



Danmarks Miljøundersøgelser
Miljøministeriet

Miljøundersøgelser ved Mestersvig 2001

Faglig rapport fra DMU, nr. 474



[Tom side]



Danmarks Miljøundersøgelser
Miljøministeriet

Miljøundersøgelser ved Mestersvig 2001

*Faglig rapport fra DMU, nr. 474
2003*

*Peter Aastrup
Mikkel Tamstorf
Gert Asmund*

Datablad

| | |
|------------------------------|---|
| Titel: | Miljøundersøgelser ved Mestersvig 2001 |
| Forfattere: Afdeling: | Peter Aastrup, Mikkel Tamstorf og Gert Asmund Afdeling for Arktisk Miljø |
| Serietitel og nummer: | Faglig rapport fra DMU nr. 474 |
| Udgiver: | Danmarks Miljøundersøgelser© Miljøministeriet |
| URL: | http://www.dmu.dk |
| Udgivelsestidspunkt: | December 2003 |
| Faglig kommentering: | Poul Johansen (DMU), Marianna Laursen (Råstofdirektoratet for Grønland) |
| Finansiel støtte: | Ingen ekstern finansiering. |
| Bedes citeret: | Aastrup, P., Tamstorf, M. & Asmund, G. (2003): Miljøundersøgelser ved Mestersvig 2001. Danmarks Miljøundersøgelser. 49 s. –Faglig rapport fra DMU, nr. 474 http://faglige-rapporter.dmu.dk Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse. |
| Sammenfatning: | Rapporten belyser og vurderer forureningstilstanden ved Mestersvig på baggrund af indsamlingerne i 2001. Forureningen er generelt lavere i 2001 eller på samme niveau som ved den seneste undersøgelse i 1996. |
| Emneord: | Mestersvig, sediment, tang, ulk, bly, zink, <i>Cetraria nivalis</i> , tailing |
| Layout: Tegninger/fotos: | Hanne Kjellerup Hansen Grafisk værksted, Silkeborg |
| ISBN: ISSN (elektronisk): | 87-7772-778-9 1600-0048 |
| Sideantal: | 49 |
| Internet-version: | Rapporten findes kun som PDF-fil på DMU's hjemmeside http://www.dmu.dk/1_viden/2_Publikationer/3_fagrapporter/rapporter/FR474.pdf |
| Købes hos: | Miljøministeriet Frontlinien Strandgade 29 1401 København K Tlf.: 32 66 02 00 frontlinien@frontlinien.dk www.frontlinien.dk |

Indhold

Resume 5

Summary 6

Kalaallisut naalisarnera 7

1 Indledning 9

2 Indsamling 11

3 Analyse og analysekontrol 13

4 Resultater 17

4.1 Marine prøver 17

4.2 Terrestriske prøver 22

5 Diskussion 27

5.1 Det marine miljø 27

5.2 Det terrestriske miljø 28

Referencer 33

Bilag 35

Bilag 1 Kemiske analyser – marine prøver 35

Bilag 2 Kemiske analyser – terrestriske prøver 40

Bilag 3 Beregninger af koncentrationer af bly, zink og kobber i forskellig afstand fra mineområdet 45

Danmarks Miljøundersøgelser

Faglige rapporter fra DMU

[Tom side]

Resumé

I august 2001 blev der indsamlet prøver med henblik på undersøgelse af forureningen ved Mestersvig i Østgrønland, hvor der blev udvundet bly og zink i perioden 1956 til 1963. Undersøgelserne omfattede det marine miljø ved Mestersvig og det terrestriske miljø ved minen og langs vejen mellem minen og Nyhavn samt ved Noret. Undersøgelserne af det terrestriske miljø blev undersøgt som en del af EU-projektet MINEO, som har til formål at undersøge mulighederne for anvendelse af hyperspektrale data ved monitorering af forurening fra miner.

Analysen af de indsamlede marine prøver viser, at der stadig kan måles en væsentlig bly- og zinkforurening i Kong Oscars Fjord. Forureningen viser sig især ved forhøjet bly og zinkindhold i strandsand, elvsedimenter, tang og ulke. Forureningen er gennemgående på samme niveau som i 1996, mens den tidligere har været betydeligt højere.

I det terrestriske miljø er der ikke sket væsentlige ændringer siden 1979. Der er fortsat meget høj forurening med bly og zink i umiddelbar nærhed af tailings-depotet, mens der også findes tydeligt forhøjede koncentrationer over baggrundsniveauet langs vejen mellem minen og Nyhavn. De mest forurenede steder som tailingsdepotet og aflejringer af tailings i elvlejet kan identificeres ved analyse af hyperspektrale data optaget fra fly (MINEO projektet).

Summary

In august 2001 NERI collected samples to study the pollution at Mestersvig in East Greenland, where a lead-zinc mine was in production from 1956 to 1963. The studies covered the marine environment at Mestersvig, the terrestrial environment at the mine site and along the road, the harbour area at Nyhavn, and the inlet "Noret". Studies of the terrestrial environment were a part of the EU-financed project "MINEO" which aims at investigating the potential for use of hyperspectral data in monitoring pollution from mines.

Chemical analyses of marine samples show, that there is still a significant zinc- and lead-pollution in Kong Oscars Fjord. The pollution appears as elevated levels of lead and zinc in beach sand, river sediments, sea-weed and sculpins. Pollution is largely at the same level as in 1996, while it has been significantly higher earlier.

There is no substantial changes in the terrestrial environment since 1979. Lead- and zinc-pollution at the mine site is still high close to the tailings-deposit, but concentrations along the road to Nyhavn and at Nyhavn are clearly above baseline levels. The most polluted areas, the tailings deposit and deposited tailings along the river could be detected by use of hyperspectral data recorded by an airborne sensor (Mineo project).

Kalaallisut naalisarnera

Tunumi Mestersvigimi aqerlussamik zinkimillu 1956-imiit 1963-imut paaaffiusimasumi qanoq annertutigisumik mingutitsisoqarsimasinnaanera paasiniarniarlugu misissugassanik augustimi 2001-imi katersisoqarpoq. Misissuineq Mestersvigip eqqaani immamut, paaaffiup eqqaani nunamut, paaaffimmiit Nyhavnip tungaanut aqqummut kiisalu Noretip eqqaanut tunngatinneqarpoq. Nunamik misissuine-rit EUp ingerlataanut MINEOmut, aatsitassarsiorfinni mingutitsi-nermik nalunaarsuinermi paasissutissat hyperspektraliusut (assit maligaasanik amerlaqisunik seqernullu qinngorneriniittunik imallit nassuiarniarneranni atorpeqartartut) atorpeqarsinnaanerat pillugu periarfissaqarneranik misissuinermik imalimmut, ilaapput.

Misissugassat imaaneersut misissoqqissaarnerisa takutippaat aqerlu-
mik zinkimillu mingutsitsineq annertoq Kong Oscars Fjordemi suli
naammattuugassaasoq. Aqerlumik zinkimillu mingutsitsineq sissami
sioqqani, kuuit niffarlukuini, qeqqussani kanassunilu malunnarneru-
voq. Mingutitsineq 1996-ip siorna annertunerusimasinnarluni mingut-
sitsineq 1996-mut sanilliullugu allannguuteqangaarsimannilaq.

Nunami 1979-imiit annertunerusumik allanngortoqarsimangilaq.
Saffiugassanik saleereernikkut sinneruttunik toqqorsiviusimasup
qanitaani suli annertoourujussuarmik aqerlumik zinkimillu mingutit-
sineqarpoq, aatsitassarsiorfiulli avataani Nyhavnip tungaanut aqqu-
taani mingutitsiviusimanngitsumi malunnartumik annertusisimasu-
mik akoqarnerusunik peqartiterpoq. Tamakkua avatangiisini uuma-
sunut naasunullu annertunerusumik sunniuteqartussaannngitsutut
nalilerneqarput. Mingutitsiviusimanerpaasut, soorlu sinneruttunik
toqqorsiviusimasup eqqaa kuullu kussernga (pilersaarummut MI-
NEO-mut atatillugu) timmisartumik misissuinikkut sumiissusersi-
neqarput.

[Tom side]

1 Indledning

Tidligere miljøundersøgelser

I 1979 gennemførtes de første miljøundersøgelser ved Mestersvig, hvor Nordisk Mineselskab drev en bly-zinkmine i årene 1956-63. Miljøundersøgelserne i 1979 (Asmund 1983; Hansen 1985) omfattede bestemmelse af tungmetallerne kobber, bly, cadmium og zink i tang i området ved Mestersvig. Det blev dengang påvist, at et større område ved Mestersvig var forurenet med bly og zink.

Disse undersøgelser er siden fulgt op med miljøundersøgelser i 1985 (Hansen & Asmund, 1986), 1991 (Agger et al. 1991) og 1996 (Asmund et al. 1997), hvor der påvistes en fortsat bly- og zinkforurening. I 1985 og 1991 blev der også inddraget grusprøver fra Nyhavn-området samt ulke og sæler i undersøgelserne. I ulke blev der påvist en forhøjet blybelastning ved Mestersvig, mens dette ikke var tilfældet for sæler. I 1996 blev foretaget analyser af indholdet af bly og zink i strandsand, tang samt af bly i ulke. Disse undersøgelser viste en faldende bly- og zinkforurening. I 2001 blev der igen gennemført undersøgelser i området. Disse var koordineret med undersøgelser, som blev gennemført i forbindelse med det EU-finansierede projekt, MINEO, som har til formål, i et samarbejde mellem en række europæiske lande, at undersøge mulighederne for at anvende hyperspektrale data til kortlægning og monitorering af forurening fra bl. a. miner (Aastrup, Tamstorf & Tukiainen 2001). Der er i forbindelse hermed gennemført detaljerede undersøgelser specielt i området omkring minen.

