

**Analyseresultater for blåmusling indsamlet ved  
Maarmorilik og i Uummannaq-fjorden  
september 1993**

**Teknisk rapport**

Udarbejdet af :

Frank Riget

Poul Johansen

og

Gert Asmund

Reference :

Riget, F., P. Johansen og G. Asmund 1994: Analyseresultater for blåmusling  
indsamlet ved Maarmorilik og i Uummannaq-fjorden september 1993.

Grønlands Miljøundersøgelser, maj 1994, 33 pp.

**Grønlands Miljøundersøgelser, maj 1994**

# **Analyseresultater for blåmusling indsamlet ved Maarmorilik og i Uummanaq-fjorden september 1993.**

## **Indhold**

<b>Resume</b> .....	1
<b>Grønlands resume</b> .....	2
<b>Summary</b> .....	3
<b>1. Indledning</b> .....	4
<b>2. Indsamling og analyse</b> .....	5
<b>3. Resultater</b> .....	8
3.1 Analysekontrol .....	8
3.2 Estimering af metalkoncentrationen .....	9
3.1 Geografisk fordeling af metaller .....	17
3.2 Tidsmæssig udvikling i bly- og zinkkoncentrationen .....	20
3.3 Transplantationsforsøg med blåmusling .....	23
<b>4. Vurdering af forureningstilstanden</b> .....	27
<b>Referencer</b> .....	28
<b>Bilag 1. Analysekontrolkort</b> .....	29

## RESUME

Grønlands Miljøundersøgelser indsamlede i september 1993 prøver af blåmusling på 20 stationer i fjordene ved Maarmorilik. Desuden blev der indsamlet prøver af muslinger som i 1991 og 1992 var transplanteret fra et uforurenet område til 8 stationer ved Maarmorilik og fra et forurenet område til et uforurenet. Prøverne er analyseret for cadmium, bly og zink.

Analyserne viser, at blyniveauet i blåmuslinger er forhøjet i Affarlikassaa, Qaamarujuk og Perlerfiup kangerlua, og at også zinkniveauet er forhøjet i størstedelen af dette område, mens cadmium kun er forhøjet meget lokalt. I Affarlikassaa, Qaamarujuk og størstedelen af Perlerfiup kangerlua overstiger blyindholdet den maksimale grænseværdi for bly i muslinger. Det frarådes derfor fortsat at indsamle og fortære blåmuslinger fra dette område.

Tidsudviklingen i blykoncentrationen viser et generelt fald i perioden fra slutningen af 1970'erne til i dag, som dog kun er statistisk signifikant for enkelte af stationerne. Zinkkoncentrationen udviser ingen generelle ændringer i den tilsvarende periode. Efter at der ved minens lukning i 1990 blev fundet stigende bly- og zinkværdier i blåmusling, faldt værdierne væsentligt i 1991. I 1992 faldt værdierne yderligere, mens de i 1993 var nærmest uændret i forhold til året før. Det optagne bly udskilles meget langsomt og det må forventes at blåmuslingerne i det forurenede område vil være blybelastede i en del år fremover (formentlig 10-20 år).

Transplantationsforsøgene bekræfter, at der stadig forekommer forurening med bly og zink, men viser også, at kilderne til muslingernes blyforurening efter minedriftens ophør er faldet væsentligt og nu kun er ca. 1/5 af hvad de var i 1984/85, mens minedriften fandt sted.

## GRØNLANDS RESUME - IMAQARNERSIUINEQ

Kalaallit Nunaanni Avatangiisinik Misissuisoqarfik september 1993-mi piffinni assigiinngitsuni 20-ni kangerlunni Maarmoriliup eqqaaniitsuni uillunik misissugassanik katersivoq. Saniatigullu 1991-mi 1992-milu uillut mingutsinneqarsimanngitsunit piffinnut assigiinngitsunut 8-nut Maarmoriliup eqqaanut nuunneqarsimasut kiisalu mingutsinneqarsimasumit mingutsineqanngitsumut nuunneqarsimasut misissugassat katersorneqarput. Katersukkat cadmium-imik, aqerlumik zink-imillu akoqarnerinik misissorneqarput.

Misissuinerit ersersippaat Affarlikassaani, Qaamarujummi Perlerfiullu kangerluani uillut aqerlumik akoqarnerat annertusisimasoq, taamatullu tamatuma annertunersaani zink-imik akoqarnerat annertusisimalluni, kisiannili cadmium-imik akoqarnerat piffinni anikitsuaraannarni annertusisimalluni. Affarlikassaani, Qaamarujummi Perlerfiullu kangerluata annertunersaani uillut aqerlumik akoqarnerisa annertunerpaaffissatut killigititaasoq qaangersimavaat. Taamaattumik uillunik tassanngaanneersunik katersinissaq nerinissarlu nangaasaarneqarpoq.

Aqerlumik akuusumik piffissami malittarinninnerup ersersippaa 1970-ikkut naalerneraniit maannamut naliginnaasumik annikilliarortoq, kisiannili piffiit misissugarineqartut ilaannaanut kisitsisinik naatsorsuuserinikkut malunnaateqarluni. Piffissami tassani zink-imik akoqarnerisa naliginnaasumik allannguuteqarnerinik ersitsoqanngailaq. 1990-mi aatsitassarsiorfiup matuneqarnerata kingorna uillut zinkimik aqerlumillu mingoqarnerisa annertusinerat malugineqarmalli 1991-mi kisitsisit appariangaatsiaqissimapput. 1992-mi appariaqqipput, kisiannili 1993-mi ukiumut siulianut naleqqiullugu allannguuteqaratik. Aqerloq uilluniilersimasoq arriitsuaraannarmik katagarneqarpoq, ilimagineqartariaqarporlu uillut piffinni mingutsinneqarsimasuniitsut suli ukiuni arlalinni (ilimanarpoq uk. 10-20) aqerlumik mingoqarallassasut.

Nussuisimanerit uppersarsivaat suli aqerlumik zink-imillu mingutsitsineqartoq, kisiannili uillunik mingutsitsisuusoq aatsitassarsiornerup unitsinneqarnerata kingorna 1984/85-mi ingerlanneqarneranut naleqqiullugu tallimararterutaannanngorsimasoq.

## SUMMARY

In September 1993 Greenland Environmental Research Institute collected samples of blue mussels (*Mytilus edulis*) at 20 stations (fig. 1) at the abandoned zinc/lead mine Maarmorilik in West Greenland. The mussel samples were analysed for lead, zinc and cadmium (Table 1: Station, collection date, no., number of mussels, length cm., weight g, % dry matter, and concentration in  $\mu\text{g/g}$  dry matter.)

The lead concentrations in blue mussels are still very high and above the safe consumption limit close to the former mine (1000 mg/kg d.w.), in the Qaamarujuk fjord (400 mg/kg d.w.), in Affarlikassaa fiord (700 mg/kg d.w.) and in most of Perlerfiup kangerlua (20 mg/kg d.w.). Also the zinc concentrations are higher than background levels in most of these fjords.

In 1991 and 1992 mussels were transplanted from an unpolluted site to 8 stations around Maarmorilik. In 1992 and 1993 mussels had increased their lead content significantly, (see Table 3, sample no., weight g, length cm, Pb  $\mu\text{g/g}$  d.w., Zn  $\mu\text{g/g}$  d.w., conditionfactor  $\times 1000$ , total content of Pb and Zn calculated for a 6 cm mussel, naturlig=natural, transp=transplanted mussels). The increase, however, was significantly lower than during a similar transplantation experiment in 1984/85. This shows that there are still pollution sources in the area, but also, that they have decreased to appr. 1/5 compared to 1984/85, while the mining operation took place.

The temporal trend for lead shows a general decline since the late 1970'ies, but this decline is however only statistically significant for some sampling stations (Table 3). Zinc values do not show any general time trend.

## 1. INDLEDNING

Ved Maarmorilik i Uummannaq kommune blev der brudt zink- og blymalm fra 1973 til 1990 af selskabet Greenex A/S. Malmen blev udsprængt i ca. 600 m's højde og transporteret med tovbane over fjorden Affalikassaa til et opberedningsanlæg i Maarmorilik. Her blev bly og zink udvundet fra malmen, og der blev produceret zink- og blykoncentrat, som blev lastet på skibe og transporteret til Europa.

Efter opberedning udledtes restprodukterne "tailings" på 30 m's dybde i Affarlikassaa. Medens minedriften stod på, medførte denne udledning, at der årligt opløstes flere tons bly og zink i fjordvandet, og dermed til en betydelig forurening af havmiljøet. I forbindelse med brydning og transport af malm samt transport af koncentrat blev der spredt bly- og zinkholdigt støv til omgivelserne. Gråbjerg, dvs. udsprængt materiale, der ikke var malm, blev bl.a. kørt til åbninger i fjeldet, og skubbet ud over de stejle fjeldsider. Derved opstod "gråbjergsdumpe" på flere hundrede tusinde tons med et ikke ubetydeligt indhold af bly og zink. En af disse dumpe "Gl. Gråbjergsdump" har især givet anledning til forurening af havmiljøet med bly og zink. I sommeren 1990 blev "Gl. Gråbjergsdump" gravet op og bl.a. anbragt oven på tailings i bunden af Affarlikassaa.

