

Miljøundersøgelser ved Maarmorilik 1997

Faglig rapport fra DMU, nr. 226

Poul Johansen

Frank Riget

Gert Asmund

Afdeling for Arktisk Miljø

Miljø- og Energiministeriet
Danmarks Miljøundersøgelser
Marts 1998

Datablad

Titel:	Miljøundersøgelser ved Maarmorilik 1997	
Forfattere:	Poul Johansen, Frank Riget og Gert Asmund	
Afdeling:	Afdeling for Arktisk Miljø	
Serietitel og nummer:	Faglig rapport fra DMU, nr. 226	
Udgiver:	Miljø- og Energiministeriet Danmarks Miljøundersøgelser ©	
URL:	http://www.dmu.dk	
Udgivelsestidspunkt:	Marts 1998	
Faglig kommentering:	Hanne Petersen	
Bedes citeret:	Poul Johansen, Riget, F. & Asmund, G. (1998) : Miljøundersøgelser ved Maarmorilik 1997. Danmarks Miljøundersøgelser. 36 s. - Faglig rapport fra DMU, nr. 226	
	Gengivelse kun tilladt med tydelig kildeangivelse	
Abstract:	Rapporten belyser og vurderer forureningstilstanden ved Maarmorilik på baggrund af prøveindsamling i 1997	
Emneord:	Grønland, Maarmorilik, minedrift, lav, blåmusling, bly, zink	
ISBN:	87-7772-379-1	
ISSN:	0905-815X	
Papirkvalitet:	MultiArt Silk 100g (TCF)	
Tryk:	Scanprint	
Oplag:	150	
Sideantal:	36	
Pris:	50,-kr (incl. moms, excl. forsendelse)	
Købes hos:	Danmarks Miljøundersøgelser Frederiksborgvej 399 Postbox 358 4000 Roskilde Tlf. 46 30 12 00 Fax 46 30 11 14	Miljøbutikken Information og bøger Læderstræde 1 1201 København K Tlf. 33 37 92 92 Fax 33 92 76 90

Indhold

Sammenfatning 5

Imaqarnersiorlugu naalisagaq 7

English summary 9

1 Indledning 11

2 Indsamling 12

3 Analyse og analysekontrol 15

4 Resultater 17

4.1 Lav 17

4.2 Blåmusling 24

5 Referencer 29

Bilag

I Analysekontrollkort 30

II Pb og Zn i lav *Cetraria nivalis* 34

III Pb og Zn i blåmusling *Mytilus edulis* 35

Danmarks Miljøundersøgelser 36

Sammenfatning

Miljøundersøgelse

Produktionen i bly-zink minevirksomheden i Maarmorilik ophørte i 1990. Miljøtilstanden i området er siden blevet undersøgt årligt ved indsamling og analyse for bly og zink i havvand samt lav og dyr fra området. Denne rapport præsenterer resultaterne af de undersøgelser, som blev udført i 1997. I forhold til tidligere år var undersøgelserne i 1997 af mindre omfang, idet nogle elementer i det undersøgelsesprogram, som er planlagt udført efter minens lukning, ikke udføres hvert år.

Støvspredning

Spredning af bly og zink med støv fra minevirksomheden er undersøgt ved at indsamle og analysere lavarten *Cetraria nivalis* i området ved Maarmorilik. Der blev i 1997 dels indsamlet og analyseret naturligt forekommende lav i området og dels lav, som i 1996 var blevet transplanteret (flyttet) fra en uforurenede lokalitet til flere lokaliteter ved Maarmorilik.

Metalkoncentrationerne i det transplanterede lav var i de fleste tilfælde tydeligt lavere end i det lav, der naturligt vokser på den pågældende station. Forklaringen herpå er sandsynligvis, at det bly og zink der måles i naturligt voksende lav er akkumuleret i lavet over flere år, mens det der måles i transplanteret lav fortrinsvis repræsenterer det metal, der er akkumuleret over transplantationsperioden, i dette tilfælde 1 år.

Forhøjede værdier i transplanteret lav ses i en afstand til omkring 10 km fra Maarmorilik for bly, mens det kun er tæt ved Maarmorilik, der ses forhøjede værdier for zink. Der spredes således bly og zink gennem atmosfæren til Affarlikassaa, Qaamarujuk og for bly vedkommende også til nordsiden af Perlerfiup kangerlua ud over, hvad der er naturligt betinget. Forhøjede værdier for både bly og zink findes i et større område i naturligt forekommende lav.

I tidligere år er der estimeret et årligt nedfald af bly i området ud fra den målte blykoncentration i naturligt forekommende lav. Disse nedfald må med den viden, der nu er opnået ved transplantationsforsøgene, betegnes som overestimerede, og den reelle metalspredning gennem atmosfæren efter minens lukning er væsentlig mindre end tidligere vurderet.

Blåmusling

Der er i 1997 kun analyseret blåmuslinger, som i 1996 og tidligere år er transplanteret fra et uforurenede område til flere stationer ved Maar-

morilik og området vest herfor. Resultaterne viser, at der fortsat findes forureningskilder, som bevirker, at transplanterede muslinger efter et års ophold opnår et forhøjet blyindhold, mens zinkindholdet kun er forhøjet meget lokalt ved Maarmorilik.

Den største forøgelse for bly findes i området under Sorte Engel fjeldet. Her er blyindholdet forøget omkring 100 gange efter et års transplantation. I Affarlikassaa og indre Qaamarujuk er forøgelsen omkring 20 gange. I ydre Qaamarujuk og ved Qeqertanguit er den 5-7 gange, mens den i den indre del af Perlerfiup kangerlua er omkring 2. Det blyindhold, muslingerne opnår efter 1 års transplantation til Maarmorilik-området, er kun svagt faldende i perioden efter minens lukning, men det er kun ca. 1/5 af, hvad det var midt i 1980-erne, mens minedriften fandt sted.

Imaqarnersiorlugu naalisagaq

Avatangiisinik misissuinerit

Maarmorilimmi aatitassarsiorfimmi aqerlumik zinkimillu pīaaneq 1990-mi unitsinneqarpoq. Tamatuma kingorna tamaani avatangiisit pissusaat ukiumoortumik misissugarineqarsimavoq immap aqerlumnik zinkimillu akoqarnerata misissorneqarneratigut kiisalu orsuatsianik uumasunillu tamaanngaannit katersisarnikkut. Allakkiap matuma misissuinerit 1997-mi ingerlanneqartut ineneri saqqummiuppai. Ukiunut siuliinut naleqqiullugu 1997-mi misissuinerit annikinnerupput, tassami aatsitassarsiorfiup matunerata kingorna misissortagasatut pilersaarusiareqarsimasut ilaat ikiut tamaasa ingerlanneqarneq ajormata.

Pujoralaap siammartarnera

Aqerlup zinkillu aatsitassarsiorfimmiit pujoralammik siammartinneqartarnera misissorneqarpoq orsuatsiaat ilaasa Cetraria nivalisip Maarmoriliup eqqaani katersorneqarneratigut kingornalu taakku misissorneqarneratigut. 1997-mi orsuatsiaat tamaani nalignnaasut katersorneqarput misissorneqarlutillu, saniatigullu orsuatsiaat 1996-mi mingutsinneqanngitsuniit Marmoriliup eqqaanut piffinnut assigiinngitsunut nussorneqarsimasut misissorneqarputtaa. Saffiugassat orsuatsiani akuussut annertussusaat nussorneqarsimasuni amerlanertigut tamaaneereertunit ersarissumik annikinneruvoq. Tamatumunnga nassuiaataasinnaasoq unaagunarpog aqerloq zinkilu tamaaneereersuni akuusoq uuttorneqartartoq ukiuni arlalinni katersuussimammamat, akerlianillu orsuatsiani nussorneqarsimasuni saffiugassat uuttorneqartut nuussereernerup kingorna katersuussimassasoq, matumuuna ukiup ataatsip iluani. Aqerlup orsuatsiani nussorneqarsimasuni akuusup annertusisimanera Maarmorilimmiit 10 km-erit tikillugit ungasissusilimmi takkussaavoq, kisiannili zinkip akuusup annertusisimanera Maarmoriliup eqqannguaannaani kisimi takussaalluni. Tassa aqerloq zinkilu silaannakkut Affarlikassaanut Qaamarujummullu siammartarpoq kiisalu aqerloq Perlerfiup kangerluata avannaatunganut aamma siammartarpoq pinngortitap pilersuinerata saniatigut. Orsuatsiani tamaani nalignnaasuni aqerloq zinkilu akuusoq piffimmi anginerusumi annertusisimavoq. Ukiuni siusinnerusuni orsuatsiaat tamaani nalignnaasut aqerlumik akoqassusaat najoqqutaralugu aqerlup siammartartup annertussusaa ukiumoortumik missigersuusarneqartarsimavoq. Siammartarnernut missigersuutaasut maannakkut nussuineri paasisat najoqqutaralugit annertuallaartutut oqaatigineqarsinnaapput, saffiugassallu silaannakkut siammartarnerat piviusoq aatsiatassarsiornerup matuneqarnerata kingorna siornatigut nalilerneqarsimasunit annikinnerujussuvoq.

1997-mi uillut misissorneqarsimasut 1996-mi ukiunilu siuliini mingut-sinneqanngitsumiit Maarmoriliup eqqaani piffinnut arlalinnut tamatumalu kitaatungaanut nussorneqarsimasuinnaapput. Inernerit takutippaat suli mingutsitsineqartoq, tamatumalu kinguneraa uillut nussorneqarsimasut ukiup ataatsip ingerlanerani aqerlumik akui annertusisimasartut, saniatigulli zinkimik akuusoq Maarmoriliup eqqannguaannaani kisimi annertusisimasartuq. Aqerloq akuulersimasartuq Inngili qernertup ataani annertunerpaajuvoq. Tamaani aqerloq akuusoq nuussereermermi ukiup ataatsip ingerlanerani 100-riaatinngortarpoq. Affarlikassaani Qaamarujuullu qinnguatungaani annertusineq 20-riaatip missaaniippoq. Qaamarujuup paavatungaani Qeqertannguillu eqqaanni 5-7-riaataavoq, Perlerfiullu kangerluata iluani marloriaatip missaaniilluni. Uillut Maarmoriliup eqqaanut nunneqarnerisa kingorna aqerloq ukiup ataatsip ingerlanerani akuulersartuq arriitsuinnarmik annikilliartorpoq aatsitassarsiorfiup matuneraniilli, kisiannili 1980-kut qiteqqunneranut aatsitassarsiorfiup ingerlanneqarallarneranut naleqqiullugu tallimararterutaannaalluni.

English summary

Environmental study

The lead and zinc mine in Maarmorilik stopped production in 1990. Since then the environment around the site has been monitored annually by analysing for lead and zinc in seawater, lichens, seaweed and marine animals. This report presents the results of environmental studies conducted in 1997. These studies were not as extensive as earlier, as parts of the study program are not conducted each year.

Dust

The lead and zinc dispersal with dust has been monitored using the lichen *Cetraria nivalis*. In 1997 samples were collected of both lichens native to the sampling sites and lichens transplanted from a non-polluted locality to several sites at Maarmorilik.

In most cases the lead and zinc concentration was clearly lower in transplanted lichens than in native lichens at the sampling site. The explanation probably is that the lead and zinc found in native lichens have been accumulated in the lichens over several years, whereas that found in transplanted lichens mainly represents metal accumulated over the transplantation period, in this case 1 year.

Elevated lead levels in transplanted lichens were found up to about 10 kilometres from Maarmorilik, but elevated zinc levels only close to Maarmorilik. This shows that lead and zinc are dispersed through the atmosphere to Affarlikassaa and Qaamarujuk and lead also to the north coast of Perlerfiup kangerlua. Elevated levels of both lead and zinc are found in a larger area in native lichens.

Earlier we have estimated an annual dispersal of lead in the area based on the concentration of lead measured in native lichens. The transplantation studies indicate that this dispersal must be considered overestimated, and the real dispersal of metals through the atmosphere after mine closure is much lower than previous estimates.

Blue mussel

Analysis in 1997 only was conducted on blue mussels, which previously had been transplanted from an unpolluted site to several sites at Maarmorilik and to the area west of there. The results show, that the intertidal zone still is affected by lead pollution, as the lead content increases in the mussels after one year of transplantation to the area. The zinc content becomes elevated only very locally at Maarmorilik.

The largest elevation for lead is found below the Black Angel mountain. Here the lead content has increased about 100 times after one year of transplantation. In Affarlikassaa and the inner part of Qaamarujuk the increase is about 20 times. In the outer part of Qaamarujuk and at Qeqertanguit the increase is 5-7 times, and in the inner part of Perlerfiup kangerlua about 2 times. The lead content observed after one year of transplantation is slightly decreasing after mine closure, but it is only about 1/5 of the level found in the mid 1980's while mining took place.

1. Indledning

Sorte Engel

Ved Maarmorilik i Uummannaq kommune blev der brudt zink- og blymalm fra 1973 til 1990 af selskabet Greenex A/S. Malmen fandtes hovedsagelig i fjeldet "Sorte Engel", hvor den blev udsprængt i ca. 600 m's højde og transporteret med tovbane over fjorden Affarlikassaa til et opberedningsanlæg i Maarmorilik. Her blev produceret et zink- og et blykoncentrat, som blev lastet på skibe og transporteret til smelteværker i Europa.