Undersøgelse i 2001

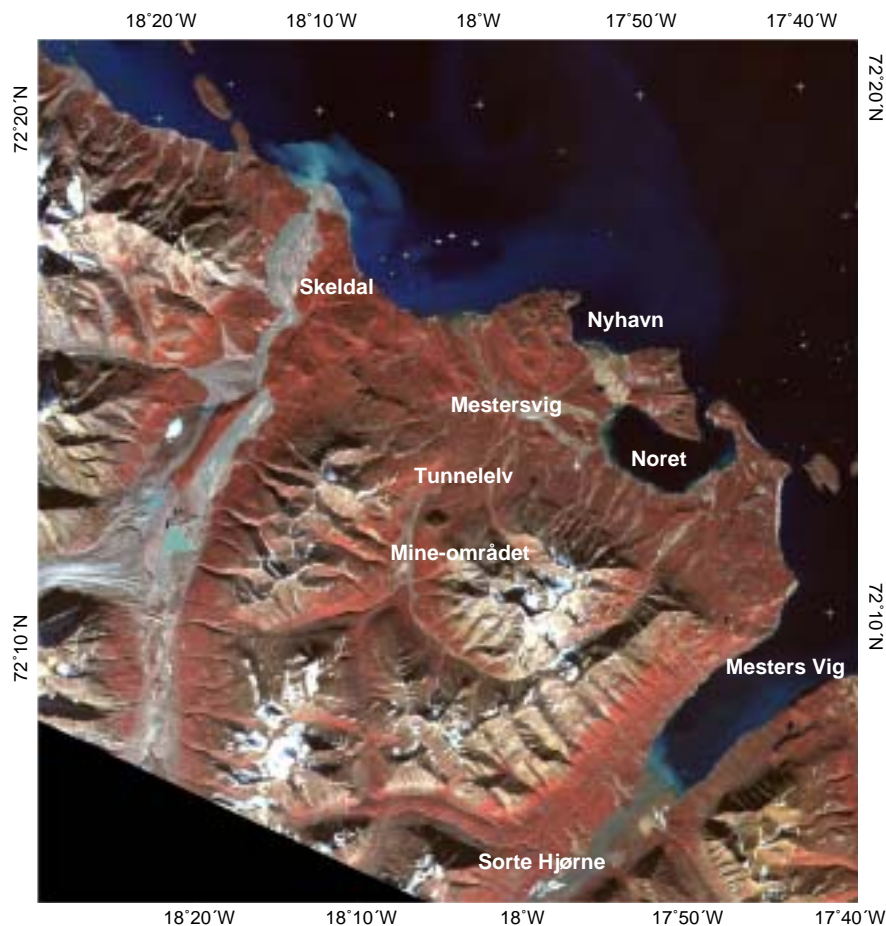
Denne rapport redegør for de miljøundersøgelser, som blev udført i 2001 og sammenligner resultaterne med de tidligere undersøgelser i området. Undersøgelsen omfatter bestemmelse af bly og zinkkoncentrationen i strandsand, tang og ulke fra området ved Mestersvig. Desuden er inddraget resultater af de undersøgelser af landmiljøet som blev foretaget i forbindelse med MINEO-projektet (Tamstorf, Aastrup & Tukiainen 2003).

[Tom side]

2 Indsamling

Billedet figur 2.1 viser undersøgelsesområdet med angivelse af de væsentligste stednavne.

Figur 2.1 Mestersvig området. "Blyklippen" er minen, Nyhavn er havneområdet hvor udskibning fandt sted. Den røde linje viser vejforløbet mellem minen og havneområdet. Den blå linje viser kysten hvor der er foretaget indsamlinger af prøver. ASTER-billede fra 19. august 2000.



De indsamlede typer af prøver blev valgt fordi de antages bedst at beskrive forureningstilstanden i området. I det marine miljø repræsenterer strandsand den partikulære metalforurening, mens og tang og ulk er et mål for hvor meget af metalforureningen der er tilgængeligt for marine organismer i området. Ulke er relativt stationære fisk, som derfor er egnede til at beskrive optagelsen i højere organismer og evt. akkumulering i fødekæden. I det terrestriske miljø er laven, *Cetraria nivalis*, det primære medie til beskrivelse af den luftbårne forurening i form af støvpartikler. Derudover er medtaget jordprøver, som repræsenterer summen af de naturlige metalniveauer og den luftbårne forurening. Endelig er der taget prøver af tailings, som er en væsentlig forureningskilde. Planterne *Cassiope tetragona* og *Salix arctica* er analyseret i forbindelse med MINEO-projektet.

Strandsand

Der blev indsamlet 42 prøver af strandsand fordelt på 22 stationer ved Nyhavn og langs kysten mod nordvest og sydøst. Indsamlingen foregik med hænderne ved lavvande. Grusprøverne blev lagt i polyethylenposer og nedfrosset.

- Tang* Der blev indsamlet 40 prøver af skudspidser af langfrugtet klørtang (*Fucus distichus*) fordelt på 18 stationer ved Mestersvig. Ved hver station indsamledes en tangprøve. Prøverne blev lagt i polyethylenposer og dybfrosset.
- Ulk* Ulke blev fanget med net. Ved Nyhavn blev der fanget 60 ulke (hornulk (*Myoxocephalus quadricornis*) og alm. ulk (*M. scorpius*)) og i Mesters Vig, ca. 15 km fra Nyhavn blev der fanget 55 ulke. Alle individer blev lagt hele i plastposer og nedfrosset.
- Terrestriske prøver* Terrestriske prøver blev indsamlet som en del af MINEO projektet. Der blev indsamlet 39 prøver af *Cetraria nivalis*, 45 jordprøver, 7 prøver af *Cassiope tetragona*, og 5 prøver af *Salix arctica*. Endelig blev der indsamlet 41 prøver af elvsediment og 11 prøver af tailings.
- Alle prøver blev indsamlet med hånden og opbevaret i polyethylenposer, som blev frosset ind og sendt nedfrosset til Danmark.

3 Analyse og analysekontrol

De kemiske analyser er udført ved atomabsorption, enten flamme AAS, Zeeman grafitovns AAS eller FIAS-AAS som beskrevet i Asmund & Clemann (2000). Laboratoriet er akkrediteret af Danak efter ISO 17025.

Strandsand

Det ovntørrede og eventuelt agatmorter knuste strandsand blev oplukket efter en metode udviklet af Loring og Rantala (1992): 200 mg afvejedes i en teflonbombe og 0,25 ml salpetersyre, 0,75 ml saltsyre og 3 ml flussyre blev tilsat. Prøven blev oplukket under tryk ved 120°C i fire timer. Overskydende flussyre blev derefter neutraliseret med 2,8 g borsyre under omrøring, og prøven fortyndedes til 50 ml. Bly, zink og kobber bestemtes i denne opløsning som beskrevet for de biologiske prøver.

Biologiske prøver

Af ulkeprøverne blev en delprøve udskåret med rustfri stålskalpel, således at alle overflader af delprøven var frisk udskårne. Kød-, lever- og benudskæringen blev foretaget, medens prøverne var delvist frosne på et plastbræt, og håndteringen skete med en plastpincet. Tørstofprocenten bestemtes ved afvejning af 2-3 g materiale i porcelænsdigler og tørring i varmeskab ved 105°C til konstant vægt.

Tangprøverne blev i felten skyllet i rent ferskvand og befriet for bevoksninger og snegle, i laboratoriet blev de først frysetørret og derefter knust i agatkuglemølle.

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 140°C i 12 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 AAnalyst 300 med luft/acetylen flamme og ekstern kalibreringskurve. Samme metode anvendtes for høje blykoncentrationer, medens lave blykoncentrationer bestemtes ved grafitovnsmetoden på et Perkin Elmer Zeeman AAnalyst 800. 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 niveauet for den detektionsgrænse, som er ønskelig i den givne situation.

I nærværende rapport er detektionsgrænsen defineret som den koncentration der giver et analytisk signal, som er 3 gange spredningen på resultaterne fra blindprøven ("rene prøver"). Detektionsgrænsen for Zn er vurderet ud fra signal/støj forholdet ved absorptionsmålingen. Ingen zinkkoncentrationer i biologisk materiale omtalt i denne rapport har været i nærheden af detektionsgrænsen.

Detektionsgrænserne for de anvendte analysemetoder er vist i tabel 3.1.

Tabel 3.1 Detektionsgrænserne Pb, Cu og Zn ved de anvendte analysemetoder.

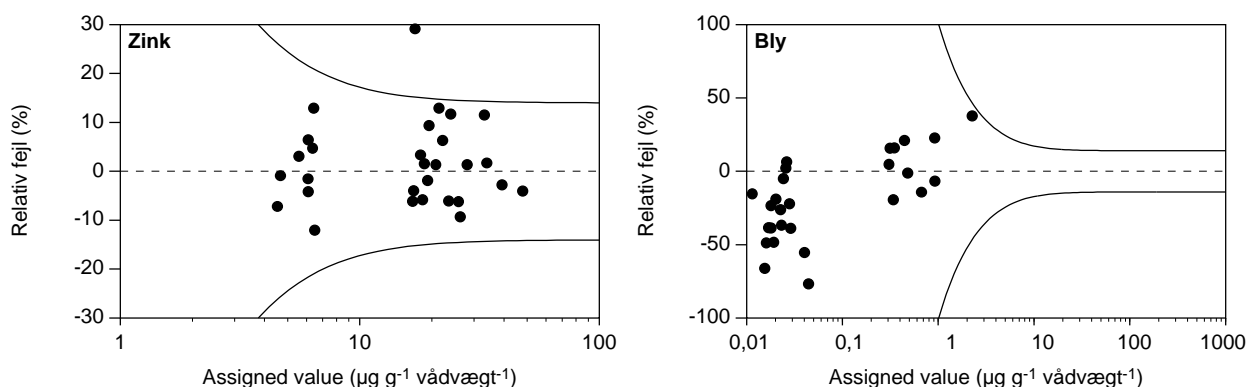
| | Pb $\mu\text{g g}^{-1}$ tørstof | Cu $\mu\text{g g}^{-1}$ tørstof | Zn $\mu\text{g g}^{-1}$ tørstof |
|-------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| Ulk, muskel | 0,045 | 0,2 | 1,5 |
| Ulk, lever og ben | 0,045 | 0,2 | 1,5 |
| Tang | 0,045 | 0,2 | 1,5 |
| Strandsand | 1,5 | 1,5 | 1,5 |

Analysekontrol

Analysekvaliteten kontrolleres ved hjælp af certificerede referencematerialer, som jævnligt analyseres sammen med prøverne. De anvendte referencematerialer er Dorm-1, Dolt-1, Tort-1, MESS-1, PACS-a og Sewage-sludge. En uafhængig måling af kvaliteten opnås gennem deltagelse i laboratorie-interkalibrering. En prøve med ukendt koncentration af bly og zink analyseres af mange laboratorier, hvorefter arrangørerne af interkalibreringen udregner en "assigned value" for prøven. I figur 3.1 ses resultatet for DMU-AMs deltagelse i interkalibreringsprogrammet QUASIMEME, der organiseres af EU. DMU-AMs resultater er i figuren vist som den relative afvigelse fra "assigned value (den fastsatte værdi)" afbildet mod koncentrationen.

