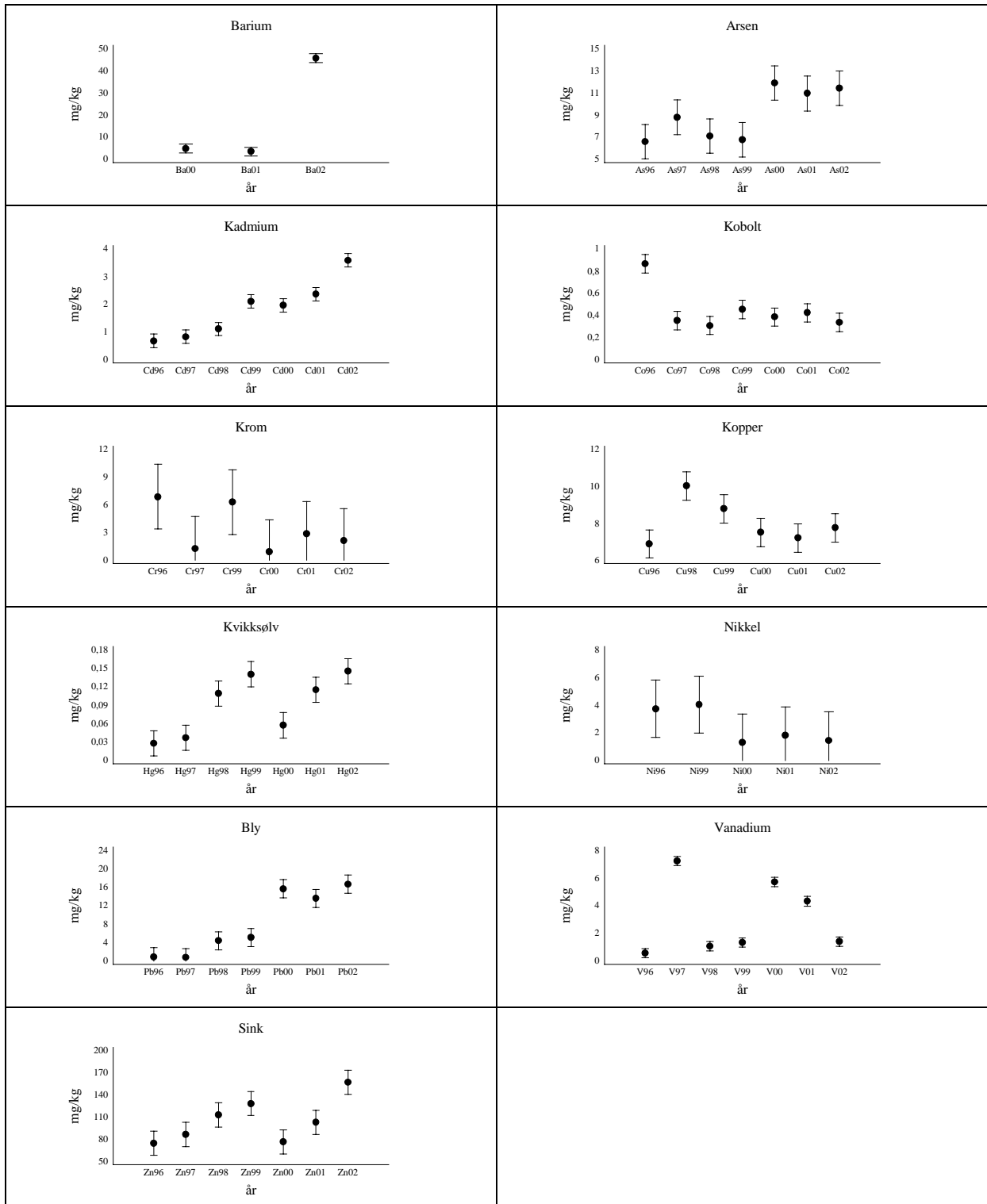
Vedlegg B.

Stasjon B2 Langøya. Innhold av metaller i blåskjell. Gjennomsnitt av tre prøver med Sheffe 95% konfidensintervall, ikke overlappende intervall indikerer signifikante forskjeller.



