

RAPPORT LNR 4040-99

Overvåking NOAH- Langøya 1998

Strandsoneregistreringer samt
metaller 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 A/S

9015 Tromsø
Telefon (47) 77 68 52 80
Telefax (47) 77 68 05 09

Tittel Overvåking NOAH-Langøya 1998 - Strandsoneregistreringer samt metaller i blåskjell	Løpenr. (for bestilling) 4040-99	Dato 1999.04.29
	Prosjektnr. Underrn. O-96231	Sider Pris 33
Forfatter(e) Walday, Mats	Fagområde Miljøgifter sjøvann	Distribusjon
	Geografisk område Vestfold	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Norsk avfallshandtering AS (NOAH)	Oppdragsreferanse K98007
---	-----------------------------

Sammendrag

I 1998 undersøkte NIVA, på oppdrag av NOAH A/S, metallinnholdet i blåskjell fra syv stasjoner i området rundt Langøya, og samtidig registreringer av alger og dyr på fire strandsonestasjoner. Dette er et ledd i overvåkingen av den marine resipienten utenfor NOAHs anlegg for spesialavfall på Langøya. Metallinnhold i blåskjell fra Langøya indikerer generelt en god miljøtilstand i området, med unntak av relativt moderate overkonsentrasjoner av *bly* på én stasjon, og *kobber* på fem stasjoner. Det lar seg ikke detektere konsentrasjonsgradienter i forhold til utslippet fra NOAH. Forekomsten av alger og dyr var normal på de fire strandsonestasjonene.

<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Langøya 2. Marin 3. Overvåking 4. Metaller 	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Langøya island 2. Marine 3. Monitoring 4. Metals
---	---


Mats Walday
Prosjektleder


Kari Nygaard
Forskningsleder


Bjørn Braaten
Forskningsssjef

O-96231

Overvåking NOAH-Langøya 1998

Strandsoneregistreringer samt metaller i blåskjell

Forord

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

Blåskjellinnsamling, strandsoneregistreringer og transplantering av blåskjell er utført av Lise Tveiten, Frithjof Moy og Mats Walday.

Metallanalysene er utført på NIVAs laboratorium under ledelse av Bente Lauritzen.

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

Resultatene fra referansestasjonen på Mølen er delvis basert på data fra "Joint Assessment and Monitoring Programme" (JAMP; se Green 1997)

Rapporten er forfattet av Mats Walday som også er prosjektleder.

Oslo, 29. april 1999

Mats Walday

Innhold

Sammendrag	5
Summary	6
1. Innledning	7
2. Materiale og metoder	8
3. Resultater	10
3.1 Metaller i blåskjell	10
3.2 Gradienter i metallkonsentrasjoner	11
3.3 Utvikling fra 1994 til 1998	12
3.4 Strandsoneregistreringer	15
4. Konklusjon	17
5. Referanser	18
Vedlegg A.	19
Vedlegg B.	24
Vedlegg C.	32

Sammendrag

I 1998 undersøkte NIVA, på oppdrag av Norsk avfallshandtering A/S (NOAH), metallinnholdet i blåskjell fra syv stasjoner i området rundt Langøya. Det ble også foretatt registreringer av alger og dyr på fire 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). Resultatene fra 1998 års undersøkelser er presentert, og sammenlignet med de tidligere undersøkelsene, i den foreliggende rapport.

Analyser av metallinnhold i blåskjell fra Langøya indikerer generelt en god miljøtilstand i området. I 1994 ble det registrert overkonsentrasjoner av bly og arsen, mens det i 1996 kun ble registrert overkonsentrasjoner av krom på de tre stasjonene nærmest utslippet. Konsentrasjonene var generelt lavere i 1996 enn i 1994, signifikant lavere ($p < 0,05$) for metallene kadmium og kvikksølv. I 1997 ble det imidlertid funnet signifikant høyere verdier av arsen, kadmium, kvikksølv og vanadium enn i 1996. Dette medførte at flere av stasjonene nå ble klassifisert som "moderat" forurenset (se Molvær *et al.* 1997) mht. vanadium og arsen. Det var fortsatt overkonsentrasjoner av krom i 1997, men tildels på andre stasjoner enn i 1996. De siste undersøkelser (1998) indikerer en liten bedring i miljøtilstand, med unntak av relativt moderate overkonsentrasjoner av bly på én stasjon, og av kobber på fem stasjoner. Det har ikke vært mulig å detektere noen klare konsentrasjonsgradienter med økende avstand fra NOAH-Langøyas utslipp, men 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.

Forekomsten av alger og dyr var også i 1998 normal på de fire strandsonestasjonene. 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 1998 as part of the monitoring programme for the marine recipient outside NOAHs 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). Results from the investigations are compared in this report.

Levels of metals observed in blue mussels generally indicated healthy environmental conditions in the area. In 1994 elevated concentrations of Pb and As was found, while the 1996 investigations only revealed elevated concentrations of 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 Cd and Hg. In 1997 concentrations of As, Cd, Hg and V were significant higher than in 1996. The last investigation (1998) indicated a small improvement, except for moderately elevated concentrations of Pb on one station, and Cu on five stations. 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 on Langøya showed no signs of negative influence from NOAHs activities on Langøya.

Title: Monitoring NOAH-Langøya 1998. Littoral communities and metals in mussels

Year: 1999

Author: Walday, Mats

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 82-577-3642-2

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 sist år, 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 fra NOAHs avfallsdeponi slippes ut på 15 m dyp på vestsiden av øya, og lastning / lossing av avfall foregår like sør for utslippsområdet. Utslippsvannets pH måles kontinuerlig og det tas hver måned ukesprøver for analyse av bl.a. metallinnhold (As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Pb, Sn, V, Zn, Hg, Mg, Sr). Det er slippes normalt ut 50-70 m³ 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 unnslippe 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 1998, men dette vil bli inkludert i programmet for år 2001.

Ved de tidligere undersøkelser fra området i 1994, 1996 og 1997, ble det konkludert at det foregår en tilførsel av metaller fra Langøya til resipienten. Metallinnholdet i blåskjell og sedimenter var imidlertid lavt (Walday & Helland 1994; Walday 1997 og 1998). 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 vil det fra og med i år analyseres på organiske miljøgifter, i tillegg til metaller, på en nyetablert stasjon.

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

2. Materiale og metoder

Innsamling av blåskjell og strandsoneregistreringer ble gjennomført 8. oktober 1998 i området vest for Langøya, og på Mølen (referansestasjon). Ved utføring av feltarbeidet var det pent vær.

Blåskjell ble samlet inn fra de samme 6 stasjoner som i 1994, 1996 og 1997 (Figur 1). På hver stasjon ble det innsamlet 3 parallelle prøver à 20 skjell av 4-5 cm lengde. Blåskjell fra referansestasjonen 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. Stasjonsplassering er dokumentert ved fotografering og de fleste posisjoner er bestemt ved hjelp av GPS (Tabell 1)

Tabell 1. Longitude og latitude for de 7 stasjoner hvor det ble samlet inn blåskjell og gjennomført strandsoneregistreringer (B2, B3, B6 og BK). Posisjoner er bestemt ved hjelp av GPS. BK er referansestasjonen på Mølen (se også Figur 1).

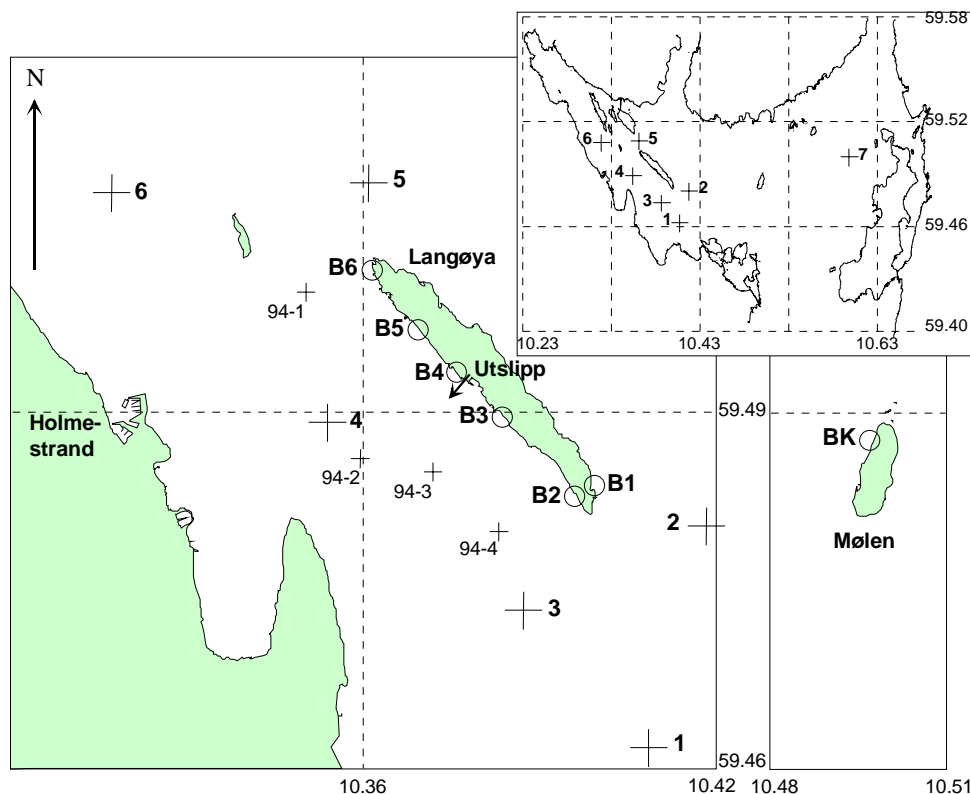
Stasjon	Longitude	Latitude
BK	Ø 10° 29.56'	N 59° 28.75'
B1	Ø 10° 24.01'	N 59° 28.98'
B2	Ø 10° 23.84'	N 59° 28.95'
B3	Ø 10° 22.95'	N 59° 29.51'
B4	mangler	mangler
B5	Ø 10° 22.12'	N 59° 29.85'
B6	Ø 10° 21.74'	N 59° 30.18'

Omtrent 220 blåskjell i størrelse 3-5 cm ble i september 1998 transplantert fra referansestasjonen på Mølen til en blåskjellrigg på bunnen like ved utslippet fra Langøya (Figur 1). 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. Disse muslingene skal analyseres for de samme metaller som de naturlige skjellbestandene, men i tillegg også for PCB, non-orto PCB, dioksiner, organiske tinnforbindelser og PAH. Rigger er konstruert slik at prøvetaking/utsetting kan foretas uten bruk av dykkere. Siden dette er orienterende undersøkelser og analysene er kostbare blir kun én dioxin-, PCB- og PAH prøve pr. stasjon analysert. Hvis stoffene er tilstede i utslippsvannet vil det imidlertid være aktuelt å analysere parallelle prøver for å følge utviklingen over tid. Ettersom det ikke har vært utslipp av prosessvann siden muslingene ble transplantert, er det til nå ikke tatt noen prøver for kjemiske analyser. Rigger blir jevnlig vedlikeholdt av personell fra NOAH-Langøya.