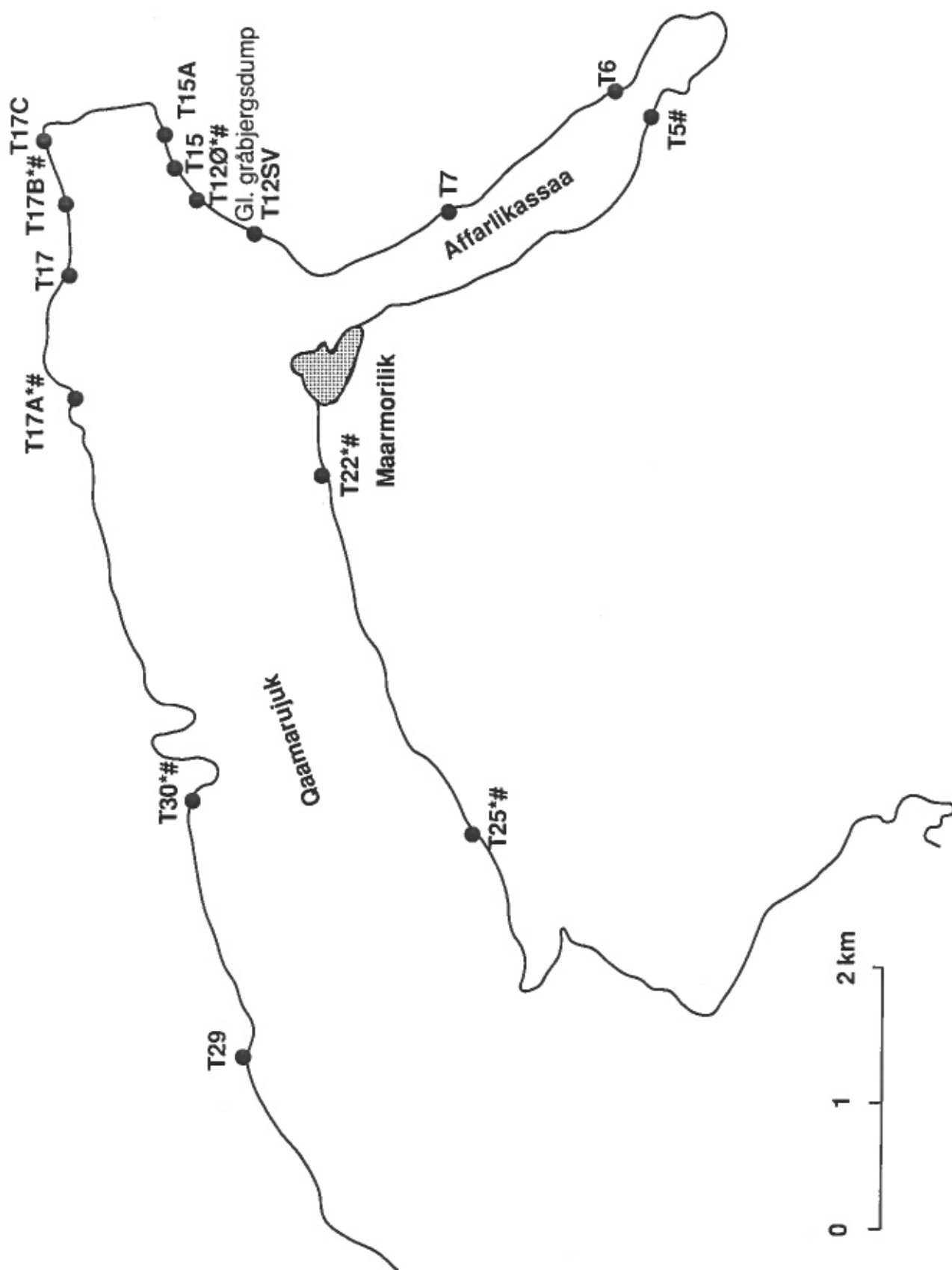
Forureningen i området overvåges ved indsamling og analyse af havvand, sedimenter, tang, musling, fisk, rejer, fugle og lavplanter. Denne rapport omhandler resultaterne for blåmuslinger indsamlet i 1993.

## 2. INDSAMLING OG ANALYSE

I september 1993 indsamlede Grønlands Miljøundersøgelser (GM) blåmuslinger ved Maarmorilik. Prøverne blev indsamlet på 20 stationer i Affarlikassaa, Qaamarujuk, Perlerfiup kangerlua og ved Qeqertat (jf. figur 1 og 2). For hver station og størrelsesgruppe blev det tilstræbt at indsamle 20 individer. Ved de tre hovedstationer (T17, T36 og L) indsamles blåmusling i størrelsesgrupper 2-3, 3-4, 4-5 cm ... osv af de grupper, der kan indsamles. Ved de øvrige stationer indsamles mindst 2 størrelsesgrupper, helst 6-7 cm og en anden gruppe, pånær T6 hvor der kun blev fundet en størrelsesgruppe. Vægt og antal muslinger i hver størrelsesklasse blev registreret. Bløddelene blev skåret ud af skallen med en skalpel og dybfrosset i plastposer.

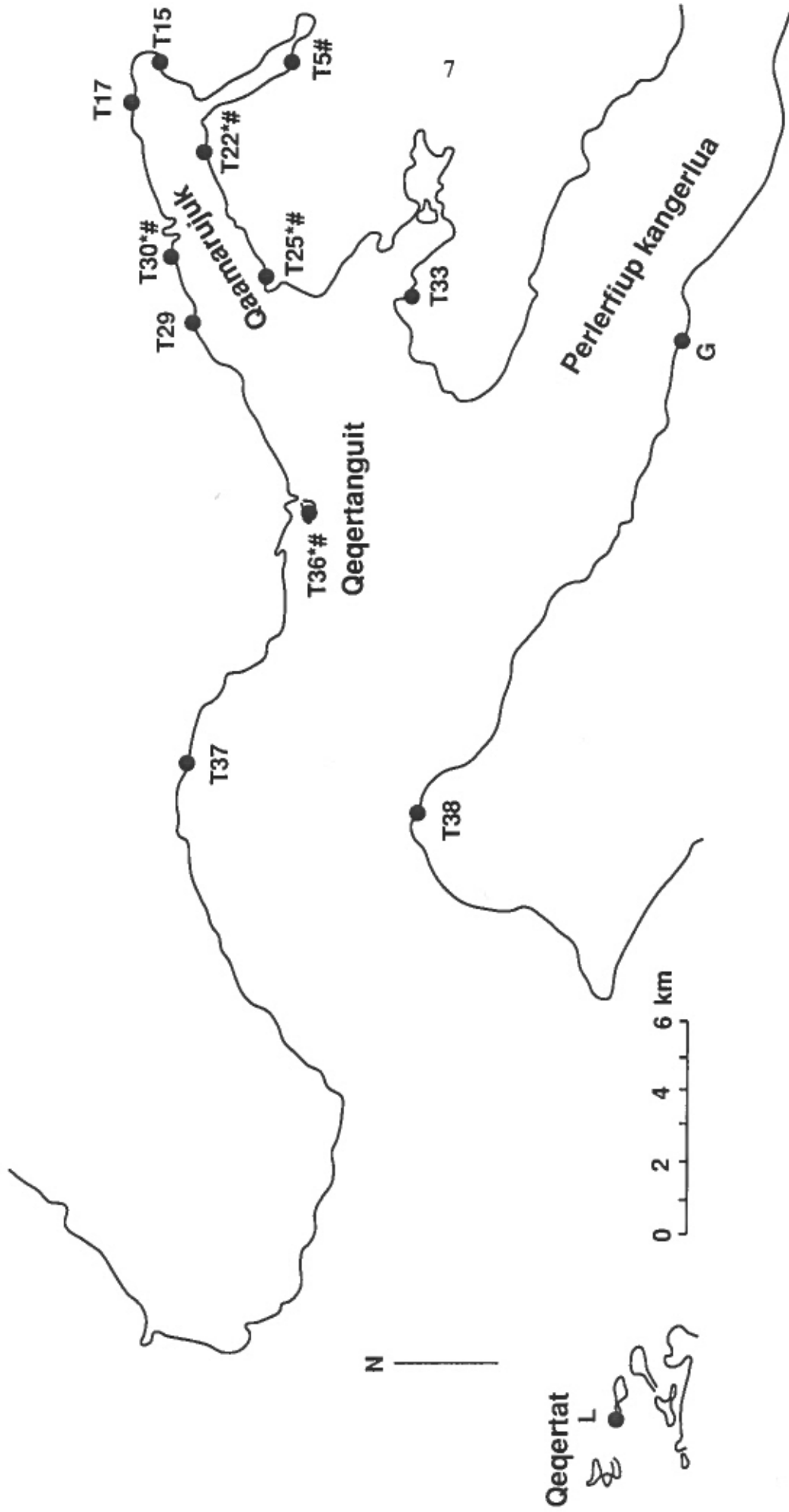
Derudover blev der på 8 stationer (T5, T12Ø, T17A, T17B, T22, T25, T30 og T36) indsamlet blåmuslinger, som var blevet transplanteret til disse stationer i 1991 og i 1992 fra station L. På station L blev desuden indsamlet muslinger, som var transplanteret til stationen fra station T17 i 1991.

I Grønlands Miljøundersøgelsers laboratorium er prøverne først frysetørret og derefter knust i agat-kuglemølle. Oplukningen foretages ved, at 0,25 - 0,5 g af den knuste frysetørrede prøve afvejes i teflonbeholdere, som tilsættes 4 ml salpetersyre. Prøverne nedbrydes derefter under tryk i "Berghoff pressure digestion system" ved 120°C i 4-6 timer. Efter endt destruktion overføres prøverne til polyethylenflasker med dobbeltionbyttet vand, og målingerne udføres direkte på denne opløsning. Til måling af høje koncentrationer benyttes flamme-atomabsorptions teknik. Til de lave koncentrationer benyttes grafitovns teknik. Udstyret er af mærket Perkin Elmer 3030, flamme og Zeeman grafitovn. Prøverne blev analyseret for cadmium, bly og zink.



Figur 1. Indsamlingsstationer for muslinger 1993, nærområde. \* og # angiver stationer hvortil muslinger i henholdsvis 1991 og 1992 blev transplanteret fra station L. På station L blev muslingerne transplanteret fra station T17.





Figur 2. Indsamlingsstationer for muslinger 1993, hele området. (I nærområdet er kun udvalgte stationer vist, jf. figur 1). \* og # angiver stationer hvortil muslinger i henholdsvis 1991 og 1992 blev transplanteret fra station L. På station L blev muslinger transplanteret fra station T17.

### 3. RESULTATER

#### 3.1 Analysekontrol.

Analysekvaliteten kontrolleres ved hjælp af certificerede referencematerialer, som jævnligt analyseres sammen med prøverne. For muslinganalyserne er det især TORT-1 og DORM-1 referencematerialerne, der er relevante.

Resultaterne af analysekontrollen kan fremstilles med såkaldte kontrolkort, som viser henholdsvis middelværdi og variationsbredde (bilag 1). Analysen siges at være i statistisk kontrol såfremt de opnåede analyser af referencematerialerne falder indenfor de angivne grænser med kun meget få undtagelser. Dette betyder, at de tilfældige variationer har en acceptabel størrelse.

Kontrolkortene viser, at i alle tilfælde er de opnåede resultater i god overensstemmelse med de certificerede værdier.