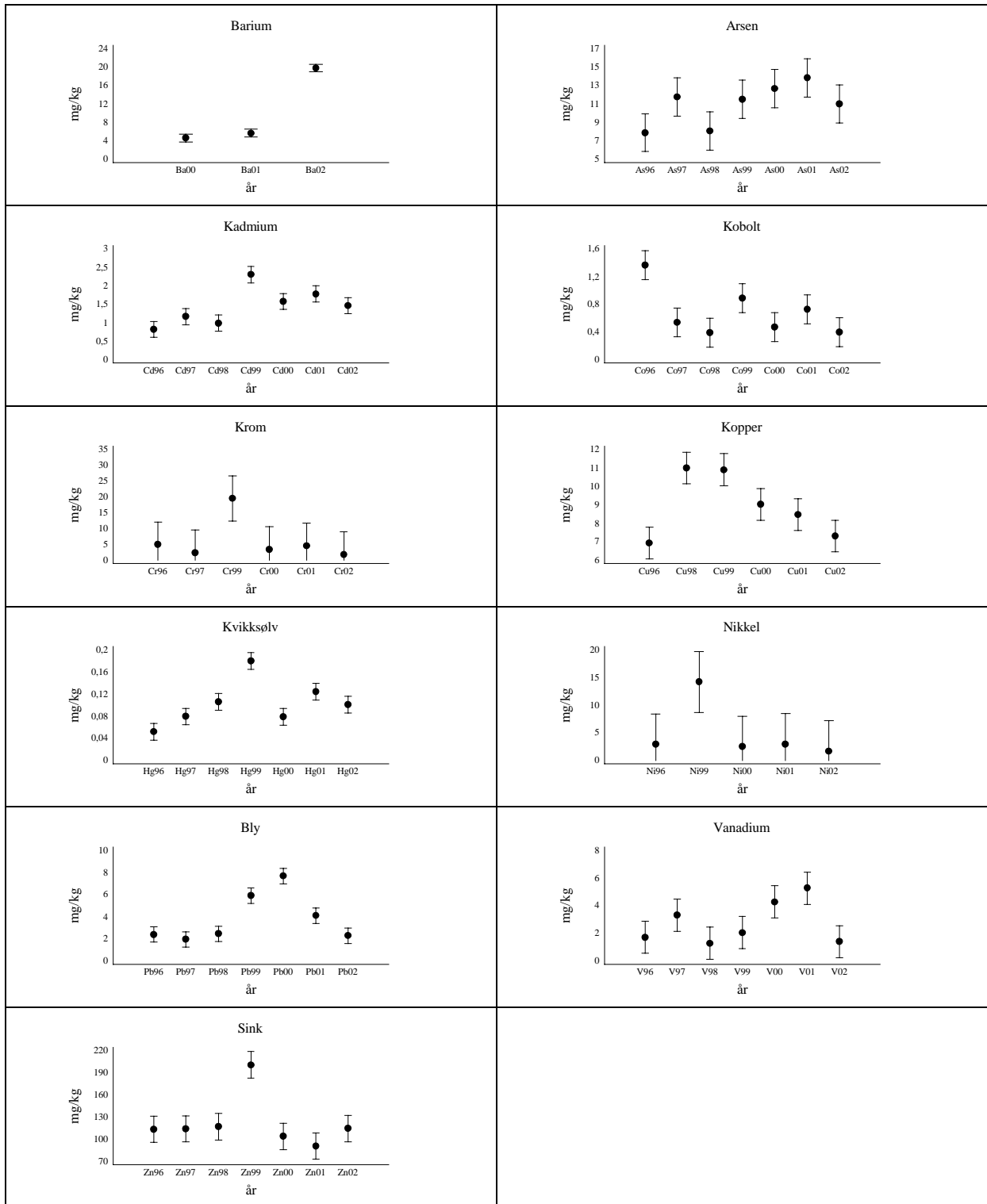
Vedlegg B (forts.)

Stasjon B3 Langøya. Innhold av metaller i blåskjell. Gjennomsnitt av tre prøver med Sheffe 95% konfidensintervall, ikke overlappende intervall indikerer signifikante forskjeller.