Strandsoneregistrering av bunnlevende hardbunnsorganismer ble utført i 0-1m dyp på 4 av blåskjellstasjonene (se Tabell 1). Ved hjelp av snorkling ble alle arter som kunne observeres innenfor en tidsbegrensning på ca. 10 min. notert. Kvantifisering ble gjort subjektivt etter følgende skala: 1 = enkeltfunn, 2 = spredt-, 3 = vanlig- og 4 = dominerende forekomst. Registreringene ble utført av en marin botaniker og en marin zoolog.

Metallene er analysert etter NIVAs akkrediterte metoder. Alle metaller, bortsett fra kvikksølv (Hg), er bestemt på ICP-MS. Informasjon om analysene er gitt i Vedlegg A.

Det er blitt utført variansanalyser for å undersøke om det var noen signifikante forskjeller mellom stasjonene mht. metallnivåer i blåskjellene. Statistisk signifikans ble testet på 95%-nivå vha. "Scheffes test" og alle analysene ble utført i programpakken "Statgraphic". De ulike strandsonestasjonene er blitt sammenlignet vha. multivariate analysemetoder i programpakken "Primer", og resultatene er presentert som dendrogrammer (viser graden av likhet/ulikhet mellom stasjonene).



Figur 1. Langøya med plassering av blåskjell- (B) og sedimentstasjoner (1 – 7, for st. 7 se oversiktskartet). Det ble ikke samlet inn sedimentprøver i 1998. BK er referansestasjonen på Mølen. Strandsoneregistreringer ble utført på stasjon BK, B2, B3 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.

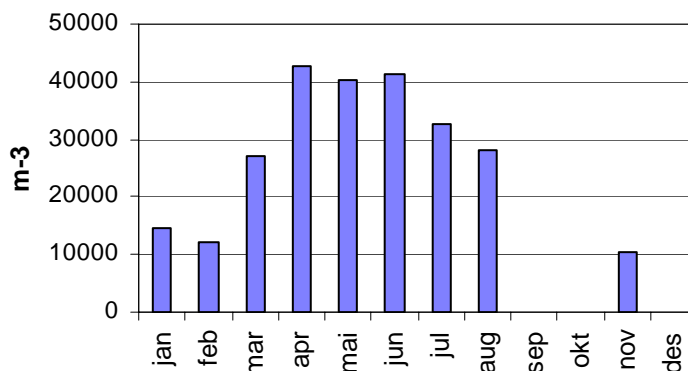
Tabell 2. SFTs klassifikasjon av tilstand i blåskjell (mg/kg, tørrvekt) etter Molvær *et al.* (1997). Kobolt og vanadium etter Knutzen & Skei (1990) og Konieczny & Brevik (1997). Kl. V er ikke vist.

Stoff	Kl. I Ubetydelig-lite forurenset	Kl. II Moderat forurenset	Kl. III Markert forurenset	Kl. IV Sterkt forurenset
Kvikksølv	<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
Cesium	ikke klassifisert	ikke klassifisert	ikke klassifisert	ikke klassifisert

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

3. Resultater

Til og med november var det i 1998 sluppet ut 249.249 m³ prosessvann til fjorden fra anleggene på Langøya (data fra NOAH-Langøya, Figur 2). Dette er omtrent 2 ganger mer enn det som ble sluppet ut i samme periode i 1997. Metallinnholdet i utslippsvannet analyseres løpende av NOAH og nivåene i 1998 tilfredsstilte konsesjonskravet fra SFT.



Figur 2. Prosessvann (m³) sluppet ut til sjøen fra Langøya i 1998. Data fra desember var ikke tilgjengelige ved rapportskrivning.

3.1 Metaller i blåskjell

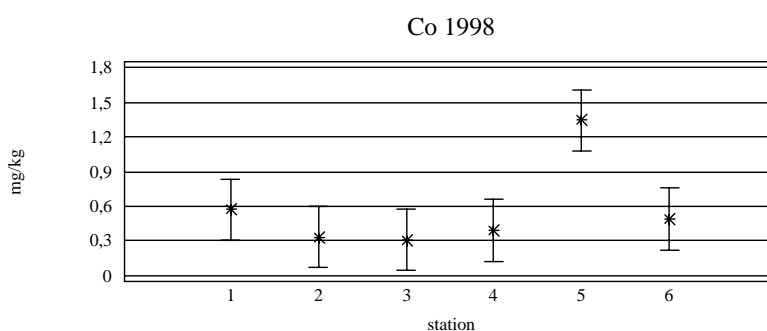
NIVA har målt metallnivåer i blåskjell høsten 1998 og resultatene er vist i Tabell 3. På de fleste stasjoner, og for de fleste metaller, kan tilstanden betegnes som "ubetydelig-lite forurenset" (Kl. I). Bly viste overkonsentrasjoner på én stasjon, mens kobber viste det på fem av de seks stasjonene på Langøya. Kobber har bare vært undersøkt ved én tidligere anledning (1996) og den gang var nivåene signifikant lavere enn i 1998. I forhold til nivåene på referansestasjonen (BK) var særlig bly, vanadium og tildels kvikksølv forhøyede på stasjonene utenfor Langøya. De øvrige metaller lå i samme størrelsesorden på referansestasjonen og i resipienten.

Tabell 3. Innhold av metallene kvikksølv (Hg), kadmium (Cd), bly (Pb), arsen (As), sink (Zn), cesium (Cs), kobolt (Co), vanadium (V), kobber (Cu), krom (Cr) og nikkel (Ni) i mg/kg tørrvekt, samt %-tørrestoff (TS), i blåskjell utenfor Langøya høsten 1998. Nivåene er gjennomsnitt av tre paralleller. Verdier med skravert bakgrunn indikerer "moderat forurenset" (Kl. II, se Tabell 2). Referansestasjonens data delvis fra JAMP (Green *in prep*)

Stasjon:	1	2	3	4	5	6	BK
Hg	0,18	0,09	0,11	0,11	0,13	0,13	0,06
Cd	1,18	0,83	1,11	0,99	1,29	0,99	1,04
Pb	2,99	1,77	4,40	2,47	2,59	2,43	0,76
As	9,62	7,85	7,11	8,09	8,96	9,18	7,59
Zn	153,11	118,84	112,94	116,93	168,79	151,68	112
Cs	0,09	0,06	0,04	0,12	0,19	0,12	<0,02
Co	0,57	0,33	0,31	0,39	1,35	0,49	0,25
V	1,33	1,14	1,07	1,28	1,40	1,19	0,57
Cu	13,51	10,76	10,03	11,00	12,37	9,88	10,7
Cr	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Ni	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
% TS	12	15	16	15	13	15	16

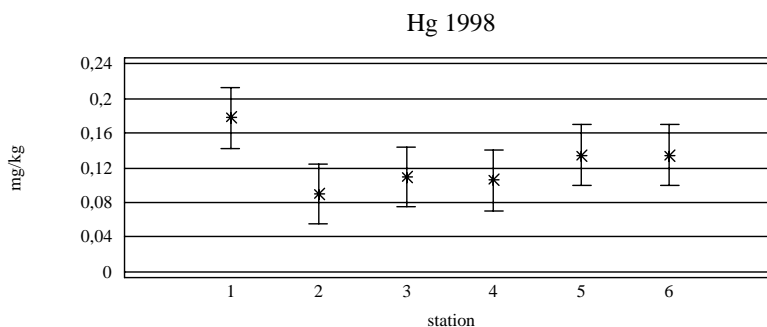
3.2 Gradienter i metallkonsentrasjoner

I det følgende er det sett nærmere på de metaller hvor det ble funnet signifikante konsentrasjonsforskjeller mellom stasjonene i 1998. Dette ble gjort for å undersøke hvorvidt det var konsentrasjonsgradienter i materialet som kunne knyttes til Langøyas utslipp av prosessvann. Undersøkelsene i 1996 og 1997 kunne ikke påvise slike konsentrasjonsgradienter (Walday 1998). I 1998 ble det påvist signifikante forskjeller i nivå mellom stasjoner for tre metaller; kobolt, kvikksølv og bly (Figur 3-Figur 5). Ingen av de tre metallene forekom i spesielt høye konsentrasjoner; det var kun stasjon 3 som kunne klassifisert som "moderat" forurenset av bly. De øvrige stasjoner var "ubetydelig-lite" forurenset mht. til disse tre metaller (Tabell 3).



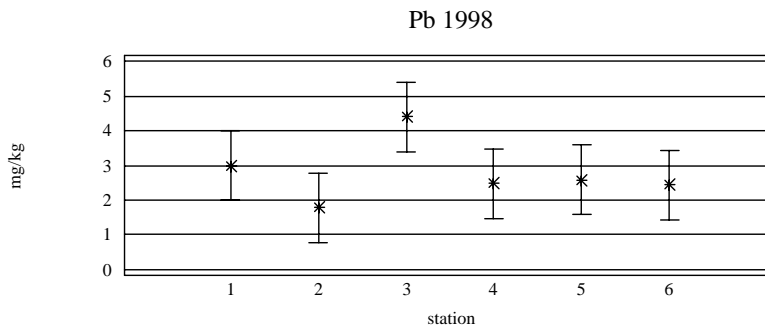
Figur 3. Kobolt (Co) i blåskjell fra Langøya i 1998 (mg/kg t.v.). Gjennomsnittsverdier med Scheffe 95%-intervall; ikke overlappende intervall indikerer signifikante forskjeller.

Kobolt var signifikant høyere på stasjon 5 enn på de øvrige stasjoner, men nivået er allikevel forholdsvis lavt, og resultatene indikerer ikke at utslipp fra Langøya er kilden til det forhøyede nivå.