Forureningskilder

Efter opberedning udledtes restprodukterne ("tailings") i 30 m's dybde til Affarlikassaa. Medens minedriften stod på, gav denne udledning anledning til, 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 desuden 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" gav især 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.

Overvågning

Forureningen i området blev overvåget af det nuværende DMU-AM, mens minedriften fandt sted. Overvågningen er fortsat efter minedriftens ophør og har omfattet indsamling og analyse af havvand, sedimenter, tang, musling, fisk, rejer, fugle og lavplanter for bly og zink.

Denne rapport omhandler resultaterne fra indsamlingerne i 1997, som blev udført af DMU-AM i begyndelsen af september. I forhold til tidligere år var undersøgelserne i 1997 af mindre omfang, idet nogle elementer i det undersøgelsesprogram, som er planlagt udført efter mines lukning, siden 1997 ikke udføres hvert år.

2. Indsamling

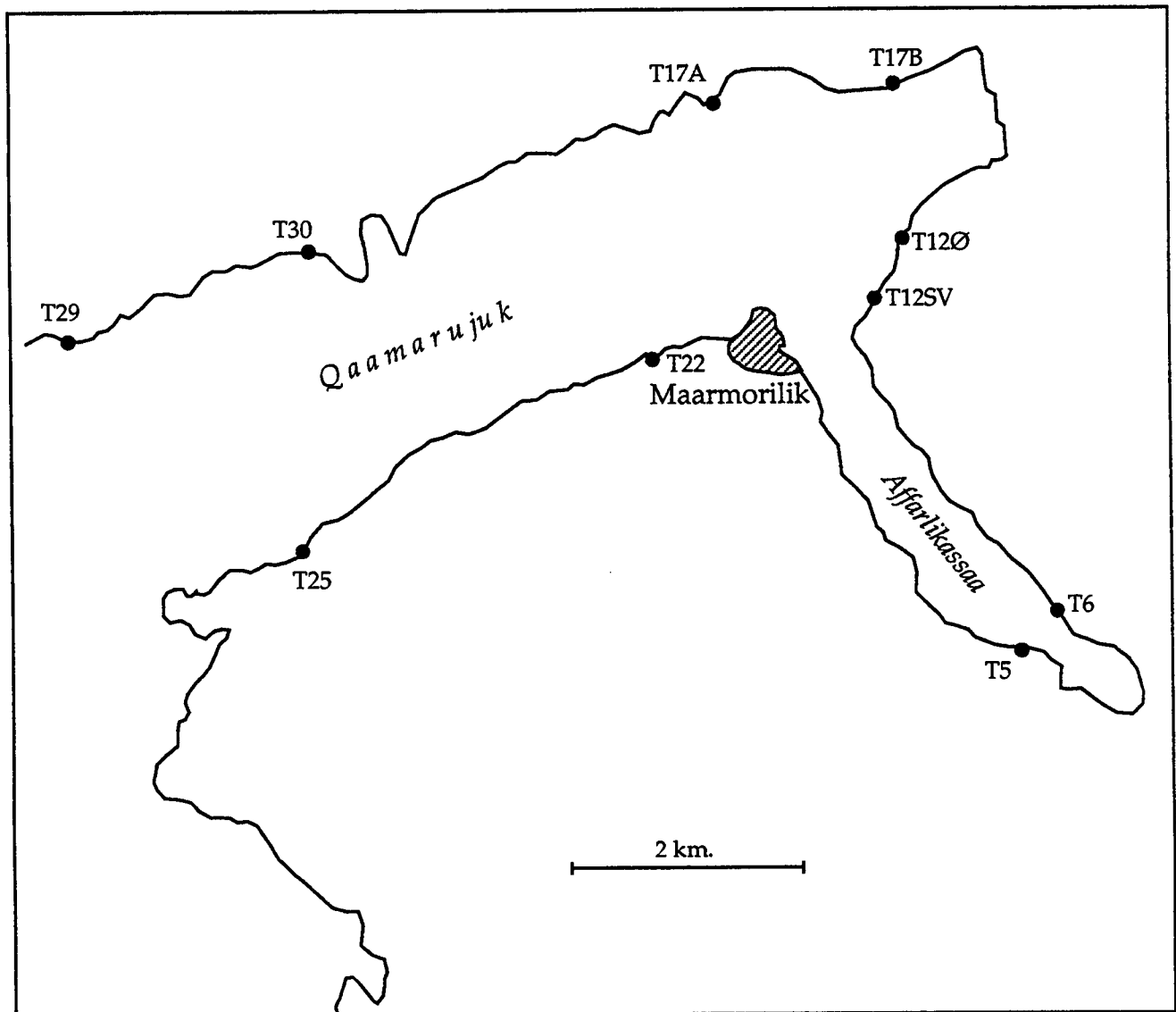
Lavprøver

Der blev indsamlet prøver af lavarten *Cetraria nivalis* på stationer i Affarlikassaa, Qaamarujuk, Perlerfiup kangerlua, på Qeqertat og på Schades Øer. Indsamlingslokaliteterne er vist i figur 2.1 og 2.2. Kun frisk levende lav, der vokser ovenpå dødt, organisk materiale, indsamles, således at det indsamlede lav ikke har haft mulighed for at optage metaller fra de underliggende bjergarter. Lavprøverne blev indsamlet og transporteret i papirposer.

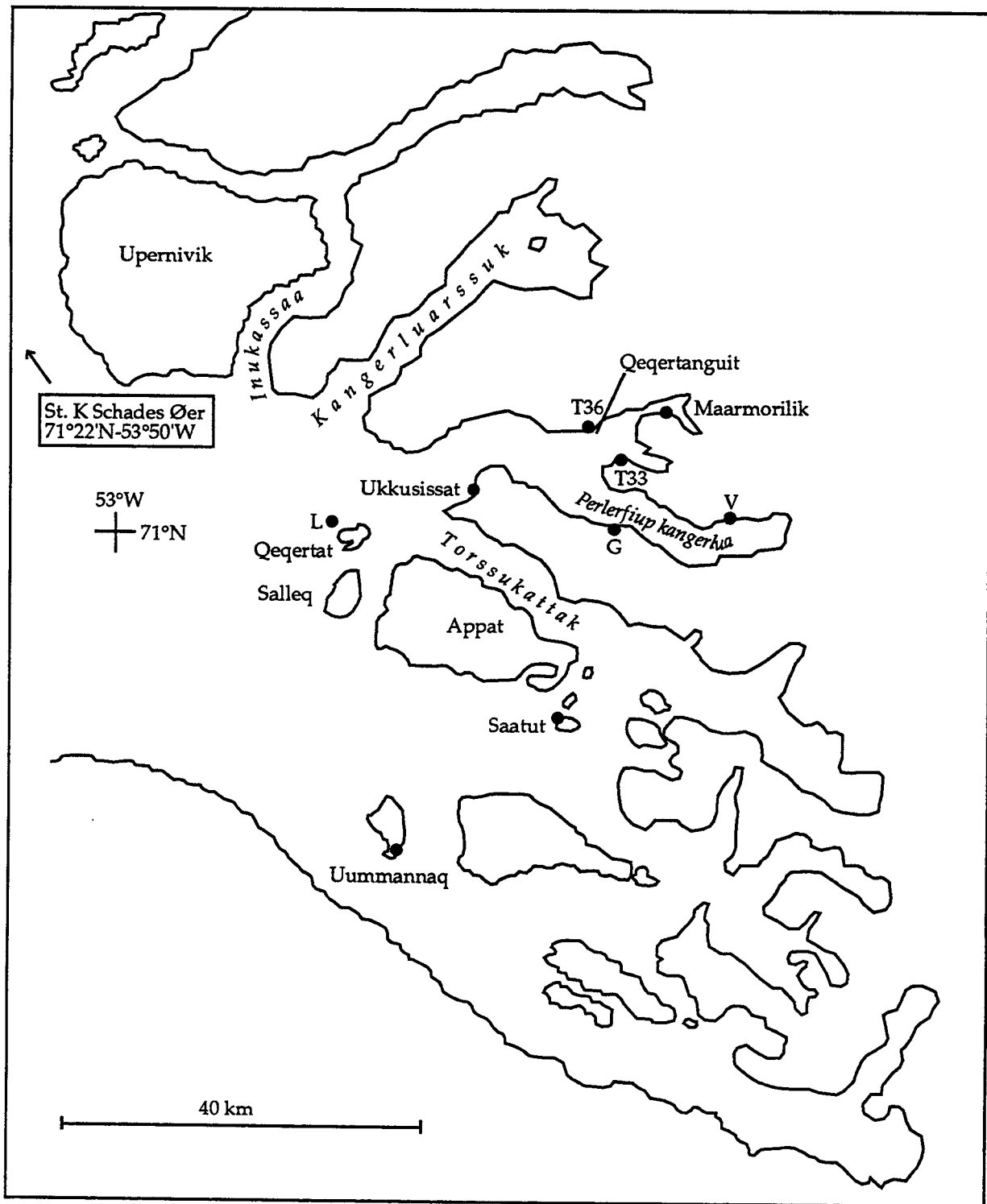
Udover lav, som havde vokset på indsamlingslokaliteten, blev der indsamlet lav, som i 1996 var blevet transplanteret til den pågældende lokalitet fra et område (Schades Øer, referencelokalitet), som ikke er påvirket af støvforurening fra Maarmorilik. Ved at transplantere uforurenede lav til lokaliteter nær forureningskilden har det været tanken at opnå et standardiseret mål for metalspredningen med støv, idet metalkoncentrationen i transplanteret lav forventes at afspejle metalpåvirkningen fra atmosfæren over det år, transplantationen har strakt sig over. I modsætning hertil kan naturligt forekommende lav på en lokalitet tænkes at være påvirket af flere års metalnedfald.

Blåmusling

Der blev indsamlet prøver af blåmuslinger, som i 1996 og tidligere år var blevet transplanteret fra et ikke-forurenede område til lokaliteter i Affarlikassaa, Qaamarujuk, Perlerfiup kangerlua samt ved Qeqertat og Schades Øer (jfr. figur 2.1 og 2.2). Ved hver station blev der indsamlet mindst én samleprøve bestående af flere individer (det tilstræbes at der er 20 individer i en samleprøve). Bløddelsvægt, længde og antal muslinger i hver størrelsesgruppe blev registreret. Bløddelene blev skåret ud af skallen med en skalpel og dybfrosset i plastposer.



Figur 2.1. Oversigtskort over Maarmorilik-området. Stationer markeret med et "T" og et tal viser indsamlingslokaliteter for blåmusling og lav.



Figur 2.2. Oversigtskort over Uummannaq-fjorden. Stationer markeret med et bogstav eller "T" og et tal viser indsamlingslokaliteter for blåmusling og lav.

3. Analyse og analysekontrol

Blåmusling og lav

De frosne bløddele af blåmuslinger blev frysetørret, knust i agatmørtter, og en delprøve af den knuste og homogeniserede prøve udtaget til analyse. Tørstofprocenten bestemtes ved vejning før og efter frysetørring.

Lavprøverne blev først finsorteret, idet alt ikke frisk gult materiale blev fjernet, så tørret ved 60°C i et døgn og derefter analyseret som de frysetørrede prøver.

De udtagne prøver overførtes til en teflonbeholder, og 4 ml Merck suprapur salpetersyre tilsattes. Derefter blev prøverne nedbrudt under tryk i en Berghof teflonbombe med rustfri stålkappe ved 150°C i 4-6 timer. Efter endt destruktion overførtes prøverne til polyethylenflasker med dobbeltionbyttet vand, og målingerne udførtes direkte på disse opløsninger. Zink bestemtes ved flamme atomabsorption på et Perkin Elmer 3030 med luft/acetylen flamme og ekstern kalibreringskurve. Samme metode anvendtes for høje blykoncentrationer, medens lave blykoncentrationer bestemtes ved grafitovnsmetoden på et Perkin Elmer Zeeman 3030. Standard additionsmetoden anvendtes ved grafitovnsbestemmelserne.

Detektionsgrænser

Detektionsgrænsen for en analysemetode angiver det niveau, hvorunder det ikke er muligt at fastlægge en koncentration sværdi med en vis sandsynlighed. Detektionsgrænsen afhænger af den valgte kemiske analysemetode og forbehandlingen af prøverne. I princippet bør den kemiske analysemetode tilpasses det niveau for den detektionsgrænse, som er ønskeligt i den givne situation.

Den anvendte definition af detektionsgrænsen i nærværende rapport er den koncentration der giver et analytisk signal, som er 3 gange spredningen på resultaterne fra blindprøver ("rene prøver"). Detektionsgrænsen for zink er vurderet ud fra signal/støj forholdet ved absorptionsmålingen. Ingen zinkkoncentrationer har været i nærheden af detektionsgrænsen.

Detektionsgrænserne for de anvendte analysemetoder er 0,03 µg/g for bly og 1-2 µg/g for zink.

Analysekontrol

Analysekvaliteten kontrolleres ved hjælp af certificerede referencematerialer, som jævnligt analyseres sammen med prøverne. De anvendte referencematerialer er Dorm-2, Dolt-2, Tort-2 og Bovine-liver.

Resultaterne af analysekontrollen er fremstillet med såkaldte kontrolkort, som viser henholdsvis middelværdi og variationsbredde (bilag I). Analysen siges at være i statistisk kontrol, såfremt de opnåede analyser af referencematerialet falder indenfor de angivne grænser med kun meget få undtagelser. Dette betyder, at de tilfældige variationer har en acceptabel størrelse. Kontrolkortene viser, at usikkerheden er 2-10% for zink og 3-30% for bly afhængigt af niveauet.