Det ses, at for bly er usikkerheden hos DMU-AM ca. 25% relativt (95% konfidensintervallet som indtegnet i figur 3.1) for prøver med koncentrationer højere end $0,02 \mu\text{g g}^{-1}$. For biologiske prøver med lavere koncentrationer end $0,02 \mu\text{g g}^{-1}$ blev der af QUASIMEME kun opgivet indikative "assigned values". I disse tilfælde fandt DMU-AM lavere blykoncentrationer, end der blev bestemt som referenceværdi. For zink er usikkerheden i næsten alle tilfælde indenfor 12,5% relativt.

Som en generel praksis i laboratoriet foretages jævnligt dobbeltbestemmelser af tungmetalkoncentrationen i nogle af prøverne. For tang, sediment, sand, jord, lav og planter består dobbeltbestemmelsen i bestemmelse af to delprøver af homogenatet, hvorved usikkerheden alene er analyseusikkerhed. For fiskeprøver består dobbeltbestemmelsen af bestemmelse af to udskæringer af samme fiskeprøve, hvorved der foruden en analyseusikkerhed også er en variation som følge af forskelle i det undersøgte væv. Tabel 3.2 giver en oversigt over den gennemsnitlige relative usikkerhed (spredning i forhold til middelværdi) for forskellige prøvetyper.



Figur 3.1 Resultaterne for DMU-AMs deltagelse i interkalibrering (se teksten).

Tabel 3.2 Relativ forskel mellem dobbeltprøver i procent.

| | Cu | Pb | Zn | Ba | Cd | Antal dobbeltprøver |
|-------------|----|----|----|----|----|---------------------|
| Elvsediment | 9 | 10 | 11 | 15 | | 8 |
| Jord | 15 | 38 | 28 | | | 10 |
| Lav | | 15 | 27 | | | 5 |
| Planter | 7 | 9 | 3 | | 7 | 5 |
| Strandsand | 30 | 25 | 22 | | | 8 |
| Ulk | | 24 | | | | 5 |

[Tom side]

4 Resultater

4.1 Marine prøver

Strandsand

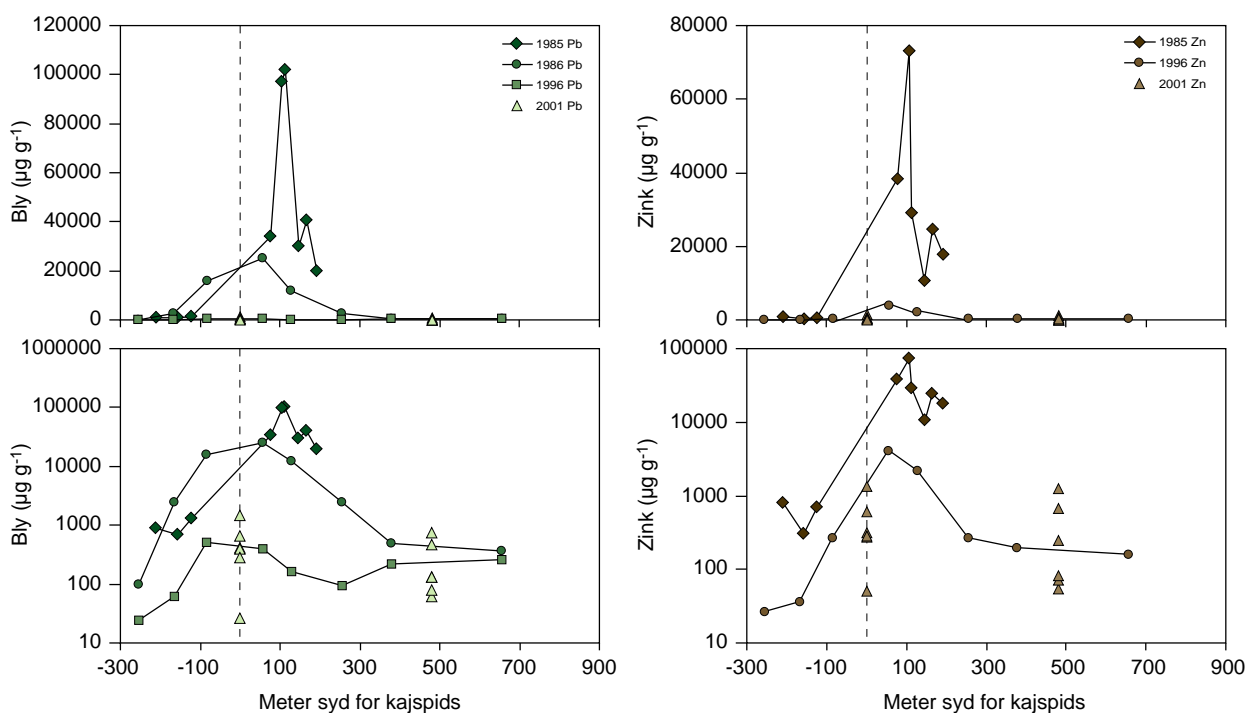
Figur 4.1 viser indholdet af bly og zink i strandsand fra nærområdet ved kajen i Nyhavn og figur 4-6 viser indholdet af henholdsvis kobber, bly og zink i strandsand. Alle analyseresultater findes i Bilag 1.

Koncentrationerne af bly i strandsand (figur 4.2) er høje ved kajen i Nyhavn og i mindre grad i bunden af Noret. Koncentrationerne ligger på samme niveau som i 1996, som det fremgår af figur 4.1.

Zink-koncentrationerne (figur 4.3) er høje ved Nyhavn, i bunden af Noret og langs kysten vest for Skeldal. Koncentrationerne ligger generelt på samme niveau som i 1996, men dog med lavere zinkkoncentrationer ved kajen end tidligere.

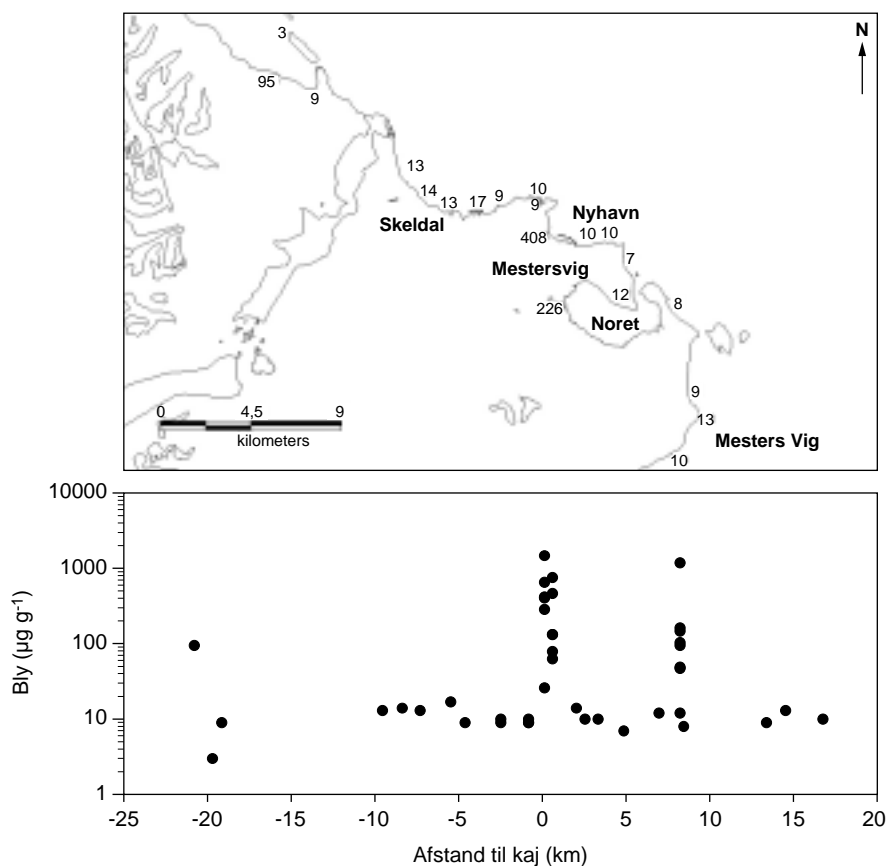
Indholdet af kobber i strandsand (figur 4.4) er generelt lavt, men med en tendens til svagt forhøjede værdier ved Nyhavn, i bunden af Noret og ved øerne vest for Skeldal. Der findes ikke analyser fra tidligere år.

Koncentrationerne af bly, zink og til dels også kobber er uventet høje ved Skeldal, og uventet lave ved udløbet af Tunnелеlv. Det kan skyldes en fejl ved prøveindsamlingen eller analysen. Det var ikke muligt at gen-analysere prøverne.

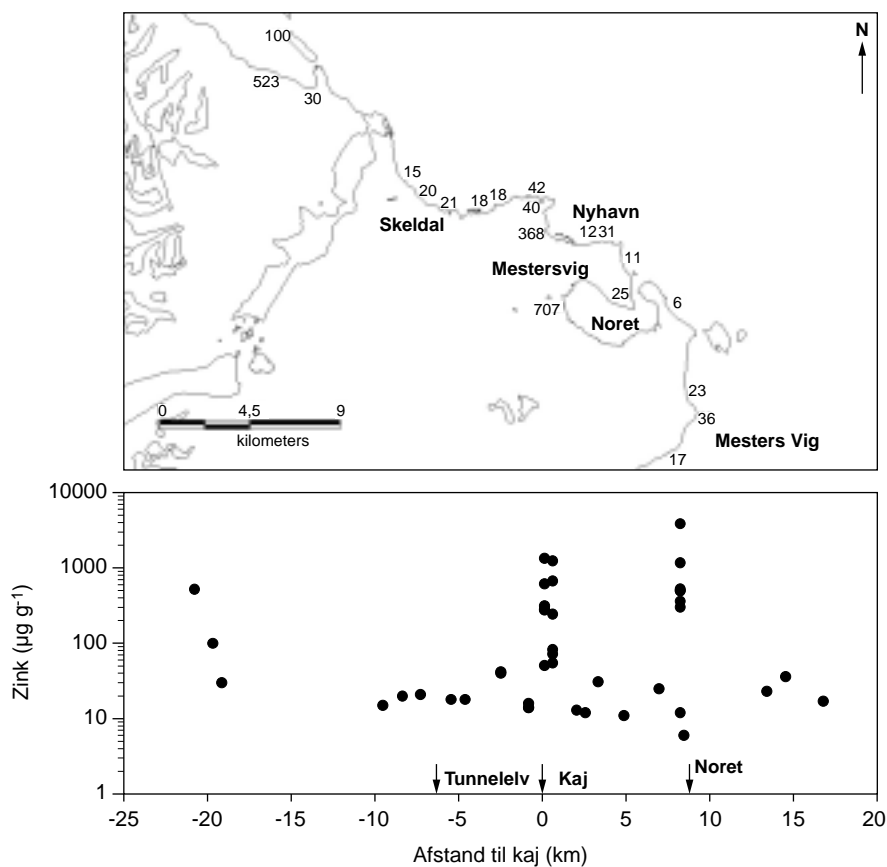


Figur 4.1 Bly- og zinkkoncentrationer i strandsand i nærområdet omkring Nyhavn, lineær og logaritmisk afbildning af koncentrationerne. Værdierne for 2001 er afsat som punkter.