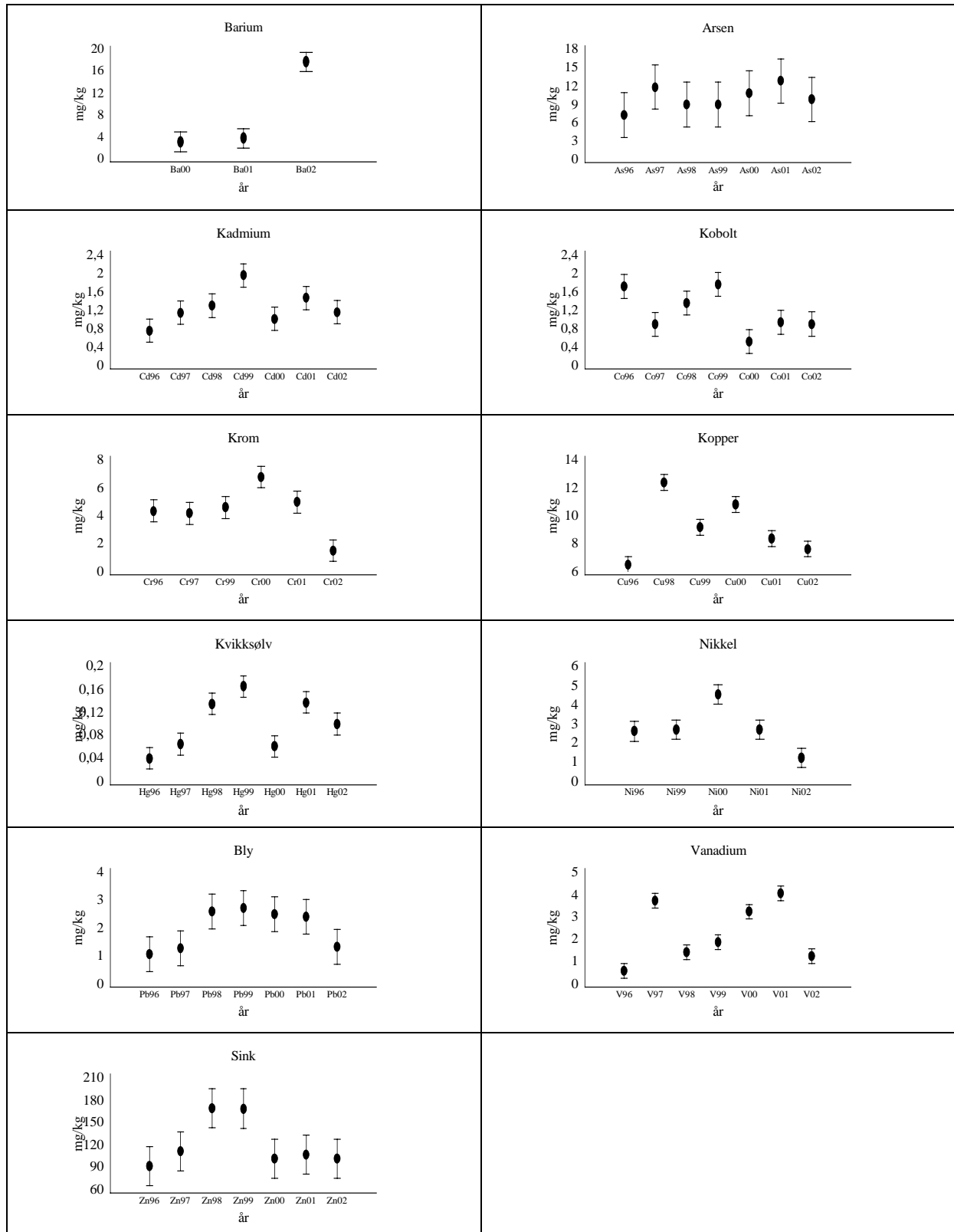
Vedlegg B (forts.)

Stasjon B4 Langøya. Innhold av metaller i blåskjell. Gjennomsnitt av tre prøver med Sheffe 