AMs laboratorium deltager desuden i interkalibreringsprogrammet "Quasimeme Laboratory Performance Studies" med et særdeles tilfredsstillende resultat.

Dobbeltbestemmelser

Som en generel praksis i laboratoriet foretages jævnligt dobbeltbestemmelser af tungmetalkoncentrationen i nogle af prøverne. For blåmusling består dobbeltbestemmelsen i bestemmelse af to delprøver af homogenatet, hvorved usikkerheden alene er analyseusikkerhed. For lavprøver består dobbeltbestemmelsen af bestemmelse af to delprøver fra den samme lavprøve, hvorved der foruden en analyseusikkerhed også er en variation som følge af inhomogenitet i lavprøvens sammensætning. Nedenstående giver en oversigt over den gennemsnitlige relative usikkerhed (spredning i forhold til middelværdi) for de to prøvetyper

	antal	Pb	Zn
Blåmusling	6	2,9 %	2,6 %
Lav	7	21,0 %	12,1 %

Den relative usikkerhed er højere for lav end for blåmusling, hvilket sandsynligvis skyldes, at den relative usikkerhed for lav foruden analyseusikkerhed også er forårsaget af inhomogenitet i prøvematerialet.

4. Resultater

4.1 Lav

Lavarten *Cetraria nivalis* kan anvendes som indikator for metalnedfald fra atmosfæren. Denne lavart vokser fortrinsvis på dødt organisk materiale og optager udelukkende sin næring gennem nedfald på lavets overflade. Den er derfor en velegnet indikator til registrering af støvnedfald og den er indsamlet ved en række lokaliteter ved Maarmorilik og i området vest herfor gennem en årrække. Prøverne er analyseret for bly og zink, og resultaterne er vist i bilag II.

Koncentrationsniveauer

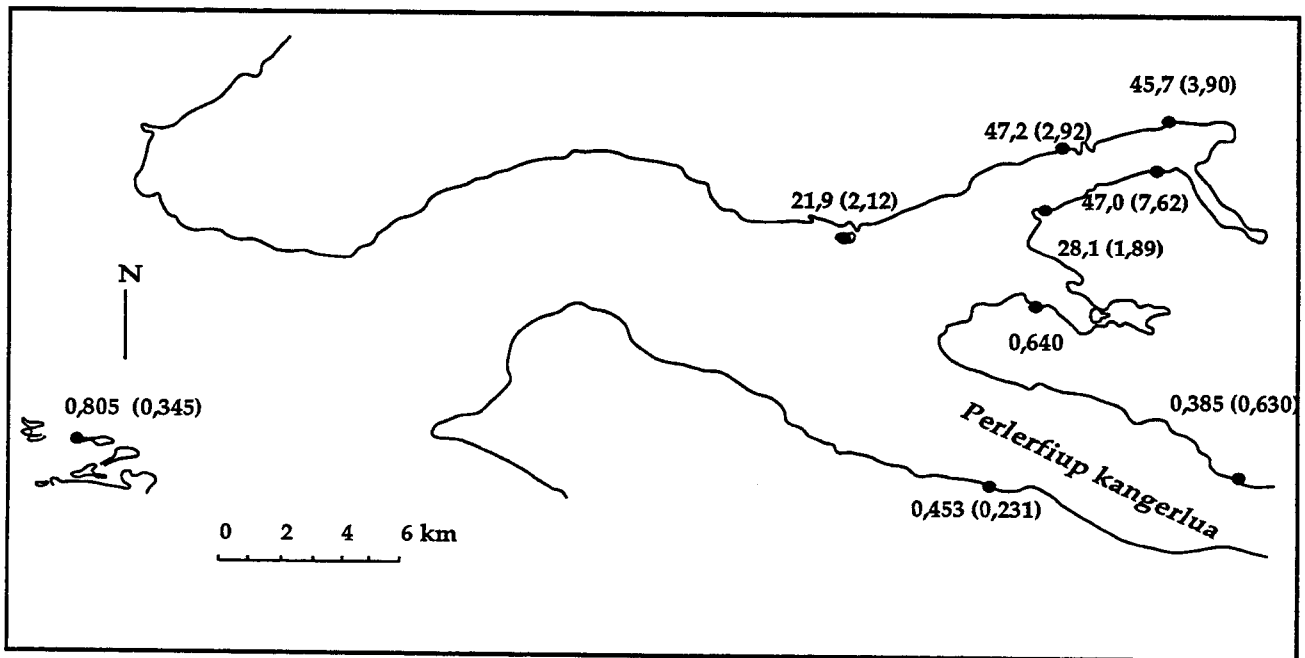
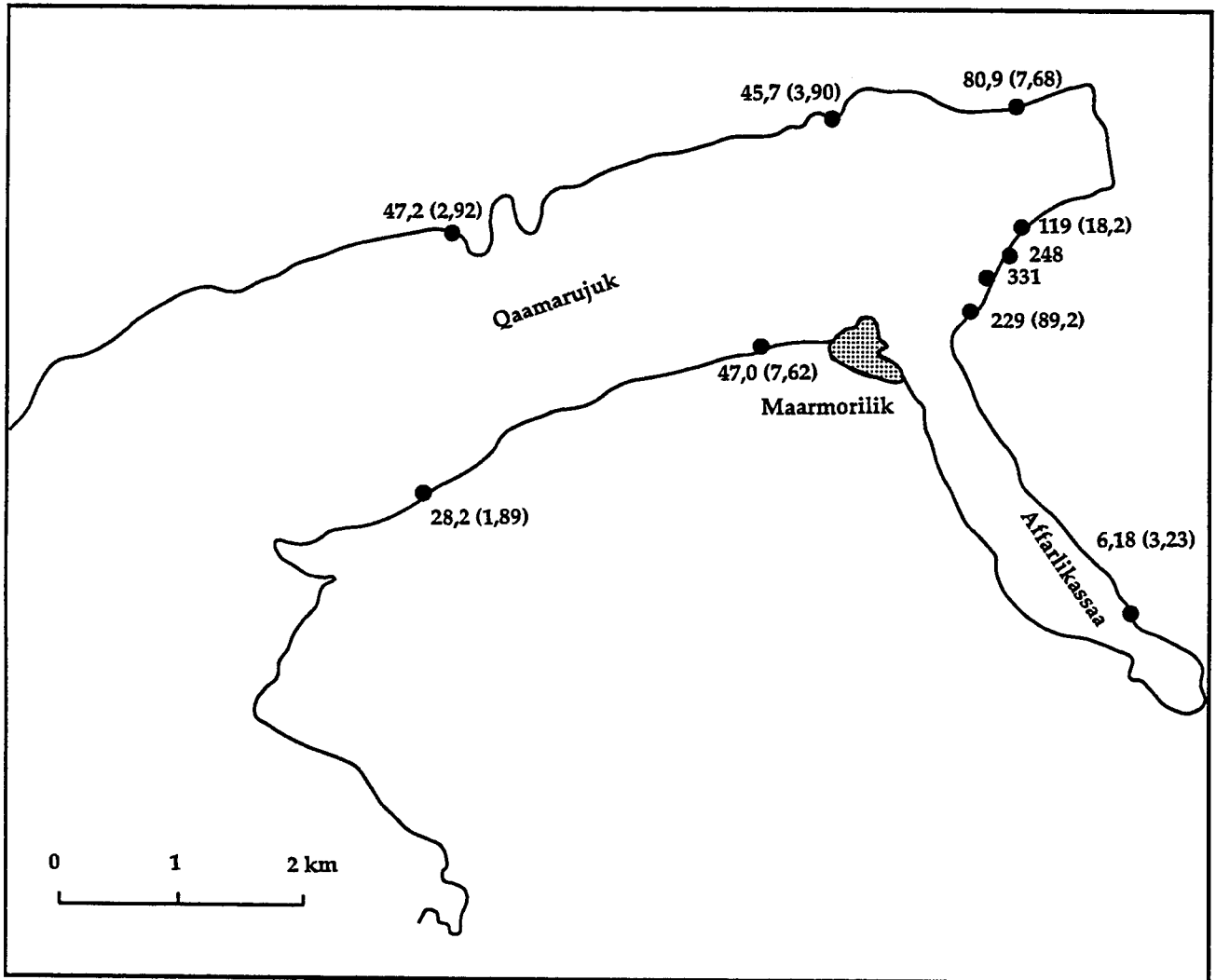
Figur 4.1.1 viser resultaterne for bly og figur 4.1.2 for zink, både i naturligt voksende og transplanteret lav. De højeste værdier optræder omkring Maarmorilik, specielt i området nedenfor Sorte Engel fjeldet. Forhøjede værdier i de transplanterede lavplanter ses i en afstand til omkring 10 km fra Maarmorilik for bly, mens det kun er i indre Qaamarujuk tæt ved Maarmorilik, der ses forhøjede værdier for zink i transplanteret lav. Der spredes således bly og zink gennem atmosfæren til Affarlikassaa, Qaamarujuk og for blys vedkommende også til nordsiden af Perlerfiup kangerlua ud over, hvad der er naturligt betinget. Forhøjede værdier for både bly og zink findes i et større område i naturligt forekommende lav.

Transplantation

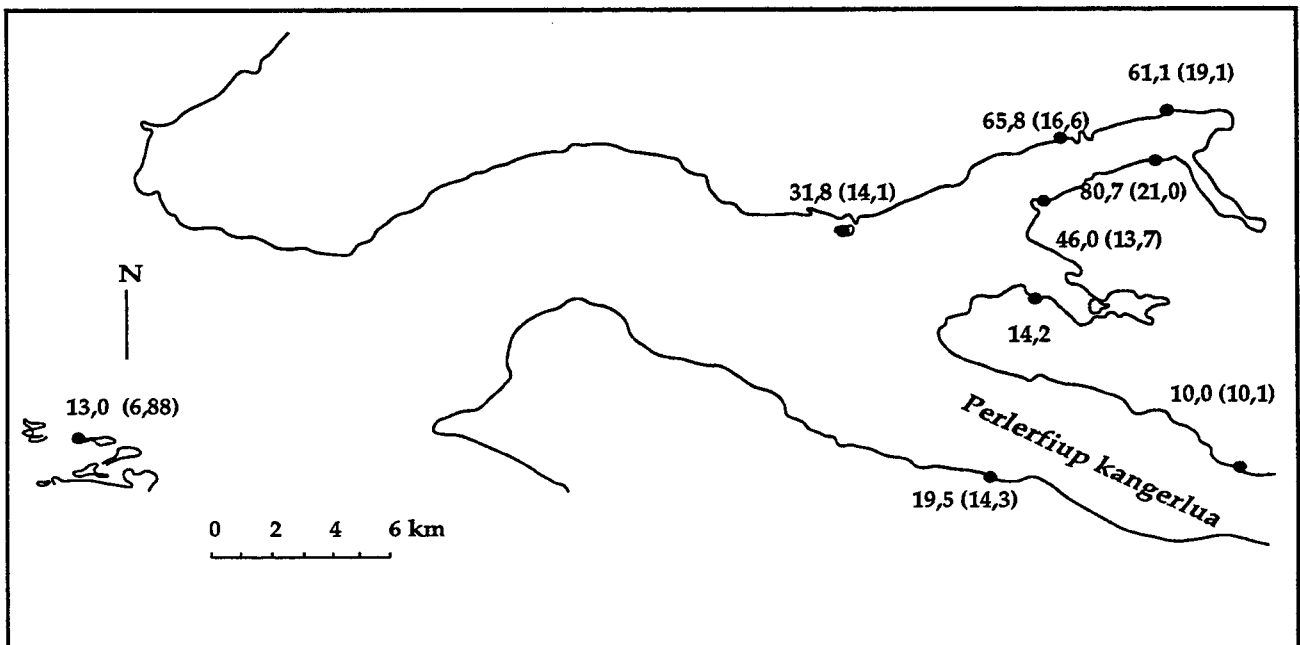
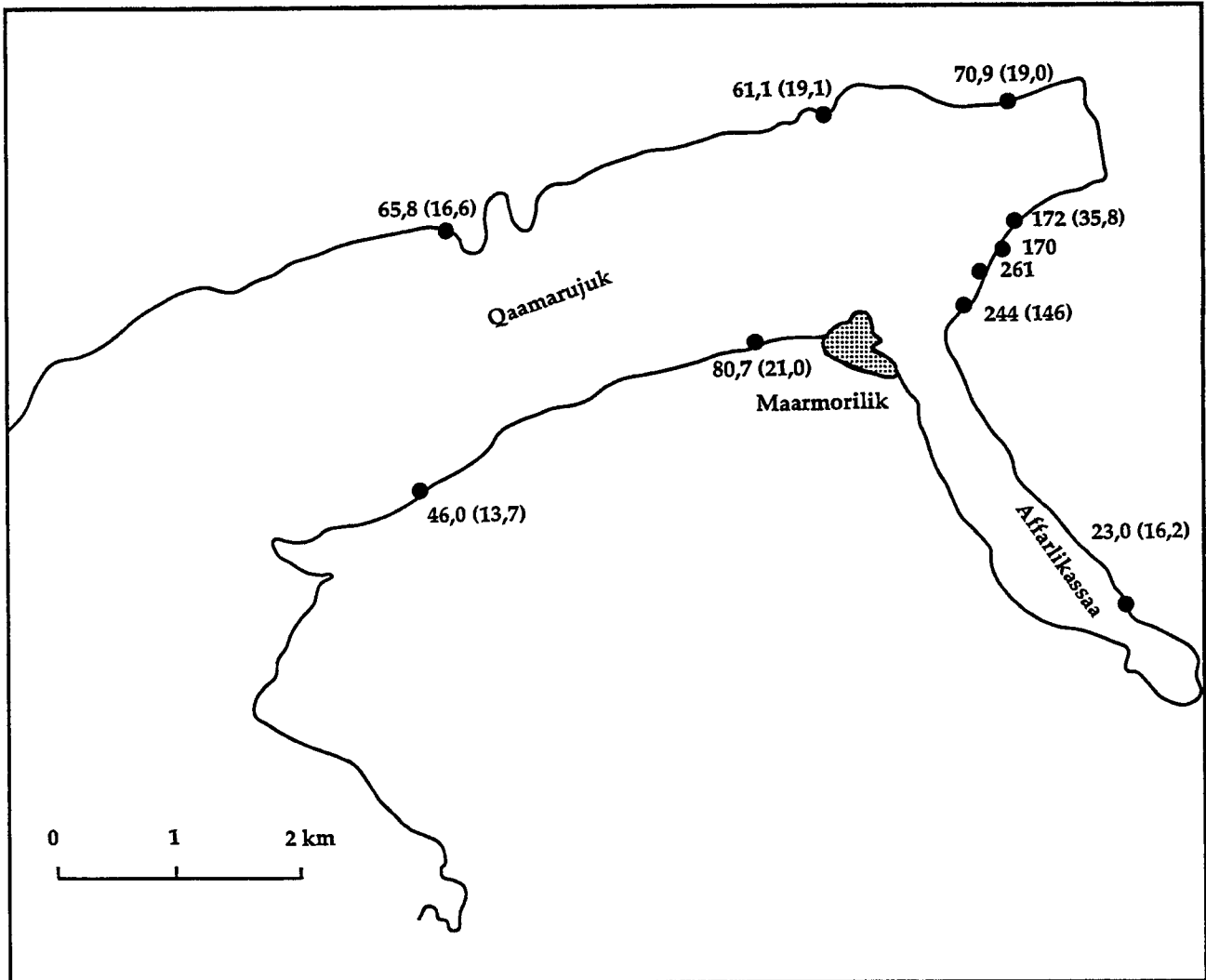
Det ses af figur 4.1.1 og 4.1.2, at metalkoncentrationerne i det transplanterede lav i de fleste tilfælde er tydeligt lavere end i det naturligt voksende lav på den pågældende station. Forskellen er op til en faktor ca. 16 for bly og ca. 5 for zink.