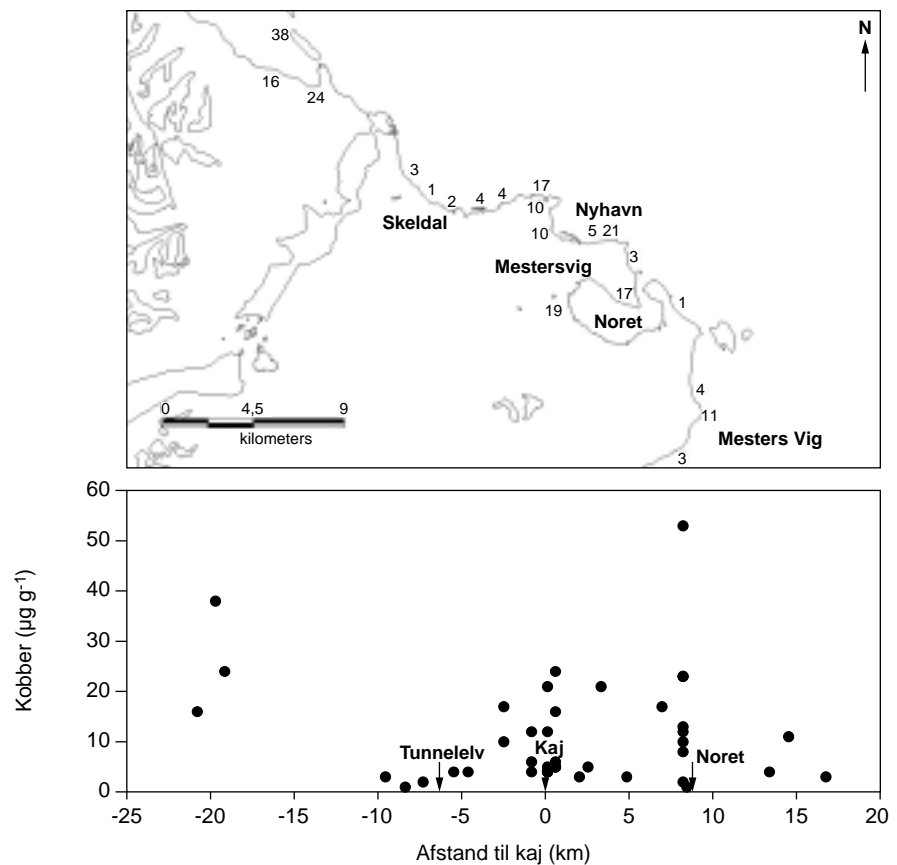
Figur 4.2 Indholdet ($\mu\text{g g}^{-1}$) af bly i strandsand indsamlet i august 2001. Øverste kort viser de afrundede koncentrationer mens nederste diagram viser koncentrationer som funktion af afstand (km) fra Nyhavn (negative værdier på x-aksen angiver afstand mod nordvest). Koncentrationerne er angivet på en logaritmisk skala. Værdier i Nyhavn er på øverste kort vist som gennemsnit af de indsamlede prøver.



Figur 4.3 Indholdet ($\mu\text{g g}^{-1}$) af zink i strandsand indsamlet i august 2001. Øverste kort viser de afrundede koncentrationer mens nederste diagram viser koncentrationer som funktion af afstand (km) fra Nyhavn (negative værdier på x-aksen angiver afstand mod nordvest). Koncentrationerne er angivet på en logaritmisk skala. Værdier i Nyhavn er på øverste kort vist som gennemsnit af de indsamlede prøver.



Figur 4.4 Indholdet ($\mu\text{g g}^{-1}$) af kobber i strandsand indsamlet i august 2001. Øverste kort viser de afrundede koncentrationer mens nederste diagram viser koncentrationer som funktion af afstand (km) fra Nyhavn (negative værdier på x-aksen angiver afstand mod nordvest). Værdier i Nyhavn er på øverste kort vist som gennemsnit af de indsamlede prøver.

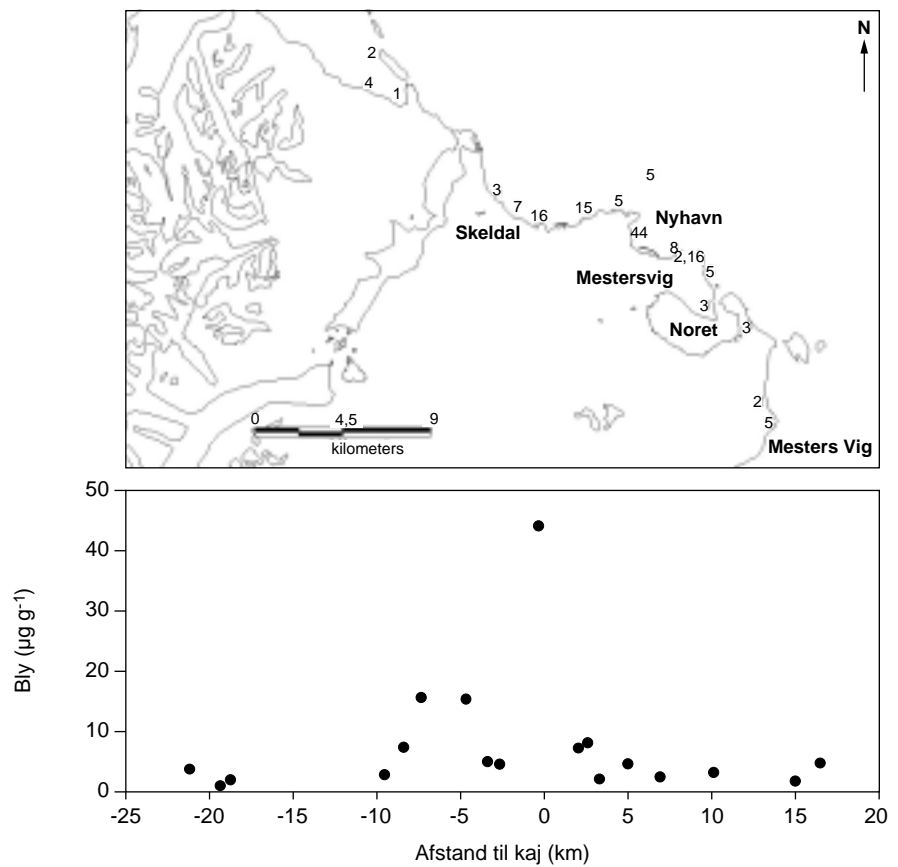


Tang

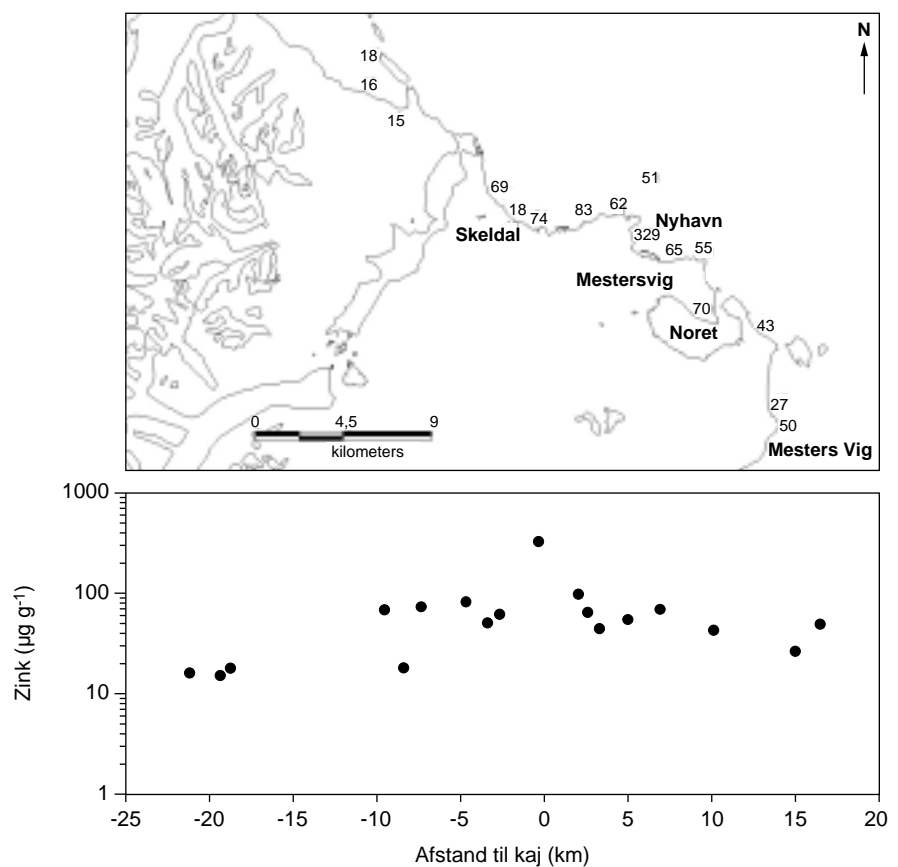
Figur 4.5 og 4.6 viser indholdet af henholdsvis bly og zink i tang indsamlet i forskellig afstand fra Nyhavn mod henholdsvis nordvest (negative værdier på x-aksen) og sydøst (positive værdier på x-aksen). Alle analyseresultater for 2001 findes i Bilag 1, hvor der også er medtaget resultaterne af tidligere undersøgelser.