For Cd i TORT-1, Zn i TORT-1 og DORM-1 og Pb i DORM-1 falder kun få af observationerne udenfor kontrollinierne, hvorfor analyserne må siges at være i statistisk kontrol. Dog tyder middelværdi kortet for Zn i DORM-1 på en tidsmæssig ændring. For Pb i TORT-1 falder imidlertid adskillige af punkterne i middelværdi kortet udenfor kontrollinierne. Analyseresultaterne for Pb må derfor betragtes som noget mere usikre end analyseresultaterne for Zn og Cd.

### 3.2 Estimering af metalkoncentrationen.

Analyseresultaterne for de enkelte prøver er vist i tabel 1. Tretten prøver er dobbeltbestemt på den måde, at der er analyseret to delprøver af homogenatet, de gennemsnitlige relative usikkerheder (spredning i forhold til middelværdi) er for Cd, Pb og Zn henholdsvis 0,8%, 1,1% og 0,8%. I den videre databehandling er gennemsnittet benyttet for prøver, der er dobbeltbestemt.

I tidligere rapporter er der ved estimeringen af metalkoncentrationen i muslinger korrigeret for størrelsesforskelle mellem prøver fra forskellige stationer og/eller år. For Pb's vedkommende er der en generel stigning i koncentrationen med muslingernes størrelse, mens der for Zn ikke er nogen generel ændring med størrelsen. Dette er også bekræftet af en undersøgelse af ubelastede muslinger i Godthåbsfjorden (GM rapport under udarbejdelse). Korrektionen for muslingestørrelsen er gjort ved at anvende en kovariansanalyse, hvor sammenhængen mellem muslingestørrelse og metalkoncentration afhænger af stationen men er uafhængig af indsamlingsåret (GM 1993). Den statistiske analyse viste imidlertid også, at denne sammenhæng for en række stationernes vedkommende ikke var uafhængig af indsamlingsåret. Ved at negligere dette kan en stor forskel i metalkoncentrationer mellem to størrelsesgrupper observeret et enkelt år (måske af tilfælde årsager) overføres til at gælde i fremtiden. Dette er især uheldigt, når der i løbet af monitoringsperioden sker store ændringer i belastningen og dermed "naturlig" stor forskel i metalkoncentrationerne mellem aldersgrupperne.

For at undgå denne effekt er det valgt i nærværende rapport kun at anvende blykoncentrationen for muslinger i størrelsesintervallet 1 - 2 g bløddels tørvægt (svarende til ca. 6 - 8 cm skallængde), som er et tilstrækkeligt snævert interval til, at størrelseseffekten på blykoncentrationen er ubetydelig. I tilfælde, hvor der er indsamlet flere prøver i dette størrelsesinterval, er anvendt gennemsnittet af blykoncentration. I tilfælde, hvor ingen af prøverne falder indenfor det ønskede størrelsesinterval, er angivet blykoncentrationen i prøver, hvor gennemsnitsvægten er under 1 g bløddelstørvægt eller hvor gennemsnitsvægten er større end 2 g bløddels tørvægt. Zn koncentrationen er

beregnet som gennemsnittet af koncentrationerne i de indsamlede prøver. I lighed med de sidste års rapporter er der ikke korrigeret for eventuel forskel mellem analyseresultater fra forskellige laboratorier fra før 1982 (GM 1982). De beregnede metalkoncentrationer fremgår af tabel 2.

**Tabel 1.** Tungmetalkoncentrationen ( $\mu\text{g/g}$  tørstof) i blåmusling (*Mytilus edulis*) indsamlet ved Maarmorilik og i Uumannaq-fjorden i 1993. Stationernes beliggenhed fremgår af figur 1. For hver prøve er vist antal muslinger i prøven, den gennemsnitlige skallængde (gens. lgd.) og den gennemsnitlige bløddelstørvægt (gens. vgt.). Enkelte prøver er dobbeltbestemt (to prøver af homogenatet). tr angiver muslinger transplanteret til stationen fra Station L i pågældende år. På Station L er muslingerne transplanteret fra Station T17.

Station	Inds.dato	Id-nr.	Antal	lgd (cm)	vgt (g)	tørstof (%)	Cd ( $\mu\text{g/g}$ )	Pb ( $\mu\text{g/g}$ )	Zn ( $\mu\text{g/g}$ )
G	10.9.93	13495	9	6,53	1,66	17,5	2,88	8,16	140
		13496	6	8,20	3,18	16,7	4,61	32,3	189
L	8.9.93	15668	29	4,53	0,41	15,7	3,40	1,12	126
		15669	20	5,47	0,79	15,3	3,28	1,05	121
		15670	20	6,45	1,30	16,7	5,26	1,87	146
		-dobbeltbestemmelse					5,31	1,83	146
		15671	13	7,18	1,49	14,2	4,01	4,24	146
		15672	12	7,69	1,92	13,8	5,15	4,35	142
		15673	12	8,20	2,04	13,5	6,51	4,19	143
		15674	12	8,64	2,27	12,9	5,74	5,10	179
		15675	14	9,18	2,66	14,4	6,69	6,69	146
		-dobbeltbestemmelse					6,64	7,04	145
L tr 91	8.9.93	15676	13	7,41	1,18	11,6	4,42	426	316
T5	1.9.93	15407	20	7,65	2,11	16,5	3,69	594	378
		15408	20	8,45	2,58	14,9	3,63	525	373
T5 tr 92	1.9.93	15409	3	7,27	1,92	14,9	3,60	18,3	165
		15410	7	7,67	1,46	13,6	4,37	23,7	165
		15411	7	8,21	1,66	11,9	5,67	28,0	194
T6	1.9.93	15414	6	8,58	3,07	14,4	4,30	747	401
T7	1.9.93	15412	20	6,55	1,27	15,4	3,52	518	343
		-dobbeltbestemmelse					3,50	513	341
		15413	20	7,41	1,84	15,1	3,58	531	290
T12Ø tr 91	2.9.93	15471	11	8,34	2,25	13,4	5,39	243	388
tr 92		15468	7	7,14	1,22	11,3	6,78	277	491
		-dobbeltbestemmelse					6,70	272	485
		15469	6	7,72	1,73	13,1	5,12	180	303
		15470	7	8,16	2,00	12,4	6,44	203	356
T12SV	2.9.93	15466	18	6,63	1,24	12,5	10,4	1155	472
		15467	20	7,48	1,94	13,5	8,43	1146	456
T15	3.9.93	15485	13	6,43	0,94	13,1	4,71	530	449
		15486	20	7,45	1,59	13,9	4,57	437	392
T15A	3.9.93	15489	20	7,40	1,78	14,1	4,38	473	429
		15490	20	8,46	2,28	15,1	4,70	536	475
T17	2.9.93	15426	13	5,55	0,66	14,2	3,26	337	372
		15427	20	6,47	1,08	14,1	3,23	418	425
		15428	20	7,46	1,76	14,6	3,08	460	394
		15429	20	8,41	1,96	12,5	3,39	465	383
		15430	15	9,69	3,39	14,0	3,30	530	432
T17A	1.9.93	15432	20	6,55	0,93	13,7	3,14	425	346
		15433				12,6	2,64	354	275
		-dobbeltbestemmelse					2,63	356	278

(fortsættes næste side)

Station	Inds.dato	Id-nr.	Antal	lgd (cm)	vgt (g)	tørstof (%)	Cd ( $\mu\text{g/g}$ )	Pb ( $\mu\text{g/g}$ )	Zn ( $\mu\text{g/g}$ )	
T17A tr 91	2.9.93	15434	5	7,26	1,41	12,1	3,80	34,4	179	
		15435	5	7,74	1,29	10,2	6,53	35,1	271	
		15436	7	8,23	1,74	12,3	3,95	29,1	170	
		tr 92	15437	7	7,13	1,52	13,8	3,58	18,0	176
		15438	7	7,69	1,76	12,1	4,14	20,7	191	
		15439	7	8,20	1,81	10,3	3,78	24,2	180	
T17B	1.9.93	15440	20	6,49	0,81	11,0	3,88	498	416	
		-dobbelbestemmelse					3,93	504	419	
T17B tr 91	1.9.93	15441	20	7,37	1,21	11,2	3,59	460	339	
		15445	6	7,38	1,27	10,4	2,97	44,5	211	
tr 92		15446	7	7,66	0,90	8,0	6,41	49,7	263	
		15447	6	8,23	1,70	10,4	4,06	45,5	196	
		15442	7	7,17	1,01	10,3	5,79	25,1	297	
		-dobbelbestemmelse					5,81	25,2	298	
		15443	7	7,71	1,24	11,0	5,01	21,1	213	
		-dobbelbestemmelse					4,99	20,6	212	
T17C	2.9.93	15444	7	8,29	1,36	10,7	5,16	20,5	207	
		15464	11	6,59	1,29	14,6	3,39	284	373	
T22	3.9.93	15465	20	7,57	1,89	14,6	3,58	344	431	
		15493	20	7,45	1,70	14,4	3,14	376	433	
T22 tr 91	3.9.93	15494	18	8,41	2,18	14,1	3,34	369	324	
		- dobbelbestemmelse					3,28	368	320	
tr 92		15495	10	7,25	1,61	13,3	2,85	29,2	168	
		15496	3	8,37	2,20	11,6	4,12	34,5	283	
		15497	7	7,29	1,17	12,0	4,19	18,1	205	
		15498	7	7,74	1,64	12,5	3,54	18,1	173	
		15499	7	8,17	1,98	12,2	3,54	15,4	152	
T25	4.9.93	15615	19	6,61	0,95	11,6	2,72	313	347	
T25 tr 91	4.9.93	15616	20	7,45	1,17	12,4	3,26	339	366	
		15617	10	7,27	1,48	12,5	3,82	16,3	173	
tr 92		15618	11	7,73	1,77	11,6	3,60	16,9	146	
		15619	9	8,16	1,87	11,9	3,69	16,7	155	
		15620	7	7,31	1,74	14,0	3,47	14,2	120	
		-dobbelbestemmelse					3,57	14,4	119	
		15621	7	7,67	1,66	12,5	5,07	12,1	219	
T29	4.9.93	15622	7	8,17	2,07	13,7	3,67	14,4	129	
		15629	20	6,57	0,77	11,3	2,83	335	444	
T30	4.9.93	15630	19	7,54	1,30	12,4	2,74	316	301	
		15633	20	6,52	1,02	13,9	2,73	261	337	
T30 tr 91	4.9.93	15634	18	9,51	2,69	13,5	2,93	360	391	
		15635	6	7,73	1,47	10,7	4,72	31,5	213	
tr 92		15636	7	7,83	1,60	11,1	5,11	24,5	182	
		15637	7	8,24	1,80	10,9	4,47	22	160	
		15638	7	7,24	1,10	10,6	6,17	16,8	251	
		15639	7	7,66	1,19	10,3	5,87	14,2	223	
		15640	5	8,20	1,59	11,8	4,80	16,7	169	