Forklaringen på disse store forskelle er sandsynligvis, at det bly og zink der måles i naturligt voksende lav er akkumuleret i planterne over flere år, mens det der måles i transplanteret lav kun repræsenterer det metal, der er akkumuleret over transplantationsperioden. Forsøg har desuden vist, at bly- og zinkkoncentrationen falder meget langsomt, hvis forurenede lav flyttes til et uforurenede område. Således faldt blykoncentrationen kun fra 103 µg/g til 88 µg/g og zinkkoncentrationen kun fra 59 µg/g til 46 µg/g i lav, der i 1996 blev transplanteret fra Maarmorilik-området (station T12Ø) til Qeqertat (station L), og som blev indsamlet og analyseret i 1997.

I tidligere år er der estimeret et årligt nedfald af bly i området ud fra den målte blykoncentration i naturligt forekommende lav. Disse nedfald må med den viden, der nu er opnået ved



Figur 4.1.1. Blykoncentration ($\mu\text{g/g}$ tørstof) i lav 1997 og i transplanteret lav i parantes.



Figur 4.1.2. Zinkkoncentration ($\mu\text{g/g}$ tørstof) i lav 1997 og i transplanteret lav i parentes.

transplantationsforsøgene, betegnes som overestimerede, og den reelle metalspredning gennem atmosfæren efter minens lukning er væsentlig mindre end tidligere vurderet. Fremtidige undersøgelser af metalspredningen bør derfor koncentreres om transplantation af lav.

Tidsudvikling

Tidsudviklingen i bly- og zinkkoncentrationen i naturligt forekommende lav er vist i figur 4.1.3 (bly) og figur 4.1.4 (zink) for følgende områder, idet det er angivet, hvilke stationer der indgår i de enkelte områder. De angivne værdier er aritmetriske middelværdier for de nævnte områder:

Under Sorte Engel fjeldet: St. T10, T12Ø, T12V og T12SV

Affarlikassaa: St. T2, T3, T5 og T6

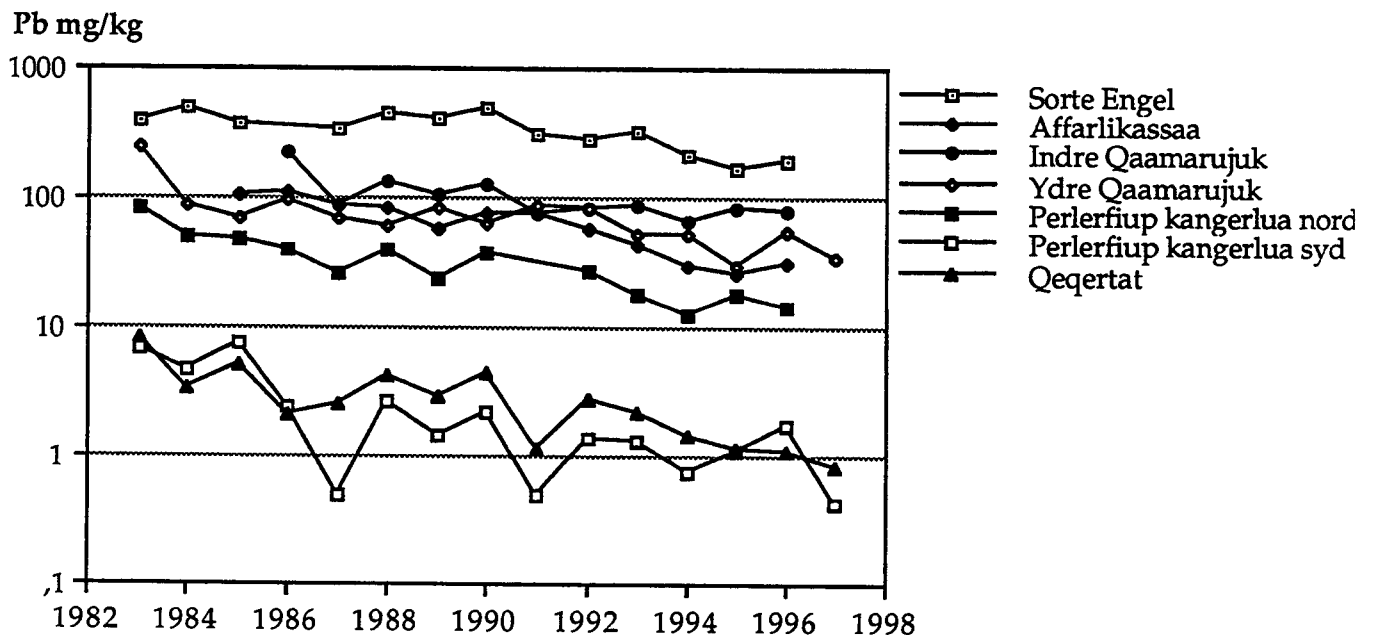
Indre Qaamarujuk: St. T15, T15A, T17, T17A, T17B og T17C

Ydre Qaamarujuk: St. T29 og T30

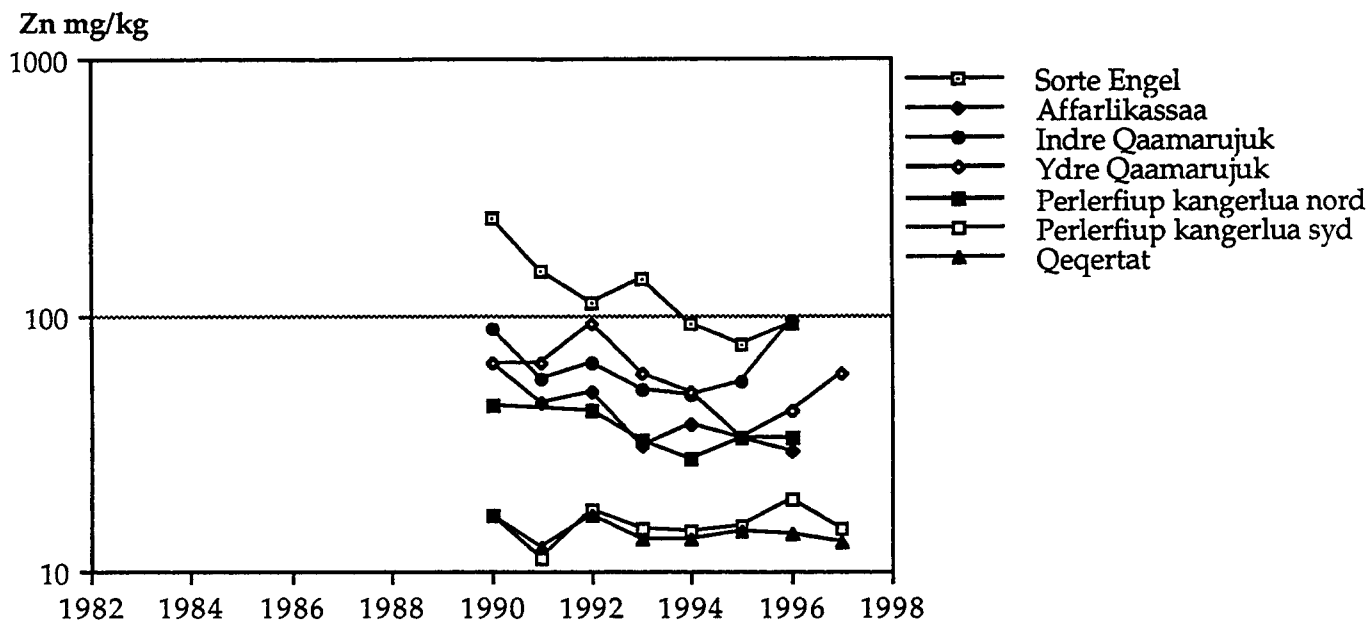
Perlerfiup kangerlua nord: T36 og T37

Perlerfiup kangerlua syd: T38, F, G og V

Qeqertat: St. L.



Figur 4.1.3. Tidsudvikling for blykoncentrationen (mg/kg) i naturligt forekommende lav *Cetraria nivalis*.



Figur 4.1.4. Tidsudvikling for zinkkoncentrationen (mg/kg) i naturligt forekommende lav *Cetraria nivalis*

Derudover er der foretaget en statistisk analyse af tidsudviklingen for de enkelte stationer med en tidsrække på 8 eller flere år. Data er analyseret ved tre forskellige statistiske metoder, Spearman korrelation, lineær regressions analyse og en relativ nyudviklet metode, her kaldet ICES's metode. Denne sidste metode er nærmere beskrevet i Nicholson et al. (1995). Den statistiske behandling af tidserien af tungmetalkoncentrationer fremgår af tabellerne 4.1.1 og 4.1.2 for henholdsvis bly og zink.

Tabel 4.1.1. Resultaterne af den statistiske analyse af tidsudviklingen for Pb. Foruden ICES-test metode er angivet signifikansen af Spearman korrelations koefficient. Desuden er beregnet ved lineær regression den årlige ændring i Pb koncentrationen for hele perioden.

		ICES-metode			Spearman korrelation	Årlig ændring
		Systematisk mellem-år	Lineær effekt	Ikke lineær effekt		
Qeqertat, referencestation						
St. L	1983-97	sign	sign	-	sign	-12%
Affarlikassaa						
st. T6	1988-97	-	sign	-	sign	-16%
Indre Qaamarujuk						
St. T17A	1985-97	-	sign	-	sign	-7%
St. T17B	1986-97	-	sign	-	sign	-8%
St. T12Ø	1983-97	sign	sign	sign	sign	-7%
Sydkysten af Qaamarujuk						
St. T22	1986-97	sign	sign	-	sign	-15%
St. T25	1986-97	sign.	sign	-	sign	-10%
Nordkysten af Qaamarujuk						
St. T30	1983-97	-	sign	-	sign	-7%
St. T29	1983-97	sign	sign	-	sign	-12%
Ved Qeqertanguit						
St. T36	1983-97	-	sign	-	sign	-11%
Perlerfiup kangerlua						
St. V	1990-97	-	-	-	-	-14%
St. G	1990-97	-	-	-	-	-4%

ICES-metode: *Systematisk mellem-års effekt* : sign angiver signifikant på 5% niveau ellers angivet som -. Tester om en udglattet (3 års glidende gennemsnit) giver en forbedret beskrivelse af forløbet end de observerede værdier set i forhold til en overordnet gennemsnitsværdi. Signifikans fortolkes således, at forløbet med rimelighed kan beskrives ved den udglattede kurve. *Lineær effekt*: sign angiver signifikant (på 5% niveau) faldende tendens. Tester om en ret linie giver en forbedret beskrivelse end de observerede værdier set i forhold til en overordnet gennemsnitsværdi. Signifikans fortolkes således, at dér er en ændring gennem årene og såfremt at den ikke-lineære effekt ikke er signifikant, at denne ændring kan beskrives ved en ret linie. *Ikke- lineær effekt* : sign angiver signifikant på 5% niveau. Tester om en ikke-lineær beskrivelse giver en forbedret beskrivelse set i forhold til en lineær beskrivelse. Signifikans sammen med signifikant lineær effect fortolkes således, at ændringen gennem årene ikke kan beskrives som en ret linie. Spearman korrelation: sign angiver signifikant korrelation på 5% niveau. En ikke parametriske test, som tester i hvor høj grad koncentrationer og år følges ad.

