

O-88037

Undersøkelser av det

# marine miljøet

utenfor  
søppelfyllplass i



Dalabukta  
Kristiansund N.

# NIVA – RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

<b>Hovedkontor</b> Postboks 33, Blindern 0313 Oslo 3 Telefon (02) 23 52 80 Telefax (02) 39 41 29	<b>Sørlandsavdelingen</b> Grooseveien 36 4890 Grimstad Telefon (041) 43 033 Telefax (041) 42 709	<b>Østlandsavdelingen</b> Rute 866 2312 Ottestad Telefon (065) 76 752	<b>Vestlandsavdelingen</b> Breiviken 5 5035 Bergen - Sandviken Telefon (05) 95 17 00 Telefax (05) 25 78 90
--	--	--	--

Prosjektnr.:	O-88037
Undernummer:	
Løpenummer:	2171
Begrenset distribusjon:	

Rapportens tittel: Undersøkelser av det marine miljøet utenfor søppelfyllplass i Dalabukta - Kristiansund N.	Dato: 2/11-88.
	Prosjektnummer: O-88037
Forfatter (e): John Arthur Berge	Faggruppe: Marin økologisk
	Geografisk område: Nord-Møre
	Antall sider (inkl. bilag): 27

Oppdragsgiver: Borregaard Industries Limited og Kristiansund kommune.	Oppdragsg. ref. (evt. NTNF-nr.):
--	----------------------------------

Ekstrakt: <p>Metallanalyser (Fe, Zn, Cu, Pb og Cd) er utført på vann, sediment, blåskjell og fingertare utenfor en søppelfyllplass for Kristiansund kommune der kisaske har vært spredt for å fjerne H<sub>2</sub>S-lukt. Fyllingen omkranses av en stenmole infiltrert av sjøvann. En viss tilførsel av metaller til miljøet umiddelbart utenfor moloen indikeres. Denne spredning gir imidlertid ikke opphav til overkonsentrasjoner av metaller lenger enn 150-200 m fra moloen og indikerer at en ikke har miljøkonsekvenser utenfor dette området. De påviste overkonsentrasjoner kan ikke knyttes til noen enkelt kilde.</p>
---

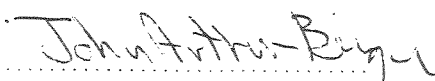
4 emneord, norske:

1. Søppelfylling
2. Metaller
3. Marine miljø
4. Rehabilitering

4 emneord, engelske:

1. Waste dump
2. Metal
3. Marine environment
4. Rehabilitation

Prosjektleder:



John Arthur Berge

For administrasjonen:



Tor Bokn

ISBN - 82-577-1459-3

0-88037

UNDERSØKELSER AV DET MARINE MILJØET UTENFOR SØPELFYLLPLASS I  
DALABUKTA - KRISTIANSUND N.

Oslo, den 2. november 1988

Prosjektleder: John Arthur Berge

## FORORD

NIVA er i brev av 19/2-88 av Borregaard Industries Limited bedt om å utføre en undersøkelse av metaller i miljøet utenfor søppelfyllingen i Dalabukta. Kostnadene for undersøkelsene fordeles mellom Kristiansund kommune og Borregaard Industries limited.

Feltarbeidet ble gjennomført i perioden 5-6 mai, 1988. Kristiansund kommune stilte havnevesenets båt "Havn" til disposisjon for innsamling. Elisabeth Rydin takkes for å ha illustrert forsiden i rapporten.

Oslo, den 2. november 1988

John Arthur Berge  
Prosjektleder

## INNHOLDSFORTEGNELSE

	Side
FORORD.....	2
1.0 SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER.....	4
2.0 INNLEDNING.....	6
3.0 UNDERSØKELSESONMRÅDE.....	7
4.0 FELTARBEIDE OG ANALYSER.....	8
5.0 RESULTATER OG DISKUSJON.....	10
5.1 Sjøvann.....	10
5.2 Sediment.....	13
5.3 Blåskjell.....	15
5.4 Fingertare.....	18
6.0 REFERANSER.....	22
7.0 DATAVEDLEGG.....	23
7.1 Sjøvann.....	24
7.2 Sediment.....	25
7.3 Blåskjell.....	26
7.4 Fingertare.....	27

## 1.0 SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER

I Dalabukta, Kristiansund N er det anlagt en søppelfylling, som infiltreres av sjøvann gjennom en stenfylling som avgrenser fyllplassen mot sjøen. På grunn av sjenerende hydrogensulfid ( $H_2S$ ) lukt fra fyllingen er det gjort forsøk med spredning av kisaske for å binde  $H_2S$ . Kiskasken er et biprodukt fra Borregaard Industries Limited's produksjon av svovelsyre. Kiskaske har et høy innhold av jern ( $Fe$ ) som er den aktive substansen ved binding av  $H_2S$ . Kiskasken inneholder også spor av andre metaller der kopper ( $Cu$ ), sink ( $Zn$ ), bly ( $Pb$ ) og kadmium ( $Cd$ ) er de mest relevante i miljøsammenheng. NIVA er derfor av Borregaard Industries Limited bedt om å utføre en miljøundersøkelse i Dalabukta.

I tiden 5-6 mai ble det innsamlet prøver av sjøvann, sediment, blåskjell og fingertare i Dalabukta med tanke på en eventuell påvirkning fra søppelfyllingen på det marine miljø. Det innsamlede materialet ble analysert for de de fem nevnte metaller.

Resultatene av metallanalysene viser at sjøvannet innenfor stenfyllingen hadde et metallinnhold som var 6-49 ganger større enn normalt i kystvann og viser at vannet der var sterkt metallbelastet. Utenfor stenfyllingen var imidlertid konsentrasjonene nær det en kan forvente i upåvirket eller diffust belastet kystvann.

Metallinnholdet i sedimentet 50 m fra stenfyllingen viste relativt små forandringer med dyp i sedimentet i det analyserte dybdeintervall (0-5 cm). For alle metallene med unntak av jern lå dette 2-3 ganger høyere enn forventede nivåer i upåvirkede eller diffust belastede kystområder. Konsentrasjonen av jern i sedimentet ligger derimot innenfor naturlige bakgrunnsverdier. Det antydes at den noe forhøyede konsentrasjonen av kopper, sink, bly og kadmium sannsynligvis ikke alene skyldes direkte transport av partikulær kisaske gjennom fyllingen.

Metallinnholdet i blåskjell var kun på selve stenfyllingen og bare for elementene jern og sink over normalverdier for ubelastede eller diffust belastede kystområder. Analysene viser imidlertid også at en har signifikant høyere metallkonsentrasjoner av sink, jern, kobber og bly i blåskjell på stasjonen nærmest søppelfyllingen sammenlignet med lenger ut i Dalabukta.

Dersom spredning av kisaske i partikulær form var et miljøproblem i Dalabukta skulle analysene av blåskjell på stasjonene (B-D) ha avdekket dette.