I tang er koncentrationerne af både bly og zink stærkt forhøjede ved Nyhavn, mens værdierne ligger på et lavere niveau på alle andre indsamlingslokaliteter. Niveauerne ligger på samme niveau som i 1996. På øen ca. 3,5 km NØ for Nyhavn ligger koncentrationerne på samme niveau som langs kysten. I 2001 fandtes uventet høje bly- og zinkkoncentrationer i en enkelt prøve indsamlet i Nyhavn. Resultatet er udeladt af videre beregninger, da denne prøve må anses for forurenede under indsamling fra det forurenede kajmateriale i området. Som for strandsand er der uventet høje zinkkoncentrationer (og i nogen grad blykoncentrationer) ved Skeldal og tilsvarende uventet lave koncentrationer ved udløbet fra Tunnelelv. Dette kan være en fejl ved prøveindsamling eller analyse.

Figur 4.5 Indholdet ($\mu\text{g g}^{-1}$) af bly i tang indsamlet i august 2001. Øverste kort viser de afrundede koncentrationer mens nederste diagram viser koncentrationer som funktion af afstand (km) fra Nyhavn (negative værdier på x-aksen angiver afstand mod nordvest). Koncentrationerne er angivet på en logaritmisk skala. Værdier i Nyhavn er på øverste kort vist som gennemsnit af de indsamlede prøver.



Figur 4.6 Indholdet ($\mu\text{g g}^{-1}$) af zink i tang indsamlet i august 2001. Øverste kort viser de afrundede koncentrationer mens nederste diagram viser koncentrationer som funktion af afstand fra Nyhavn (negative værdier på x-aksen angiver afstand mod nordvest). Koncentrationerne er angivet på en logaritmisk skala. Værdier i Nyhavn er på øverste kort vist som gennemsnit af de indsamlede prøver.



Ulk

Der er indsamlet ulke i Nyhavn, hvor forureningen er mest markant og i Mesters Vig ca. 18 km sydøst for Nyhavn. Ulkene i Mesters Vig antages at repræsentere en baggrundsværdi fra en lokalitet med ingen eller ringe påvirkning fra forureningen i Nyhavn.

Tabel 4.1 resumerer resultaterne af de kemiske analyser af ulke fra Oscars Fjord. Bilag 1, tabel 10 indeholder alle resultater af kemiske analyser.

Generelt er der sket et fald i indholdet af bly i muskel og lever mens blyindholdet i ben er steget i Nyhavn og faldet ved Mesters Vig. Videre er blyindholdet generelt lavest i muskel og højest i ben.

Indholdet af bly i muskel er nu på næsten samme niveau i Nyhavn og i Mesters Vig. Blyindholdet i lever i ulke fra Nyhavn er ca. halveret i forhold til 1996, men er stadig ca. 6 gange højere end i Mesters Vig. I ben er indholdet af bly derimod ca. dobbelt så højt som i 1996 og ca. 10 gange højere end i Mesters Vig.

I ben er der sket en forhøjelse af koncentrationerne i forhold til 1996 mens indholdet af bly er faldet i muskel og lever. Dette må hænge sammen med at bly langtidsakkumuleres i ben, men er relativt kortlivet i muskel og lever. Ben-koncentrationen viser altså hvilken forurening dyret har været udsat for gennem en længere periode, mens muskel og lever afspejler den aktuelle forureningssituation. Det konkluderes, at der gennem hele overvågningsperioden (1985-2001) er sket et fortsat fald i blykoncentrationerne.

Tabel 4.1 Sammenligning af blykoncentration (geometrisk middelværdi og median, $\mu\text{g g}^{-1}$ tørstof) i ulk fra Mesters Vig, Skidal Bugt, Nyhavn og Vega Sund.

| Fangststed | År | n | Muskel | | Lever | | Ben | |
|--------------------------------------|------|----|--------|--------|-------|--------|-------|--------|
| | | | geo | median | geo | median | geo | median |
| Nyhavn Bugt | 1985 | 3 | <0,15 | <0,15 | 0,21 | 0,32 | 0,84 | 1,55 |
| | 1991 | 11 | <0,76 | 0,39 | 2,14 | 4,13 | 3,32 | 6,82 |
| | 1996 | 13 | 0,06 | 0,06 | 0,41 | 0,36 | 0,44 | 0,28 |
| | 2001 | 10 | 0,06 | 0,02 | 0,18 | 0,10 | 0,77 | 0,57 |
| Mesters Vig, 13 km sydøst for Nyhavn | 1991 | 10 | <0,15 | <0,15 | <0,40 | <0,40 | <0,35 | <0,35 |
| | 1996 | 4 | 0,05 | 0,05 | 0,08 | 0,07 | 0,24 | 0,24 |
| | 2001 | 10 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,04 | 0,07 | 0,06 |
| Skidal Bugt, 1,5 km nord for Nyhavn | 1985 | 9 | <0,28 | 0,18 | 0,50 | 0,49 | 1,82 | 1,61 |
| Vega Sund, 125 km nordøst for Nyhavn | 1985 | 3 | <0,15 | <0,15 | <0,15 | <0,15 | <0,15 | 0,17 |

4.2 Terrestriske prøver

Resultaterne af de kemiske analyser af terrestriske prøver er resumeret i bilag 2.

Generelt er niveauerne af kobber, bly og zink lave uden for mineområdet, og stærkt forhøjede i mineområdet.

Tailings

Tabel 4.2 resumerer indholdet af kobber, bly og zink i tailings. Alle analyseresultater findes i Bilag 2.

I tailingsdepotet er indholdet af kobber, bly og zink på samme niveau som ved de seneste analyser i 1979. For kobber ligger indholdet mellem ca. 200 og ca. 600 $\mu\text{g g}^{-1}$, for bly mellem ca. 2000 og ca. 12000 mg for zink mellem ca. 17000 og ca. 40000 $\mu\text{g g}^{-1}$.

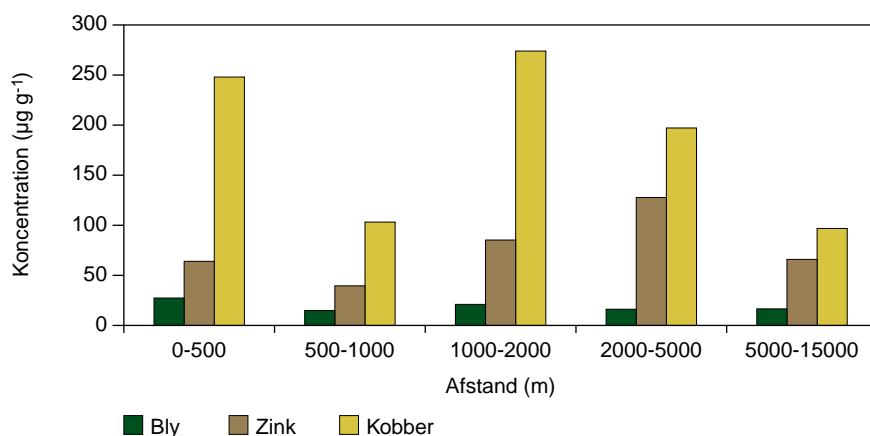
Tabel 4.2 Kemiske analyser af prøver af tailings

| | Cu ($\mu\text{g g}^{-1}$) | Pb ($\mu\text{g g}^{-1}$) | Zn ($\mu\text{g g}^{-1}$) |
|------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Geometrisk middelværdi | 322 | 5000 | 22257 |
| Standardafvigelse | 148 | 3366 | 13798 |
| Min | 133 | 1868 | 11094 |
| Max | 621 | 12622 | 59656 |
| n | 11 | 11 | 11 |

Elvsediment

Kobberkoncentrationerne i elvsedimenter (figur 4.7) ligger generelt mellem 15 og 35 $\mu\text{g g}^{-1}$. I en prøve nedenfor tailingsdepotet er koncentrationen dog mere end 300 $\mu\text{g g}^{-1}$.

Figur 4.7 Indholdet ($\mu\text{g g}^{-1}$) af bly, zink og kobber i elvsedimenter i forskellige afstande (m) fra tailingsdepotet.



Bly

I langt de fleste prøver er koncentrationen af bly under 100 $\mu\text{g g}^{-1}$. I en enkelt prøve opstrøms for tailingsdepotet er dog fundet mere end 1400 $\mu\text{g g}^{-1}$ og ved tailingsdepotet er fundet mere end 3500 $\mu\text{g g}^{-1}$. Nedstrøms i forhold til tailingsdepotet ligger værdierne generelt mellem 100 og 200 $\mu\text{g g}^{-1}$, men en prøve fra elvlejet, der leder vandet fra Tunnelev mod Noret ved Mestersvig har dog en koncentration på næsten 700 $\mu\text{g g}^{-1}$. Ved Noret er koncentrationerne ikke forhøjede, mens der nær Nyhavn er fundet koncentrationer på ca. 300 og 500 $\mu\text{g g}^{-1}$.

Zink

Koncentrationerne af zink ligger generelt mellem 40 og 100 $\mu\text{g g}^{-1}$, men der er fundet meget variable koncentrationer i elvene i området. Nedenfor tailingsdepotet, ved Nyhavn og ved Noret er der fundet koncentrationer mellem 100 og 1000 $\mu\text{g g}^{-1}$. Enkelte steder nær tailingsdepotet er der fundet ekstremt høje værdier på op til mere end 25000 $\mu\text{g g}^{-1}$.

Barium

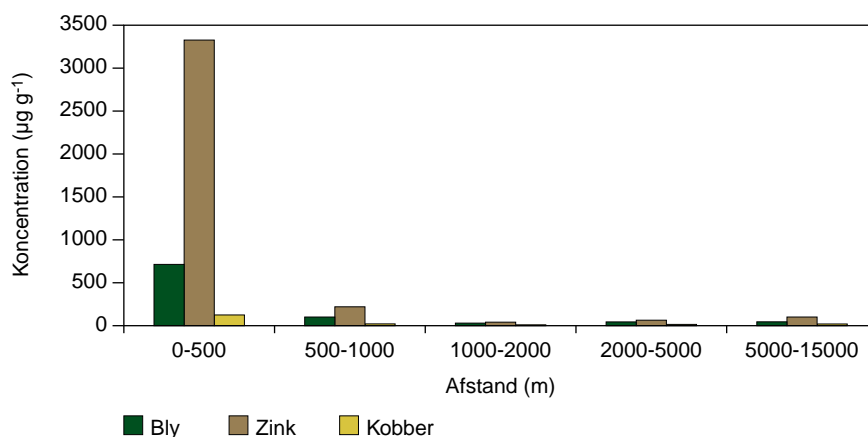
Barium-koncentrationerne ligger ret stabilt mellem ca. 200 og ca. 600 $\mu\text{g g}^{-1}$. Der er ikke tydelig geografisk trend i fordelingen af de højeste værdier.