Tabel 4.1.2. Resultaterne af den statistiske analyse af tidsudviklingen for Zn. Foruden ICES-test metode er angivet signifikansen af Spearman korrelations koefficient. Desuden er beregnet ved lineær regression den årlige ændring i Zn koncentrationen for hele perioden.

		ICES-metode			Spearman	Årlig ændring
		Systematisk mellem-år	Lineær effekt	Ikke lineær effekt	korrelation	
Qeqertat, referencestation						
St. L	1990-97	-	-	-	-	-2%
Affarlikassaa						
St. T6	1990-97	-	-	-	-	-9%
Indre Qaamarujuk						
St. T17A	1990-97	-	-	-	-	-1%
St. T17B	1990-97	-	-	-	-	+1%
St. T12Ø	1990-97	-	-	-	-	-4%
Sydkysten af Qaamarujuk						
St. T22	1990-97	-	-	-	-	-5%
St. T25	1990-97	-	-	-	-	-7%
Nordkysten af Qaamarujuk						
St. T30	1990-97	-	-	-	-	-4%
St. T29	1990-97	sign	sign	-	sign	-10%
Ved Qeqertanguit						
St. T36	1990-97	-	-	-	-	+1%
Perlerfiup kangerlua						
St. V	1990-97	-	-	-	-	-1%
St. G	1990-97	-	-	-	-	+4%

Se metodeforklaringen i tabel 4.1.2

Bly Blyværdierne viser for alle stationer en faldende tendens gennem perioden, som dog ikke på alle stationer er signifikant på 5% niveau. Det årlige fald i blykoncentrationen er beregnet ved lineær regression til at ligge mellem 4 og 16%.

Zink Zinkværdierne viser for de fleste stationer en faldende tendens, som dog kun er signifikant for en enkelt station.

4.2 Blåmusling

Der er i 1997 kun analyseret blåmuslinger, som i 1996 og tidligere år er transplanteret fra et uforurenede område til flere stationer ved Maarmorilik og området vest herfor. Dog blev der også analyseret naturligt forekommende muslinger fra Schades Øer, som er det område, hvorfra der transplanteres. Analyseresultaterne er vist i bilag III. I tidligere år er der indsamlet prøver af de naturlige blåmuslingepopulationer ved et større antal stationer primært for at vurdere, i hvor stort et område muslingerne er forurenede.

Transplantationsforsøg

Det har vist sig, at forurenede blåmuslinger ikke straks udskiller optaget bly, når blyforureningen af det omgivende vand ophører eller falder. Forsøg ved Maarmorilik har vist, at de efter 2-3 år indeholder ca. halvdelen af det oprindeligt optagne bly, når de flyttes fra et forurenede til et uforurenede sted (Riget et al. 1997). Herefter udskiller de stort set ikke bly. Muslingerne omkring Maarmorilik har derfor stadig et højt blyindhold, som kun falder i takt med, at muslingerne vokser. Vil man bruge muslingerne til at måle den aktuelle havforurening ved Maarmorilik, må man derfor transplantere uforurenede muslinger ind til de stationer, der skal måles. Dette er gjort regelmæssigt siden september 1991. Som regel påvirkes muslingerne noget ved en transplantation, idet deres bløddelsvægt falder, og derfor stiger koncentrationen af bly. Det er der kompenseres for ved i stedet for koncentrationen af bly at beregne mængden af bly i en typisk musling. De muslinger, der transplanteredes til Maarmorilik, indsamledes ved station L, dog ved Schades Øer i 1995, 1996 og 1997.

Bly- og zinkindholdet i transplanterede muslinger fremgår af tabel 4.2.1. Indholdet er normaliseret til en musling med skallængden 6 cm. Normaliseringen er foretaget ved hjælp af længde-vægt relationen udregnet på årsbasis for hver enkelt population. I tilfælde hvor længde-vægt relationen ikke kan beregnes (kun en observation) er en for stationen gennemsnitlig længde-vægt relation anvendt.

Figur 4.2.1 viser blyindholdet og figur 4.2.2 zinkindholdet i de muslinger, som blev transplanteret i 1996 og indsamlet i 1997.

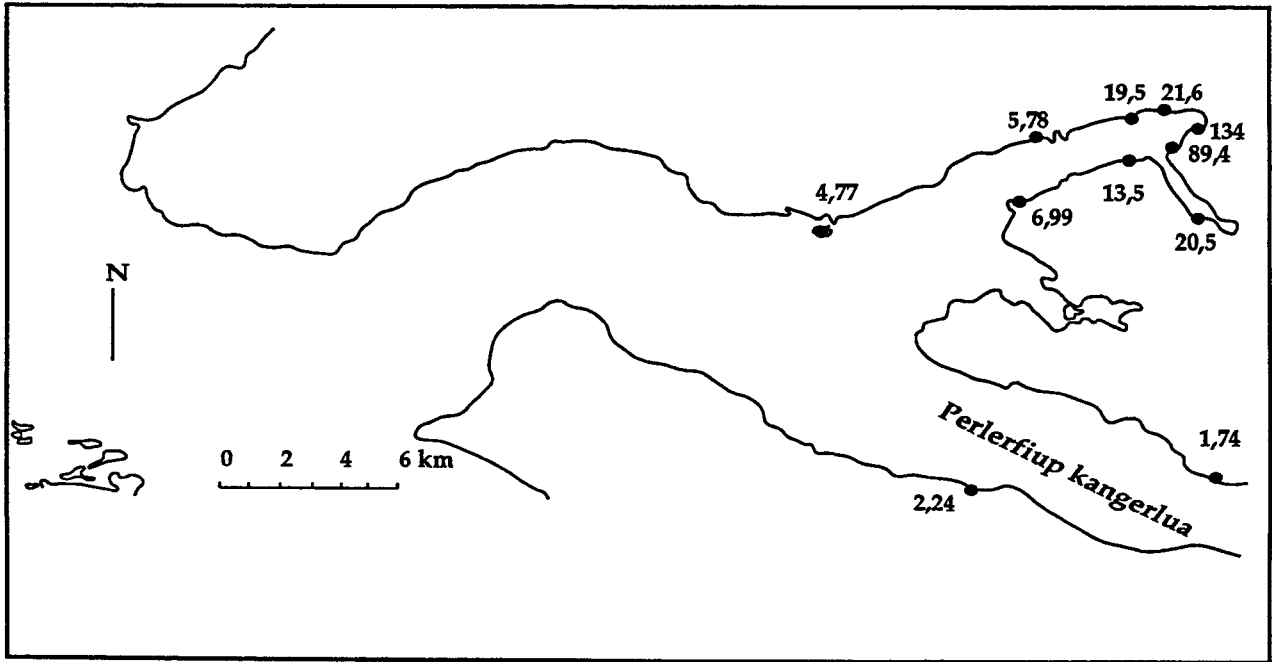
Tabel 4.2.1. Gennemsnitlig bly- og zinkindhold i naturlige og transplanterede blåmuslingepopulationer ved Maarmorilik. Metalindholdet er normaliseret til en 6 cm musling.

Station	Pb (µg pr. musling)									
	naturlige				transpl. i 1994			transpl. i 1995		transpl. i 1996
	1994	1995	1996	1997	1995	1996	1997	1996	1997	1997
L	5,27	1,69	1,11							
Schade		0,55	1,03	0,66						
T5					19,7	43,1		25,9		20,5
T12Ø					103					134
T12SV					116	365	273	164	178	89,4
T17A					18,4	42,2	42,0	17,6	34,1	19,5
T17B					19,0	48,3		19,9	34,7	21,6
T22					18,5	37,8		20,5	29,5	13,5
T25					11,0	18,1	23,5	11,1	11,5	6,99
T30					9,35	21,2		12,1	10,0	5,78
T36					9,75			5,25	7,18	4,77
G					4,02	5,13	6,35	1,53	2,86	2,24
V					3,74	3,97	4,25	2,03	2,53	1,74

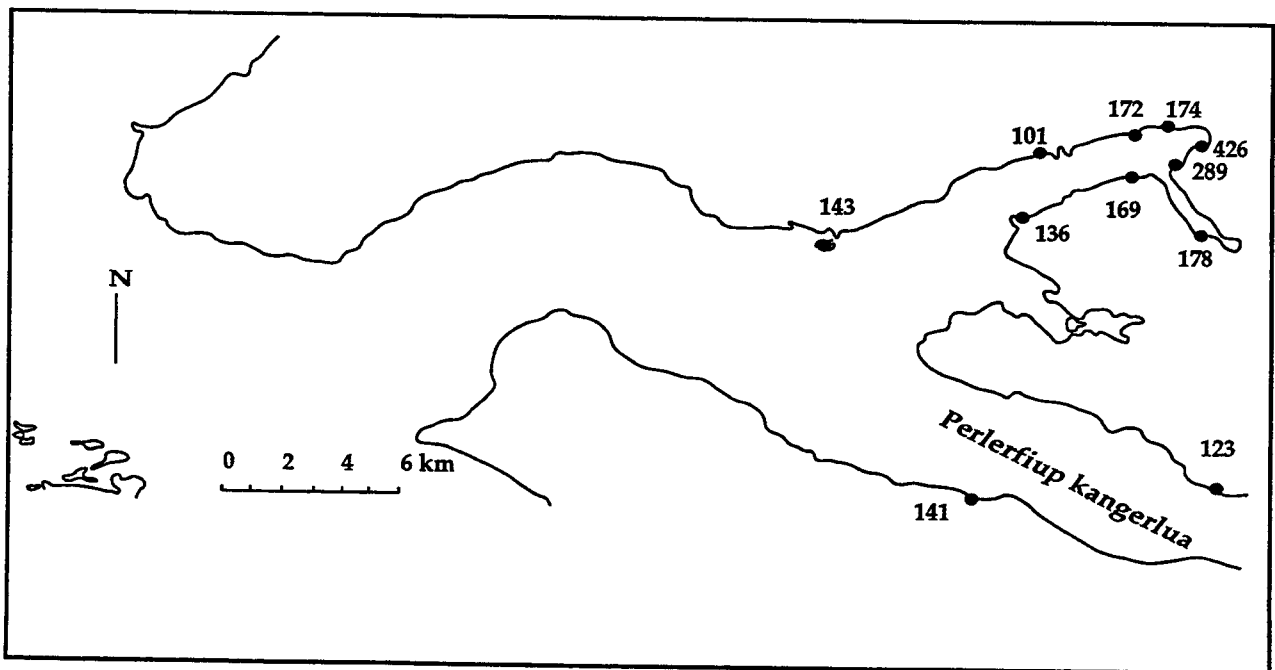
Station	Zn (µg pr. musling)									
	naturlige				transpl. i 1994			transpl. i 1995		transpl. i 1996
	1994	1995	1996	1997	1995	1996	1997	1996	1997	1997
L	178	150	148							
Schade			135	108						
T5					165	142		166		178
T12Ø					293					426
T12SV					294	445	349	347	353	289
T17A					170	172	191	146	168	172
T17B					140	199		138	171	174
T22					206	188		140	185	169
T25					179	153	141	168	163	136
T30					122	126		147	92	101
T36					183			183	136	143
G					170	221	131	112	126	141
V					153	137	120	112	119	123

Transplantationsforsøgene bekræfter, at der stadig findes forureningskilder i Maarmorilik området, idet transplanterede muslinger får et forhøjet indhold af bly efter et eller flere års ophold i området. Derimod får transplanterede muslinger ikke et forhøjet zinkindhold, bortset fra området ved den gamle gråbjergsdump (stationerne T12Ø og T12SV), som er det mest påvirkede område. Dette skyldes formentlig, at muslingerne kan regulere deres zinkindhold op til en vis belastning.

Den største forøgelse findes i området ved den gamle gråbjergsdump. Her er blyindholdet forøget omkring 100 gange efter et års transplantation. I Affarlikassaa og indre Qaamarujuk er forøgelsen omkring 20 gange. I ydre Qaamarujuk og ved Qeqertanguit er den 5-7 gange, mens den i den indre del af Perlerfiup kangerlua er omkring 2.