Analyseresultatene av fingertare er mer vanskelig å tolke enn for vann, sediment og blåskjell. Konsentrasjonene som ble funnet i de deler av plantene som er dannet før vinteren/våren 1988 viser med unntak av for Zn, på de to stasjoner som ligger lengst fra fyllingen, verdier som regnes som normale. Ser en på metallkonsentrasjoner i de deler av planten som er dannet våren 1988, ligger også alle verdier med unntak av Pb, Cu, og Fe på en stasjon, innenfor normalverdier. På denne ene stasjonen som ligger ca. 200 m fra stenfyllingen har en imidlertid verdier som spesielt for Cu og Fe overskrider de nevnte normalverdier.

Dette gir følgende konklusjon:

Vurdert utfra metallinnholdet i sjøvann, sediment, blåskjell og fingertare synes hverken søppelfyllplassen, kommunens kloakkutslipp eller bruken av kisaske å gi miljøkonsekvenser lenger enn ca 200 m utenfor moloen som omkranser søppelplassen. Det er imidlertid indikasjoner på transport av metaller fra en punktkilde innerst i Dalabukta. Denne transporten synes imidlertid i liten grad å gi opphav til konsentrasjoner over normalverdier. Kilden til disse metaller er ikke identifisert.

## 2.0 INNLEDNING

Kristiansund kommune har anlagt en søppelfylling i den innerste delen av Dalabukta. Fyllingen er mot sjøen avgrenset med en steinfylling. Denne steinfylling forhindrer imidlertid ikke at sjøvann infiltrerer søppelmassene på innsiden av fyllingen og en får transport av vann gjennom steinfyllingen drevet av tidevannet. Denne innfiltrasjonen har ført til at sulfat i det infiltrerte sjøvannet er blitt redusert til sulfid og gitt sjenerende lukt i nabolaget og for de som har sitt arbeide på søppelfyllplassen.

For å redusere den sjenerende lukten fra fyllplassen ble det i perioden mars 1987 til januar 1988 gjort forsøk med å spre kisavbrann (kisaske) på søppelfyllingen. Kisasken som ble benyttet er et biprodukt fra svovelsyreproduksjonen til Borregaard Industries Ltd. Ialt ble det på fyllingen spredt 251.9 t kisaske. Kisasken ble spredt i pulverform over fyllingen ved bruk av slanger. Første spredning ble foretatt 11/3 1987 og siste 12/1-1988, det ble foretatt spredning ialt 8 ganger i denne perioden (Tabell 1).

Tabell 1. Tidspunkt for spredning av kisaske på søppelfyllplass i Dalabukta, Kristiansund N. med angivelse av mengde.

<u>Dato for spredning</u>	<u>Mengde spredt (t)</u>
13/03-87	35
20/03-87	35
7/04-87	20.5
10/04-87	23.4
30/07-87	35
27/08-87	35
12/10-87	33
12/01-88	35
I alt	251.9

Kisaske består vesentlig av jernoksyder (Tabell 2) med forskjellige oksydasjonstrinn som kan binde løst sulfid i vann og dermed redusere sjenerende lukt av  $H_2S$ . Kisasken består imidlertid også av små mengder av andre metaller<sup>2</sup> (Tabell 2) hvorav noen betraktes som miljøgifter (spesielt kobber, kadmium og bly). NIVA er av Borregaard



Industries Limited bedt om å utføre en undersøkelse av metaller i miljøet utenfor søppelfyllingen i Dalabukta.

Målsetningen for undersøkelsen er å dokumentere et eventuelt forhøyet innhold av metaller i sjøvann, sediment, blåskjell og alger i Dalabukta.

Tabell 2. Gjennomsnittlig sammensetningen av kisasken i ifølge oppgaver fra Borregaard.

Stoff	Vekt %	
	1985	1987
Jern, Fe	65.3	65.3
Svovel, S	0.57	0.65
Silisium, SiO <sub>2</sub>	3.7	
Aluminium; Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.85	
Kalsium, Ca	0.41	
Magnesium, (Mg)	0.14	
Kobber, Cu	0.04	0.1
Sink, Zn	0.11	0.1
Bly, Pb	0.03	0.04
Natrium, Na	0.02	
Kalium, K	0.02	
Kadmium, Cd	0.0006	
Kobolt, Co	0.06	0.06
Krom, Cr	0.003	
Mangan, Mn	0.009	
Tinn, Sn	<0.01	

### 3.0 UNDERSØKELSESONMRÅDE

Dalabukta ligger nord for Kristiansund by mellom Kirkelandet og Gomalandet (Fig.1). Dalabukten er nordvendt og uten terskel mot det havet utenfor. En skisse av søppelfyllingsplassen med lokalisering av de ulike stasjoner for innsamling er vist i Fig.1. Alle de avmerkede stasjoner med unntak av stasjon 1 og A må regnes å være meget eksponerte mens stasjonene 1 og A må regnes som middels eksponert. Dette ble også bekreftet ved at en på stasjonene a,b,c og d fant butare (Alaria esculenta) som er en algeart som er typisk for områder på eksponerte lokaliteter. Av andre utslipp har en urensset

kloakk (320 p.e.) som slippes ut på ca 25 m dyp ca 100 m ut fra den vestre delen av steinfyllingen (Opplysninger fra Kristiansund kommune).

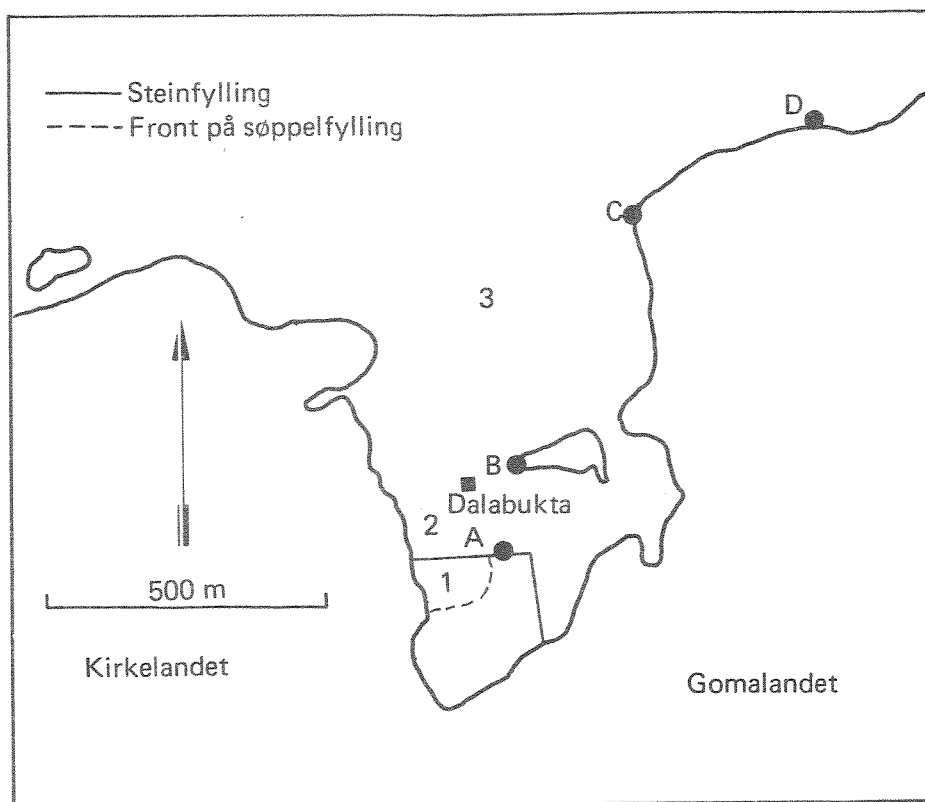


Fig. 1. Kartskisse av undersøkelsesområde med avmerking av de undersøkte stasjoner samt søppelfyllplass med fronten på søppelfylling (stiplet) slik den var i mai 1988. Sjøvannsprøver ble innsamlet på stasjon 1-3, sediment på st.2 og blåskjell og fingertare på st. A-D (merket med sirkulært symbol). Kvadratisk symbol anmerker kommunens kloakkutslipp.