95% konfidensintervall, ikke overlappende intervall indikerer signifikante forskjeller.



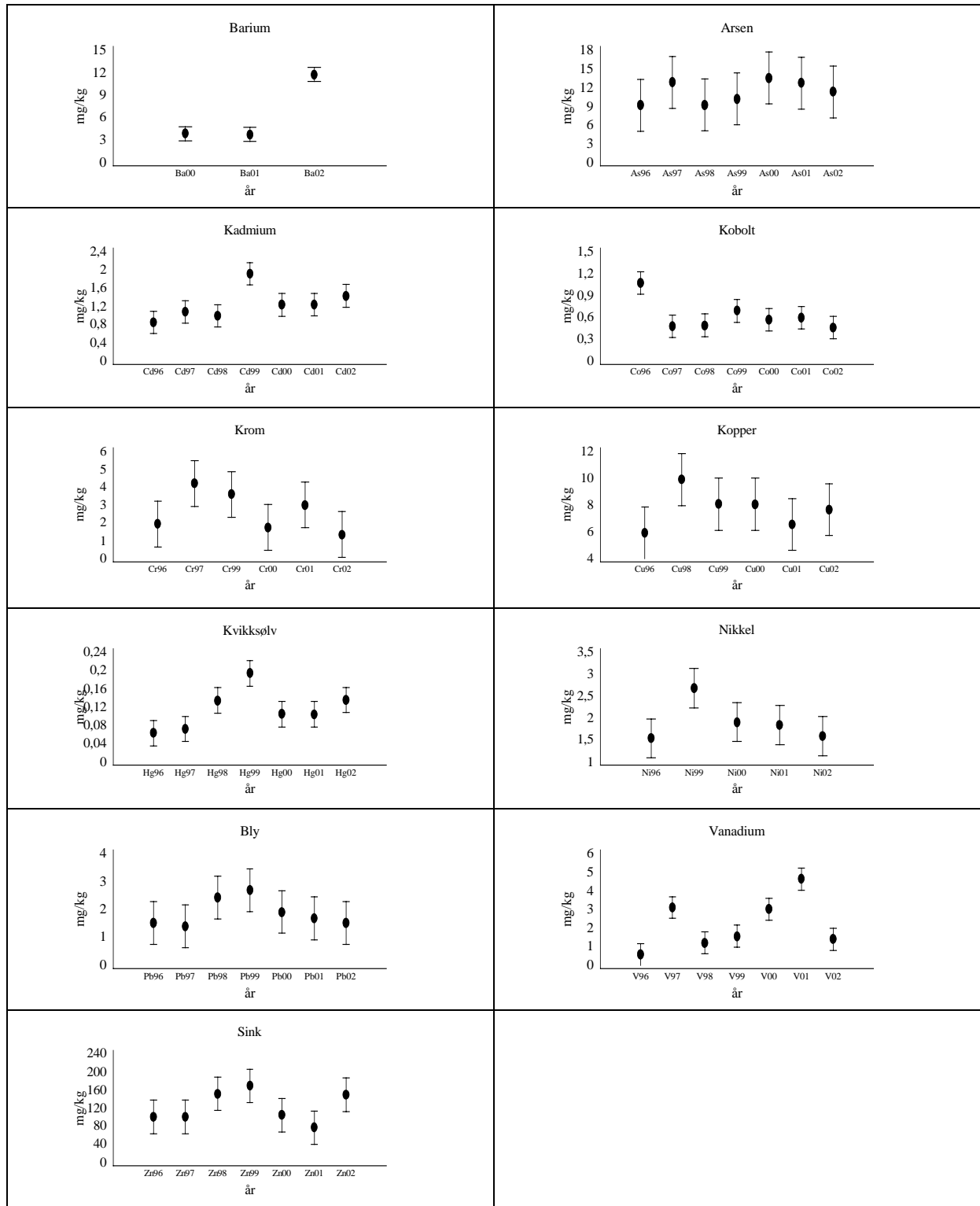
Vedlegg B (forts.)