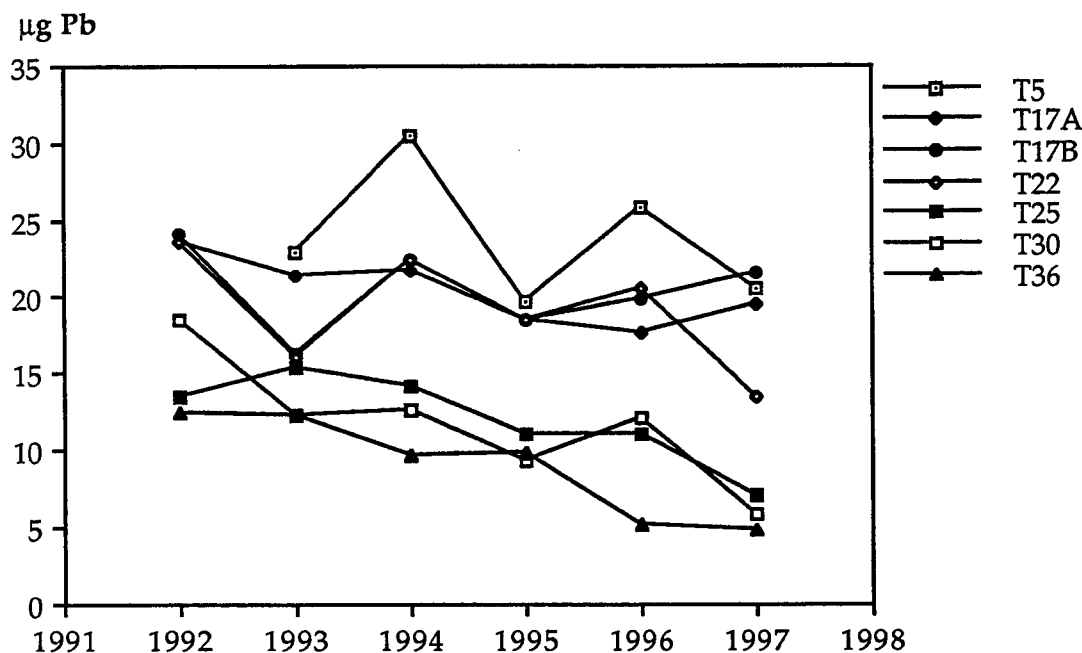


Figur 4.2.1. Blyindhold (μg i en 6 cm musling) efter ét års transplantation 1997.



Figur 4.2.2. Zinkindhold (μg i en 6 cm musling) efter ét års transplantation 1997.

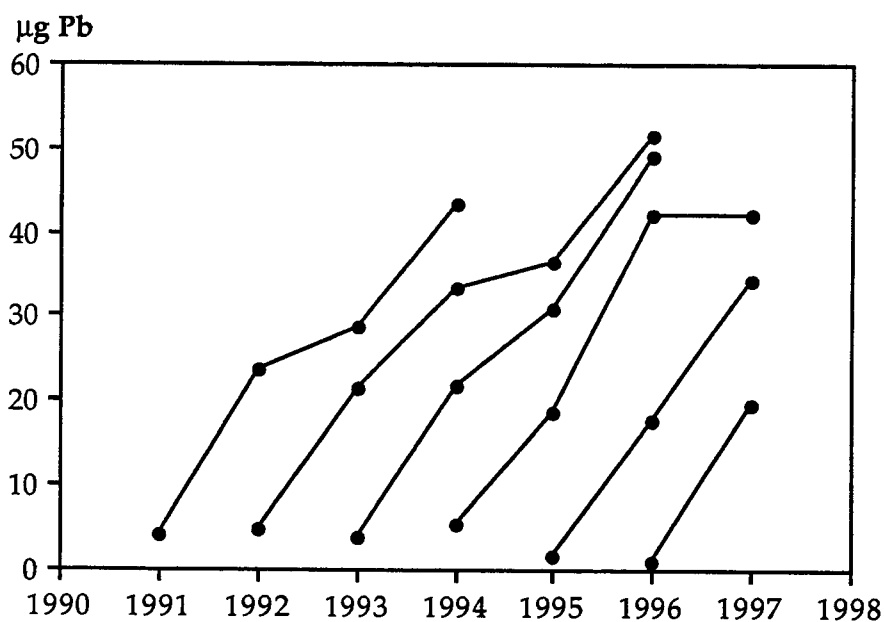
Tidsudviklingen af blyindholdet i transplanterede muslinger er vist på figur 4.2.3. Ved de fleste stationer er blyindholdet efter et års ophold lavere i 1997 end i 1996, og set over hele perioden 1992 til 1997 viser blyindholdet efter et års transplantation en faldende tendens.



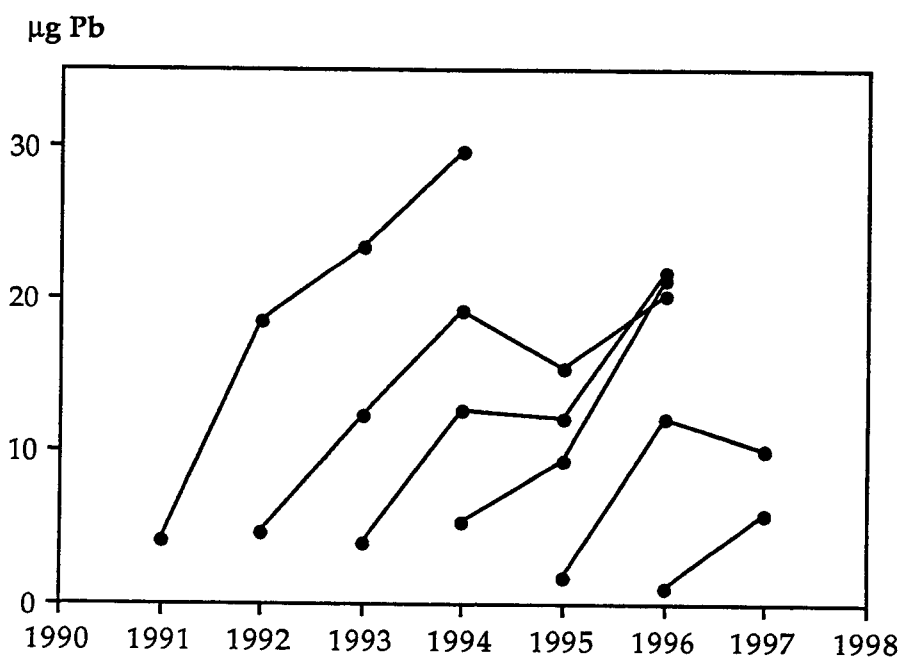
Figur 4.2.3. Tidsudviklingen af blyindholdet efter et års transplantation. µg i en 6 cm musling.

De nuværende transplantationsforsøg kan også sammenlignes med tilsvarende forsøg, som blev udført, mens minedriften var i gang i 1984/85 (Riget et al. 1997). Ved disse forsøg steg blyindholdet til 109 µg efter et år i muslinger, som var transplanteret til station T17A, mens det i de nuværende transplantationsforsøg kun steg til 18-24 µg på et år. Dette tyder på, at påvirkningen af muslingerne efter minedriftens ophør kun er ca. 1/5 af hvad det var midt i 1980-erne, mens den fandt sted.

Muslinger, som har været transplanteret over flere år, fortsætter med at akkumulere bly, som det fremgår af figur 4.2.4 og figur 4.2.5.



Figur 4.2.4. Blyindhold (μg i en 6 cm musling) i muslinger transplanteret til st. T17A. Den nederste række punkter viser blyindholdet i muslingerne, før de blev transplanteret.



Figur 4.2.5. Blyindhold (μg i en 6 cm musling) i muslinger transplanteret til st. T30. Den nederste række punkter viser blyindholdet i muslingerne, før de blev transplanteret.

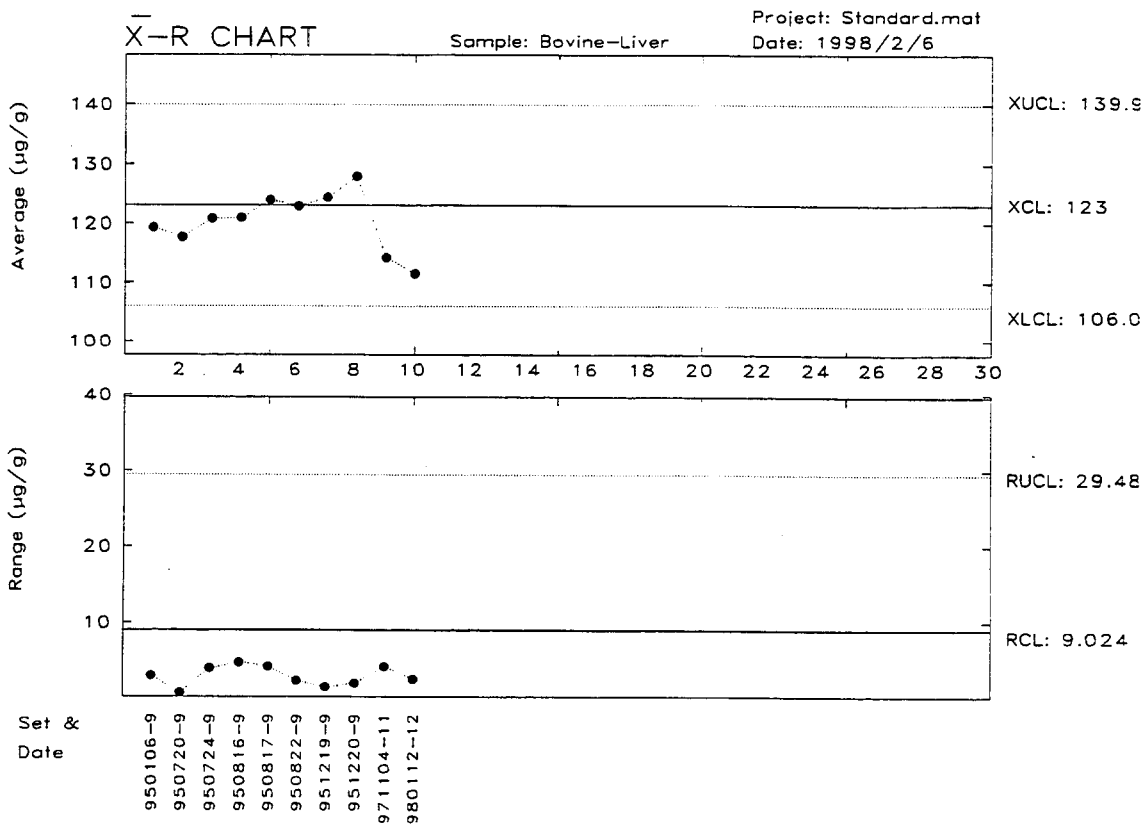
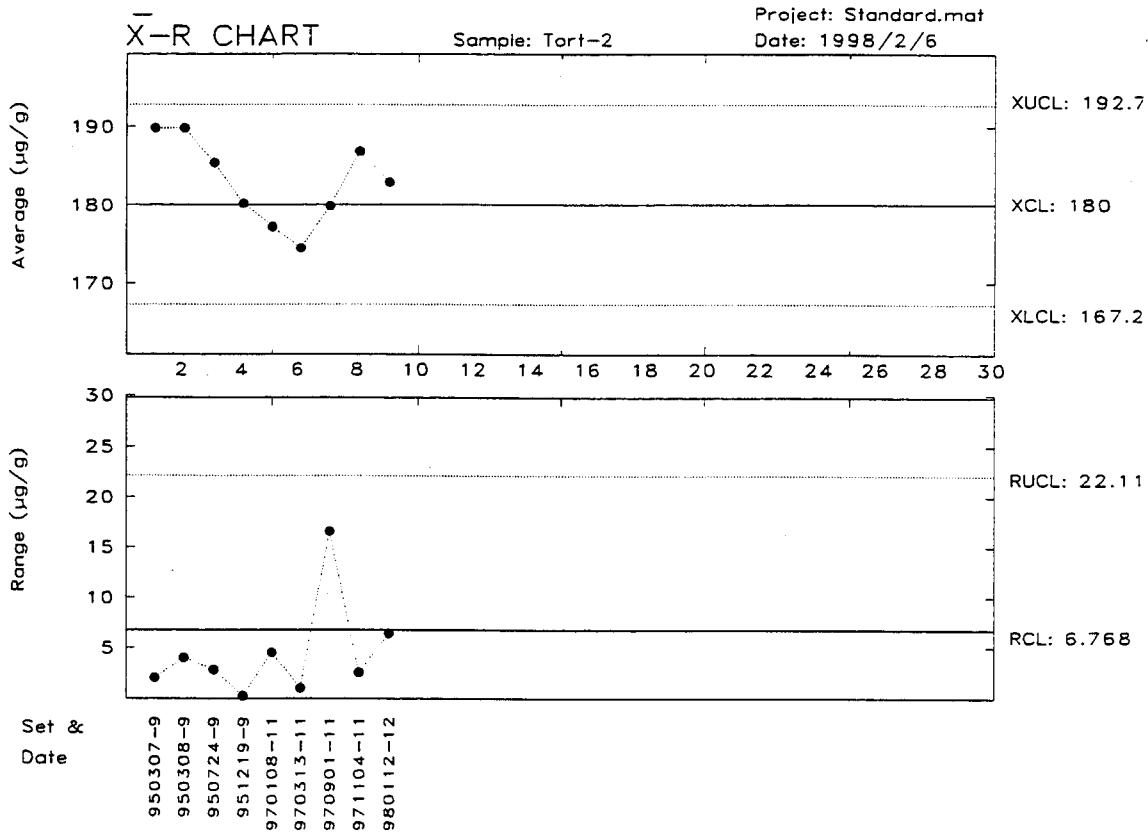
Referencer

Johansen, P., Riget, F. & Asmund, G. 1997. Miljøundersøgelser ved Maarmorilik 1996. Faglig rapport fra DMU, nr. 193. Danmarks Miljøundersøgelser, maj 1997, 97 pp.