(fortsættes næste side)

Station	Inds.dato	Id-nr.	Antal	lgd (cm)	vgt (g)	tørstof (%)	Cd (µg/g)	Pb (µg/g)	Zn (µg/g)	
T33	5.9.93	15647	11	7,43	1,81	15,2	2,55	73,5	217	
		15648	9	8,44	2,26	13,2	3,21	90,5	257	
		-dobbelbestemmelse						3,28	87,7	250
T36	5.9.93	15653	15	5,73	0,80	14,1	2,95	109	350	
		15654	20	6,48	1,03	15,4	3,04	145	365	
		15655	20	7,44	1,62	13,9	3,12	158	355	
		-dobbelbestemmelse						3,05	158	351
		15656	20	8,52	2,06	14,7	3,00	189	367	
		15657	12	9,39	2,72	13,1	2,54	200	297	
T36 tr 91	5.9.93	15658	8	7,44	1,45	13,6	3,16	13,1	133	
		15659	7	7,81	1,51	11,5	4,16	15,8	208	
tr 92		15660	7	7,24	1,16	11,4	4,61	12,9	203	
		15661	4	7,70	1,76	13,4	2,74	9,28	142	
		15662	7	8,26	1,68	12,1	6,80	18,6	213	
		-dobbelbestemmelse						6,81	18,6	207
T37	31.8.93	15401	10	6,49	1,22	14,9	2,75	59,4	209	
		15402	14	7,57	1,88	15,4	2,83	63,4	183	
T38	31.8.93	15403	19	6,50	1,63	18,5	4,21	23,5	182	
		15404	18	7,44	1,98	16,3	5,57	30,0	166	

**Tabel 2.** Bly- og zinkkoncentrationer ( $\mu\text{g/g}$  tørstof) i bløddede af blåmusling (*Mytilus edulis*) hvor gennemsnitsvægten af muslinger i prøver er mellem 1 - 2 g tørvægt. < angiver at gennemsnitsvægten af muslinger i prøven er mindre end 1 g tørvægt, > angiver at gennemsnitsvægten af muslinger i prøven er større end 2 g tørvægt og <> angiver koncentrationen er gennemsnittet af prøver hvor gennemsnitsvægten er henholdsvis mindre end 1 g og større end 2 g tørvægt.

Station	År	Pb	Zn	Station	År	Pb	Zn
G	1982	74	285	T7	1988	559	428
	1988	53 <sup>&gt;</sup>	262		1989	758	421
	1989	51	300		1990	968	536
	1990	50	268		1991	853	447
	1991	10 <sup>&lt;</sup>	185		1992	856	410
	1992	15	134		1993	523	315
	1993	8	163				
L	1982	8	166	T10	1973	194 <sup>&lt;</sup>	557
	1983	14	204		1976	580 <sup>&lt;</sup>	605
	1984	7	148		1977	1650	558
	1985	4	145		1978	1269	560
	1986	6	142		1980	820	491
	1987	6	154		1981	1009	642
	1988	6	138		1982	835	389
	1989	7	177	1983	1060	788	
	1990	5	133	1988	965 <sup>&gt;</sup>	522	
	1991	4	142	T12Ø	1982	2210	913
	1992	5	160		1983	2736	1327
	1993	3	143		1984	1974	938
					1985	1130	451
			1986		992	882	
			1987		1132	493	
V	1988	37	203	1988	1282	593	
T3	1984	1240	631	1989	1356	600	
	1985	512	382	1990	2012	989	
	1986	810	473	1991	1259	515	
	1987	579	418	1992	1200 <sup>&gt;</sup>	434	
	1988	752	461				
T5	1982	822	540	T12SV	1988	1536	547
	1984	908	518		1990	1991	962
	1985	534	430		1991	1105	457
	1986	608	471		1992	1123	472
	1987	610	502		1993	1150	464
	1988	567	412				
	1989	654	493				
	1990	819	604				
	1991	718	409				
	1992	708	460				
1993	558 <sup>&gt;</sup>	375					
T6	1988	704 <sup>&gt;</sup>	413				
	1990	1043	695				
	1991	1093	638				
	1992	965	518				
	1993	747 <sup>&gt;</sup>	401				

fortsættes næste side



Station	År	Pb	Zn	Station	År	Pb	Zn
T12V	1973	107	601	T17A	1976	400 <sup>&lt;</sup>	410
	1977	2339 <sup>&lt;</sup>	1070		1977	528 <sup>&lt;</sup>	385
	1978	3850	1194		1978	780	319
	1979	3350	1011		1979	620	448
	1980	2485	813		1980	752	481
	1981	2755	746		1984	454 <sup>&lt;</sup>	533
	1982	1799	644		1985	398	363
	1983	3690	1025		1986	232	284
	1984	2628	956		1987	299	372
	1985	1730	717		1988	395	423
	1986	1297	661		1989	427 <sup>&lt;</sup>	393
	1987	1841	585		1990	477	574
	1988	2143	597		1991	353 <sup>&lt;</sup>	361
	1989	2633 <sup>&gt;</sup>	616		1992	308 <sup>&lt;</sup>	355
			1993	425 <sup>&lt;</sup>	346		
T15	1973	20 <sup>&lt;&gt;</sup>	285	T17B	1986	482	393
	1986	679	577		1987	481	420
	1987	485	641		1988	522	397
	1988	628	471		1989	618	487
	1989	740	584		1990	717	495
	1990	946	859		1991	456	407
	1991	594	448		1992	522	399
	1992	597	387		1993	460	376
	1993	437	420				
T15A	1986	559	475	T17C	1986	463	352
	1987	316	343		1987	391	416
	1988	430	443		1988	311	401
	1989	502	529		1989	413	462
	1990	737	657		1990	454	476
	1991	631 <sup>&gt;</sup>	469		1991	503	468
	1992	523	449		1992	444	506
	1993	473	451		1993	313	401
T17	1973	20	214	T22	1986	504	522
	1977	935 <sup>&lt;</sup>	574		1987	455	428
	1981	902 <sup>&lt;</sup>	562		1988	453	523
	1982	557	332		1989	605	557
	1983	594	352		1990	567	573
	1984	618	462		1991	441	433
	1985	340	311		1992	514	482
	1986	452	359		1993	376	373
	1987	366	346				
	1988	488	400				
	1989	520	424				
	1990	692	554				
	1991	541	459				
	1992	511	365				
	1993	447	401				

fortsættes næste side

Station	År	Pb	Zn	Station	År	Pb	Zn
T25	1973	7	156	T33	1979	69 <sup>&gt;</sup>	160
	1982	296	342		1980	150	362
	1983	356	368		1993	74	235
	1984	260	334	T36	1973	8 <sup>&lt;</sup>	227
	1985	313	324		1978	225	302
	1986	300	364		1979	130	222
	1987	215	350		1980	216	416
	1988	274	424		1981	284	550
	1989	377	509		1982	142	251
	1990	338	486		1983	308	462
	1991	284	434		1984	206	387
	1992	245	383		1985	237	359
	1993	339	356		1986	173	344
T29	1973	8 <sup>&lt;</sup>	135		1987	183	357
	1976	230	340	1988	163	378	
	1977	365 <sup>&lt;</sup>	380	1989	245	374	
	1978	385	303	1990	219	417	
	1979	340	281	1991	184	328	
	1980	395	354	1992	132	301	
	1981	449	496	1993	151	345	
	1982	191	227	T37	1981	131 <sup>&lt;</sup>	311
	1983	428 <sup>&lt;&gt;</sup>	302		1982	153	309
	1984	327	389		1983	207	318
	1985	338	351		1984	111	267
	1986	303	422		1985	106	236
	1987	225	356		1986	113	253
	1988	255	374		1987	104	320
	1989	303	399		1988	79	223
	1990	364	418		1989	78	282
	1991	292	345		1990	111	291
1992	336	368	1992		69	275	
1993	316	366	1993	61	196		
T30	1976	300	438	T38	1981	59	298
	1977	500 <sup>&lt;</sup>	400		1982	58	262
	1978	525	343		1983	63	283
	1979	160 <sup>&lt;</sup>	200		1984	21 <sup>&gt;</sup>	170
	1980	355	387		1985	26	171
	1981	435 <sup>&lt;</sup>	385		1986	43	222
	1982	204	194		1987	44	244
	1983	457	434		1988	48	241
	1984	335	348		1989	40	235
	1985	259 <sup>&lt;</sup>	311		1990	36	198
	1986	332	463		1991	23	183
	1987	322	486		1992	13	183
	1988	423	453		1993	27	174
	1989	431	458				
	1990	470	492				
1991	333	413					
1992	229	322					
1993	261	363					