Stasjon B5 Langøya. Innhold av metaller i blåskjell. Gjennomsnitt av tre prøver med Sheffe 95% konfidensintervall, ikke overlappende intervall indikerer signifikante forskjeller.



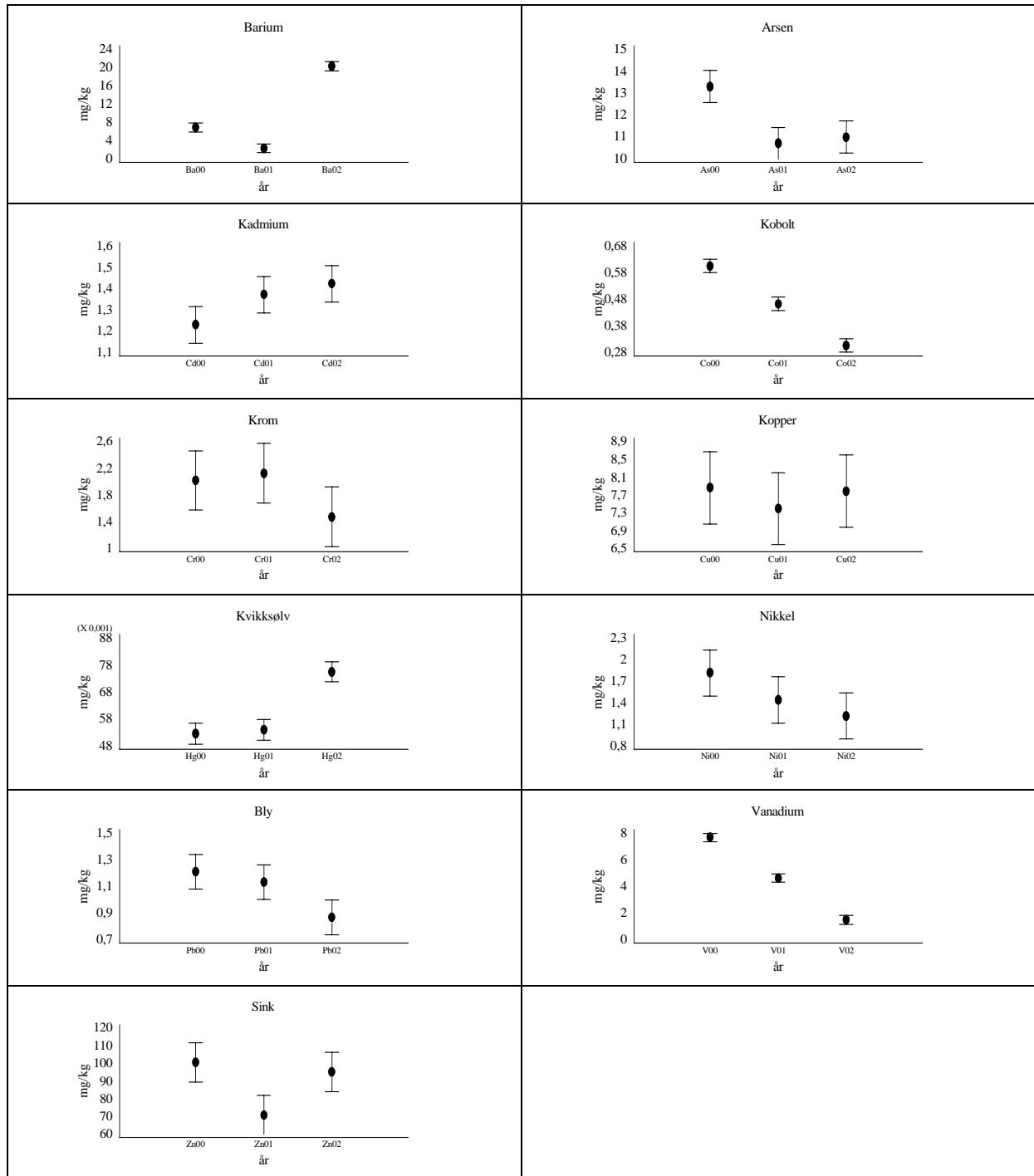
Vedlegg B (forts.)