Figur 4. Kvikksølv (Hg) i blåskjell fra Langøya i 1998 (mg/kg t.v.). Gjennomsnittsverdier med Scheffe 95%-intervall; ikke overlappende intervall indikerer signifikante forskjeller.

Stasjon 1 hadde i 1998 de høyeste kvikksølvnivåene som er målt i blåskjell fra Langøya. I henhold til klassifiseringssystemet kan den imidlertid fortsatt betegnes som "ubetydelig-lite" forurenset. Denne stasjonen ligger på sør-østsiden av Langøya og burde derfor være mindre påvirket av utslippet av prosessvann fra anlegget på Langøya enn de øvrige stasjoner; se spredningsberegninger utført av Magnusson *et al.* 1997.



Figur 5. Bly (Pb) i blåskjell fra Langøya i 1998 (mg/kg t.v.). Gjennomsnittsverdier med Scheffe 95%-intervall; ikke overlappende intervall indikerer signifikante forskjeller.

Bly viste overkonsentrasjoner i blåskjell fra stasjon 3 som ligger noen hundre meter sør for utslippet. Tilstanden kan klassifiseres som "moderat" forurenset. Tidligere år har blynivåene på denne stasjonene vært på bakgrunnsnivå. Nivåene på stasjon 1 tangerer også opp mot "moderat" forurenset tilstand. Resultatene tyder på en større tilførsel av bly til miljøet sammenlignet med de to foregående år (Figur 6), og de høye verdiene på stasjon 3 gjør at det ikke kan utelukkes at virksomheten på Langøya er årsaken til de økte verdier. Blynivået i prosessvannet har imidlertid i hele 1998 vært under deteksjonsnivå (<0.06mg/L, NOAHs analyser).

3.3 Utvikling fra 1994 til 1998

Det blir her sett nærmere på resipientens tilstand mht. de metaller som er analysert i blåskjellene ved flere enn én anledning. Resultatene er vist i Figur 6. Blant de analyserte metaller så regnes kadmium, bly og kvikksølv for å utgjøre et betydelig miljøproblem på nasjonal basis (SFT 1993). Utviklingen for hvert metall på hver stasjon er vist i Figur 9 - Figur 16 i Vedlegg B.

Undersøkelsene i 1994 påviste en tilførsel av *arsen*, *vanadium*, *bly* og *kadmium* fra Langøya til resipienten, men metallinnholdet i blåskjell og sediment var generelt lavt og tilstanden varierte mellom "ubetydelig-lite"- til "moderat" forurenset på de ulike stasjonene (Walday & Helland 1994). Det ble ikke analysert på krom, kobolt, sink og kobber i 1994. I 1996 var det kun *krom* som viste forhøyede nivåer på tre av stasjonene (Walday 1997). I 1997 var det fortsatt overkonsentrasjoner av *krom*; nå på fire stasjoner, men i tillegg viste også *vanadium* og *arsen* forhøyede konsentrasjoner på de fleste av stasjonene (Walday 1998). De siste undersøkelser (1998) indikerer en liten bedring i miljøtilstand, med unntak av relativt moderate overkonsentrasjoner av *bly* på én stasjon, og av *kobber* på fem stasjoner (se Tabell 3).

Det ble funnet forhøyede nivåer av *arsen* i blåskjell på stasjon 6 og fra utslippsområdet (st.4) i 1994. Konsentrasjonene var blitt lavere i 1996 og tilstanden kunne generelt klassifiseres som "ubetydelig-lite" forurenset. I 1997 var imidlertid samtlige stasjoner, unntatt stasjon 3 like sør for utslippet, "moderat" forurenset av *arsen*, mens de i 1998 igjen kan klassifiseres som "ubetydelig-lite" forurenset.

Tilstanden mht. *vanadium* var "ubetydelig-lite" forurenset i 1994 og 1996. Det var stasjon 4 (ved utslippet) som hadde de høyeste konsentrasjonene begge årene. I 1997 var konsentrasjonene av *vanadium* signifikant høyere enn i 1996, og samtlige stasjoner var nå "moderat" forurenset. På stasjon 3 sør for utslippet var verdiene vesentlig mye høyere enn på de øvrige stasjonene. 1998-års nivåer var stort sett signifikant lavere på samtlige stasjoner sammenlignet med 1997, og tilstanden kan nå betegnes som "ubetydelig-lite" forurenset.

Det ble registrert en signifikant reduksjon i *bly*-innhold i blåskjell på samtlige stasjoner mellom 1994 og 1996. Stasjon 1 hadde de høyeste konsentrasjonene i 1994 ("moderat" forurenset), mens de i 1996 var nede på bakgrunnsnivå. Blåskjellene fra utslippsområdet (st. 4) hadde de høyeste verdiene i 1996, men også her kan tilstanden betegnes som god. Det var ingen tydelige endringer i blynivåer mellom 1996 og 1997. I 1998 var nivåene gjennomgående noe høyere enn i de to foregående år, med de høyeste verdiene på stasjon 3 sør for utslippet.

Kadmium-konsentrasjonene har generelt vært lave i blåskjell fra området. Samtlige stasjoner hadde lavere nivåer i 1996 enn i 1994 og nedgangen var signifikant. I 1997 og 1998 var verdiene noe høyere enn i 1996, men tilstanden i resipienten kan fortsatt betegnes som god.

Krom ble ikke undersøkt i 1994, men i de to påfølgende undersøkelsene var blåskjellene på flere av stasjonene "moderat" forurenset av dette metall. I 1998 var nivåene på samtlige stasjoner under deteksjonsnivå

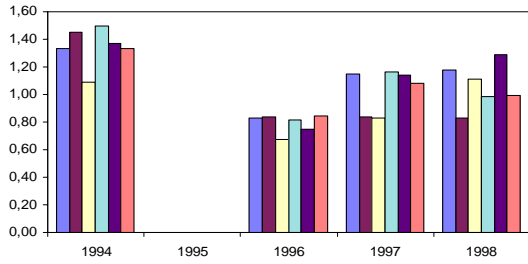
Blåskjellene har i hele undersøkelsesperioden vært "ubetydelig-lite" forurenset av *kvikksølv*. Stasjon 1, sør på Langøya, hadde imidlertid i 1997 og i 1998 de høyeste konsentrasjoner som er registrert i blåskjell fra området.

Kobolt og *sink* er begge metaller som kun er registrert på bakgrunnsnivå i blåskjell fra Langøya. Sinknivåene har imidlertid økt gjennom de tre år dette metall har vært undersøkt.

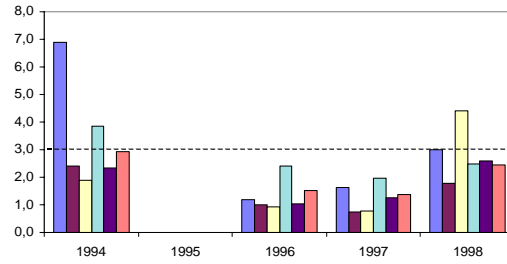
Kobber er kun blitt undersøkt i 1996 og 1998. Ved første anledning var nivåene lave, mens de i 1998 var forhøyet på samtlige stasjoner. Stasjonene 1-5 var nå "moderat" forurenset og bare stasjon 6 var "ubetydelig-lite" forurenset. Blåskjell har evnen til å kunne regulere sitt kobberinnhold og mindre endringer i nivåer, slik som her, tillegges derfor liten vekt.

Metallnivåer i blåskjell gir et forurensningsbilde med et kortere tidsperspektiv enn metallnivåer i sedimenter. I tillegg avspeiler de hovedsakelig forurensningssituasjonen i de øvre vannmasser. Med bakgrunn i disse forhold så indikerer resultatene ingen store endringer i forurensningssituasjonen fra 1997-98. De mest markante endringer har vært nedgangen i krom- og vanadiuminnhold, men en bør også merke seg økningen i kobber-, bly- og kvikksølvnivåer. Det økte utslippet av prosessvann fra 1997-98 lar seg vanskelig knytte til disse endringer.

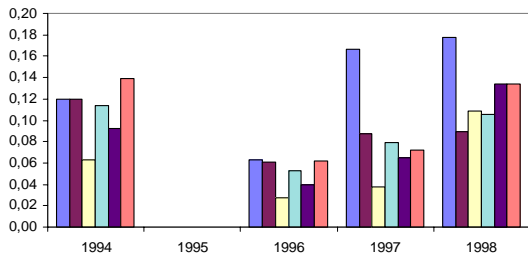
Kadmium



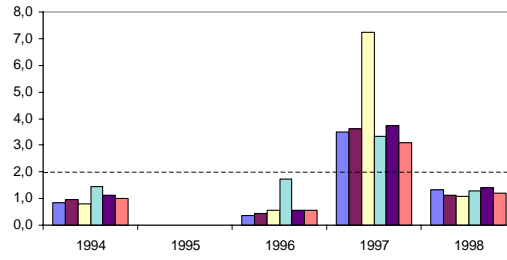
Bly



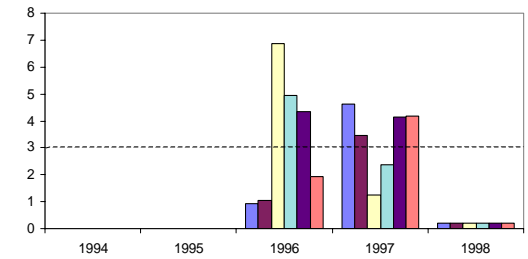
Kvikksølv



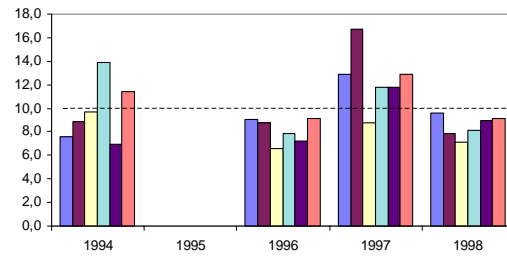
Vanadium



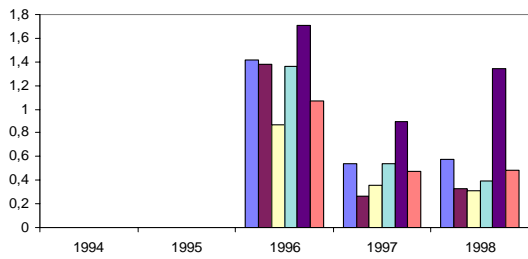
Krom



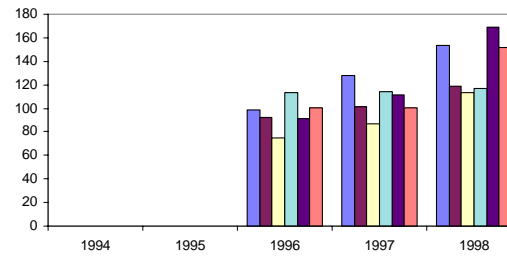
Arsen



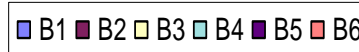
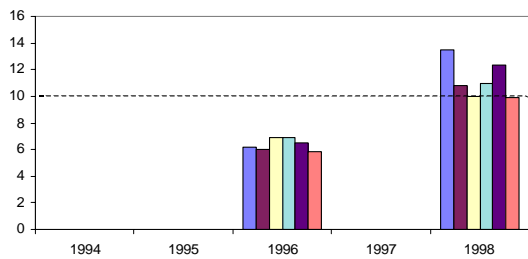
Kobolt