#### 4.0 FELTARBEIDET OG ANALYSER

Feltarbeidet ble gjennomført i perioden 5-6 mai, 1988. Kristiansund kommune stilte havnevesentes båt "Havn" til disposisjon for innsamling av vannprøver og sediment. Innsamling av vannprøver ble foretatt ved bruk av en spesialvasket modifisert Niskin-vannhenter på stasjonene 1,2 og 3 der maksimal dyp var henholdsvis 9, 14 og 64 m. Analyser av vann ble foretatt på ufiltrerte prøver. Analyser av alt materiale ble foretatt på NIVAS's laboratorie ved bruk av

atomabsorpsjon.

Innsamling av sediment ble forsøkt foretatt ved hjelp en kjerneprøvetaker (Skogheim 1979), men dette måtte imidlertid oppgis da det relativt store innslaget av skjellsand i sedimentet førte til at sedimentet fallt ut av prøvetageren før den nådde overflaten. Innsamling av sediment ble derfor foretatt av en froskemann ved bruk av et kjernerør med indre diameter på 6 cm. Ialt ble det tatt 3 kjerner på stasjon 2. Kjernene ble snittet i 1 cm intervaller ned til en dybde av 5 cm. Dybdeintervallene 0-1 cm, 1-2 cm, 2-3 cm og 4-5 cm ble analysert for hver av de tre kjernene. Metallanalyser ble foretatt på den delen av sedimentfraksjonen som etter frysetørring passerer en sikt med en maskevidde på 63  $\mu\text{m}$  (finere enn sand).

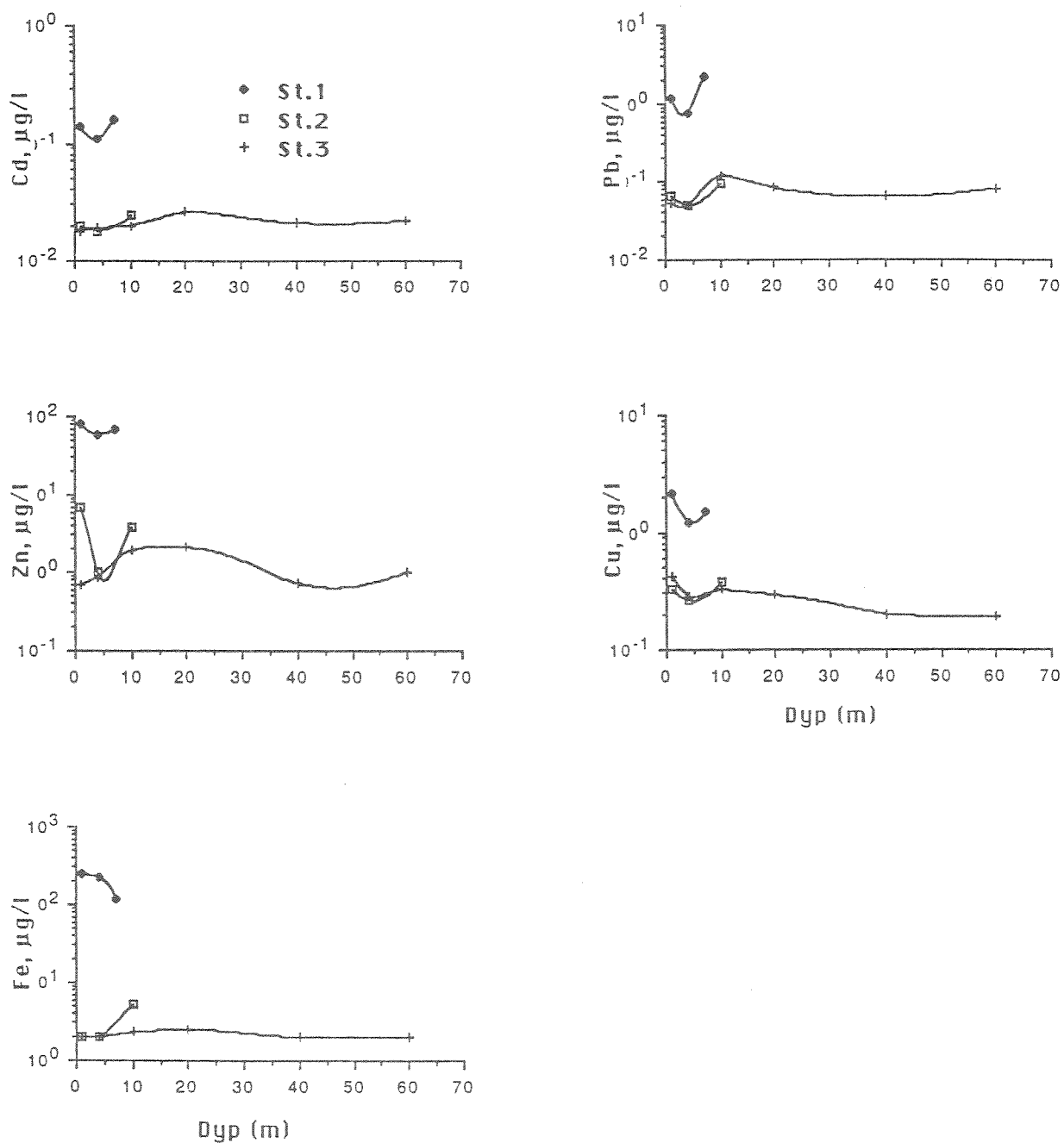
Innsamling av blåskjell (Mytilus edulis) og fingertare (Laminaria digitata) ble hovedsaklig foretatt fra land på fjære sjø men også noe grad fra robåt (Laminaria på stasjon B, blåskjell stasjon A). På stasjon A ble Laminaria innsamlet av froskemann. Individene som ble tatt på denne stasjonen stod noe dypere enn på de øvrige stasjoner. Fra hver stasjon ble det for blåskjell analysert på en blandprøve bestående av 50 individer og for fingertare på en blandprøve bestående av fra 7-20 individer. Fra fingertare ble det tatt prøver fra to ulike regioner som er ment å skulle representere vev med ulik alder. Disse regioner er (1) enden av de fingerformede grenene av bladet (lamina) der to stykker på ca. 5 cm ble klippet av fra hvert individ og (2) et område 2-7 cm over den øverste enden av stilken (stipes) der et område på 4x4 cm ble skåret ut. De ytterste deler av lamina er ment å representere vev dannet før vinter/vår 1988 mens området rett over enden av stipes ligger over og nær vekstsonen (meristemet) og skulle representere vev som er dannet iløpet av vinteren og våren 1988.