Stasjon B6 Langøya. Innhold av metaller i blåskjell. Gjennomsnitt av tre prøver med Sheffe 95% konfidensintervall, ikke overlappende intervall indikerer signifikante forskjeller.



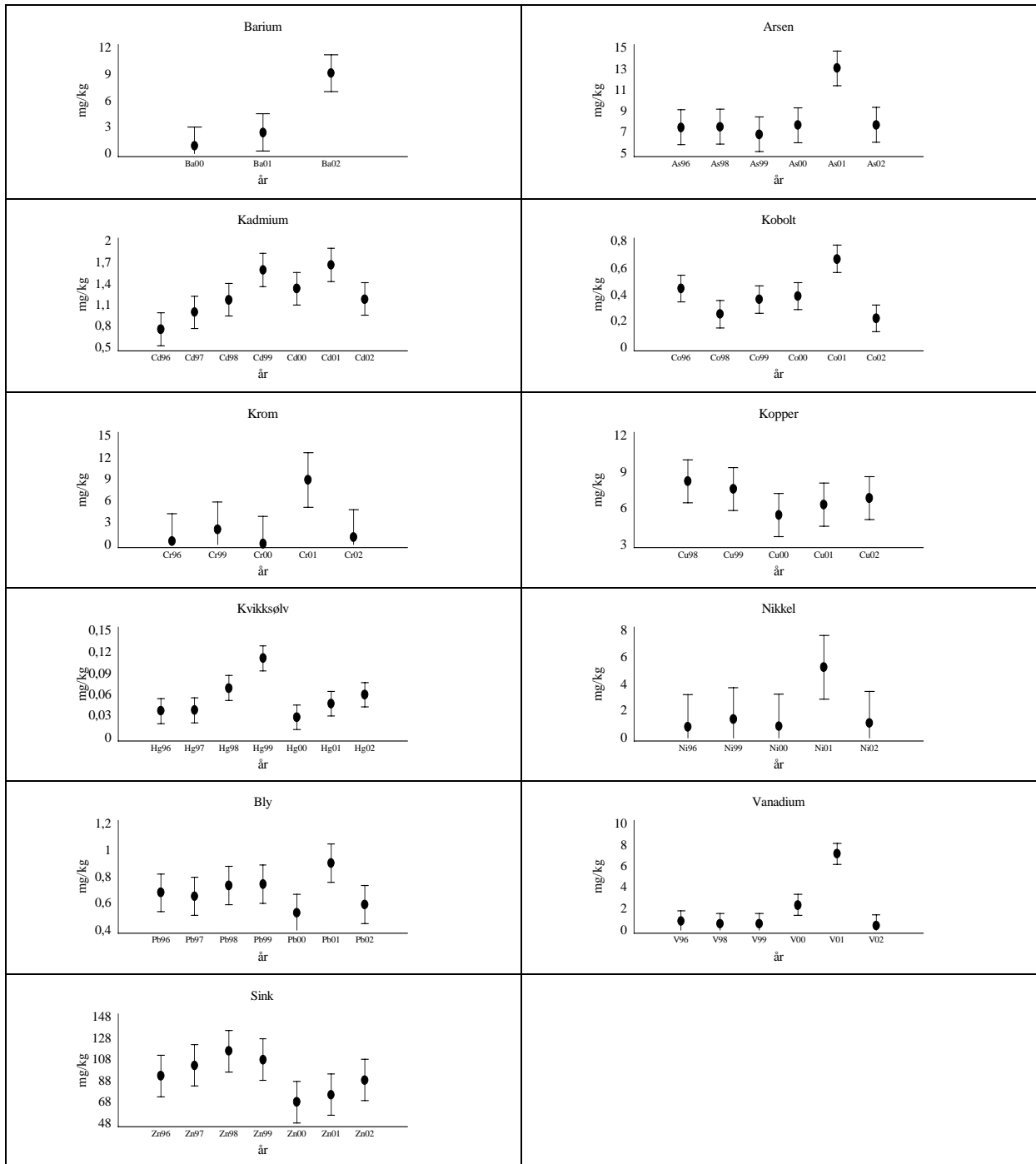
Vedlegg B (forts.)