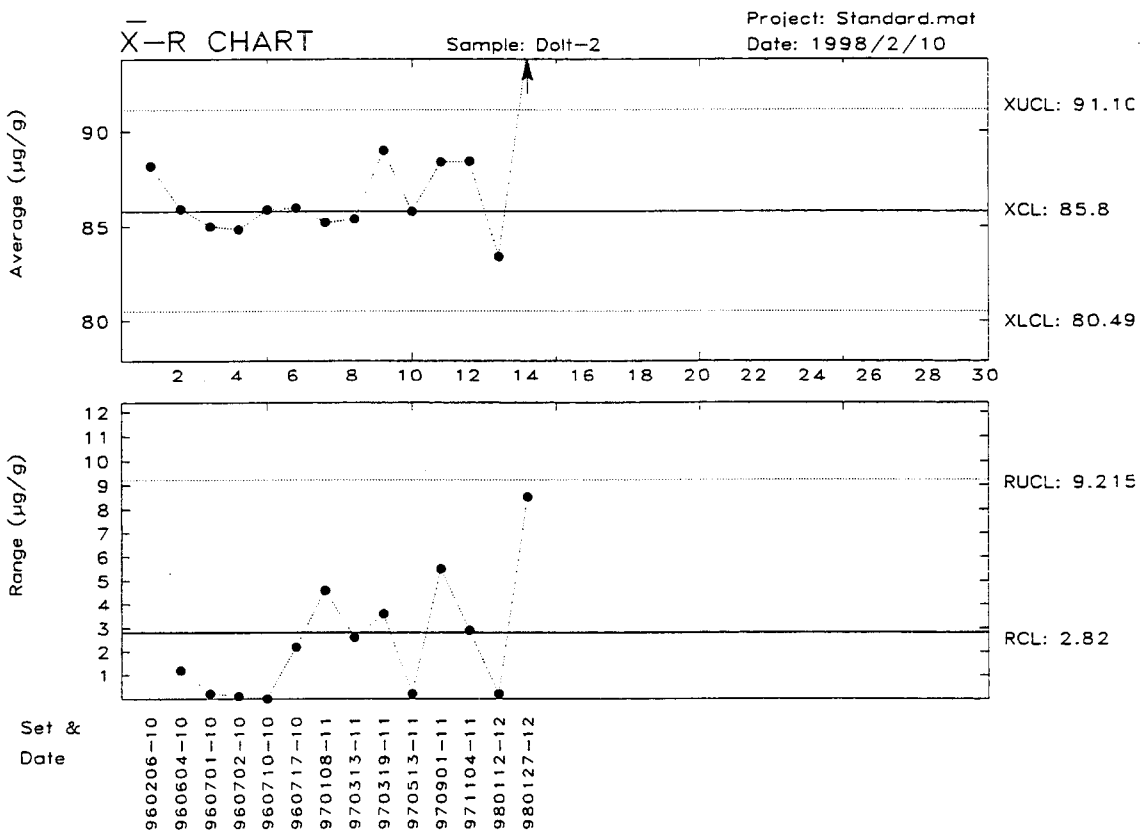
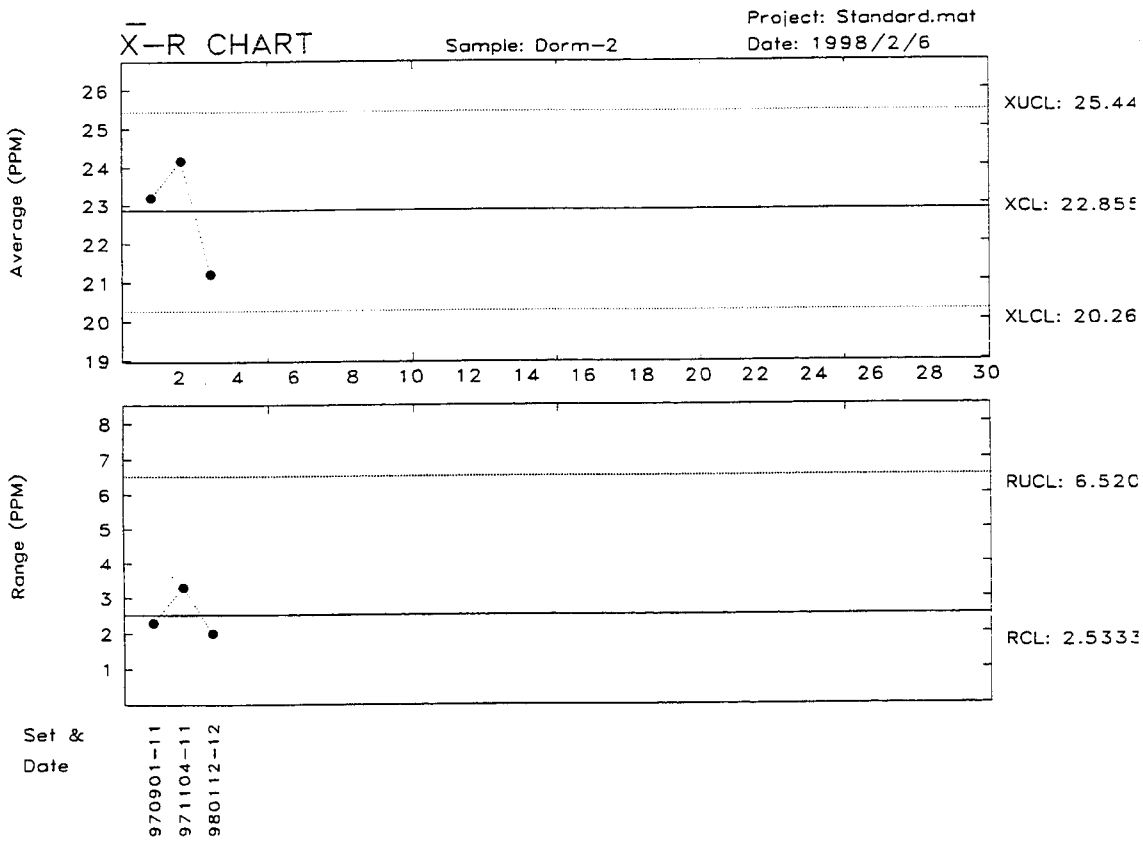
Nicholson, M.D., Fryer, R.J. & Larsen, J.R. 1995. A Robust Method for Analysing Contaminant Trend Monitoring Data. Techniques in Marine Environmental Science. ICES.

Riget, F., Johansen, P. & Asmund, G. 1997. Uptake and Release of Lead and Zinc by Blue Mussels. Experience from Transplantation Experiments in Greenland. Marine Pollution Bulletin 34(10): 805-815.

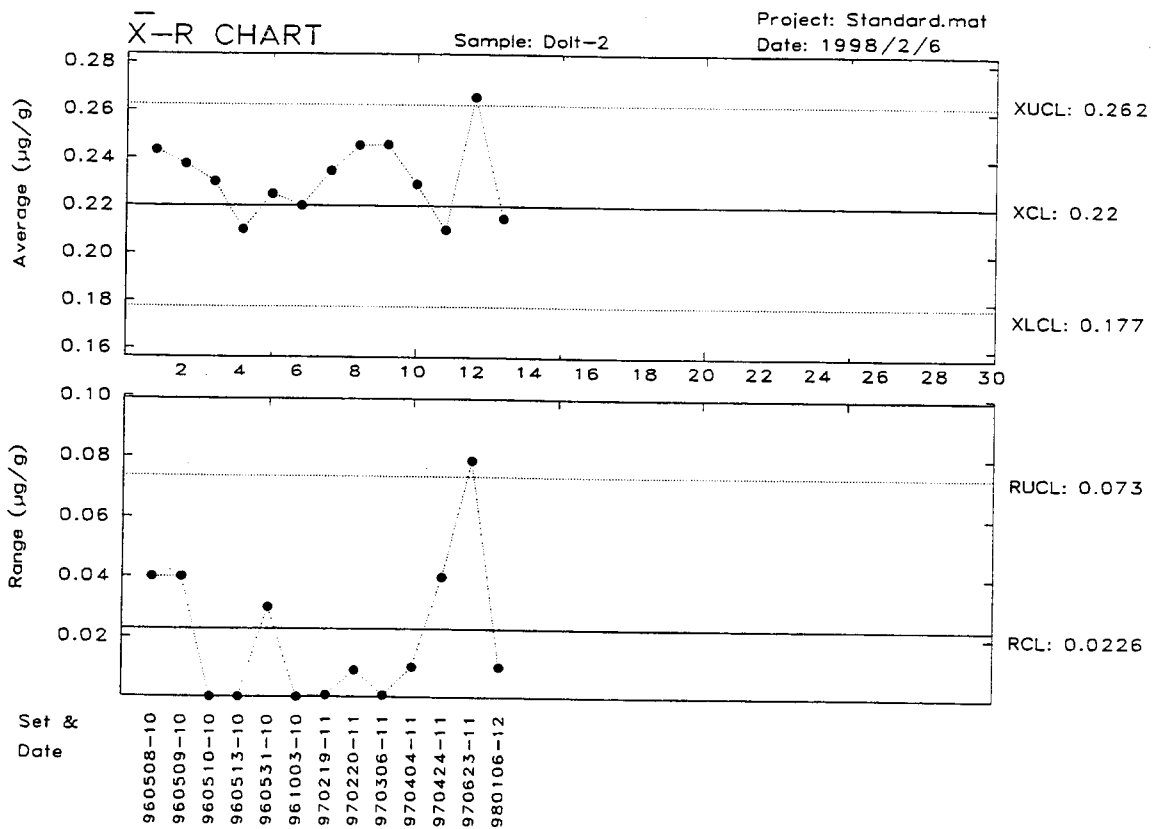
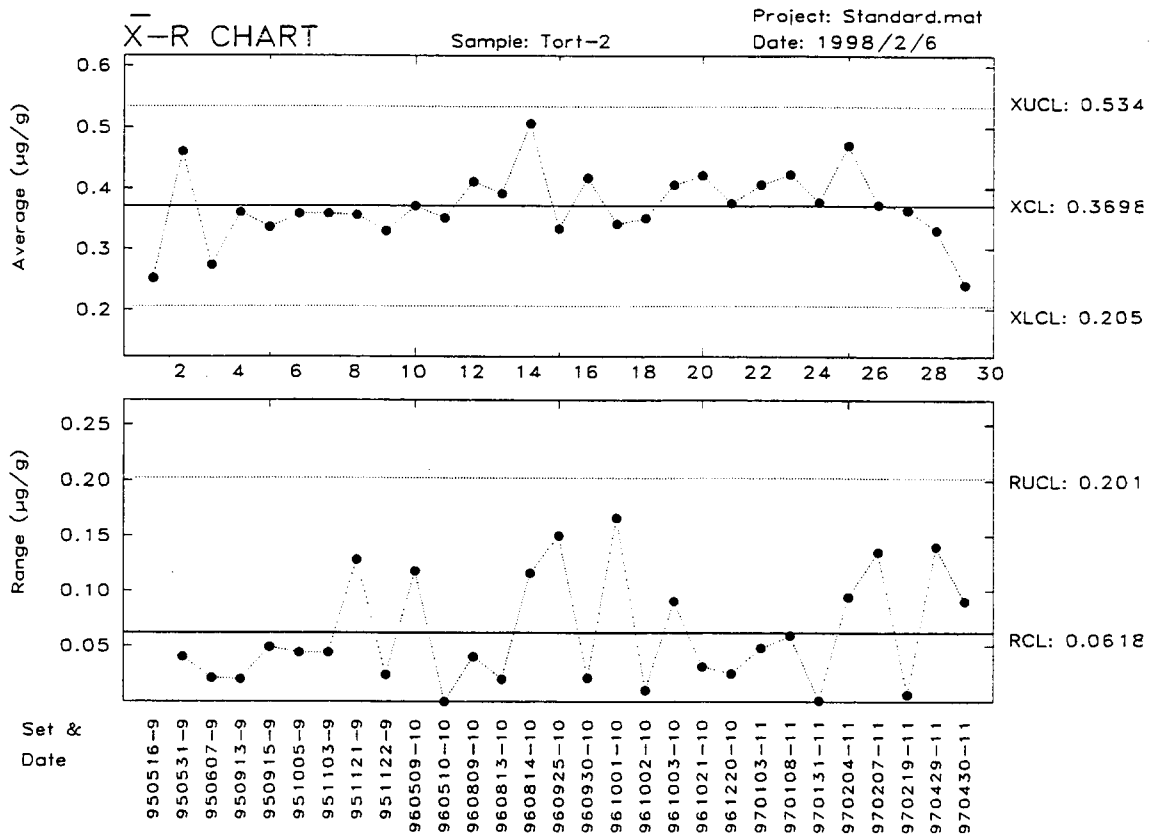
Bilag I. Analysekontrollkort