### **3.1 Geografisk fordeling af metaller**

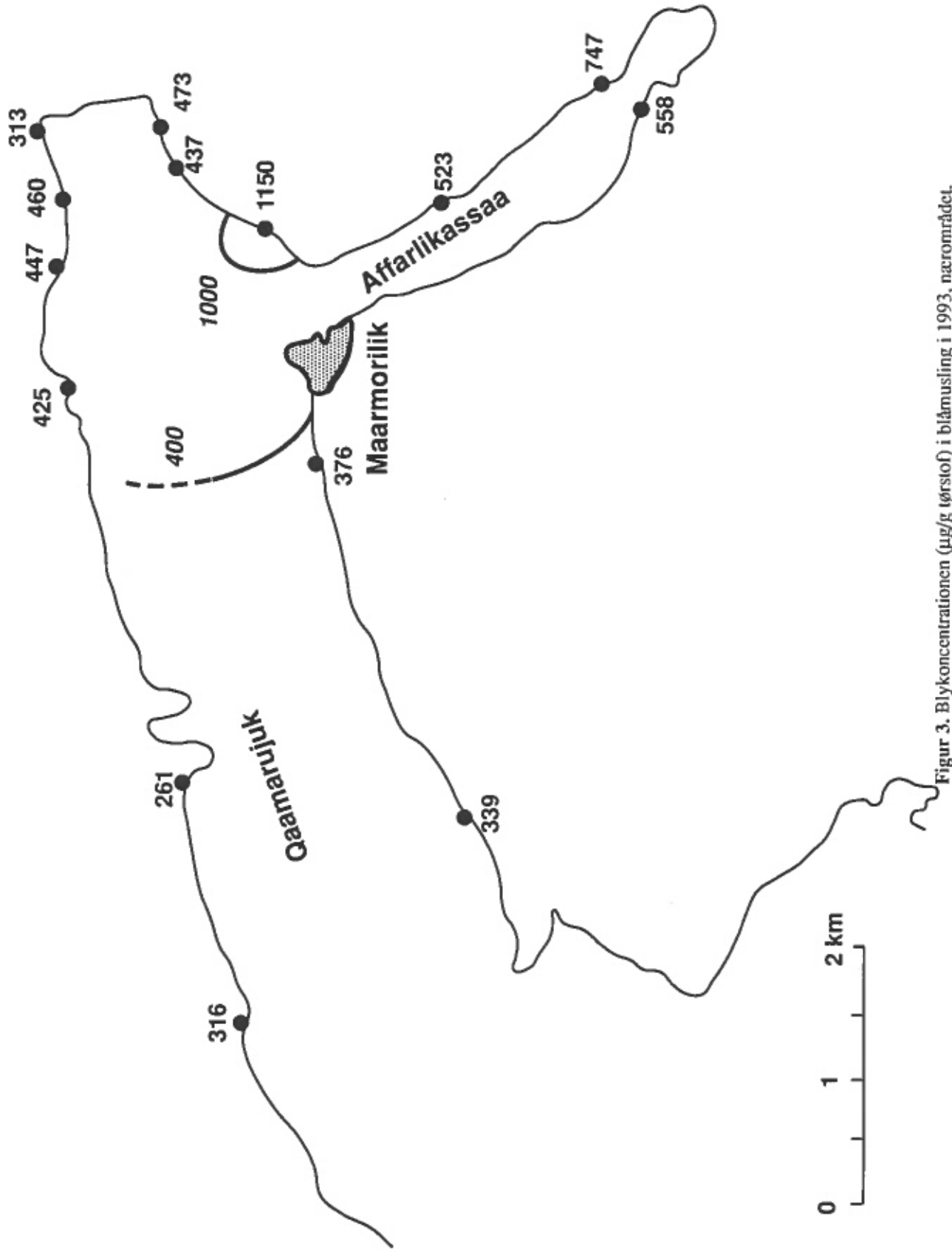
#### 3.1.1 Cadmium

Koncentrationen af cadmium er som i tidligere år ikke forhøjet i området, bortset fra en lettere forhøjelse ved station T12SV, tæt på området hvor den gamle gråbjergsdump lå (jf. tabel 1).

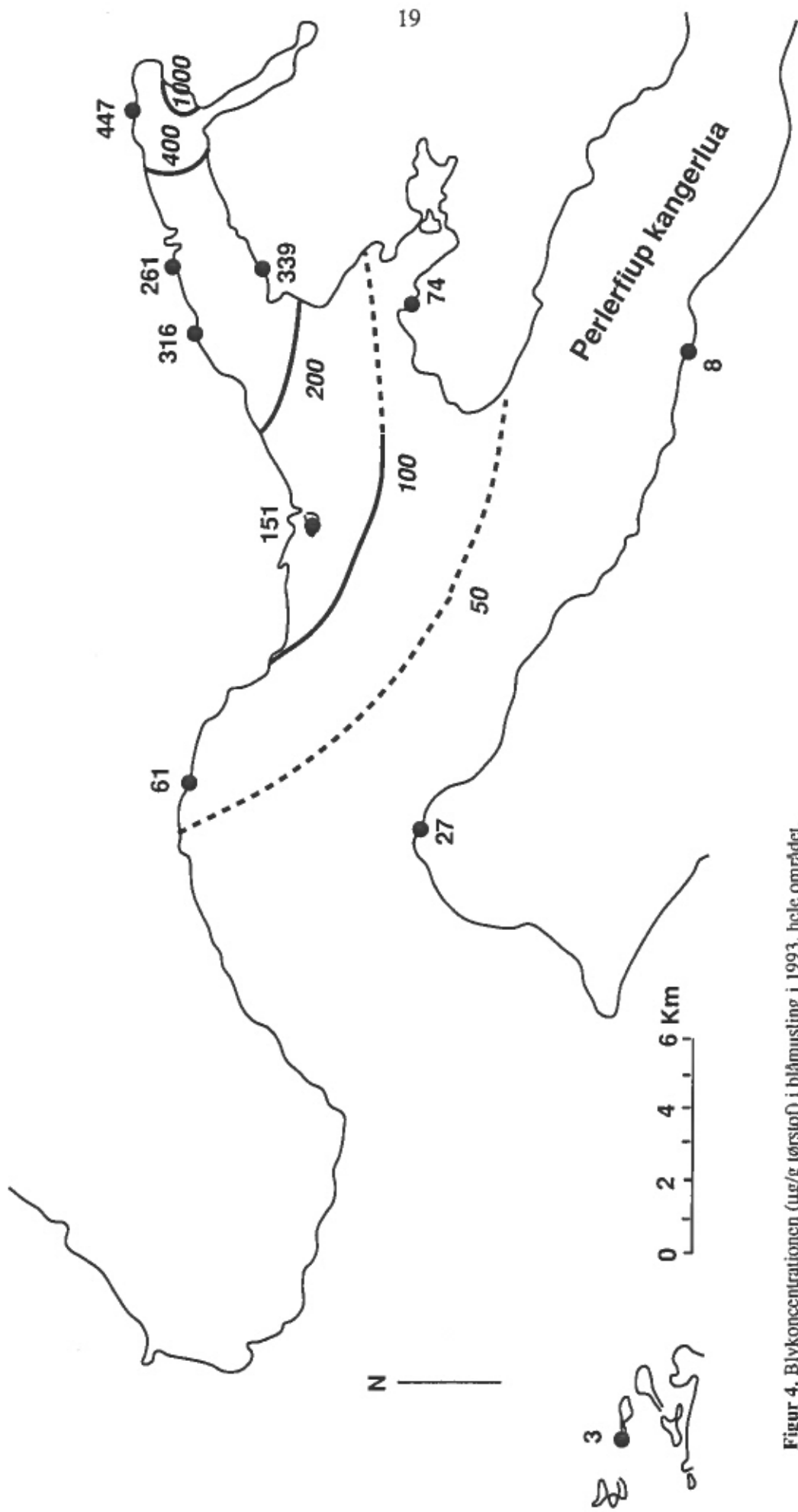
#### 3.1.2 Bly og zink

Den geografiske fordeling af blykoncentrationen i 1993 ligner mønstret fra tidligere år med faldende værdier væk fra mineområdet. De højeste værdier (1150-1200  $\mu\text{g/g}$  tørstof) optræder i området, hvor den gamle gråbjergsdump lå. De næsthøjeste værdier (747-558  $\mu\text{g/g}$  tørstof) optræder i Affarlikassaa. Blyniveauet er forhøjet i Qaamarujuk samt i den ydre del af Perlerfiup kangerlua, mens det ser ud til at være lavere og måske tæt på baggrunds niveauet i den indre del af Perlerfiup kangerlua. Her er dog kun resultater fra en station, så datagrundlaget for dette område er meget spinkelt. Blykoncentrationen på station L (Qeqertat) er på baggrunds niveauet (figur 2-3).

Den geografiske fordeling af zinkkoncentrationerne er ligeledes med faldende værdier væk fra mineområdet, men med væsentlig mindre koncentrationsforskelle end for bly. Tæt ved Maarmorilik er koncentrationen ca. 450  $\mu\text{g/g}$  tørstof, mens zinkkoncentrationen på station L (Qeqertat) og i den indre del samt på sydsiden af Perlerfiup kangerlua er på baggrunds niveauet.



Figur 3. Blykoncentrationen ( $\mu\text{g/g}$  tørstof) i blåmusling i 1993, nærområdet.



Figur 4. Blykoncentrationen (µg/g tørstof) i blåmusting i 1993, hele området.

### 3.2 Tidsmæssig udvikling i bly- og zinkkoncentrationen

For stationer med estimater af metalkoncentrationerne gennem en længere årrække (8 efterfølgende år eller flere) er der foretaget en statistisk analyse af tidsudviklingen med en metode udviklet i forbindelse med bearbejdningen af data fra de internationale monitoringsprogrammer under ICES. Helt centralt for metoden er antagelsen om, at den tilfældige variation mellem årene kan beskrives som estimaternes afvigelse fra et udglattet kurveforløb. Metoden er nærmere beskrevet i GM, 1994a. Fortolkningen af resultaterne fra de statistiske analyser, som de fremstår i tabel 3, er følgende:

Signifikant systematisk årsforskel : Ved testen sammenholdes den observerede variation mellem årene med estimatet for den tilfældige variation mellem årene. En signifikant forskel betyder, at den observerede variation mellem årene er større end, hvad der kan forventes af tilfældige årsager. Der er således forskel mellem årene.

Signifikant lineær og ikke-signifikant ikke-lineær effekt : Her testes hvorvidt en ret linie giver en statistisk bedre beskrivelse af data end en overordnet middelværdi målt i forhold til estimatet for den tilfældige variation mellem årene. Er testen signifikant betyder dette at tidsudviklingen kan betragtes som lineær.

Både signifikant lineær og signifikant ikke-lineær effekt : Ved testen sammenholdes den variation der er tilbage efter at data er beskrevet ved en ret linie med målet for den tilfældige variation mellem årene. Et signifikant udfald af testen betyder, at variationen omkring den rette linie er større end, hvad der kan forventes af tilfældige årsager, hvorfor tidsudviklingen må betragtes som ikke lineær.

For 4 ud af de 15 analyserede stationer (T17A, T37, T38 og L) er der fundet en signifikant forskel i blykoncentrationen mellem årene (tabel 3). For de øvrige stationer er der i de fleste tilfælde en faldende tendens men forskellene er ikke signifikante. Tidsudviklingen kan for stationerne L, T37 og T38 betragtes for faldende lineært, mens faldet på station T17A ikke kan betragtes lineært.