Sink



Kobber

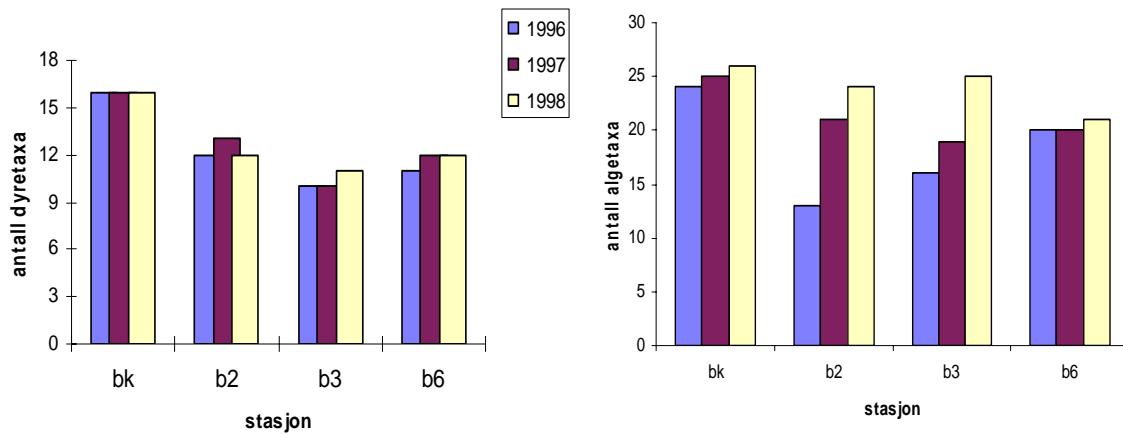


Figur 6. Metaller i blåskjell (mg/kg, gjennomsnitt av tre paralleller) fra samtlige stasjoner på Langøya. Nivåer over stiplede linje indikerer "moderat forurenset" tilstand (Molvær *et al.* 1997). Kobolt, sink, krom ble ikke analysert i 1994, og kobber ble hverken analysert i 1994 eller 1997.

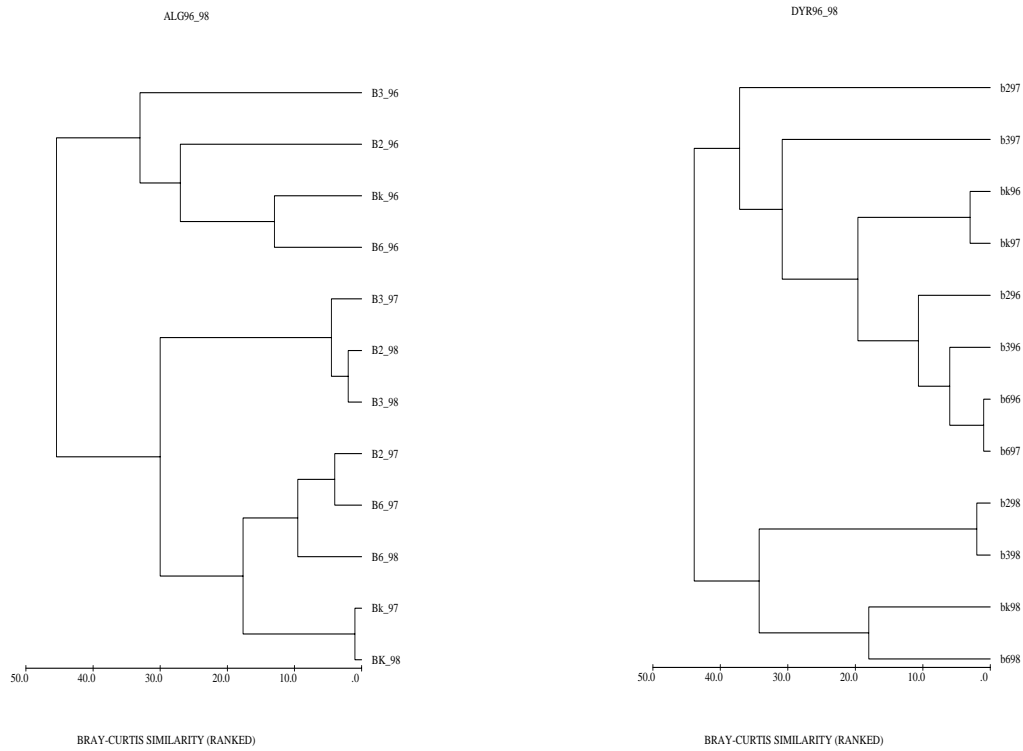
3.4 Strandsoneregistreringer

Det ble tilsammen registrert 19 dyre- og 36 algetaxa i strandsonen på de fire stasjonene i 1998 (B2, B3, B6 og BK). Fordelingen av taxa på dyr og alger er vist i Figur 7. Artslister er gitt i Vedlegg C. Referansestasjonen på Mølen (BK) hadde den største artsrikdommen med hhv. 16 dyre- og 26 algetaxa. De tre stasjonene på Langøya var noe fattigere, uten at dette var påfallende. Antall dyretaxa var omtrent de samme som i 1997, mens det ble registrert en økning av algetaxa, størst på stasjon 3 hvor det har vært en markert økning.

Sammensetningen av organismsamfunnen på de ulike stasjoner/år kan sammenlignes ved hjelp av dendrogram som viser grad av likhet/ulikhet i samfunnsstruktur (Figur 8). Begge dendrogrammene indikerer to hovedgrupper; algeregistreringene fra 1996 danner en gruppe, mens 1997 og –98 tilsammen danner den andre gruppen. Dyrene derimot viser en 1998-gruppe, og en gruppe bestående av 1996 og –97 registreringene. Dendrogrammet viser også at B6 er den stasjon som har en samfunnsstruktur mest lik den på kontrollstasjonen på Mølen (BK).



Figur 7. Antall taxa av dyr og alger på de fire strandsonestasjonene i 1996, 1997 og 1998. BK er referansestasjonen på Mølen.



Figur 8. Bray-Curtis likhetsanalyse av strandsoneregistreringene i 1996, -97 og -98; dyr og alger presentert hver for seg.

4. Konklusjon

- Resipienten kan, i henhold til SFTs klassifiseringssystem (Molvær *et al.* 1997), generelt betegnes som "ubetydelig-lite" til "moderat" forurenset av metaller.
- Blant de undersøkte metaller var det kun kobber og bly som viste overkonsentrasjoner i blåskjell som kan betegne tilstanden som "moderat" forurenset. Bly, vanadium og tildels kvikksølv viser forhøyede nivåer i forhold til referansestasjonen på Mølen.
- Det har ikke vært mulig å detektere noen klare forhold mellom metallkonsentrasjoner i blåskjell og avstand fra NOAH-Langøyas utslipp.
- Forekomstene av alger og dyr på de fire strandsonestasjonene indikerer god tilstand. Ulikhetene i flora- og faunasammensetning mellom de fire strandsonestasjonene kan til en stor grad forklares utfra naturlige forhold. Endringene fra 1997 til -98 indikerer ingen unaturlige påvirkningsforhold.

5. 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.
- 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 tønnedeponi 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, Breiangen. 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.
- SFT, 1993. Miljøgifter i Norge. SFT-rapport nr. 93:22. 115 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.

Vedlegg A.

NIVA-metode nr.	Analysevariabel:	Måleenhet:	Labdatakode:
E 8-2	Metaller, ICP-MS	$\mu\text{g/l}$	Me/MS
Tittel: Elementbestemming i biologisk materiale med ICP-MS.			
Anvendelsesområde: 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 fortynning av prøven.			
Prinsipp: Salpetersyreoppsluttede 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.			
Instrument(er): Perkin-Elmer Sciex ELAN 6000 ICP-MS, utstyrt med P-E autosampler AS-90, AS-90b prøvebrett og P-E Rinsing Port Kit.			
Måleusikkerhet: Se NIVA-dokument Y-3.			
Referanser: Perkin-Elmer: ELAN 6000 Hardware Guide, Part No. 0993-8969, og ELAN 6000 Software Guide, Part No. 0993-8968.			