Statistisk testing av forskjeller mellom de ulike stasjoner ble utført ved variansanalyse (ANOVA).

## 5.0 RESULTATER OG DISKUSJON

### 5.1 Sjøvann

Analyseresultatene (Fig.2 og vedleggstabell A)) viser at en har minst en størrelsesorden høyere konsentrasjoner på stasjon 1 innenfor steinfyllingen enn på de to andre stasjonene utenfor fyllingen for alle de fem målte metallene. Konsentrasjonene ligger også klart høyere enn det en forventer i normalt eller diffust belastet kystvann. På stasjon 3 har en imidlertid konsentrasjoner som ligger nær det en finner i upåvirket kystvann og en må derfor regne stasjon 3 som tilnærmet upåvirket med hensyn til Fe, Cu, Cd, Zn og Pb i sjøvann. På stasjon 2 som ligger 50 m ut fra fyllingen har en med et mulig unntak for Zn, også konsentrasjoner som ligger nær opptil det en har på stasjon 3 og altså nær det en finner i kystvann (cf. tabell 3). Konsentrasjonen på stasjon 1 og 2 følger hverandre relativt godt med unntak av for Fe. Økningen ved bunnen på stasjon 1 (med unntak for Fe) og 2 i forhold til verdiene målt i 4 meters dyp skyldes sannsynligvis en oppvirvling (eller utlekking) fra bunnen.



Figur 2. Konsentrasjonen av metaller (Cd, Pb, Zn, Cu og Fe) i sjøvann i ulike dyp på tre stasjoner i Dalabukta, Kristiansund N. Merk at det er benyttet logaritmisk skala på konsentrasjonsaksen.

Tabell 3. Normalkonsentrasjoner av metaller i vann, sediment og biota i kystfarvann.

Element	Konsentrasjon (lokalitet)	Kilde
Sjøvann:		
Fe ( $\mu\text{g/l}$ )	3-20	Bakke et al., 1981
Cu ( $\mu\text{g/l}$ )	0.3 (Oslofjorden)	Skei et al., 1987
Zn ( $\mu\text{g/l}$ )	1.6 (Oslofjorden)	Skei et al., 1987
Pb ( $\mu\text{g/l}$ )	0.1 (Oslofjorden)	Skei et al., 1987
Cd ( $\mu\text{g/l}$ )	0.02 (Oslofjorden)	Skei et al., 1987
Sediment:		
Fe (%)	2.5 (Haltenbanken)	Bowler et al., 1986
Cu (mg/kg)	39 (Sognefjorden)	Molvær et al., 1979
Zn (mg/kg)	90 (Haltenbanken)	Bowler et al., 1986
Pb (mg/kg)	42 (Sognefjorden)	Molvær et al., 1979
Cd (mg/kg)	< 0.2	J. Skei pers med.
Blåskjell:		
Fe (mg/kg tørrvekt)	50-250	Knutzen, 1983
Cu (mg/kg tørrvekt)	5-20	Knutzen, 1983
Zn (mg/kg tørrvekt)	50-200	Knutzen, 1983
Pb (mg/kg tørrvekt)	1-10	Knutzen, 1983
Cd (mg/kg tørrvekt)	0.1-3	Knutzen, 1983
Fingertare:		
Fe (mg/kg tørrvekt)	59-350	Se Knutzen, 1985
Cu (mg/kg tørrvekt)	2.2-12.2	Se Knutzen, 1985
Zn (mg/kg tørrvekt)	59-108	Se Knutzen, 1985
Pb (mg/kg tørrvekt)	2-4	Se Knutzen, 1985
Cd (mg/kg tørrvekt)	0.13-1.3	Se Knutzen, 1985

## 5.2 Sediment

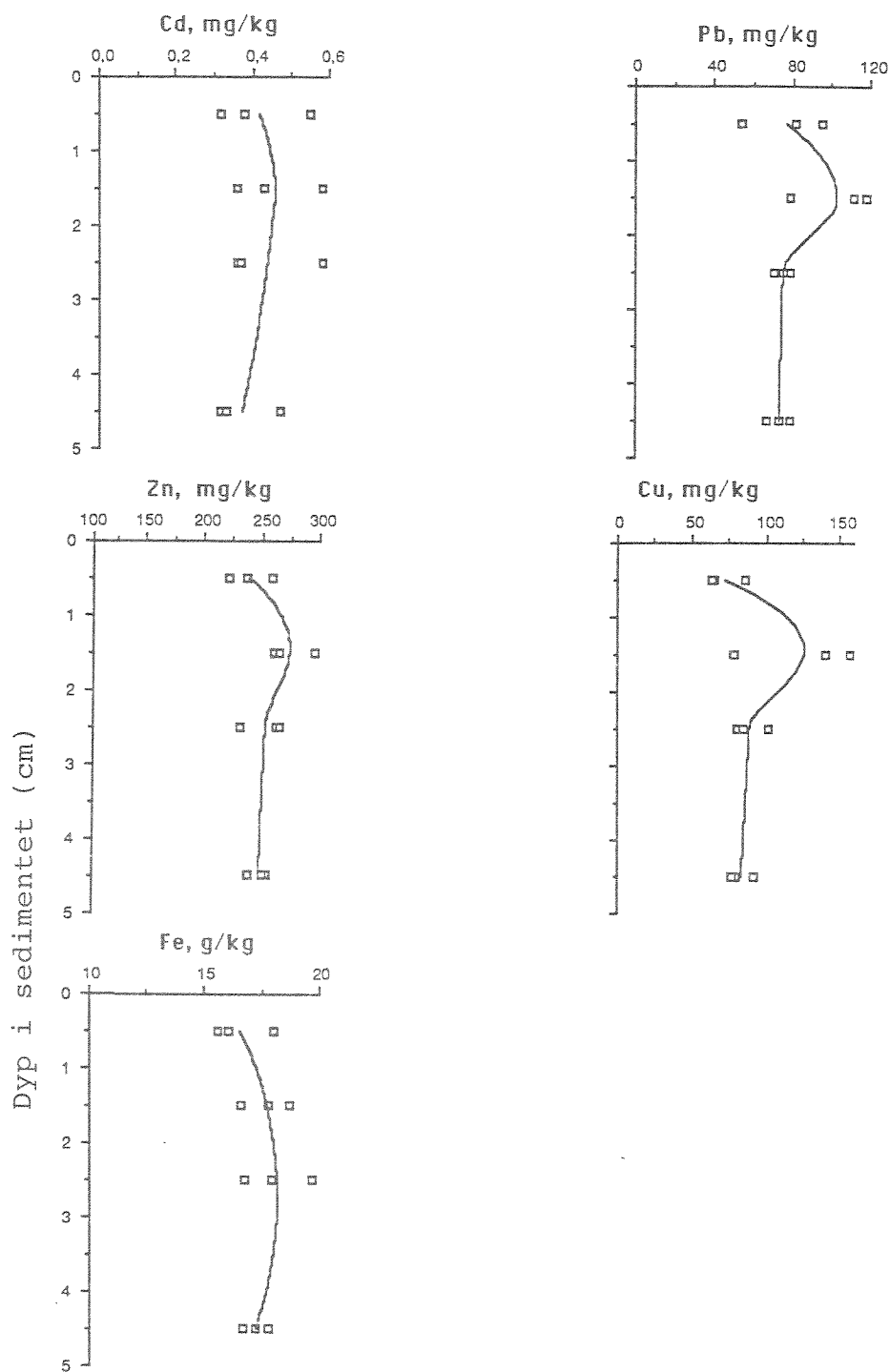
Innholdet av metaller i fire nivåer i dybdeintervallet fra 0-5 cm på stasjon 2 viser at metallene er relativt jevnt fordelt i sedimentet (Fig.3 og vedleggstabell B), når en tar spredningen på analysene fra de tre ulike kjernene i betraktning. Noen signifikante (ANOVA,  $p=0.05$ ) forskjeller mellom de ulike dybdeintervaller ble imidlertid påvist. Pb-innholdet i 1-2 cm intervallet var signifikant forskjellig fra innholdet i de to dypere nivåer og innholdet av Zn og Cu i 0-1 cm intervallet var forskjellig fra innholdet i 1-2 cm intervallet. Totalt sett antyder analysene av sedimentet et maksimum i 1-2 cm intervallet.