Jord

Koncentrationer i jord er resumeret i figur 4.8. Blykoncentrationerne ligger generelt mellem 15 og 100 $\mu\text{g g}^{-1}$. Ved Nyhavn og ved mineområdet er der fundet meget høje koncentrationer op til ca. 3000 $\mu\text{g g}^{-1}$.

Zink-koncentrationerne i jord ligger generelt mellem 40 og 120 $\mu\text{g g}^{-1}$. I mineområdet er dog fundet koncentrationer mellem 8000 og 15000 $\mu\text{g g}^{-1}$.

Figur 4.8 Geometrisk middelværdi af koncentrationer ($\mu\text{g g}^{-1}$) af bly, zink og kobber i prøver jord indsamlet i forskellig afstand (m) fra minen.



Cetraria nivalis

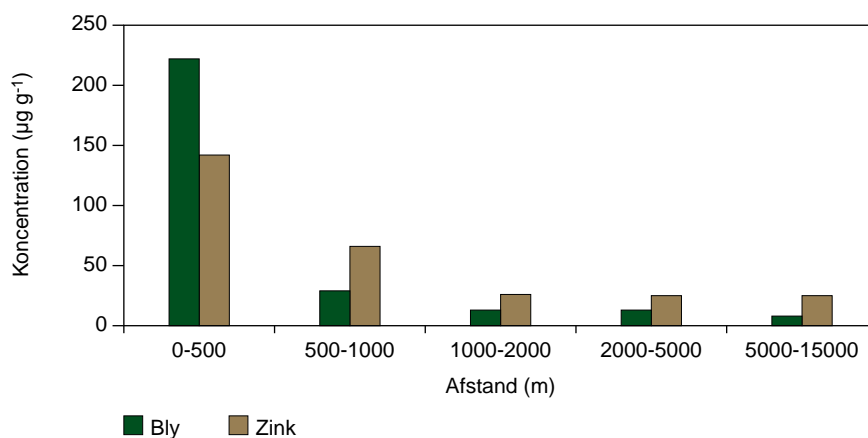
Figur 4.9 resumerer indholdet af bly og zink i *Cetraria nivalis*. Indholdet af kobber er meget lavt, under 5 $\mu\text{g g}^{-1}$, i alle indsamlede prøver.

Indholdet af bly viser meget stor variation men er generelt mellem 5 og 100 $\mu\text{g g}^{-1}$. De laveste koncentrationer er på 2 $\mu\text{g g}^{-1}$, mens den højeste koncentration er over 1500 $\mu\text{g g}^{-1}$. De højeste værdier er fundet i området ved minen. Langs vejen mellem minebyen og Nyhavn er koncentrationerne forhøjede i forhold til koncentrationerne i prøver, der er indsamlet ca. 800 m fra vejen.

Zink-koncentrationerne er generelt på et niveau omkring 20-40 $\mu\text{g g}^{-1}$ i hele området men med enkelte prøver med meget stærkt forhøjede koncentrationer i mineområdet.

Der ses høje værdier indenfor 500 m fra tailingsdepotet mens værdierne generelt er lavere i større afstand fra minen. Der er en svagt faldende tendens med afstanden. Siden 1979 er der sket et fald i blyindholdet i lav i området nærmest minen, men indholdet af bly er fortsat markant højere ved minen end i områder i større afstand fra minen.

Figur 4.9 Geometrisk middelværdi af koncentrationer ($\mu\text{g g}^{-1}$) af bly, zink og kobber i prøver af *Cetraria nivalis* indsamlet i forskellig afstand (m) fra minen. Kobberkoncentrationer i *C. nivalis* er i alle tilfælde <5 og er udeladt af figuren.



Cassiope tetragona

Der er indsamlet enkelte prøver (tabel 4.3) af *Cassiope tetragona* henholdsvis på en stærkt tailings-påvirket lokalitet, på en kontrollokalitet ca. 1 km fra tailingsdepotet og fra lokaliteten "Sorte hjørne" (72,0925N; 24,0315V), som ligger nedenfor en bly-zink anomali, hvor der kunne tænkes at være "naturligt" forhøjede værdier. Generelt er koncentrationerne af kobber, bly og zink stærkt forhøjede i prøverne fra den tailingspåvirkede lokalitet. Disse prøver kan være kontaminerede med partikulært materiale fra tailingsdepotet.

Koncentrationerne var lavest på lokaliteten Sorte Hjørne mens kontrollokaliteten havde værdier, som dog især for bly var væsentligt højere end ved Sorte Hjørne. Baggrunds niveauet kan derfor ikke anses for dokumenteret.

Tabel 4.3 Resultater af kemiske analyser af *Cassiope tetragona*

| DMU ID | Cu ($\mu\text{g g}^{-1}$) | Pb ($\mu\text{g g}^{-1}$) | Zn ($\mu\text{g g}^{-1}$) | Cd ($\mu\text{g g}^{-1}$) |
|--|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Tailingspåvirket lokalitet ved tailingsdepotet | | | | |
| 23933 | 73,3 | 1075 | 1896 | 8,65 |
| 23935 | 354 | 9155 | 11541 | 60,5 |
| Kontrol-lokalitet | | | | |
| 24042 | 6,09 | 11,7 | 35,0 | 0,07 |
| 24043 | 8,30 | 29,4 | 63,8 | 0,32 |
| Sorte Hjørne | | | | |
| 24107 | 4,06 | 3,50 | 25,1 | 0,03 |
| 24110 | 3,89 | 2,57 | 30,7 | 0,02 |
| 24115 | 4,32 | 2,65 | 28,8 | 0,01 |

Salix arctica

Prøverne af *Salix arctica* (tabel 4.4) er indsamlet henholdsvis ved tailingsdepotet, ved en kontrollokalitet ca. 1 km fra tailingsdepotet og ved Sorte Hjørne (72,0925N; 24,0315V). Disse prøver kan være kontaminerede med partikulært materiale fra tailingsdepotet.

Der er stærkt forhøjede koncentrationer af Cu, Pb og Zn ved tailingsdepotet, mens niveauerne for disse metaller er på nogenlunde samme niveau på de to andre lokaliteter. Cd ligger på samme niveau på alle tre lokaliteter.

Table 4.4 Resultater af kemiske analyser af *Salix arctica*

| DMU ID | Cu ($\mu\text{g g}^{-1}$) | Pb ($\mu\text{g g}^{-1}$) | Zn ($\mu\text{g g}^{-1}$) | Cd ($\mu\text{g g}^{-1}$) |
|---|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Tailingspåvirket lokalitet ved tailingsdepotet | | | | |
| 23931 | 53,6 | 755 | 2651 | 11,6 |
| Kontrollokalitet | | | | |
| 24040 | 9,14 | 8,86 | 308 | 5,13 |
| Sorte Hjørne | | | | |
| 24106 | 10,4 | 5,81 | 559 | 7,63 |
| 24111 | 8,66 | 13,3 | 511 | 13,3 |
| 24114 | 9,15 | 11,5 | 364 | 7,57 |

[Tom side]

5 Diskussion

På baggrund af undersøgelsen af miljøet ved Mestersvig i 1996 blev det konkluderet, at der kunne forventes et yderligere fald af bly-niveauerne i tang og ulke. Det forventedes desuden, at faldet i zink-niveauer ville være af mindre størrelsesorden som følge af fortsat tilførsel af zink fra tailingsdepotet ved minen.

Det terrestriske miljø har ikke været undersøgt siden 1979, hvor det blev konstateret, at der var stærkt forhøjede koncentrationer af zink, cadmium, kobber og bly i jorden umiddelbart ved tailings-depotet. Desuden blev fundet forhøjede niveauer af cadmium, bly og zink i lav, *Cetraria nivalis*, op til 10 km fra minen.

I det følgende redegøres for den seneste udvikling af forureningstilstanden i det marine og i det terrestriske miljø, samt kortlægningen af forurening ved hjælp af hyperspektrale data.

5.1 Det marine miljø

I rapporten fra 1996 konkluderedes det, at forureningsniveauet var faldet fra et meget højt niveau i 1979 indtil 1986. I 1991 blev der imidlertid konstateret en ny stigning som følge af tilførsel af bly fra det sammenstyrtede kajanlæg. I 1996 var forureningsniveauet imidlertid faldet igen.

Strandsand

Ved Nyhavn er koncentrationerne af bly og zink fortsat forhøjede og de maksimale værdier er på samme niveau som i 1996 for zink, mens der for bly er fundet højere niveauer end i 1996. Dette er dog ikke nødvendigvis et udtryk for at forureningen er stigende, idet bly findes som partikulært materiale hvilket indebærer store variationer. Ser man på koncentrationerne i prøver, der er indsamlet i større afstand fra Nyhavn, er niveauerne generelt lavere eller på same niveau som i 1996. Det konkluderes, at forureningstilstanden i strandsand er på samme niveau som tidligere. Koncentrationerne af kobber er som ventet generelt meget lave på alle stationer. Prøverne blev analyseret for kobber, da det var ønskeligt i MINEO-projektet, idet kobber har en karakteristisk spektral-signatur, som dog ikke kunne genfindes i de spektrale data.

Tang

Koncentrationerne af bly og zink er fortsat meget forhøjede i tang fra Nyhavn, mens koncentrationerne ligger på et lavere niveau på de andre indsamlingslokaliteter. Riget et al. (1997) angiver følgende baggrundsværdier for zink og bly i tang: Zink: 7-17 $\mu\text{g g}^{-1}$ og Bly: 0,26-0,4 $\mu\text{g g}^{-1}$. Det konkluderes, at prøver fra alle lokaliteter i det undersøgte område fra ca. 16 km syd for Nyhavn til ca. 22 km nord for Nyhavn er forhøjet i forhold til baggrundsværdier for Grønland for bly. Det zink-forurenede område er formentlig mindre.

Ulke

Indholdet af bly i ulke fra Nyhavn var i 2001 generelt højest i ben efterfulgt af lever og med betydelig lavere værdier i muskel. I ulke fra Mesters Vig var indholdet på samme lave niveau i ben, lever og muskel.

I forhold til 1996 er indholdet af bly i muskel i ulke fra Nyhavn i 2001 på samme niveau men indholdet er lavt. I lever er niveauet faldet, mens det er steget i ben. I Mesters Vig er indholdet faldet til ca. samme niveau i alle tre organer. Faldet af blyindholdet i ben er mest markant. I forhold til 1991 er faldet i blyindhold i ulke fra Nyhavn særdeles markant for alle tre organer, men også i ulkene fra Mestersvig er der sket et fald.