NIVA-metode nr.	Analysevariabel:	Måleenhet:	Labdatakode:
E 4-2	Kvikksølv	ng/l, µg/g	Hg/H, Hg-Sm, Hg-B
<p>Tittel:</p> <p>Bestemmelse av kvikksølv i vann, slam, sedimenter og biologisk materiale ved gullfelle-teknikk.</p>			
<p>Anvendelsesområde:</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>Prinsipp:</p> <p>En nøyaktig innveid mengde prøve oppsluttes ved autoklaving med salpetersyre. Organisk bundet kvikksølv oksideres til toverdlig kvikksølv i ioneform (Hg⁺⁺). 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>Instrument(er):</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>Målesikkerhet:</p> <p>19 målinger av referansematerialer ga følgende resultater: PACS-1 (sediment) 4.57 ± 0.16 µg/g, ga middelværdi 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>Referanser:</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>			

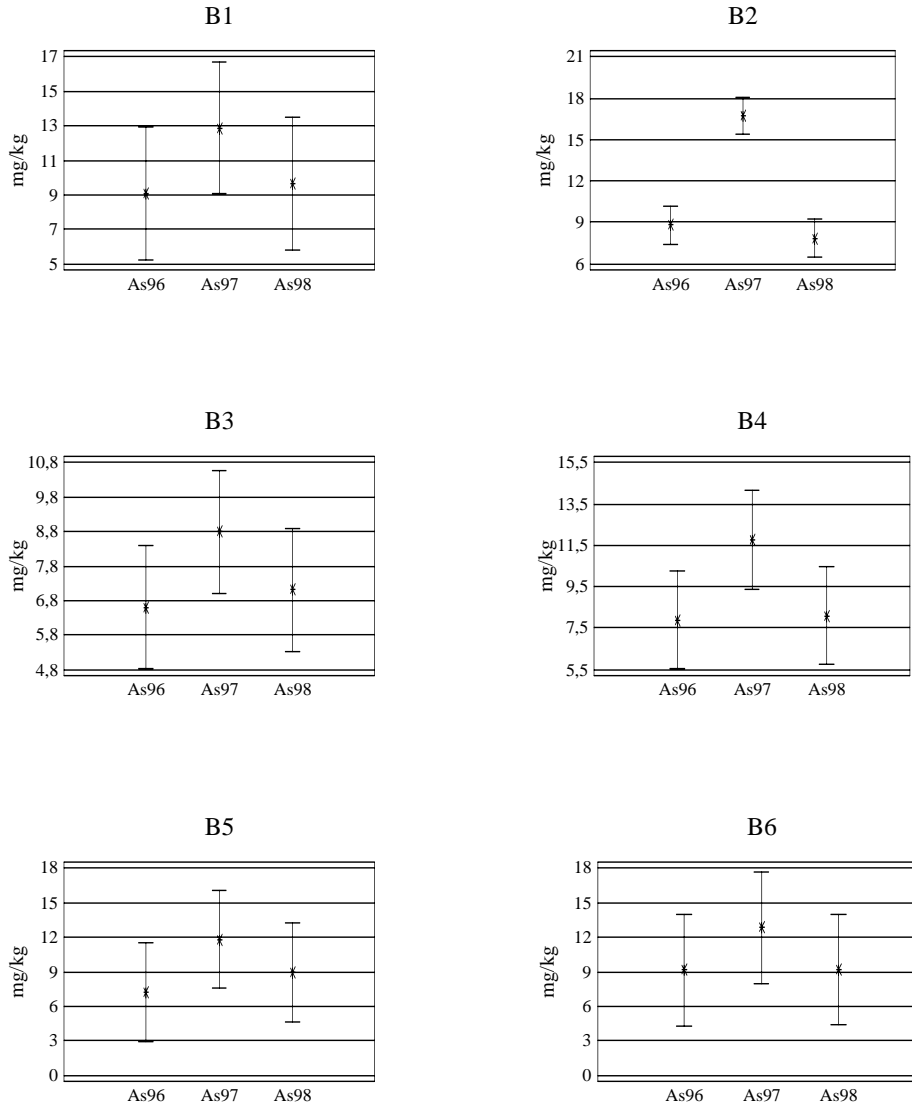
NB! Følgende analysemetoder er brukt på blåskjellene fra kontrollstasjonen på Mølen (BK), se Green (1997).

NIVA-metode nr. E 2-1	Analysevariabel: Metaller, grafittovn atomabsorpsjon	Måleenhet: $\mu\text{g/l}$	Labdatakode: Ag, Al, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Pb, V, Sr, Zn
Tittel: Bestemmelse av metaller med atomabsorpsjon – atomisering i Perlin-Elmer 2380 grafittovn.			
Anvendelsesområde: Denne metoden skal benyttes når metallkonsentrasjonene i løsningene er så lave at de ikke kan bestemmes ved atomisering i flamme uten oppkonsentrering. Prøvene kan være naturlig vann, ekstrakter, eller oppslutninger av slam, sedimenter og biologisk materiale. Tabell 1 (E 2) angir nedre og øvre grense ($\mu\text{g/l}$) for bestemmelse av de enkelte metaller med grafittovn, når det injiseres et prøvolum på 20 μl direkte i grafitrøret.			
Prinsipp: En passende mengde prøve (20-50 μl), konserverert med salpetersyre, overføres til et grafitrør som oppvarmes elektrotermisk. Ved trinnvis øking av temperaturen etter et program tilpasset for hvert enkelt metall, gjennomføres tørking, foraskning og atomisering. Som lyskilde benyttes en hulkatodelampe, der katoden inneholder det metallet som skal bestemmes, eller en elektrodsløse lampe (EDL). Lampene avgir et linjespektrum som er spesifikt for lampen og det metallet som skal bestemmes. Lyset absorberes selektivt av dette elementets atomer når det passerer gjennom den atomiserte prøven. Metallkonsentrasjonen bestemmes ved å jevnføre prøvens absorbans med kjente kalibreringsløsningers absorbans.			
Instrument(er): Perkin-Elmer atomabsorpsjonsspektrometer modell 2380, tilkoblet grafittovn av typen HGA 500 og prøveveksler AS 40. Signalet registreres på P-E 56 skriver og P-E printer FX-85. ED-lampene brukes sammen med et Perkin-Elmer EDL power supply.			
Måleusikkerhet: Se NIVA-dokument Y-3.			
Referanser: Norsk Standard, NS 4780. Metaller i vann, slam og sedimenter. Elektrotermisk atomisering i grafittovn. Generelle prinsipper og retningslinjer. 1. Utg. 1988. NS 4781.			

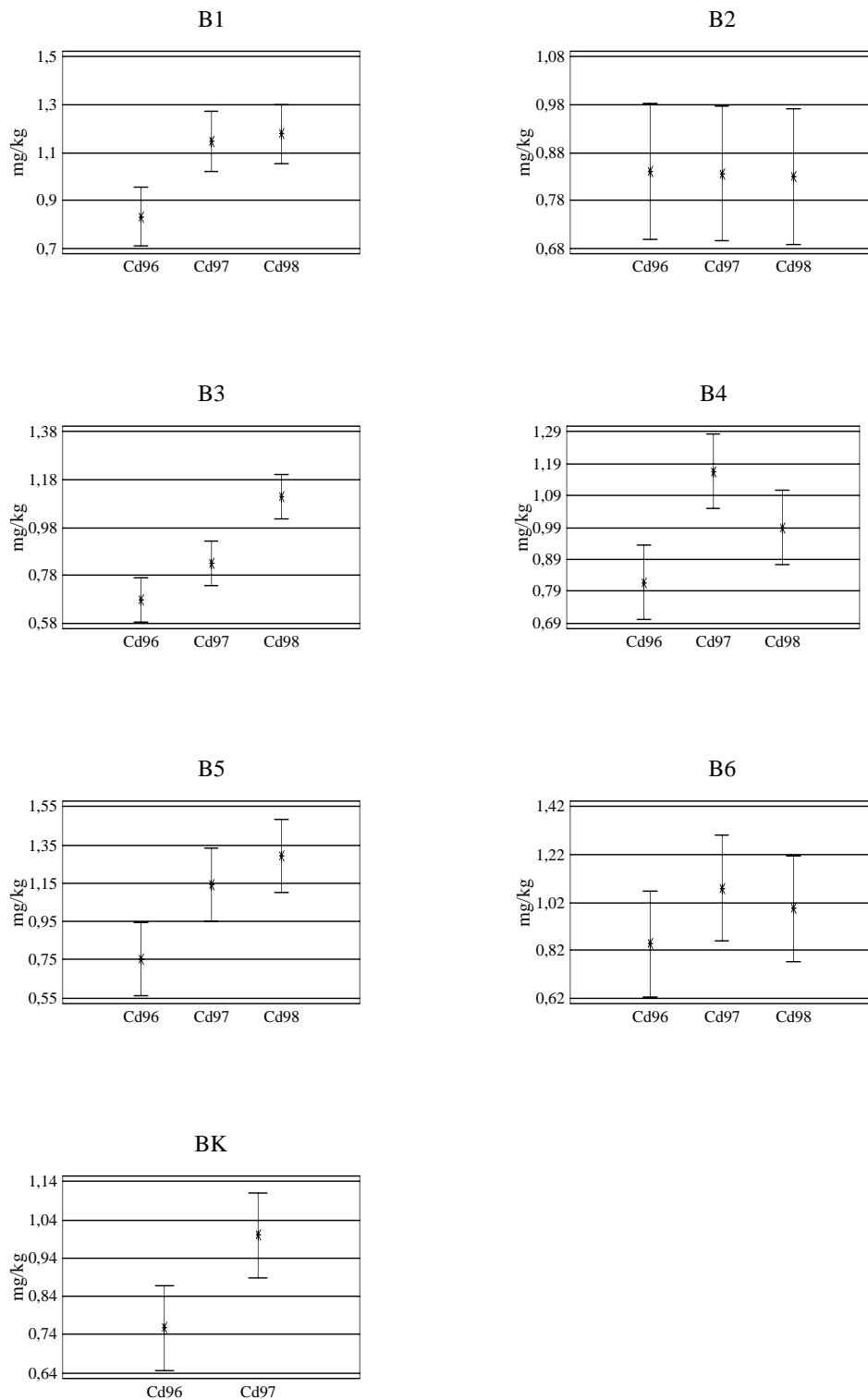
NIVA-metode nr. E 2-2	Analysevariabel: Metaller, grafittovn atomabsorpsjon	Måleenhet: µg/l	Labdatakode: Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Zn
Tittel: Bestemmelse av metaller i vann, sedimenter og biologisk materiale, grafittovn atomabsorpsjonsspektrometri med Perkin Elmer 4100 ZL.			
Anvendelsesområde: Metoden omfatter bestemmelse av Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb og Zn i vann, Cd, Co, Cr, Cu, Ni og Pb i salpetersyre-oppløst fiskefilet, blåskjell og lever, samt bly og kadmium i sedimenter. Tabell 1a (E 2-2) angir nedre og øvre grense (µg/l) for bestemmelse av de enkelte metaller når det injiseres et prøvevolum på 20 µl direkte i grafitrøret.			
Prinsipp: 10 - 60 µl prøve konservert med salpetersyre, overføres til et grafitrør som oppvarmes elektrotermisk. Ved trinnvis øking av temperaturen etter et program tilpasset for hvert enkelt metall, gjennomføres tørking, foraskning og atomisering. Som lyskilde benyttes en hulkatodelampe, der katoden inneholder det metallet som skal bestemmes, eller en elektrodøs lampe (EDL). Lampene avgir et linjespektrum som er spesifikt for lampen og det metallet som skal bestemmes. Lyset absorberes selektivt av dette elementets atomer når det passerer gjennom den atomiserte prøven. Metallkonsentrasjonen bestemmes ved å jevnføre prøvens absorbans med kjente kalibreringsløsningers absorbans.			
Instrument(er): Perkin-Elmer atomaabsorpsjonsspektrometer 4100 ZL, tilkoblet P-E autosampler AS 40 og Epson LX-850 printer. ED-lampene brukes sammen med et P-E EDL power supply.			
Målesikkerhet: Se NIVA-dokument Y-3.			
Referanser: Norsk Standard, NS 4780. Metaller i vann, slam og sedimenter. Elektrotermisk atomisering i grafittovn. Generelle prinsipper og retningslinjer. 1. Utg. 1988. NS 4781.			