For alle metallene med unntak av Fe ligger innholdet 2-3 ganger over forventet i upåvirkede kystområder (cf. tabell 3).

Metallinnholdet i kisasken er dominert av jernforbindelser (Tabell 2). Dersom det noe forhøyede innhold av metallene Cd, Pb, Zn og Cu skyldes spredning av kisaske i partikulær form i miljøet burde en vente at også innholdet av Fe i sedimentet var høyere enn i upåvirkede kystområder. Når dette ikke er tilfelle, kan det tyde på at det noe forhøyede innholdet i sedimentet av Cd, Pb, Zn og Cu ikke i nevneverdig grad skyldes transport av kisaske i partikulær form gjennom stenfyllingen. Det forhøyede innholdet kan imidlertid skyldes en generell transport av metaller fra det deponerte søppelmaterialet.

En mulig mekanisme for å forklare det noe forhøyede innhold av metallene Cd, Pb, og muligens Zn og Cu kan være en utfelling av basiske uløselige forbindelser av disse metaller fra vannfasen (Se Kristiansen, 1986). Pga. akkumulering kan disse spores lettere i sedimentet enn i vannfasen hvor en må regne med en relativt sterk fortynning pga lokalitetens eksponeringsgrad.

Den opprinnelige kilden til det noe forhøyede metallinnholdet i sedimentet kan ikke identifiseres. Mest sannsynlig skyldes det matriale deponert innenfor moloen. En alternativ forklaring er at kloakkutslippet i Dalabukta muligens inneholder eller tidligere kan ha inneholdt forhøyede verdier av de nevnte metaller. Analysene av sjøvann tyder imidlertid ikke på at en idag har et utslipp av Cd, Pb og Cu som gir opphav til forhøyede konsentrasjoner i vannet på stasjon 2 (Se Fig. 2). Fordelingen av de ulike metaller med dyp i sedimentet antyder at en ikke har hatt noen tydelig sedimentering av metallholdig partikkulært materiale med en kornstørrelse på mindre enn 63  $\mu\text{m}$  etter at kisasken ble benyttet. I såfall skulle en ha ventet en økning i metallinnholdet i 0-1 cm intervallet.



Figur 3. Metallinnholdet (Cd, Pb, Zn, Cu og Fe) i sediment i 4 ulike dybdeintervaller i sedimentet på stasjon 2 i Dalabukta. Tre parallelle kjerner ble analysert.



### 5.3 Blåskjell (*Mytilus edulis*)

Størrelsen på de analyserte blåskjell (Tabell 4) var relativt lik på stasjon B-D (ca. 2.1 cm) mens den var noe mindre på stasjon A (1 cm) der det ikke fantes større skjell.

Tabell 4 . Størrelse på de analyserte blåskjell.

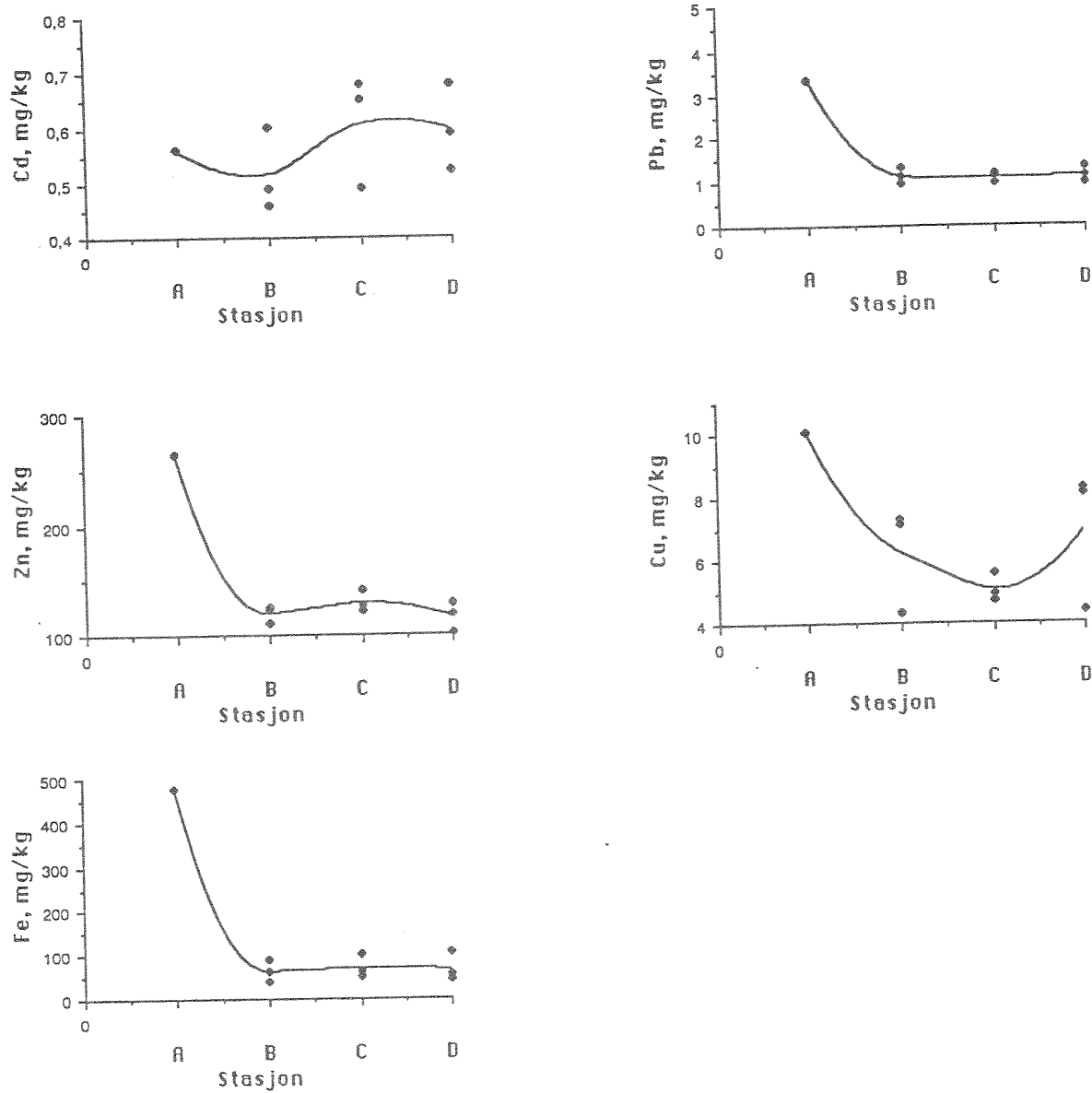
Stasjon	Midlere Lengde (cm)	Minste Lengde (cm)	Største Lengde (cm)
A	0.95	0.7	1.1
B	2.15	1.8	2.6
C	2.06	1.7	2.5
D	2.02	1.7	2.6