Stasjon B7 Mulodden. Innhold av metaller i blåskjell. Gjennomsnitt av tre prøver med Sheffe 95% konfidensintervall, ikke overlappende intervall indikerer signifikante forskjeller.



Vedlegg B (forts.)

Stasjon BK Mølen. Innhold av metaller i blåskjell. Gjennomsnitt av tre prøver med Sheffe 95% konfidensintervall, ikke overlappende intervall indikerer signifikante forskjeller.



Vedlegg C.

Konsentrasjoner av metaller (mg/kg) i blåskjell på tørrvektsbasis, n=3

Mg/kg Metall/år	B2 Langøya		B3 Langøya		B4 Langøya	
	Gj.snitt	St.avvik	Gj.snitt	St.avvik	Gj.snitt	St.avvik
Ba00	3,8570	0,123987	4,89082	0,430595	4,60037	0,488134
Ba01	5,6399	0,110806	3,45122	0,391577	5,69026	0,67308
Ba02	11,2585	1,33175	45,6926	2,47744	19,7821	0,746546
As96	8,7800	0,690724	6,6	0,27074	7,89	0,337787
As97	16,7270	1,62777	8,79548	2,27786	11,7708	3,05576
As98	7,8481	0,404109	7,10703	0,510691	8,0903	0,615176
As99	9,1386	1,18126	6,77019	0,164478	11,5087	0,272584
As00	12,6224	0,611879	11,9029	0,561253	12,6726	0,642017
As01	11,6560	0,420561	10,9527	0,0198801	13,8147	0,096766
As02	11,9121	0,359623	11,4316	0,394329	11,003	0,36027
Cd96	0,8402	0,134851	0,677589	0,0483008	0,816624	0,062800
Cd97	0,8358	0,123838	0,829996	0,0573486	1,16589	0,140181
Cd98	0,8296	0,0372769	1,10828	0,0994063	0,988708	0,015606
Cd99	1,77278	0,145908	2,10743	0,249635	2,30386	0,223223
Cd00	1,30833	0,128972	1,95799	0,0621147	1,575	0,133913
Cd01	1,12431	0,0265967	2,36726	0,0720864	1,78226	0,106634
Cd02	1,99046	0,0791908	3,58536	0,240594	1,46328	0,117535
Cu96	6,03762	0,105068	6,88244	0,685068	6,92548	0,292239
Cu98	10,764	1,18533	10,0273	0,693527	10,9975	0,675968
Cu99	8,87619	1,40635	8,78644	0,435746	10,9026	0,783262
Cu00	7,92918	0,467096	7,5024	0,165475	9,01919	0,581604
Cu01	8,2855	0,190385	7,19943	0,388428	8,47092	0,130361
Cu02	7,06503	0,0842933	7,7561	0,185929	7,30289	0,46268
Hg96	0,06133	0,0092915	0,0276667	0,00305505	0,0523333	0,0020816
Hg97	0,08724	0,0098604	0,0370619	0,00117716	0,0794238	0,0101745
Hg98	0,08969	0,0042413	0,109078	0,0251485	0,105559	0,0052515
Hg99	0,22192	0,0238802	0,140303	0,0169092	0,180112	0,0133271
Hg00	0,11592	0,0144246	0,0570951	0,00266013	0,0786713	0,0015140
Hg01	0,11738	0,0027575	0,115088	0,0030149	0,124482	0,0079177
Hg02	0,26944	0,0755151	0,145522	0,00945949	0,10048	0,0135093
Pb96	1,0021	0,117008	0,910238	0,104116	2,4097	0,610343
Pb97	0,74120	0,319416	0,77774	0,230252	1,96142	0,327589
Pb98	1,77097	0,163898	4,40327	0,947377	2,47125	0,171004
Pb99	2,85883	0,387168	5,09535	1,54934	5,90713	0,607672
Pb00	1,92853	0,0619936	15,6562	1,18686	7,67774	0,284371
Pb01	1,83677	0,0041685	13,5973	1,68425	4,10199	0,381265
Pb02	1,95425	0,11377	16,666	1,38481	2,29543	0,272346
V96	0,44590	0,208404	0,575981	0,045058	1,72148	1,55387
V97	3,60338	0,519316	7,22481	0,420271	3,32432	0,41559
V98	1,14396	0,182712	1,06799	0,142397	1,27978	0,0842419
V99	1,90838	0,374723	1,33495	0,055991	2,06382	0,0957469
V00	3,53129	0,124008	5,70951	0,266013	4,27448	0,543858
V01	5,02634	0,124169	4,32688	0,139217	5,26776	0,623047
V02	1,93497	0,164612	1,41063	0,021677	1,39353	0,10607
Zn96	92,0538	6,83649	74,4857	4,95534	113,446	11,6454
Zn97	101,147	6,38827	86,6725	5,08409	114,022	12,8472
Zn98	118,84	10,3513	112,938	9,54297	116,933	5,13248
Zn99	205,621	4,52387	128,457	10,6259	200,636	18,353
Zn00	83,6498	8,17278	76,6266	4,42412	103,763	8,02209
Zn01	101,141	4,28307	103,13	3,25212	90,753	7,25723
Zn02	156,269	19,5143	156,941	19,2862	114,549	2,63565
Co96	1,3818	0,136681	0,865487	0,096997	1,3647	0,278705
Co97	0,26648	0,0819966	0,352983	0,032938	0,537564	0,0198293
Co98	0,33183	0,0034189	0,307602	0,032074	0,388924	0,0085201
Co99	0,67992	0,18117	0,453607	0,053297	0,886092	0,161114
Co00	0,43909	0,0116507	0,385354	0,044522	0,470056	0,0211379
Co01	0,66589	0,0214427	0,422884	0,020137	0,72468	0,0601087
Co02	0,46890	0,0071938	0,335578	0,006783	0,397448	0,0080930
Cr96	1,05109	0,212811	6,87692	4,96151	4,93946	0,183142
Cr97	3,4696	0,831681	1,25479	0,209639	2,38809	0,436841
Cr99	17,2396	16,5256	6,28024	1,28411	19,509	10,0878
Cr00	0,1	0,0	0,891749	1,37135	3,44242	4,05581
Cr01	7,57438	2,48865	2,85868	0,234291	4,58064	0,47122
Cr02	4,89122	4,53601	2,11945	0,039696	1,7953	0,147952
Ni96	0,98365	0,114643	3,73974	2,77864	2,89655	0,468537
Ni99	11,9368	11,3483	4,03251	1,11459	14,1918	7,74697
Ni00	1,06494	0,349563	1,30423	0,277095	2,47781	2,28281
Ni01	3,91777	0,4152	1,80942	0,406927	2,96806	0,435637
Ni02	1,69161	0,104302	1,44871	0,011333	1,68668	0,25533