NIVA-metode nr. E 1	Analysevariabel: Metaller, flamme atomabsorpsjon	Måleenhet: mg/l	Labdatakode: Ag, Al, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Li, Mg, Mn, Na, Ni, Pb, Zn
Tittel: Bestemmelse av metaller med atomabsorpsjon – atomisering i flamme.			
Anvendelsesområde: Denne metoden kan benyttes når metallkonsentrasjonene er så høye at de kan bestemmes direkte i flamme. Prøvene kan være naturlig vann, ekstrakter, eller oppslutninger av slam, sedimenter og biologisk materiale. Nedre grense er delvis bestemt av øvre grense for bestemmelse med grafittovn, se forøvrig oversikten i tabell 1 (E 1).			
Prinsipp: Prøver konservert med salpetersyre, eventuelt tilsatt cesiumklorid (K, Na, Li) eller lantan- klorid (Ca, Mg), suges inn i en luft/acetylen - lystgass/acetylen flamme hvor elementene atomiseres. Som lyskilde benyttes en hulkatodelampe, der katoden inneholder det metallet som skal bestemmes. Lampene avgir et linjespektrum som er spesifikt for lampen og det metallet som skal bestemmes. Når lyset passerer gjennom den atomiserte prøven, absorberes det selektivt av dette elementets atomer. Konsentrasjonen bestemmes ved å jevnføre prøvens absorbans med kjente kalibreringsløsningers absorbans.			
Instrument(er): Perkin-Elmer Model 560.			
Målesikkerhet: Se NIVA-dokument Y-3.			
Referanser: Norsk Standard, NS 4770, Metaller i vann, slam og sedimenter. Bestemmelse ved atom- absorpsjonsspektrofotometri i flamme. Generelle prinsipper og retningslinjer. 2. Utg. 1994. NS 4773, NS4775, NS 4776.			

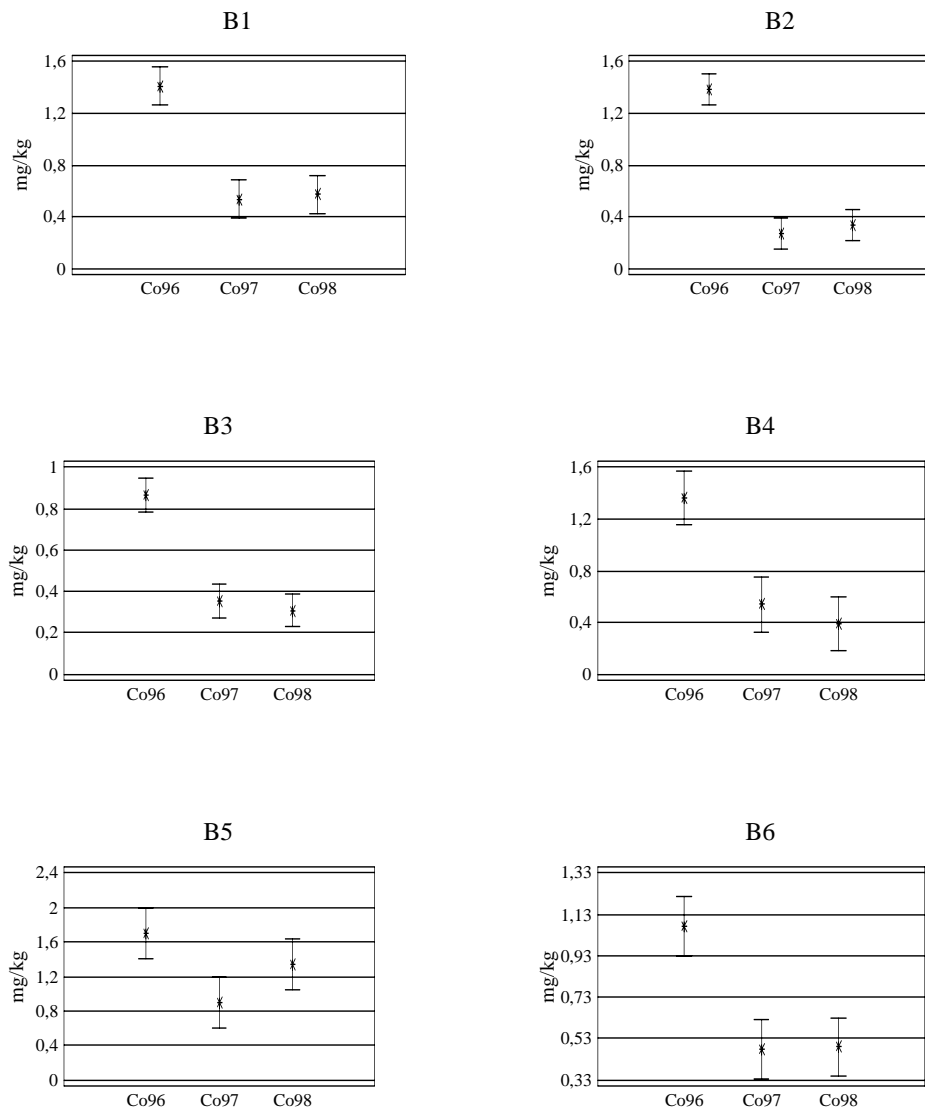
Vedlegg B.



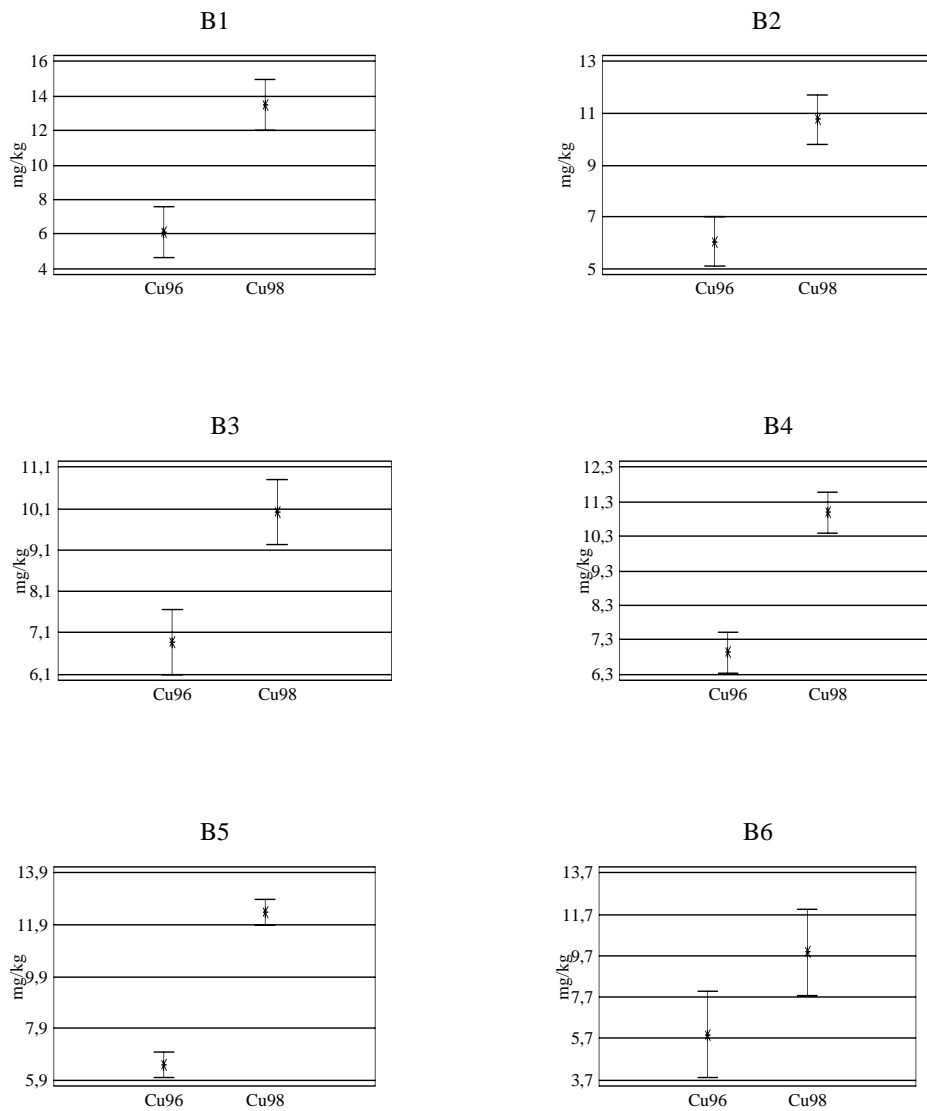
Figur 9. Arsen (As) i mg/kg tørrvekt blåskjell fra de 6 stasjonene (B1-B6) på Langøya i 1996, 1997 og 1998. Gjennomsnittsverdier med Scheffe 95%-intervall; ikke overlappende intervall indikerer signifikante forskjeller. Mrk. ulik målestokk på y-aksene.