Blykoncentrationen i muslinger steg meget kraftigt i de første år efter minedriftens start i 1973, hvorefter der har været et generelt fald (GM 1993). Efter minens lukning i 1990 er blykoncentrationen tydeligt faldet fra 1990 til 1991 og igen fra 1991 til 1992. Set samlet er koncentrationen nærmest uændret fra 1992 til 1993; i nogle områder er den faldet og i andre steget.

Zinkkoncentrationen er kun fundet signifikant forskellig mellem årene på to stationer (T25 med stigende værdi og T38 med faldende værdi). For begge stationers vedkommende kan tidsudviklingen ikke betragtes som lineær. Tendensen på de øvrige stationer er for den ene halvdel faldende og for den anden halvdel stigende. Zinkkoncentrationen er i alle områder (pånær Qeqertat) faldet fra 1990 til 1991 og igen fra 1991 til 1992, mens koncentrationen nærmest er uændret fra 1992 til 1993.

Bly- og zinkbelastningen i Maarmorilik området har været faldende, især efter 1990, hvor minen lukkede. Dette fremgår blandt andet af resultaterne fra monitoringen af tang og havvand (GM 1994a og GM 1994b). Når dette ikke fremgår tydeligt af monitoringen af blåmuslinger, kan dette skyldes at udskillelshastigheden af metaller hos blåmuslinger er meget langsom og dermed gør blåmuslinger uegnede til monitorering af tidsudviklingen.

**Tabel 3.** Resultaterne af den statistiske analyse af tidsudviklingen på udvalgte stationer. P angiver sandsynligheden for at pågældende effekt er uden indflydelse. - og + angiver en henholdsvis faldende og stigende lineær tendens. \* angiver en P værdi under 0,05

Pb	Zn			Systematisk mellem-år	Lineær effekt	Ikke-lineær effekt
	Systematisk mellem-år	Lineær effekt	Ikke-lineær effekt			
St. L	0,03*	-0,009*	0,26	0,61	-0,23	0,83
St. T5	0,11	-0,34	0,07	0,34	-0,19	0,44
St. T15	0,17	-0,48	0,08	0,12	-0,15	0,12
St. T15A	0,12	+0,31	0,07	0,21	+0,53	0,10
St. T17	0,08	-0,20	0,07	0,48	+0,81	0,34
St. T17A	0,003*	-0,003*	0,009*	0,11	-0,68	0,07
St. T17B	0,26	-0,93	0,12	0,06	-0,61	0,02*
St. T17C	0,09	-0,75	0,04*	0,09	+0,09	0,11
St. T22	0,35	-0,44	0,23	0,29	-0,25	0,27
St. T25	0,35	+0,99	0,22	0,04*	+0,003*	0,0006*
St. T29	0,73	-0,64	0,65	0,48	+0,26	0,52
St. T30	0,59	-0,72	0,49	0,25	+0,25	0,25
St. T36	0,83	-0,37	0,88	0,70	+0,79	0,58
St. T37	0,001*	-0,0008*	0,23	0,17	-0,08	0,34
St. T38	0,02*	-0,008*	0,06	0,004*	-0,004*	0,01*



### 3.3 Transplantationsforsøg med blåmuslinger

I september 1991 blev der indsamlet blåmuslinger ved Qeqertat i området omkring station L. Muslingerne blev anbragt i netposer og udsat på station T5, T12Ø, T17A, T17B, T22, T25, T30 og T36. Derudover blev der indsamlet blåmuslinger på station T17, som blev udsat på station L. Fra disse transplanterede blåmuslinger blev der i september 1992 indsamlet muslinger på alle de nævnte stationer og igen i 1993. Muslingerne på station T5 var dog døde.

Transplantationen blev gentaget i 1992, hvor der blev flyttet muslinger fra Qeqertat til station T5, T12Ø, T17A, T17B, T22, T25, T30 og T36. Fra disse muslinger blev der indsamlet prøver i 1993.

Tabel 4 viser biologiske parametre og metalkoncentrationen i de transplanterede blåmuslinger sammenlignet med de naturlige populationer. Da koncentrationsmålet er vanskeligt at fortolke, når der er markante væksthforskelle mellem populationerne, er de målte metalkoncentrationer (henholdsvis C(pb) og C(zn)) omregnet til metalindholdet i blåmuslinger med skallængden 6 cm (henholdsvis I(pb) og I(zn)) på følgende måde :

$$\text{Indhold} = \text{Koncentration} \times \text{Kondition} \times (6 \text{ cm})^3$$

hvor konditionen = bløddelsvægten / skallængde<sup>3</sup>

Ved denne beregningsprocedure er det antaget, at Koncentrationen x Konditionen er konstant for en given population. Dette betyder med andre ord, at øget bløddelsvægt modsvares af en tilsvarende fortynding af metalkoncentrationen.

Først og fremmest viser transplantationsforsøgene, at der stadig findes forureningskilder de pågældende steder, idet transplanterede muslinger efter et år har et forhøjet indhold af bly. På station T12Ø, som er den mest belastede station, opnår muslinger transplanteret i 1991 et blyindhold på 148 µg og et zinkindhold på 346 µg i løbet af et år svarende til 10 og 67% af indholdet i den naturlige population på stationen. Efter yderligere et år var

blyindholdet steget til 204  $\mu\text{g}$ , mens zinkindholdet var faldet en smule til 325  $\mu\text{g}$ .

På de øvrige stationer i Qaamarujuk, hvortil der i 1991 er transplanteret muslinger, er der ikke sket en stigning fra 1992 til 1993 af muslingernes zinkindhold og blyindholdet er steget betydeligt mindre end ved transplantationsforsøget i 1984/85 (GM 1989). Hvor det i 1984/85 steg til ca. 100  $\mu\text{g}$  Pb ved station T17A (indre Qaamarujuk), steg det på samme station fra 1991 til 1992 kun til knap 20  $\mu\text{g}$  Pb og fra 1992 til 1993 til knap 27  $\mu\text{g}$ . Dette tyder på, at påvirkningen af muslingerne nu kun er ca. 1/5 af hvad det var, mens minedriften fandt sted. I den ydre del af Qaamarujuk og ved Qeqertanguit er blyindholdet fra 1991 til 1992 steget til ca. 10  $\mu\text{g}$  Pb, hvilket er ca. det dobbelte af det naturlige indhold.

I de populationer, som blev transplanteret i 1991 steg blyindholdet fra 1992 til 1993 væsentligt mindre end fra 1991 til 1992. Og i de populationer, som blev transplanteret i 1992, steg blyindholdet mindre fra 1992 til 1993, end i de populationer som blev transplanteret i 1991. Dette tyder på, at tidevandszonens forurening i perioden 1992-1993 er faldet sammenlignet med perioden 1991-1992.

Transplantationen af muslinger fra den belastede station T17 til Qeqertat kan anvendes til at beregne udskilleleshastigheden af metallerne. Indholdet af bly og zink på station T17 i 1991 for muslinger med skallængden 6 cm kan beregnes til henholdsvis 464 og 371  $\mu\text{g}$  (gennemsnittet af to prøver med samme muslingestørrelse som de transplanterede). I 1992 er bly- og zinkindholdet faldet til 402 og 267  $\mu\text{g}$  svarende til et fald på henholdsvis ca. 13 og 28%, hvilket er et noget mindre fald end set efter et år ved transplantationsforsøget i 1984-85 (GM 1989). Dette skyldes formentlig, at de muslinger der indsamledes til transplantation ved T17 i 1991 allerede havde udskilt en del af deres bly i perioden 1990-1991 (fra 692  $\mu\text{g/g}$  til 541  $\mu\text{g/g}$ ). I 1993 faldt indholdet væsentligt, nemlig til 267  $\mu\text{g}$  Pb og til 198  $\mu\text{g}$  Zn.

**Tabel 4.** Gennemsnitlig bly- og zinkindhold i naturlige og transplanterede blåmuslingepopulationer ved Maarmorilik. Metalindholdet er normaliseret til en 6 cm musling. De transplanterede muslinger er overført fra station L i 1991 med et blyindhold på 3,46 µg og et zinkindhold på 132 µg, og i 1992 med blyindholdet 3,29 µg og zinkindholdet 132 µg. De transplanterede muslinger på station L i 1991 stammer fra station T17, hvor blyindholdet var 464 µg og zinkindholdet 371 µg.

Station	naturlig		Pb		transplanteret i 1992 1993
	1992	1993	transplanteret i 1991 1992	1993	
St. L	3,29	3,00	402	267	-
St. T5	-	545	-	-	18
St. T12Ø	1423	-	148	204	169
St. T17A	212	304	18,8	22,7	16,9
St. T17B	375	309	20,2	27,3	12,6
St. T22	403	313	18,9	27,3	12,6
St. T25	212	215	10,5	13,4	11,7
St. T30	188	225	13,1	18,2	9,68
St. T36	131	126	9,85	10,4	9,41