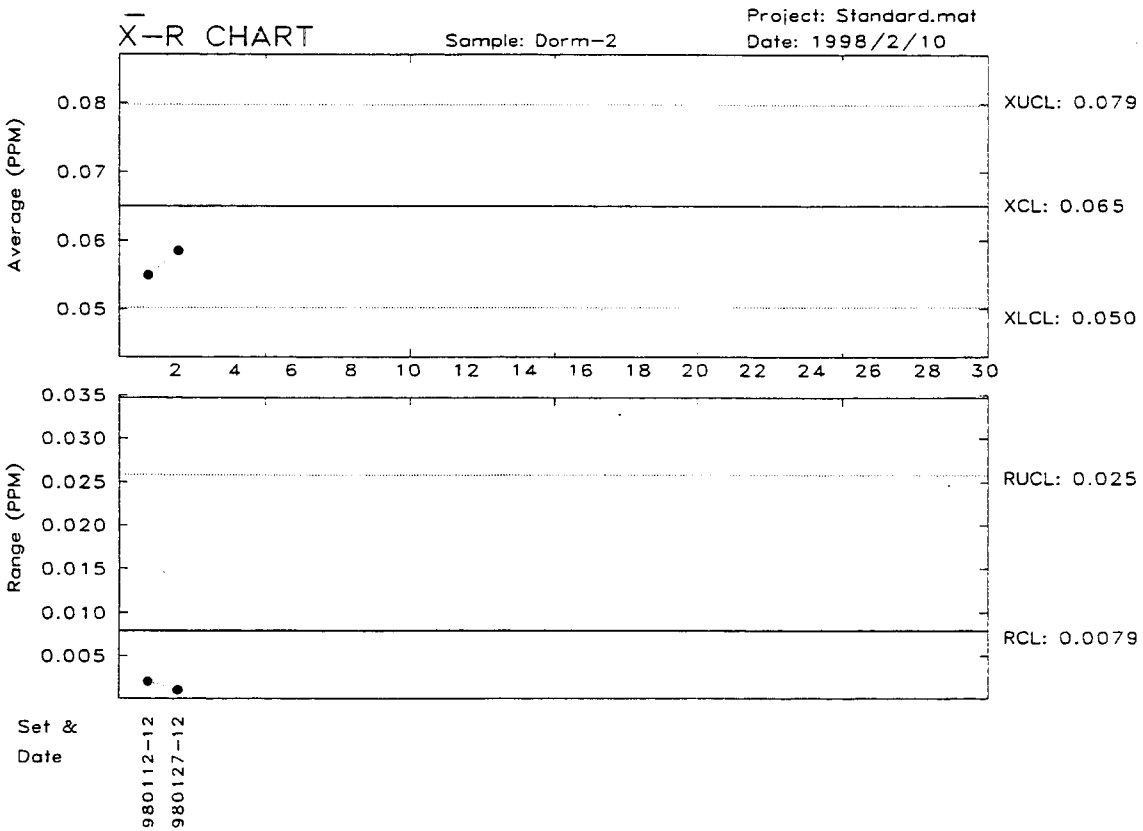
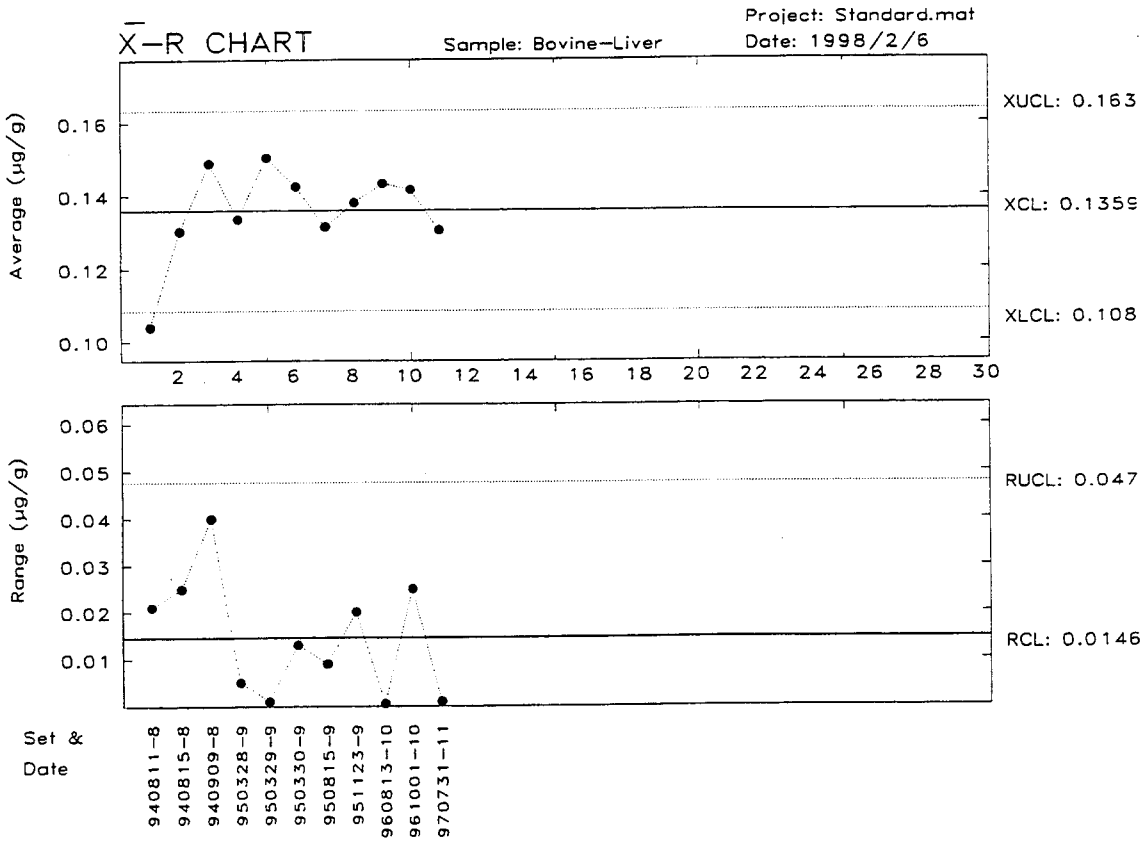
1. Kontrollkort for zink



2. Kontrollkort for zink



3. Kontrollkort for bly



4. Kontrollkort for bly

Bilag II. Pb og Zn i *Cetraria nivalis*

Lokalitet	IDnr.	Pb, mg/kg	Zn, mg/kg
L naturlig	20601	0,918	13,4
	20601	0,691	12,5
L trans Schade 96	20602	0,345	6,88
L trans T12Ø 96	20603	87,8	46,2
V naturlig	20604	0,385	10,0
V trans 96	20605	0,630	10,1
G naturlig	20606	0,453	19,5
G trans 96	20607	0,231	14,3
T6 naturlig	20608	6,18	23,0
T6 trans 96	20609	3,93	16,7
	20609	2,53	15,7
T17B naturlig	20641	80,9	77,9
T17B trans96	20642	9,85	23,2
	20642	5,50	14,8
T17A naturlig	20643	45,7	61,1
T17A trans96	20645	4,38	16,6
	20645	3,43	21,6
T22 naturlig	20646	47,0	80,7
T22 trans 96	20647	7,62	21,0
T12SV naturlig	20648	229	244
T12SV trans 96	20649	89,2	146
T12Ø naturlig	20650	119	172
T12Ø trans 96	20651	16,8	36,0
	20651	19,6	35,6
T36 naturlig	20657	21,9	31,8
T36 trans 96	20658	2,12	14,1
T33 naturlig	20659	0,64	14,2
T29 naturlig	20660	20,9	50,2
T30 naturlig	20661	47,2	65,8
T30 trans 96	20662	3,50	15,8
	20662	2,35	17,4
T25 naturlig	20663	28,2	46,0
T25 trans 96	20664	1,90	15,5
	20664	1,88	12,0

Bilag III. Pb og Zn i blåmusling (*Mytilus edulis*)

Indsamlet ved Maarmorilik og i Ummannaq-fjorden i 1997. Stationernes beliggenhed fremgår af figur 2.1 og 2.2. For hver prøve er vist antal muslinger i prøven, den gennemsnitlige skallængde (lgd.) og den gennemsnitlige bløddelstørvægt (vægt). Koncentration er på tørvægtsbasis. Enkelte prøver er dobbeltbestemt (to prøver af homogenatet). tr angiver muslinger transplanteret til stationen fra Qeqertat (station L) eller Schades Øer (station K) med angivelse af det år, hvor transplantationen fandt sted.

Station	Inds.dato	Id-nr.	Antal	lgd (cm)	vægt (g)	tørstof (%)	Pb (µg/g)	Zn (µg/g)	
K	nat.	6.9.97	20610	23	4,51	3,09	17,06	0,812	134
								0,702	112
V	nat.	6.9.97	20611	20	5,48	4,88	17,19	0,747	126
	tr.94	6.9.97	20614	7	7,90	19,67	15,18	2,50	71,1
	tr.95	6.9.97	20615	9	5,23	5,75	17,22	1,96	102
	tr.95	6.9.97	20616	8	7,20	12,99	15,27	1,91	80,4
	tr.96	6.9.97	20612	17	4,59	4,00	16,50	1,76	119
	tr.96	6.9.97	20613	16	5,36	5,56	17,44	1,47	109
G	tr.94	6.9.97	20621	17	8,18	15,44	14,64	5,41	112
	tr.95	6.9.97	20617	15	5,33	4,40	15,61	3,22	170
	tr.95	6.9.97	20618	9	7,42	11,63	12,60	3,51	123
	tr.95	6.9.97	20619	16	5,85	5,39	14,25	3,30	152
							3,35	153	
	tr.96	6.9.97	20620	17	5,06	4,95	15,07	2,27	143
T5	tr.96	7.9.97	20622	16	5,40	6,01	12,28	23,2	201
T12SV	tr.94	7.9.97	20623	17	7,56	9,99	11,71	373	476
	tr.95	7.9.97	20624	17	5,03	3,84	13,36	251	501
	tr.95	7.9.97	20625	17	7,07	8,85	10,43	278	550
	tr.96	7.9.97	20626	18	4,81	3,79	10,85	154	471
	tr.96	7.9.97	20628	11	6,20	8,20	9,19	127	422
							126	417	
T12Ø	tr.96	7.9.97	20627	20	5,44	4,52	12,77	196	622
							194	621	
T17A	tr.94	7.9.97	20629	9	8,43	16,52	11,74	44,9	204
	tr.95	7.9.97	20630	14	6,84	8,71	13,69	48,2	238
	tr.96	7.9.97	20631	16	5,37	5,07	12,36	25,7	226
T17B	tr.95	7.9.97	20632	14	5,04	3,16	10,68	84,0	400
	tr.95	7.9.97	20633	13	6,83	6,67	9,19	66,1	339
	tr.96	7.9.97	20634	8	7,13	11,29	9,46	28,5	261
	tr.96	7.9.97	20635	22	4,71	3,42	9,52	44,7	311
T22	tr.95	7.9.97	20636	16	5,24	4,31	13,09	54,7	279
	tr.95	7.9.97	20638	15	6,74	7,89	10,21	39,6	277
							37,5	279	
	tr.96	7.9.97	20637	19	5,61	4,72	14,44	17,7	221
T25	tr.94	8.9.97	20671	10	8,60	17,61	12,54	23,2	139
	tr.95	8.9.97	20665	20	6,38	6,33	12,61	16,1	228
	tr.96	8.9.97	20666	11	5,52	5,86	11,13	9,32	181
T30	tr.95	9.9.97	20667	10	7,04	8,42	8,37	20,9	192
	tr.95	9.9.97	20669	13	4,85	3,21	9,11	22,9	211
	tr.96	9.9.97	20668	20	5,28	3,64	11,31	11,4	200
T36	tr.95	9.9.97	20672	18	5,14	4,15	9,20	12,1	220
	tr.95	9.9.97	20673	14	7,21	8,91	9,75	13,0	250
							12,8	248	
	tr.96	9.9.97	20670	20	5,65	5,94	9,91	7,28	218

Danmarks Miljøundersøgelser

Danmarks Miljøundersøgelser - DMU - er en forskningsinstitution i Miljø- og Energiministeriet. DMU's opgaver omfatter forskning, overvågning og faglig rådgivning indenfor natur og miljø.

Henvendelser kan rettes til:

Danmarks Miljøundersøgelser
Postboks 358
Frederiksborgvej 399
4000 Roskilde
Tlf.: 46 30 12 00
Fax: 46 30 11 14

Direktion og Sekretariat
Forsknings- og Udviklingssekretariat
Afd. for Atmosfærisk Miljø
Afd. for Havmiljø og Mikrobiologi
Afd. for Miljøkemi
Afd. for Systemanalyse

Danmarks Miljøundersøgelser
Postboks 314
Vejlsovej 25
8600 Silkeborg
Tlf.: 89 20 14 00
Fax: 89 20 15 14

Afd. for Sø- og Fjordøkologi
Afd. for Terrestrisk Økologi
Afd. for Vandløbsøkologi

Danmarks Miljøundersøgelser
Grenåvej 12, Kalø
8410 Rønde
Tlf.: 89 20 14 00
Fax: 89 20 15 14

Afd. for Kystzoneøkologi
Afd. for Landskabsøkologi

Danmarks Miljøundersøgelser
Tagensvej 135, 4 sal
2200 København N
Tlf: 35 82 14 15
Fax: 35 82 14 20

Afd. for Arktisk Miljø

Publikationer:

DMU udgiver faglige rapporter, tekniske anvisninger, særtryk af videnskabelige og faglige artikler, Danish Review of Game Biology samt årsberetninger.

I årsberetningen findes en oversigt over det pågældende års publikationer. Årsberetning samt en opdateret oversigt over årets publikationer fås ved henvendelse til telefon: 46 30 12 00.