For alle de målte metaller med unntak av Cd ligger konsentrasjonene på stasjon A høyere enn for de andre 3 stasjoner (Fig.4 og vedleggstabell C). På stasjonene B-D ligger verdiene omtrent i samme nivå og innenfor det intervall som en regner som normalt i ubelastede eller diffust belastede (ingen nærliggende punktkilder) norske kystområder (cf. tabell 3). For metallene Zn, Fe og Pb er det ingen signifikant forskjell (ANOVA,  $p=0.05$ ) mellom konsentrasjonene på disse tre stasjonene mens det er en signifikant forskjell mellom disse 3 og stasjon A. For Cd er det ingen signifikant forskjell mellom noen av stasjonene og for Cu er det kun en signifikant forskjell mellom stasjon A og C. Det må imidlertid nevnes at blåskjell er en noe dårlig indikator på Cu belastning i miljøet da dette metallet inngår som en naturlig komponent i denne artens oksygentransportsystem. På stasjon A som altså er utsiden på steinfyllingen som omkranser søppelfyllingen er det kun innholdet av Fe og Zn i blåskjell som er over det en kan regne som normalt. Disse metaller regnes imidlertid ikke blant de metaller som en er mest bekymret for i miljøsammenheng. Overkonsentrasjonene må også regnes som moderate.

Når en her så entydig har høyere konsentrasjoner på stasjon A i forhold til de andre tre stasjoner, må en anta at dette skyldes sjøvanntransport av metaller gjennom steinfyllingen fra fyllplassen. Denne transporten influerer imidlertid kun stasjon A, og gir der opphav til forhøyede konsentrasjoner av metallene Fe og Zn.

Blåskjell som ernærer seg ved å filtrere ut partikler i vannet ned til

en størrelse på 2  $\mu\text{m}$  skulle med stor sannsynlighet fange opp partikler av kisaske som eventuelt var transportert gjennom stenfyllingen og ut i Dalabukta. En viss transport av partikulært materiale gjennom stenfyllingen må en anta finner sted. Dersom en slik transport var et miljøproblem skulle dette komme til uttrykk i konsentrasjoner av spesielt Cu, Pb og Cd over normalnivå. Når dette ikke er tilfelle, kan en konkludere med at de analyserte metaller ikke utgjør noe stort miljøproblem. De noe forhøyede verdiene på stasjon A i forhold til B-D (Fig. 4) tyder imidlertid at en har noe høyere nivåer av de analyserte metaller i vannfasen (partikulært eller løst) ved stenfyllingens utside. Kloakkutslippet nær stasjon B kan ikke detekteres iform av forhøyede metallverdier i blåskjell.



Figur 4. Konsentrasjoner av metaller (Cd, Pb, Zn, Cu og Fe) i blåskjell på 4 ulike stasjoner i Dalabukta. Konsentrasjoner er oppgitt på tørrvektsbasis.

#### 5.4 Fingertare (Laminaria digitata)

Fingertare kan ha noe forskjellig utseende avhengig av graden av bølgebevegelse (eksponeringsgrad) på voksestedet. På stasjonene A og B hadde de analyserte individer en bredere form enn på stasjonene C og D. Dette gjenspeiles også i at lengden (l) på de analyserte individer fra stasjonene C og D var noe større enn hos plantene på A og B (Tabell 5). Pga formforskjellen ble da også h mindre på A enn på B, C og D (Tabell 5).

Tabell 5. Størrelsen av de analyserte individer av fingertare (Laminaria digitata). h=avstand fra øvre ende av stilk (stipes) til det sted der prøver nær vekstsonen (meristemet) ble tatt. l=lengden fra øvre ende av stilk til enden av bladet (lamina).

Stasjon	Midlere verdi av h (cm)	Midlere verdi av l (cm)	Antall individer
A	2	51	7
B	5	46	6
C	6	95	11
D	7	85	20

Fingertare tar ikke opp metaller fra partikulært materiale og en må anta at innholdet av metaller funnet i fingertare har sin opprinnelse fra løste forbindelser i vannfasen som absorberes.

Med unntak av stasjon B og konsentrasjonen av Zn i den ytterste delen av bladet på stasjon C og D ligger metallinnholdet innenfor det en kan forvente i diffust belastet kystvann. Analyseresultatene (Fig. 5, vedleggstabell D) viser ingen generell økning i metallinnholdet nær fyllplassen med unntak av Cd og Fe. Metallinnholdet nær vekstsonen i planter fra stasjon B ligger imidlertid for alle metaller untatt Cd høyere enn forventet i kystvann (cf. Tabell 3).

Analyseresultatene for metallene Cu og Pb i algematerialet tatt fra enden på bladet (de eldste deler av lamina) (Fig. 5) viser at en på de fire stasjoner ikke har signifikant forskjell mellom konsentrasjonene. For metallene Cd og Fe derimot har en signifikant (ANOVA,  $p=0.05$ ) høyere verdier på stasjon A enn på de øvrige stasjoner. Konsentrasjonen av Cd i enden av bladet lå på eller under deteksjonsgrensen på stasjonene B-D mens en på stasjon A hadde

signifikant høyere verdier.

På stasjonene A, C, og D er konsentrasjonen funnet i de yngre deler av planten (dannet vinter/våren 1988) nær det man finner i de eldste deler. Konsentrasjonene i de yngre delene av bladet er på disse stasjoner ikke høyere enn det en kan forvente i upåvirkede eller diffust belastede kystområder.

På stasjon B har imidlertid vevet fra de yngre deler av planten et høyere nivå av metallene Fe, Cu og Pb og i noe mindre grad Zn sammenlignet med de andre stasjoner og med de eldre deler av plantene på samme stasjon. Nivået av Fe, Cu og Pb i vev fra vekstsonen på stasjon B er over det en kan forvente i upåvirket kystvann, spesielt for Fe og Cu's vedkommende og skulle isolert sett indikere en punktkilde.

Konsentrasjonen av Cd i de eldre og de yngre deler av algen er på alle stasjoner, ikke over det en kan forvente i diffust belastet kystfarvann.

Sink viser en noe forhøyet konsentrasjon i de eldre deler av planten på stasjon C og D. I de yngre deler og i de eldre deler på stasjon A har en konsentrasjoner som ikke indikerer noen nærliggende punktbelastning. Siden konsentrasjoner av Zn over normalen for kystvann kun detekteres på de to ytterste stasjoner, er det mulig at dette skyldes kilder som hovedsakelig ligger utenfor Dalabukta.