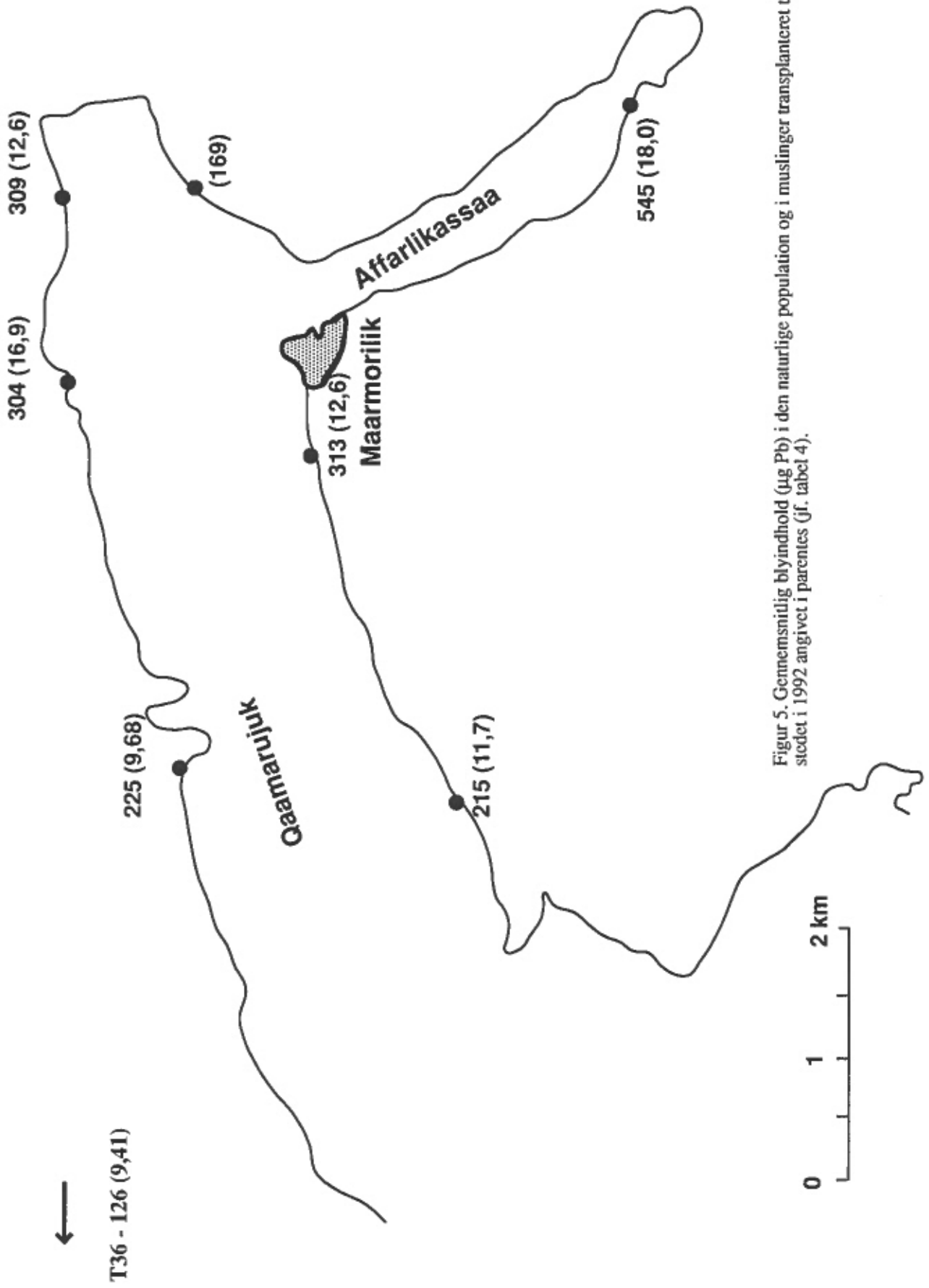
Station	naturlig		naturlig	
	1990	1991	1992	1993
St. T17	692	554	511	447

Station	naturlig		Zn		transplanteret i 1992 1993
	1992	1993	transplanteret i 1991 1992	1993	
St. L	132	127	267	198	-
St. T5	-	365	-	-	140
St. T12Ø	515	-	346	325	295
St. T17A	244	247	138	140	149
St. T17B	292	244	141	129	136
St. T22	378	321	174	191	128
St. T25	333	235	121	127	132
St. T30	263	266	141	130	130
St. T36	221	279	127	122	130

Station	naturlig		naturlig	
	1990	1991	1992	1993
St. T17	554	459	365	401



Figur 5. Gennemsnitlig blyindhold ( $\mu\text{g Pb}$ ) i den naturlige population og i musinger transplanteret til stedet i 1992 angivet i parentes (jf. tabel 4).

#### 4. VURDERING AF FORURENINGSTILSTANDEN

Efter en forventet stigning i 1990 i forbindelse med lukningen af Maarmorilik-minen var bly- og zinkindholdet i blåmusling ved indsamlingerne i september 1991 tilbage på niveauet fra 1980'erne. I september 1992 var bly- og zinkindholdet faldet yderligere, mens det var nærmest uændret i september 1993 i forhold til året før. Der er dog stadig forhøjet blyindhold i Affarlikassaa, Qaamarujuk og Perlerfiup kangerlua. I størstedelen af dette område overstiger blyindholdet den maksimale grænseværdi (2 mg/kg vådvægt) for bly i muslinger. Det frarådes derfor fortsat at indsamle og fortære blåmuslinger fra dette område. Zinkindholdet er forhøjet i Affarlikassaa, Qaamarujuk samt på den nordlige kyst af Perlerfiup kangerlua.

I september 1991 og i 1992 blev muslinger fra et uforurennet område flyttet til flere stationer ved Maarmorilik. Efter et års ophold var blyindholdet steget, hvilket viser, at der fortsat er forureningskilder i området. Sammenlignet med et tilsvarende transplantationsforsøg i 1984/85 er blyindholdet fra 1991 til 1992 og fra 1992 til 1993 steget betydeligt mindre. Transplantationsforsøget viser, at kilderne til muslingernes blyforurening kun er ca. 1/5 af, hvad de var i 1984/85 mens minedriften fandt sted. En sammenligning af transplantationsforsøgene i 1991 og 1992 tyder på, at forureningen i området er faldet i 1993 sammenlignet med 1992. Transplantation af muslinger fra Maarmorilik til et uforurennet område viser imidlertid, at optaget bly udskilles meget langsomt selv om forureningen ophører. Det må derfor forventes, at blåmuslingerne i de tre fjorde vil være blybelastede i en del år fremover (sandsynligvis i 10-20 år).

**REFERENCER**

Grønlands Miljøundersøgelser 1989. Vurdering af transplantationsforsøg med blåmusling ved Maarmorilik 1984-1988. 10 pp.

Grønlands Miljøundersøgelser 1992. Analyseresultat for blåmusling indsamlet ved Maarmorilik og i Uummannaq-fjorden september 1991. 17 pp.

Grønlands Miljøundersøgelser 1994a. Analyseresultater for tang indsamlet ved Maarmorilik og i Uummannaq-fjorden september 1993.

Grønlands Miljøundersøgelser 1994b. Havvandsundersøgelser ved Maarmorilik september 1993.

## BILAG 1. Analysekontrol kort

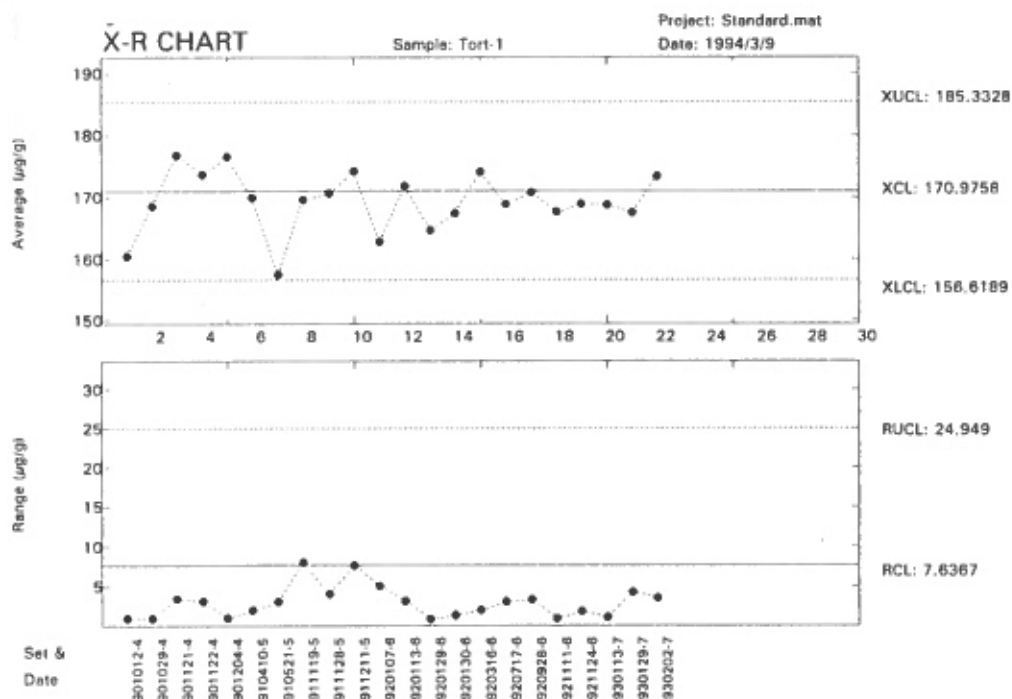
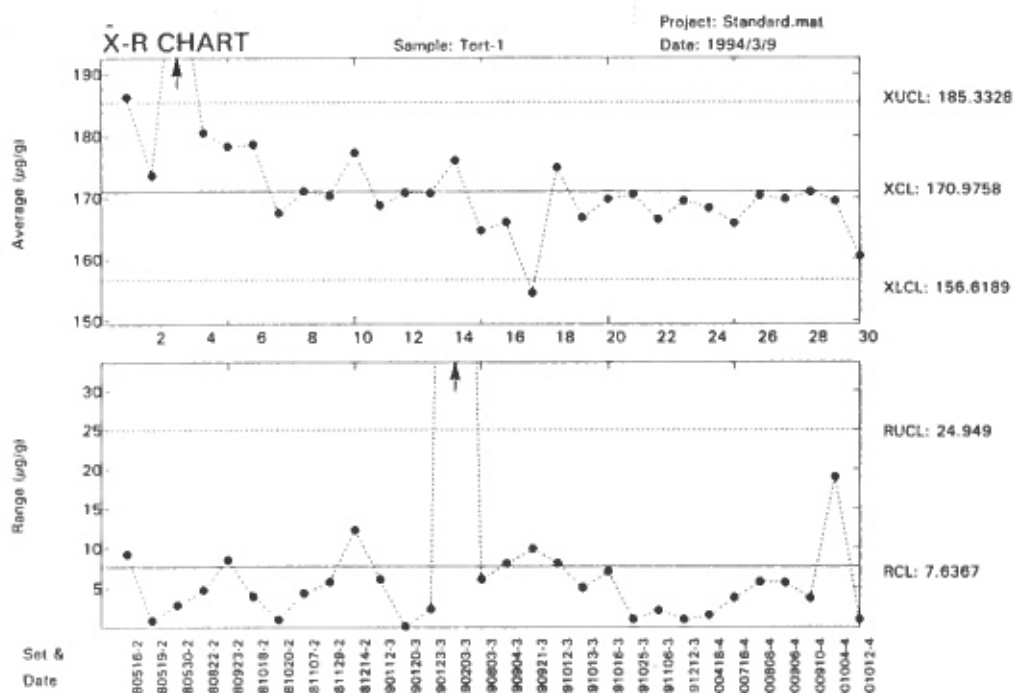
Analysekvaliteten kontrolleres ved hjælp af certificerede referencematerialer, som jævnligt analyseres sammen med prøverne. For tanganalyserne er det især TORT-1 og DORM-1 referencematerialerne, der er relevant. Koncentrationerne i referencematerialerne angives med 95% sandsynlighedsgrænser til:

	Cd	Zn	Pb
TORT- 1	26,3 ± 2,1	177 ± 10	10,4 ± 2,0
DORM-1		21,3 ± 1,0	0,40 ± 0,12

Resultaterne af analysekontrollen er fremstillet med såkaldte kontrolkort; middelværdi kort og variationsbredde kort (figur 1 og 2 Zn, figur 3 Pb og figur 4 Cd).