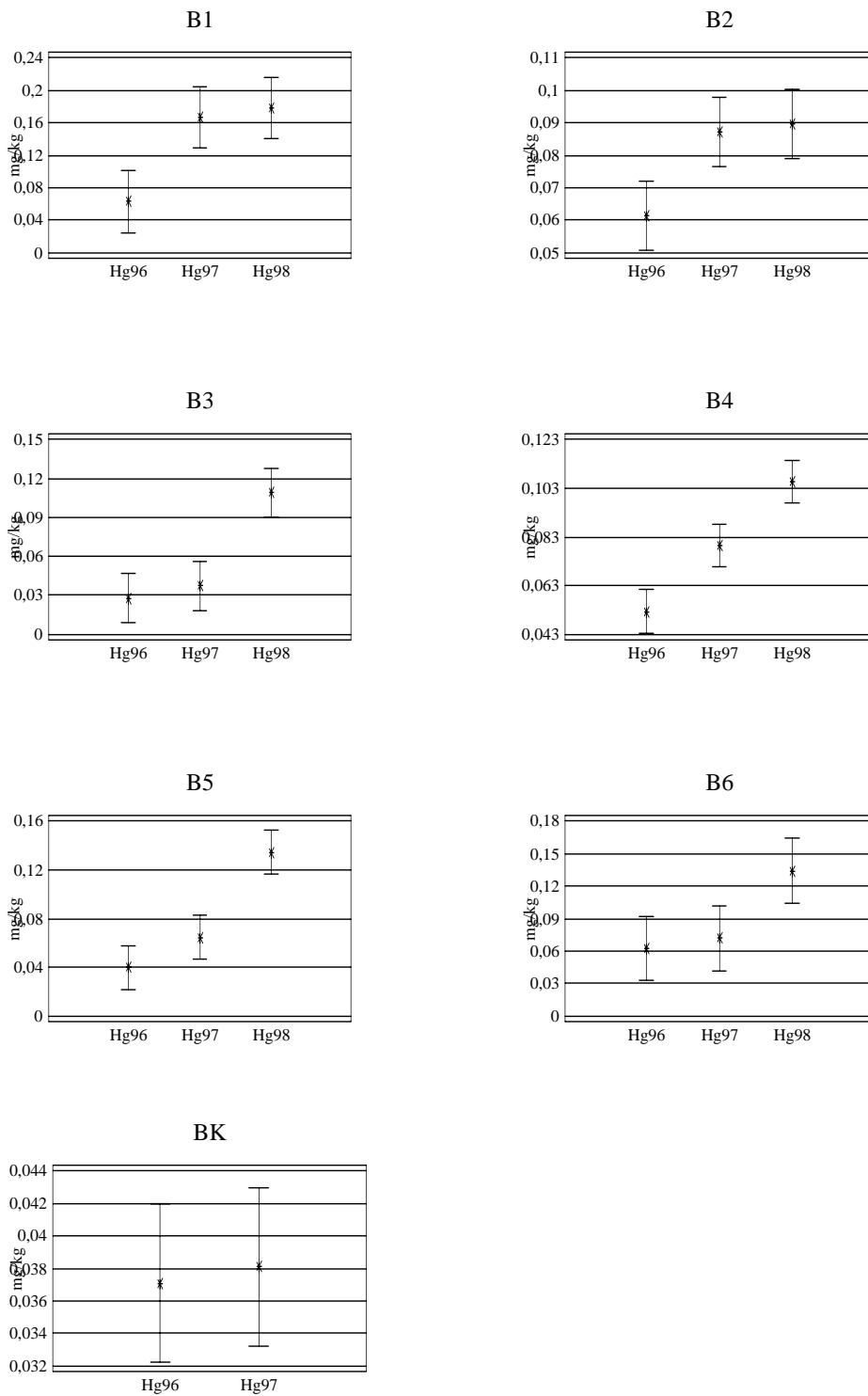
Figur 10. Kadmium (Cd) i mg/kg tørrvekt blåskjell fra de 6 stasjonene (B1-B6) på Langøya i 1996, 1997 og 1998, samt kontrollstasjonen på Mølen (BK) i 1996 og 1997. Gjennomsnittsverdier med Scheffe 95%-intervall; ikke overlappende intervall indikerer signifikante forskjeller. Mrk. ulik målestokk på y-aksene.



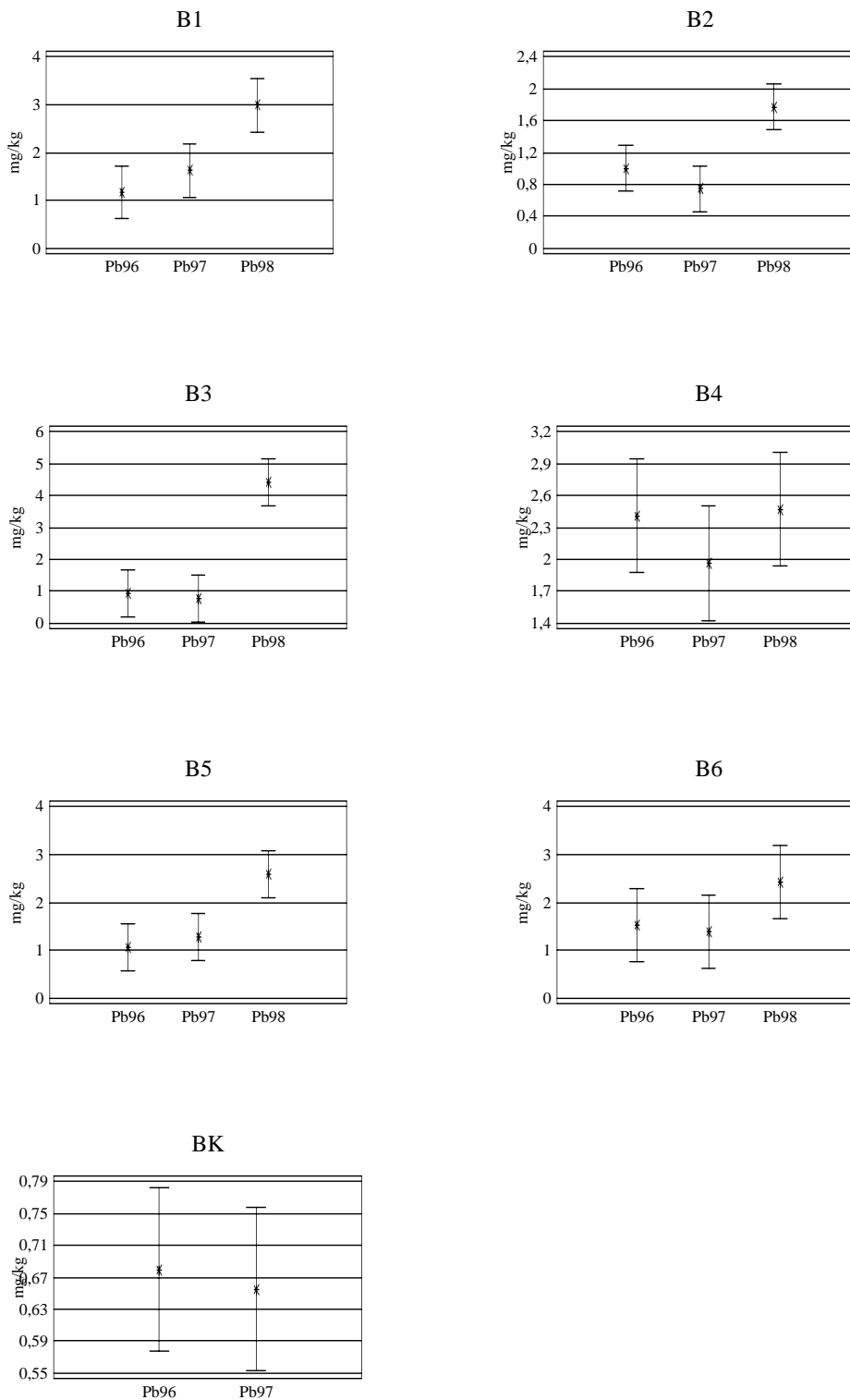
Figur 11. Kobolt (Co) i mg/kg tørrvekt blåskjell fra de 6 stasjonene (B1-B6) på Langøya i 1996, 1997 og 1998. Gjennomsnittsverdier med Scheffe 95%-intervall; ikke overlappende intervall indikerer signifikante forskjeller. Mrk. ulik målestokk på y-aksene.



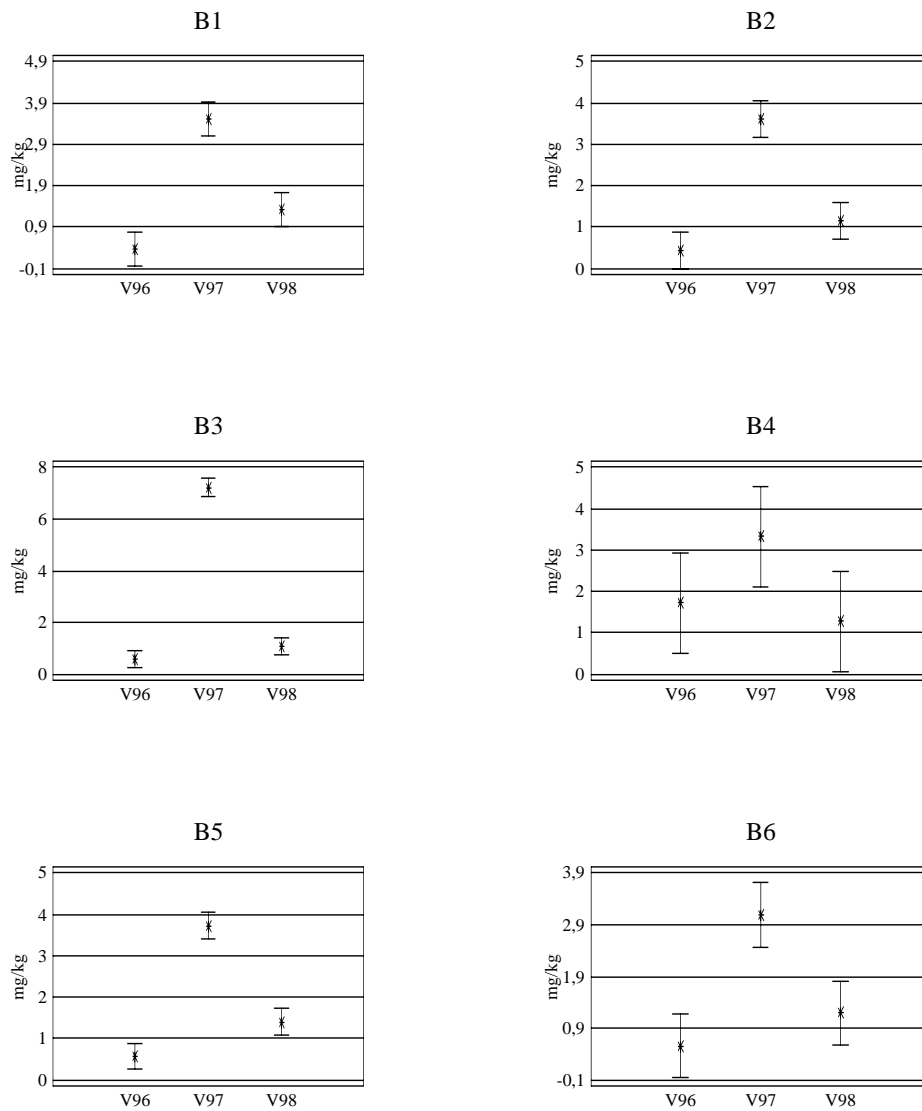
Figur 12. Kobber (Cu) i mg/kg tørrvekt blåskjell fra de 6 stasjonene (B1-B6) på Langøya i 1996 og 1998. Gjennomsnittsverdier med Scheffe 95%-intervall; ikke overlappende intervall indikerer signifikante forskjeller. Mrk. ulik målestokk på y-aksene.