Det var ingen signifikant korrelasjon mellom innholdet av de fem metaller i vev tatt nær vekstsonen og i enden av bladet.

En kunne mistenke det kommunale kloakkutslippet som årsak til det forhøyede innhold av Pb, Cu, Fe og tildels Zn i de yngre deler av Laminaria på stasjon B. Dette utslippet ligger imidlertid på 25 m dyp, og en skulle anta at det også på grunn av sin nærhet, ville ha påvirket stasjon A og C dersom de forhøyede verdier var forårsaket av dette utslippet. En ville også ha ventet at metallinnholdet i de eldre deler av planten skulle ha vært forhøyet dersom en hadde et utslipp som har vart over flere år.

Ved kortvarig eksponering (1 måned) vil opptaket i aktivt vev nær vekstsonen ta opp mer metall (Zn) enn eldre vev (Bryan, 1969). En modell som kunne ha forklart det forhøyede innhold på stasjon B er at en under eller etter spredning av kisaske fikk en transport av kisaske til stasjon B som førte til større opptak i vekstsonen. For å oppnå

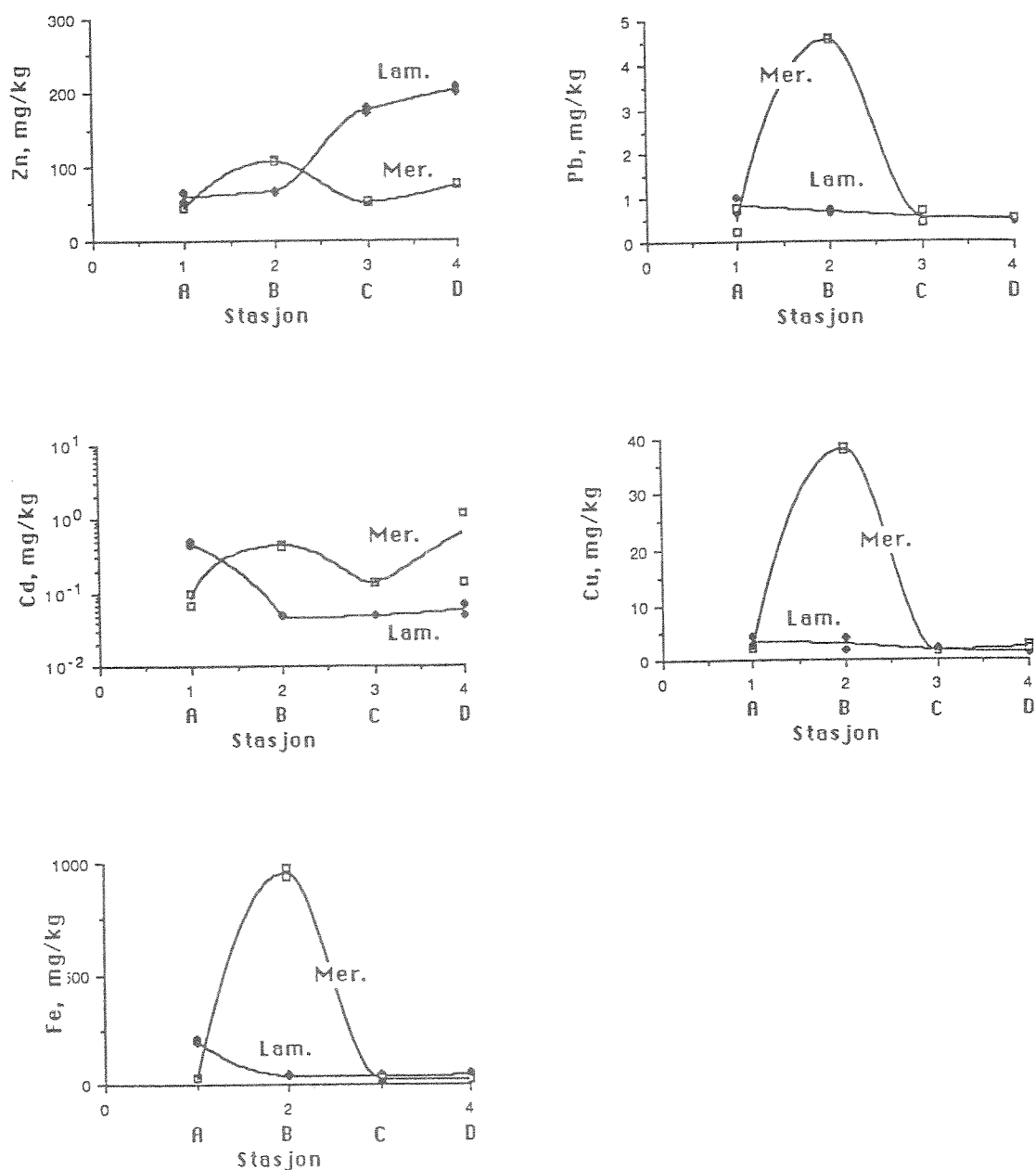
den konsentrasjonsforskjell mellom meristem og lamina som en ser på stasjon B måtte en imidlertid på bakgrunn av opptakshastighet for Zn (Bryan, 1969) ha en eksponeringstid på minst 2-3 uker forutsatt at konsentrasjon av Zn i vannet var nær 7.1 µg/l.

Dersom denne forklaringsmodell var riktig, måtte en imidlertid forklare

hvorfor en ikke fant de samme høye konsentrasjoner i Laminaria på stasjon A. Dette kunne forklares ved at disse individer ble tatt på noe dypere vann (3-6 m) og dermed i noen grad unngikk overkonsentrasjoner. På stasjon 2 fant en således et minimum i metallkonsentrasjoner på 4 m dyp (Fig. 2).

Siden det forhøyede metallinnhold på stasjon B hovedsakelig ble funnet i vekstsonen tyder dette på at en har å gjøre med en episodisk hendelse. Denne hendelse har imidlertid ikke gitt opphav til forhøyede konsentrasjoner i tilsvarende vev på de øvrige stasjoner og en må derfor si at metallpåvirkningen på alger i Dalabukta har vært beskjeden.

Vurdert utifra metallinnholdet i sjøvann, sediment, blåskjell og fingertare synes hverken søppelfyllplassen som sådan, kommunens kloakkutslipp eller bruken av kisaske å indikerer miljøkonsekvenser av betydning utenfor stasjon B, som ligger ca 200 m utenfor moloen. Det er imidlertid fra analyser av blåskjell og tildels alger indikasjoner på en viss transport av metaller fra en punktkilde innerst i Dalabukta. Denne transporten synes imidlertid kun for sedimentets (50 m fra fylling) og algenes (ca 200 m fra fylling) vedkommende å gi opphav til konsentrasjoner over normalverdier. Kilden til disse metaller er ikke identifisert. Dalabukta ligger eksponert og sannsynligvis med god vannutskiftning. Dette er sannsynligvis en av årsakene til at detekterbare overkonsentrasjoner av metaller kun kan spores i indre del av Dalabukta.