Vedlegg C (forts.)

Mg/kg Metall/år	B5 Langøya		B6 Langøya		B7 Mulodden		BK Mølen	
	Gj.snitt	St.avvik	Gj.snitt	St.avvik	Gj.snitt	St.avvik	Gj.snitt	St.avvik
Ba00	3,10937	0,100006	3,80735	0,580462	6,85408	0,32461	0,85150	0,04526
Ba01	3,78681	0,078742	3,6871	0,410939	2,30694	0,30931	2,3854	1,15397
Ba02	17,6764	2,34064	11,7384	1,06081	20,2625	1,23905	9,14037	2,55894
As96	7,22333	0,32746	9,14333	0,461988			7,4521	1,49902
As97	11,8161	5,49151	12,8423	6,02333				
As98	8,96167	1,35811	9,17719	2,10937			7,53165	0,50299
As99	8,9311	0,40901	10,1489	0,935016			6,78985	0,82772
As00	10,8103	0,10000	13,5054	0,352862	13,3078	0,64477	7,66356	0,40738
As01	12,7972	0,69583	12,7	0,839792	10,6986	0,69669	13,0811	1,64243
As02	9,77318	0,20385	11,3007	0,342686	10,9943	0,26873	7,70594	0,56549
Cd96	0,75045	0,10954	0,84572	0,024263			0,75678	0,12502
Cd97	1,13945	0,062931	1,07813	0,117292			0,99964	0,06403
Cd98	1,29164	0,219497	0,99335	0,26689			1,17727	0,15500
Cd99	1,95267	0,244249	1,9123	0,22482			1,59775	0,13353
Cd00	1,01117	0,010203	1,23134	0,076594	1,22977	0,03056	1,33158	0,02703
Cd01	1,46041	0,180923	1,2336	0,058656	1,37173	0,08617	1,67127	0,24813
Cd02	1,15579	0,076614	1,43014	0,086232	1,42319	0,06765	1,18497	0,09087
Cu96	6,48015	0,2809	5,88159	0,144578				
Cu98	12,3725	0,546746	9,87849	2,60444			8,24342	2,13523
Cu99	9,17321	0,543603	8,05108	0,424393			7,5914	1,04493
Cu00	10,8103	0,100001	8,04312	0,85728	7,86053	1,01811	5,41615	0,15355
Cu01	8,34882	0,192899	6,54753	0,100488	7,38817	0,21783	6,27561	0,40224
Cu02	7,58828	0,191077	7,64913	0,967411	7,78183	0,27894	6,82181	0,97805
Hg96	0,03966	0,004619	0,06233	0,005774			0,03707	0,00317
Hg97	0,06448	0,002822	0,07168	0,00798			0,0381	0,00522
Hg98	0,13447	0,023409	0,13433	0,038447			0,06957	0,01429
Hg99	0,16523	0,012361	0,19375	0,009462			0,11126	0,02124
Hg00	0,06027	0,010011	0,10427	0,00018	0,05243	0,00367	0,02835	0,00246
Hg01	0,13701	0,006054	0,10390	0,010724	0,05394	0,00208	0,04738	0,00418
Hg02	0,09934	0,000658	0,13562	0,010478	0,07545	0,00280	0,06003	0,00472
Pb96	1,04927	0,191863	1,5123	0,211884			0,67969	0,09511
Pb97	1,2708	0,295562	1,38697	0,23758			0,65474	0,08539
Pb98	2,58578	0,554564	2,4275	0,961059			0,73543	0,06044
Pb99	2,72065	0,604688	2,68369	0,141464			0,74537	0,11476
Pb00	2,5	0,05	1,90368	0,452545	1,20969	0,00422	0,52565	0,04773
Pb01	2,40805	0,403266	1,67559	0,318167	1,13105	0,15756	0,90470	0,11381
Pb02	1,30633	0,034083	1,5068	0,302464	0,86677	0,07144	0,59180	0,05003
V96	0,56449	0,026841	0,5572	0,157436			0,80330	0,15506
V97	3,72487	0,124642	3,09127	0,767684				
V98	1,39998	0,40347	1,19046	0,25202			0,55654	0,05127
V99	1,84523	0,254585	1,55448	0,207409			0,54549	0,13639
V00	3,22523	0,065889	3,002	0,275374	7,66095	0,33704	2,33256	0,26806
V01	4,05211	0,022334	4,6304	0,224823	4,61983	0,26554	7,18161	1,46687
V02	1,21926	0,098093	1,3896	0,151695	1,46217	0,01295	0,40689	0,10396
Zn96	91,1485	8,97225	100,749	10,3218			92,6554	17,8493
Zn97	111,151	10,4096	100,359	7,96732			102,605	10,6031
Zn98	168,793	28,8759	151,684	51,7366			116,231	15,4358
Zn99	168,306	24,9085	169,425	6,14941			108,046	7,09817
Zn00	101,35	1,0	104,443	7,36293	100,779	12,2278	68,0361	6,43592
Zn01	106,663	7,8418	76,6754	9,27194	70,5323	4,10565	75,0629	5,34175
Zn02	101,16	2,77614	149,802	19,107	95,1636	7,21295	88,7542	12,0907
Co96	1,70754	0,16188	1,07004	0,123595			0,44583	0,06002
Co97	0,89486	0,09267	0,47690	0,031375				
Co98	1,34663	0,342969	0,48798	0,140686			0,25105	0,05003
Co99	1,75569	0,061439	0,68792	0,128787			0,36293	0,0571
Co00	0,50891	0,010174	0,56637	0,024315	0,60484	0,00211	0,38746	0,02179
Co01	0,93934	0,027202	0,59408	0,023095	0,46234	0,02952	0,66823	0,11765
Co02	0,89652	0,098468	0,4569	0,074688	0,30570	0,01569	0,21894	0,02806
Cr96	4,32707	0,497862	1,93309	0,452558			0,44583	0,06002
Cr97	4,15657	0,676474	4,19402	0,450691				
Cr99	4,58661	0,271802	3,57826	0,188619			2,01114	0,00198
Cr00	6,75892	0,100018	1,7228	1,47594	2,01655	0,35311	0,05	0
Cr01	4,97368	0,787898	2,9837	0,349208	2,12628	0,16181	8,90945	5,5693
Cr02	1,47714	0,109561	1,33339	1,03504	1,47077	0,44315	0,92873	0,02065
Ni96	2,60434	0,318795	1,52779	0,184254			0,82058	0,17181
Ni99	2,69822	0,401495	2,68369	0,141464			1,3709	0,73851
Ni00	4,52901	0,020074	1,90368	0,452545	1,81453	0,00632	0,85151	0,04527
Ni01	2,69051	0,534339	1,83096	0,156871	1,43775	0,40658	5,25607	3,40344
Ni02	1,21267	0,09814	1,5831	0,390945	1,2133	0,12701	1,06672	0,22615