I middelværdi kortet vises for hver analysedato de opnåede resultater sammen med central linien (XCL), middelværdien gennem hele perioden, og en øvre og nedre kontrol liniegrense (XUCL og XLCL). Kontrolgrænserne er tegnet således, at når analysen er i kontrol vil middelværdien i de 99,7% af tilfældene falde indenfor grænserne. Ved beregningen af grænserne anvendes den gennemsnitlige variationsbredde, bestemt ved dobbelt eller flerdobbelte analyser.

I variationsbredde kortet vises for hver analysedato forskellen mellem højeste og laveste analyseresultat sammen med en centrallinie (RCL), middelværdien af variationsbredden gennem hele perioden, og en øvre kontrollinie (RUCL) igen beregnet som et 99,7% interval.

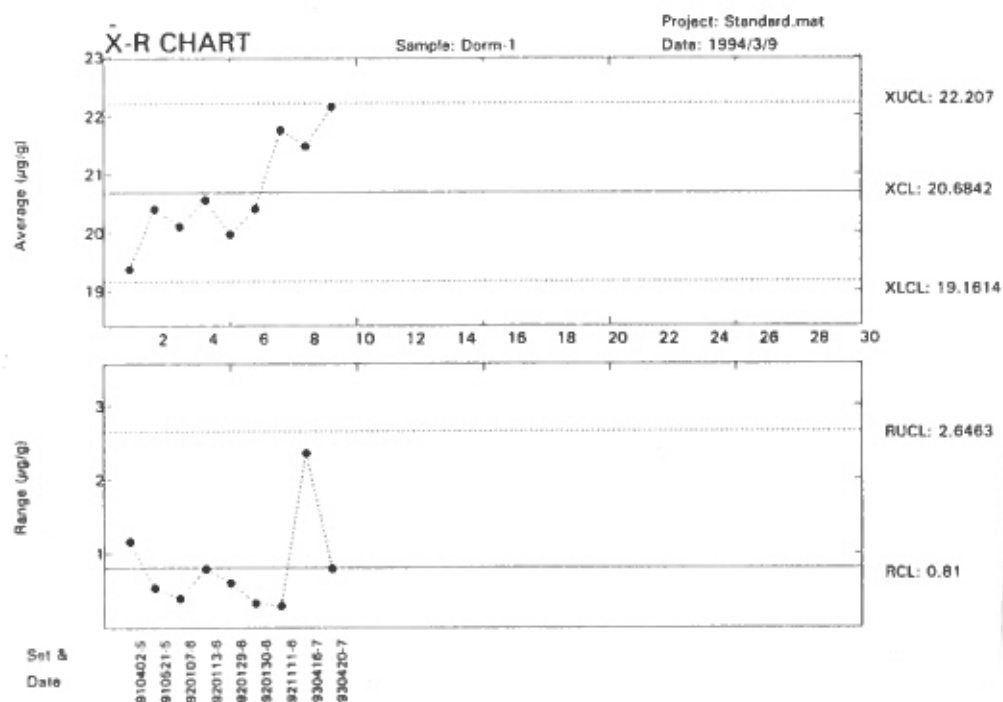


**Figur 1.** Kontrollkort for Zn analyser.

Øverst : referencematerialet TORT-1 i perioden maj 1988 til oktober 1990

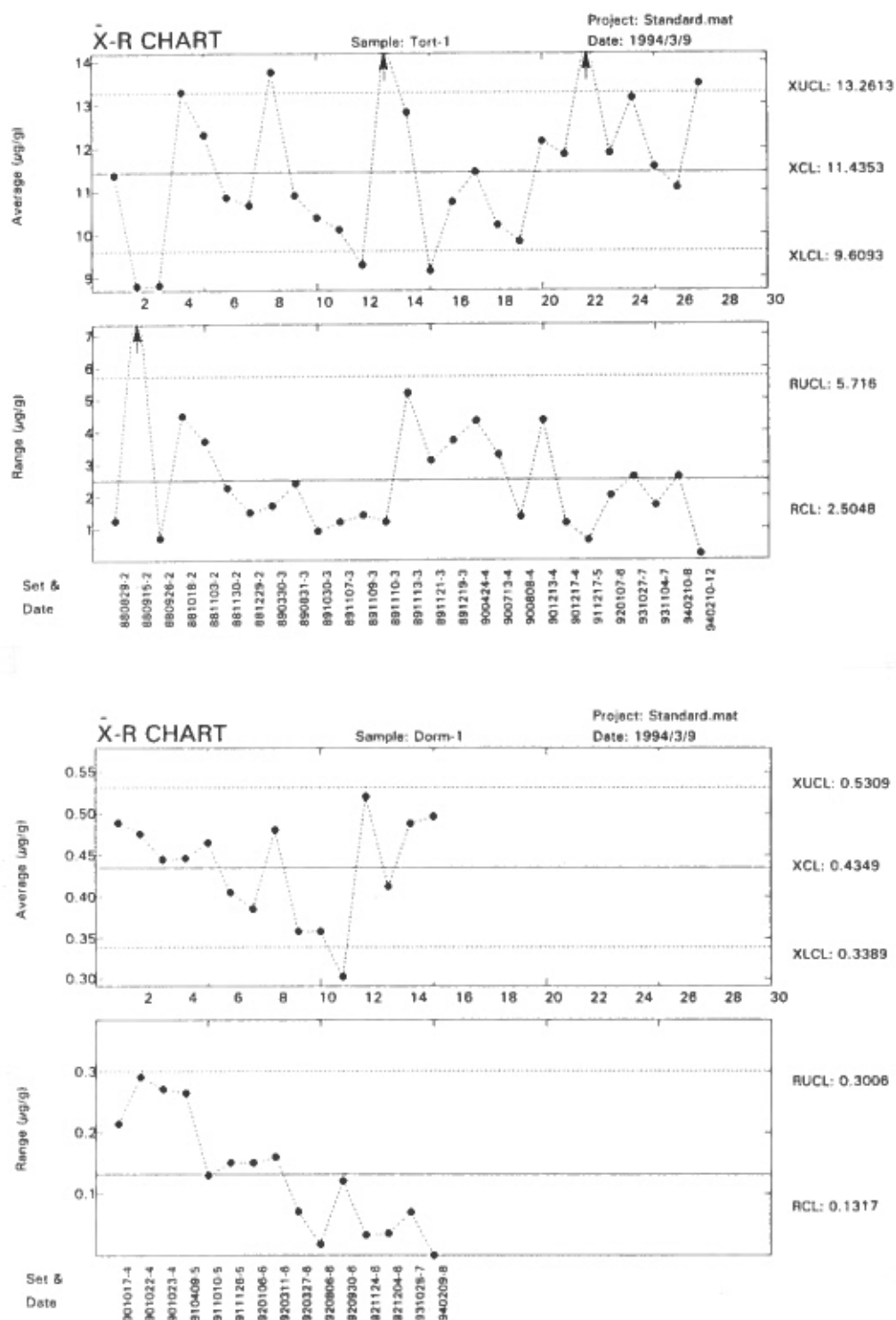
Nederst : referencematerialet TORT-1 i perioden oktober 1990 til februar 1993





**Figur 2.** Kontrollkort for Zn.

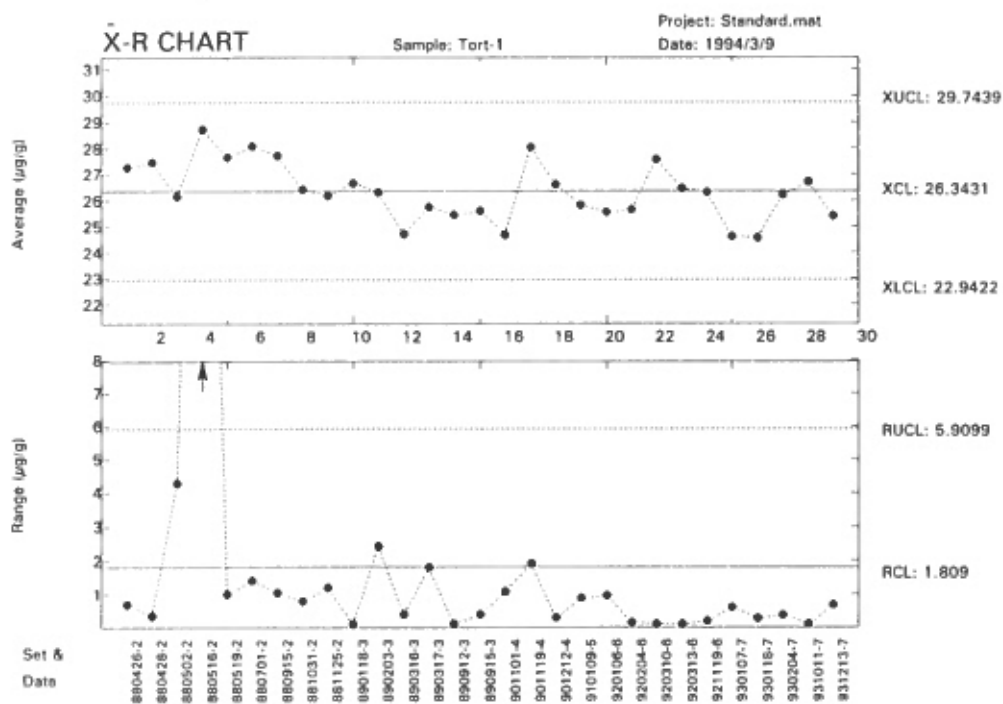
Referencematerialet DORM-1 i perioden april 1991 til april 1993.



Figur 3. Kontrollkort for Pb analyser.

Øverst : referencematerialet TORT-1 i perioden august 1988 til februar 1994

Nederst : referencematerialet DORM-1 i perioden oktober 1990 til februar 1994



**Figur 4. Kontrollkort for Cd.**

Referencematerialet TORT-1 i perioden april 1988 til december 1993.