Figur 5. Konsentrasjoner av metaller (Cd, Pb, Zn, Cu og Fe) i fingertare (*Laminaria digitata*) på 4 stasjoner i Dalabukta, Kristiansund N. Analyser er foretatt på materialet fra enden av bladet (Lam.) og fra et område noe over vekstsonen (Mer.). Konsentrasjonene er oppgitt på tørrvektsbasis. Merk at konsentrasjonsaksen er logaritmisk for Cd. En av analysene for Cd på stasjon B og begge analysene på stasjon C lå under deteksjonsgrensen på 0.05 mg/kg. Disse fire verdier er i figuren plottet som om de skulle ligge på deteksjonsgrensen

## 6.0 REFERANSER.

- Bakke, T.; T. Damhaug og J. Magnusson, 1981. Vurdering av sivevansutslipp til Bufjorden fra søppelfyllplass i Saulekilen (Alsland)-Grimstadregionen. Niva-rapport 1275, 23s.
- Bryan, G.W., 1969. The absorption of zinc and other metals by the brown seaweed Laminaria digitata. J.mar.biol.U.K. 49:225-243.
- Bowler, B., J. Fritzvold, L. Schou, T. Berg, O.M. Bakken, B. Thorvaldsen, og A.B. Knapstad, 1986. Haltenbanken baseline survey, 1985. Physical, chemical and biological characterisation of the surface sediments. Report. Oceanographic Center, Trondheim.
- Knutzen, 1983. Blåskjell som metallindikator. Vann, 18 (1):24-33.
- Knutzen, J., 1985. "Bakgrunnsnivåer" av utvalgte metaller og andre grunnstoffer i tang. Øvre grense for "normalinnhold" naturbetingede variasjoner, opptaks- og utskillelsesmekanismer. Niva-rapport nr. 1733, 121s.
- Kristiansen, H., 1986. Utløsning av tungmetaller fra kisavbrann ved utslipp i ferskvann og i sjvann. NIVA-notat, 0-85101, 5s.
- Skei, J., A. Pedersen, J.A. Berge, T. Bakke og K. Næs, 1987. Indre Sørfjord. Sedimentets betydning for metallforurensning i miljøet. Muligheter og behov for tiltak. Fase 2. Kvantifisering av utlekking av tungmetaller fra forurensede sedimenter. Niva-rapport nr. 2067, 100s.
- Skogheim, O.K., 1979. Beskrivelse av en sedimenthenter konstruert for prøvetaking av korte sedimentkjerner. Rapport fra Årungenprosjektet 1979, nr. 2.
- Molvær, J., B. Rygg, og J. Skei, 1979. Vannforurensning ved produksjon av aluminiumoksyd fra anorthositt. Rapport 3. Befaring av området rundt Lutelandet og Sognefjorden i april 1978. Resipientvurderinger. NIVA-rapport, 0-77054, 63s.



## 7.0 DATAVEDLEGG

Datavedlegget inneholder tabeller over metaller i sjøvann (A), sediment (B), fingertare (Laminaria digitata) (C) og blåskjell (Mytilus edule) (D) innsamlet i Dalabukta i mai 1988.

7.1. Sjøvann

Tabell A. Metaller i sjøvann på tre stasjoner i Dalabukta, Kristiansund N.

Stasjon	Dyp (m)	Fe	Cu	Zn (µg/l)	Pb	Cd
1	1	250	2.14	80.0	1.16	0.14
1	4	223	1.23	59.5	0.77	0.11
1	7	120	1.51	67.0	2.26	0.16
2	1	<2.0	0.32	6.85	0.065	0.020
2	4	<2.0	0.26	0.98	0.049	0.018
2	10	5.3	0.37	3.85	0.097	0.024
3	1	<2.0	0.41	0.70	0.053	0.018
3	4	<2.0	0.28	0.87	0.050	0.019
3	10	2.30	0.32	1.91	0.12	0.020
3	20	2.50	0.29	2.08	0.083	0.026
3	40	<2.0	0.20	0.72	0.064	0.021
3	60	<2.0	0.19	1.00	0.082	0.022

## 7.2 Sediment

Tabell B. Metaller i sediment på stasjon 2 i Dalabukta, Kristiansund N.

Kjerne nr.	Dyp i sedimentet (cm)	Fe (g/kg)	Cu (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Cd (mg/kg)
1	0-1	15.6	65.1	237	94.7	0.38
2	0-1	18.0	86	258	81.3	0.55
3	0-1	16.1	63.3	222	53.2	0.32
1	1-2	17.8	141	295	118	0.43
2	1-2	16.6	78.1	260	112	0.36
3	1-2	18.7	157	265	78.5	0.58
1	2-3	16.8	80.3	231	70.3	0.36
2	2-3	17.9	101	261	74.4	0.37
3	2-3	19.7	84.3	264	78.7	0.58
1	4-5	17.2	92.2	253	78.6	0.32
2	4-5	16.7	79.7	249	73.2	0.47
3	4-5	17.8	77.2	237	66.4	0.33

### 7.3 Blåskjell

Tabell D. Metaller i blåskjell (Mytilus edulis) på fire stasjoner i Dalabukta, Kristiansund N.. Fra hver stasjon ble en blandprøve bestående av 50 individer analysert.

Stasjon	Paralell nr.	Fe	Cu	Zn (mg/kg)	Pb	Cd
A	1	476	10.1	265	3.35	0.56
B	1	88.9	4.34	124	0.96	0.46
B	2	61.1	7.17	125	1.33	0.49
B	3	38.8	7.29	111	1.11	0.60
C	1	98.9	4.90	140	0.95	0.49
C	2	52.3	4.72	121	1.16	0.65
C	3	61.6	5.58	127	1.123	0.68
D	1	104	8.29	128	1.14	0.52
D	2	41.9	4.38	102	0.98	0.59
D	3	54.7	8.11	118	1.30	0.68

7.4 Fingertare

Tabell C. Metaller i fingertare (Laminaria digitata) på fire stasjoner i Dalabukta, Kristiansund N. Prøver fra hver alge ble tatt fra enden av bladet (lamina) og fra et område 2-10 cm over vekstsonen (meristemet). Fra hver stasjon ble det tatt prøver fra 6-20 individer.

Stasjon	Prøve (parallell nr)	Fe	Cu	Zn (mg/kg)	Pb	Cd
A	lamina (1)	192	4.36	64.2	1.01	0.50
A	lamina (2)	208	2.73	54.5	0.64	0.45
B	lamina (1)	35.2	2.01	68.5	0.73	0.05
B	lamina (2)	46.7	4.05	66.0	0.66	<0.05
C	lamina (1)	29.3	2.30	180	0.68	<0.05
C	lamina (2)	42.7	1.47	172	0.44	<0.05
D	lamina (1)	38.7	1.17	207	0.54	<0.05
D	lamina (2)	54.7	1.76	200	0.48	0.07
A	meristem (1)	31.0	2.14	45.6	0.77	0.10
A	meristem (2)	31.4	2.22	43.5	0.24	0.07
B	meristem (1)	938	37.9	109	4.60	0.46
B	meristem (2)	975	38.4	106	4.56	0.43
C	meristem (1)	26.4	1.70	50.3	0.69	0.14
C	meristem (2)	27.8	1.68	53.0	0.44	0.14
D	meristem (1)	24.4	2.75	75.4	0.53	1.16
D	meristem (2)	25.8	2.18	75.7	0.53	0.14