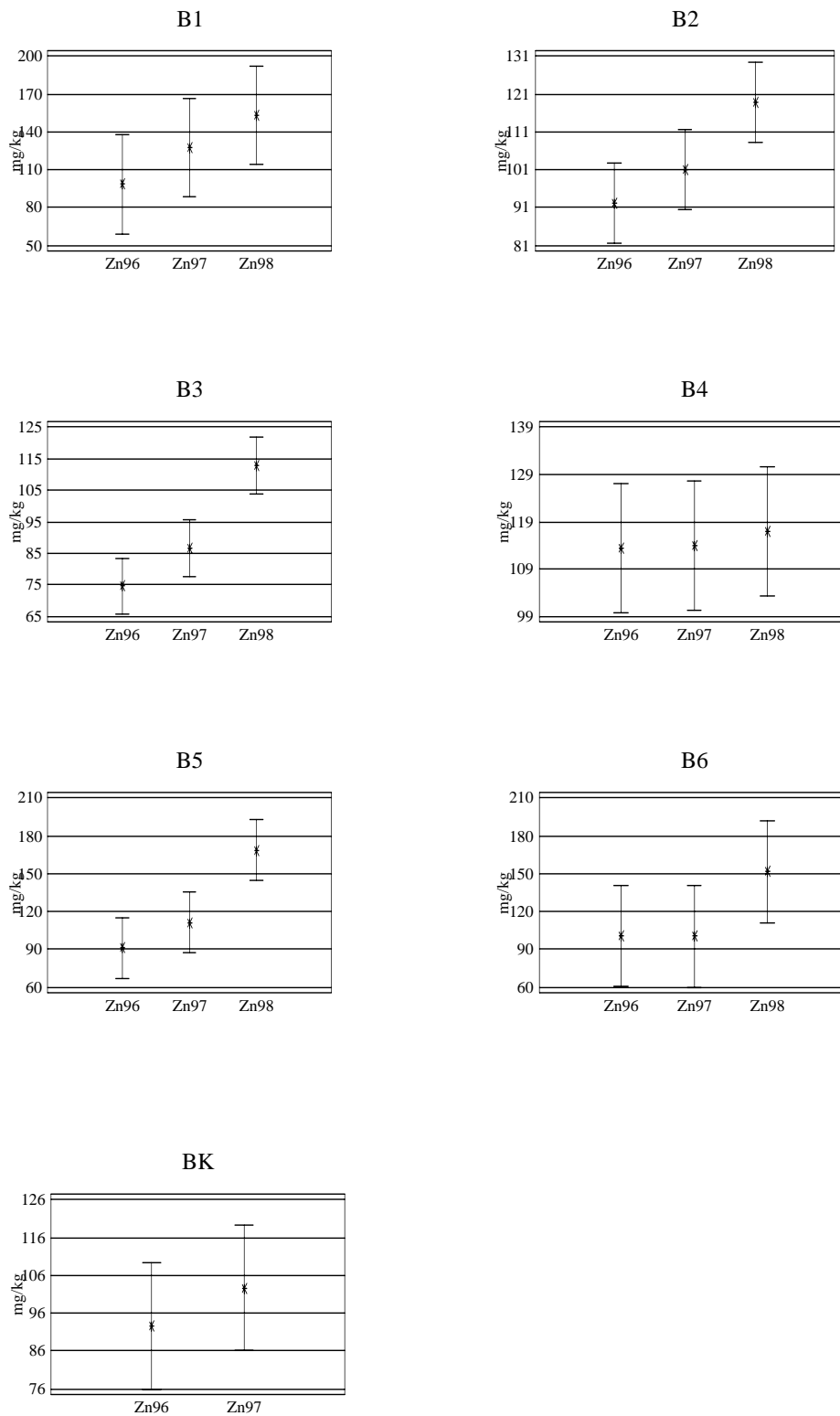
Figur 13. Kvikksølv (Hg) i mg/kg tørrvekt blåskjell fra de 6 stasjonene (B1-B6) på Langøya i 1996, 1997 og 1998, samt kontrollstasjonen på Mølen (BK) i 1996 og 1997. Gjennomsnittsverdier med Scheffe 95%-intervall; ikke overlappende intervall indikerer signifikante forskjeller. Mrk. ulike målestokk på y-aksene.



Figur 14. Bly (Pb) i mg/kg tørrvekt blåskjell fra de 6 stasjonene (B1-B6) på Langøya i 1996, 1997 og 1998, samt kontrollstasjonen på Mølen (BK) i 1996 og 1997. Gjennomsnittsverdier med Scheffe 95%-intervall; ikke overlappende intervall indikerer signifikante forskjeller. Mrk. ulik målestokk på y-aksene.



Figur 15. Vanadium (V) i mg/kg tørrvekt blåskjell fra de 6 stasjonene (B1-B6) på Langøya i 1996, 1997 og 1998. Gjennomsnittsverdier med Scheffe 95%-intervall; ikke overlappende intervall indikerer signifikante forskjeller. Mrk. ulik målestokk på y-aksene.



Figur 16. Sink (Zn) i mg/kg tørrvekt blåskjell fra de 6 stasjonene (B1-B6) på Langøya i 1996, 1997 og 1998, samt kontrollstasjonen på Mølen (BK) i 1996 og 1997. Gjennomsnittsverdier med Scheffe 95%-intervall; ikke overlappende intervall indikerer signifikante forskjeller. Mrk. ulik målestokk på y-aksene.

Vedlegg C.

Tabell 4. Algeforekomster på de 4 strandsonestasjonene; 1=enkeltpunn, 2=spredt forekomst, 3=vanlig forekomst, 4=dominerende forekomst.

BK	B2	B3	B6	Kategori	Taxa
	2	3		blågrønnalge	Cyanophyceae indet, på tang
	3	3	2	blågrønnalge	Spirulina subsalsa
2	3	3		diatomeer	diatome-kjede på fjell
1	1	1		brunalge	Ectocarpus sp.
2	3	2	2	brunalge	Elachista fucicola
3	3	3		brunalge	Fucus evanescens
3	2			brunalge	Fucus kimplanter
2	3		2	brunalge	Fucus juv.
4	4	4	4	brunalge	Fucus serratus
3	2	2	4	brunalge	Fucus vesiculosus
2	2	2	3	brunalge	Fucus vesiculosus, Blæreløs
2				brunalge	Laminaria saccharina
		2		brunalge	Laminaria saccharina, juvenil
2	2	3		brunalge	Pilayella littoralis
3	3	3	3	brunalge	Ralfsiaceae indet. (Lithoderma)
	1	1		grønnalge	Bryopsis plumosa
2	3	1	3	grønnalge	Chaetomorpha mediteranea
	2	3		grønnalge	Cladophora sp.
		1	2	grønnalge	Cladophora rupestris
3	2	2	2	grønnalge	Enteromorpha sp.
3				grønnalge	Grønt på stein
			2	grønnalge	Prasiola stipitata
2	1			grønnalge	Ulva lactuca
3			3	rødalge	Ahnfeltia plicata
		3		rødalge	Audouiniella sp.
2	2	2		rødalge	Callithamnion corymbosum
3		1	2	rødalge	Ceramium rubrum
3	3	3	2	rødalge	Ceramium strictum
3	2	2	3	rødalge	Chondrus crispus
2				rødalge	Coralliniaceae indet.
		1	1	rødalge	cf. Cruoria pellita
3	2	2	3	rødalge	Dumontia contorta
3			3	rødalge	Furcellaria lumbricalis
3			2	rødalge	Hildenbrandia rubra
3				rødalge	Phyllophora sp.
3	1		2	rødalge	Polysiphonia nigrescens
3				rødalge	Polyides rotundus
2	3	2	2	rødalge	Polysiphonia violacea
	2	2		rødalge	Porphyra sp.
1	1		1	rødalge	Rhodomela confervoides
			4	frøplante	Zostera marina
3	1	1	3	dyr	Spor etter beting på tangen

Tabell 5. Dyrforekomster på de 4 strandsonestasjonene; 1=enkeltpunn, 2=spredt forekomst, 3=vanlig forekomst, 4=dominerende forekomst.

BK	B2	B3	B6	Kategori	Taxa
1			2	børstemark	Nereis sp.
3				hydroide	Dynamena pumila
2	3	3	2	hydroide	Laomedea geniculata
	3	4		hydroide	Laomedea sp.
1				hydroide	cf.Clavidae GROUP
	2	1	2	krabbe	Carcinus maenas
3	2	3	2	mosdyr	Electra pilosa
3	2		2	mosdyr	Alcyonidium hirsutum
1				mosdyr	Membranipora membranacea
3	3	2	2	musling	Mytilus edulis juv.
2	3	4	3	musling	Mytilus edulis
3	3	4	3	rur	Balanus balanoides
3	2	1		sekkedyr	Metridium senile pallidus
2	1	1	2	sjøstjerne	Asterias rubens juv.
	1	1	1	sjøstjerne	Asterias rubens
3	3	3	3	snegl	Littorina littorea
3			3	snegl	Littorina saxatilis
1				snegl	Littorina obtusata
1				svamp	Halichondria panicea