Forholdet mellem indholdet af bly i henholdsvis ben, lever og muskel har udviklet sig forskelligt. I muskel er blyindholdet nu nær det samme niveau i Nyhavn og i Mesters Vig, mens der stadig er betydelig mere bly i lever og især i ben i ulke fra Nyhavn.

Konklusion – marine miljø

Det konkluderes at der fortsat er en lokal forurening med både bly og zink i området ved Nyhavn og i bunden af Noret. Koncentrationerne er på samme niveau som i 1996, men det har tidligere været langt højere. Det er muligt, at Tunnellelv også er en væsentlig kilde til forureningen af Kong Oscars Fjord, som vist i tidligere undersøgelser. Det er ikke dokumenteret i denne undersøgelse, men det kan skyldes en fejl ved prøveindsamling eller analyse (se side 17 og 19).

Forureningen i Nyhavn giver sig fortsat udslag i forhøjet indhold af bly i ulke. Forureningen ser dog ud til generelt at være på vej ned og i muskel er indholdet nu på samme niveau som i ulkene fra Mesters Vig, som kan betragtes som repræsenterende en baggrundssituation.

Alt i alt konkluderes at forureningstilstanden er omtrent som i 1996 men forbedret i forhold til undersøgelserne før 1996. I strandsand kan fortsat findes høje koncentrationer af bly og zink. Undersøgelserne viser også, at en kyststrækning på mere end ca. 40 km nord og syd for Nyhavn er påvirket.

5.2 Det terrestriske miljø

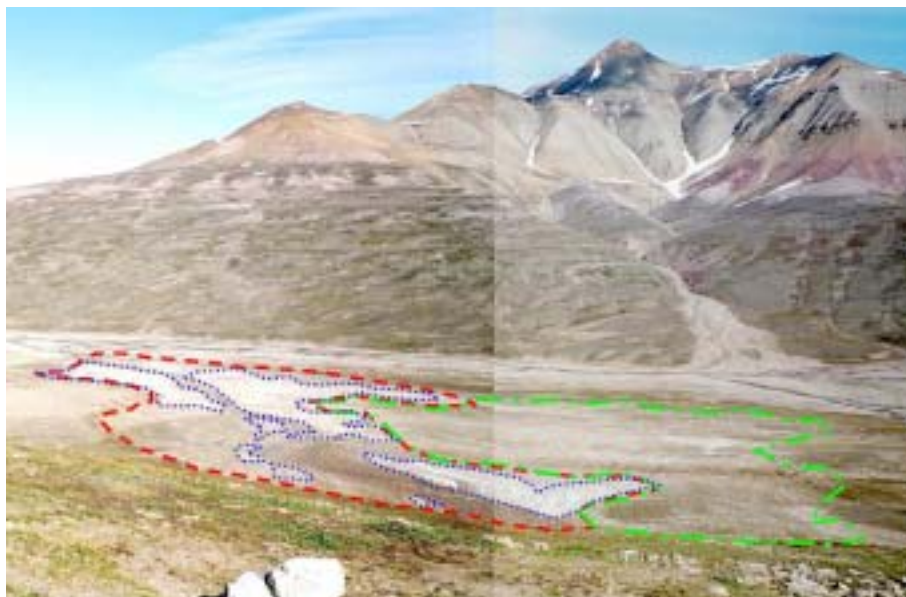
I 1979 blev fundet høje koncentrationer af zink, bly og cadmium i jordprøver nær tailingsdepotet. Forureningen var dog begrænset til området indenfor 50 m og koncentrationerne faldt meget stærkt over de første 10-15 m.

I planteprøver blev fundet stærkt forhøjede koncentrationer af cadmium, bly og zink i lav og i karplanter. Generelt faldt koncentrationerne med afstanden fra tailingsdepotet men i en afstand af 10 km var der i lavprøver stadig dobbelt så høje koncentrationer som baggrundsniveauet. Det blev dog vurderet, at der ikke var grundlag for yderligere undersøgelser. De aktuelle undersøgelser er således alene foranlediget af EU-projektet MINEO.

Tailings

Der er ikke indikationer på ændringer i metalindholdet i tailingsdepotet, hvorfra der fortsat må forventes tilførsel af både bly og zink til Tunnelelv. Tailingsdepotets udstrækning er reduceret betydeligt, som det fremgår af figur 5.1.

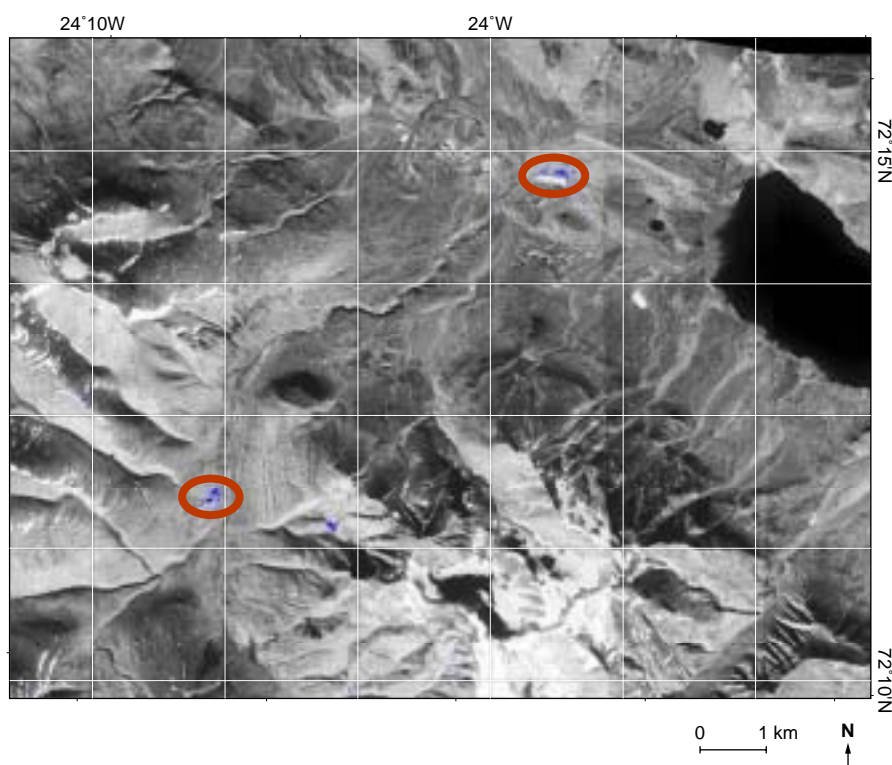
Figur 5.1 Tailingsdepotet nedenfor minen. Den røde stiplede linje angiver depotets omtrentlige oprindelige udstrækning, den blå stiplede linje angiver tailingsdepotets udstrækning august 2001 og den grønne punkt-stiplede linje angiver det område, som er påvirket af tailings som formodes pålejret af vind og vand.



Elvsedimenter

Allerede ved undersøgelserne i 1979 blev det konstateret, at en stor del af tailingsdepotet var vasket bort af Tunnelelv og senere aflejret langs elven og ved udløbet i Skeldal bugten (se figur 5.1). Tunnelvuds løb blev i starten af 1990'erne flyttet til Noret. Tailingsdepotet betragtes som hovedkilden til zink-forurening langs kysten, og altså senere i Noret.

Figur 5.2 Kortlægning af udstrækning af tailing og sphaerit alluvium ved hjælp af hyperspektrale data. Ovalen til venstre viser tailingsdepotet ved minen, mens ovalen til højre viser aflejret tailingsmateriale.



I MINEO projektet lykkedes det at kortlægge udstrækningen af tailings som det ses i figur 5.2. Metoden skal ikke gennemgås i detaljer her, men bygger på at tailings har en karakteristisk spektralsignatur, som kan "genfindes" andre steder i området. Tailings fra blyklippen er en blanding af mineraler som hovedsagelig består af kvarts og baryt med varierende indhold af sphaalerit, galena og chalcopyrit. Visse områder er derfor fejl-klassificeret som tailings på grund af stort indhold af disse mineraler (Tamstorf, Aastrup & Tukiainen 2003).

Figuren viser hvordan bortvasket tailing er ført langs Tunnellelv og genaflejret mod nord tæt ved det sted hvor Tunnelvs "nye" udløb ligger, og hvor terrænet flader ud således at deposition af udvasket materiale kan finde sted. Prøver af elv-sediment fra dette område bekræftede, at der var forhøjet indhold af zink.

Jordprøver

Jordprøverne fra mineområdet og ved Nyhavn viser fortsat forhøjede metal koncentrationer i forhold til de områder, som ikke har været direkte påvirkede af mineaktiviteter.

Analyser af jordprøver fra upåvirkede lokaliteter i Qaanaaq-området, ved Nuuk, i Sydgrønland og ved Tasiilaq i Grønland gav koncentrationer på henholdsvis $<12-37 \mu\text{g g}^{-1}$ for kobber, $<12-13,8 \mu\text{g g}^{-1}$ for zink og $<0,04-13 \mu\text{g g}^{-1}$ for bly. Det vurderes, at disse værdier svarer til baggrundsniveauet (AMAP, 1998).

Generelt er der for alle tre metaller stærkt forhøjede værdier i mineområdet. Bly- og zink-koncentrationerne udenfor mineområder er 2-8 gange højere end de nævnte baggrundsværdier. For kobber er koncentrationerne uden for mineområdet på niveau med baggrundsværdierne.

Lav

Lavprøverne fra mineområdet har forhøjede værdier og det samme gælder i mindre grad prøver der er indsamlet umiddelbart ved vejen mellem mineområdet og Nyhavn. Disse forhøjede koncentrationer afspejler sig ikke i jordprøverne. Det vurderes, at de relativt høje koncentrationer i lavprøverne er udtryk for en støvspredning som formentlig fandt sted under minens drift.

Blyniveauet i lavprøver varierer mellem 2 og $1534 \mu\text{g g}^{-1}$ i hele det undersøgte område. Dette er væsentligt højere end baggrundsniveauet ($0,34 \mu\text{g g}^{-1}$) i Maarmorilik området i 2002 (Johansen et al., 2003), hvilket kunne tyde på, at hele det undersøgte område er blykontamineret. Det vides imidlertid ikke, om der naturligt har været et forhøjet niveau.

Øvrige plantepróver

I det område, som er direkte påvirket af tailings (se figur 5.1) er der forhøjede koncentrationer af metaller i analyserne af planter. I kontrolområdet 1 km fra tailingsdepotet og ved "Sorte Hjørne" er metalkoncentrationerne lavere, men baggrundsniveauet er ikke dokumenteret.

Konklusion - terrestrisk miljø

Det konkluderes, at der fortsat er tale om forurening af områder ved minen og ved Nyhavn. Undersøgelserne af lav kunne også tyde på at større landområder har forhøjede blykoncentrationer som følge af støvspredning, men baggrundsniveauet kan være naturligt forhøjet. Dette er dog ikke dokumenteret.

MINEO projektet har vist, at der fortsat vil kunne ske tilførsel af tailings og de dermed følgende metaller til Tunnellelv. Det er desuden dokumenteret at der findes områder specielt i Tunnellelvs nedre løb hvor genaflejret tailings-materiale vil kunne være kilde til fortsat forurening.

[Tom side]

Referencer

Aastrup, P., Tamstorf, M.P. & Tukiainen, T. 2001. MINEO. Use of hyperspectral data for monitoring pollution from the lead-zinc mine, Mestersvig, in northeast Greenland. Mining in the Arctic, Olsen, Lørentzen & Rendal (eds). Proceedings of the sixth International Symposium on mining in the Arctic, Nuuk, Greenland. Balkema Publ. ISBN 90 5809 177 5.

Aastrup, P., Tamstorf, M.P. & Tukiainen, T. 2001. Blyklippen lead-zinc mine. Existing knowledge. Mineo Site Report. Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse Rapport 2001/115.

Agger, C.T., Asmund, G., Dietz, R. & Johansen, P. 1991. Miljøundersøgelser ved Mestersvig 1991. 23 pp.

AMAP, 1998. AMAP Assessment Report: Arctic Pollution Issues. Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP), Oslo, Norway. xii-859 pp.

Asmund, G. 1983. Oversigt over miljøundersøgelser ved Mestersvig 1979. GGU. 8 pp.

Asmund, G., Riget, F. & Johansen, P. 1997. Miljøundersøgelser ved Mestersvig 1996. Danmarks Miljøundersøgelser. 31 s. – Faglig rapport fra DMU, nr. 202.

Asmund, G. & Cleemann, M. 2000. Analytical methods, quality assurance and quality control used in the Greenland AMAP programme. The Science of the Total Environment 2000 - Vol.245 Issue.1-3 pp 203-221.

Hansen, M.M. 1985. Redegørelse for miljøsituationen i forbindelse med tailings-depotet ved Mestervig. Foreløbig rapport. Grønlands Fiskeri- og Miljøundersøgelser. 54 pp.

Hansen, M.M. & Asmund, G. 1986. Miljøundersøgelser i Kong Oscars Fjord 1985. Grønlands Fiskeri- og Miljøundersøgelser. 41 pp.

Johansen, P., Asmund, G. & Riget, F. 2003: Miljøundersøgelser ved Maarmorilik 2002. Faglig rapport fra DMU nr. 405. pp 62.

Loring, D.H. & Rantala, R.T.T. 1992 Manual for geochemical analyses of marine sediments and for suspended particulate matter. Earth-Sciences Reviews 32. pp 235-283.

Riget, F., Johansen, P. & Asmund, G. 1997 Baseline levels and natural variability of elements in three seaweed species from West Greenland. Marine Pollution Bulletin 34(3) pp 171-176.

Shotyk, W., Goodsite, M.E., Roos-Barraclough, F., Frei, R., Heine-meier, J., Asmund, G., Lohse, C. & Hansen, T.S. 2003: Anthropogenic contributions to atmospheric Hg, Pb and As accumulation recorded by peat cores from southern Greenland and Denmark dated using the

¹⁴C "bomb pulse curve". *Geochimica et Cosmochimica Acta*, Vol. 67, No.21, pp 3991-4011.

Tamstorf, M.P., Aastrup, P. & Tukiainen, T. 2003. Mineo Arctic environment test site. Contamination/impact mapping and modelling – Final report. 50 pp + bilag. Rapport til EU vedrørende IST-1999-10337.

Bilag

Bilag 1 Kemiske analyser – marine prøver

Table 1 Indholdet af kobber, bly og zink i strandsand (2001).

| DMU ID | Cu ($\mu\text{g g}^{-1}$) | Pb ($\mu\text{g g}^{-1}$) | Zn ($\mu\text{g g}^{-1}$) | Longitude | Latitude |
|--------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------|----------|
| 23942 | 3 | 10 | 17 | -23,73393 | 72,15818 |
| 23943 | 11 | 13 | 36 | -23,70782 | 72,17583 |
| 23945 | 4 | 9 | 23 | -23,72161 | 72,18621 |
| 23947 | 1 | 8 | 6 | -23,73955 | 72,22107 |
| 23949 | 17 | 12 | 25 | -23,80305 | 72,23029 |
| 23951 | 3 | 7 | 11 | -23,81561 | 72,24647 |
| 23953 | 21 | 10 | 31 | -23,82806 | 72,25304 |
| 23955 | 5 | 10 | 12 | -23,85058 | 72,25360 |
| 23957 | 3 | 14 | 13 | -23,86564 | 72,25284 |
| 24070 | 21 | 1479 | 1346 | -23,92676 | 72,25909 |
| 24071 | 4 | 419 | 314 | -23,92680 | 72,25922 |
| 24072 | 4 | 653 | 615 | -23,92680 | 72,25922 |
| 24073 | 4 | 405 | 277 | -23,92681 | 72,25929 |
| 24074 | 5 | 286 | 284 | -23,92693 | 72,25939 |
| 24075 | 12 | 26 | 51 | -23,92695 | 72,25940 |
| 24076 | 5 | 63 | 55 | -23,90887 | 72,25516 |
| 24077 | 5 | 79 | 72 | -23,90833 | 72,25514 |
| 24078 | 5 | 133 | 83 | -23,90785 | 72,25495 |
| 24079 | 24 | 756 | 1243 | -23,90798 | 72,25490 |
| 24080 | 16 | 465 | 672 | -23,90785 | 72,25470 |
| 24081 | 6 | 132 | 244 | -23,91197 | 72,25474 |
| 24082 | 12 | 147 | 501 | -23,91254 | 72,22393 |
| 24083 | 23 | 163 | 1173 | -23,91154 | 72,22381 |
| 24084 | 53 | 1191 | 3870 | -23,90959 | 72,22367 |
| 24085 | 23 | 95 | 499 | -23,90827 | 72,22355 |
| 24086 | 10 | 49 | 303 | -23,90632 | 72,22371 |
| 24087 | 8 | 47 | 362 | -23,90537 | 72,22371 |
| 24088 | 2 | 12 | 12 | -23,90281 | 72,22439 |
| 24089 | 13 | 104 | 528 | -23,89797 | 72,22472 |
| 24120 | 17 | 10 | 42 | -23,93225 | 72,27135 |
| 24123 | 10 | 9 | 40 | -23,93266 | 72,27132 |
| 24124 | 6 | 10 | 14 | -23,92996 | 72,26727 |
| 24125 | 12 | 9 | 16 | -23,92969 | 72,26753 |
| 24126 | 4 | 9 | 14 | -23,92991 | 72,26735 |
| 24138 | 38 | 3 | 100 | -24,29354 | 72,34732 |
| 24140 | 16 | 95 | 523 | -24,31610 | 72,32845 |
| 24143 | 24 | 9 | 30 | -24,25848 | 72,32410 |
| 24144 | 3 | 13 | 15 | -24,12618 | 72,27867 |
| 24183 | 1 | 14 | 20 | -24,09762 | 72,27046 |
| 24185 | 2 | 13 | 21 | -24,06125 | 72,26857 |
| 24187 | 4 | 17 | 18 | -24,00573 | 72,26772 |
| 24189 | 4 | 9 | 18 | -23,98381 | 72,27148 |

Tabel 2 Koncentrationer af Pb og Zn i tangprøver (*Fucus distichus*) indsamlet i 2001. $\mu\text{g g}^{-1}$ tørvægsbasis.

| ID-No | Collection date | Lat deg | Lat min | Long deg | Long min | d_m_% | Pb | Zn |
|-------|-----------------|---------|---------|----------|----------|-------|---------|---------|
| 23944 | 20010802 | 72 | 10,55 | 23 | 42,47 | 9,38 | 4,8 | 49,52 |
| 23946 | 20010802 | 72 | 11,17 | 23 | 43,3 | 12,17 | 1,8 | 26,58 |
| 23948 | 20010802 | 72 | 13,26 | 23 | 44,37 | 12,15 | 3,23 | 43,21 |
| 23950 | 20010802 | 72 | 13,82 | 23 | 48,18 | 13,72 | 2,5 | 69,54 |
| 23952 | 20010802 | 72 | 14,79 | 23 | 48,94 | 11,36 | 4,65 | 55,01 |
| 23954 | 20010802 | 72 | 15,18 | 23 | 49,68 | 10,86 | 2,16 | 44,69 |
| 23956 | 20010802 | 72 | 15,22 | 23 | 51,03 | 10,48 | 8,15 | 64,98 |
| 23958 | 20010802 | 72 | 15,17 | 23 | 51,94 | 11,34 | 7,29 | 98,615 |
| 24137 | 20010803 | 72 | 17,43 | 23 | 53,15 | 9,41 | 5,03 | 50,97 |
| 24139 | 20010803 | 72 | 20,84 | 24 | 17,61 | 13,45 | 2,03 | 18,09 |
| 24141 | 20010803 | 72 | 19,71 | 24 | 18,97 | 10,33 | 3,8 | 16,2 |
| 24142 | 20010803 | 72 | 19,45 | 24 | 15,51 | 10,78 | 1,045 | 15,225 |
| 24145 | 20010803 | 72 | 16,72 | 24 | 7,57 | 13,85 | 2,88 | 68,73 |
| 24146 | 20010803 | 72 | 15,73 | 23 | 55,29 | 10,62 | 44,16 | 329,12 |
| 24186 | 20010804 | 72 | 16,11 | 24 | 3,68 | 11,14 | 15,69 | 73,73 |
| 24190 | 20010804 | 72 | 16,29 | 23 | 59,03 | 13,78 | 15,42 | 82,7 |
| 24191 | 20010804 | 72 | 16,28 | 23 | 55,96 | 12,05 | 4,6 | 62,08 |
| 24184 | 20010804 | 72 | 16,23 | 24 | 5,86 | 11,11 | 7,41 | 18,22 |
| 24192 | 20010804 | 72 | 15,5 | 23 | 55,5 | 13,44 | 20253,5 | 2344,77 |

Table 3 Sammenligning af metalkoncentrationerne (geometrisk middelværdi, $\mu\text{g g}^{-1}$ tørstof) i tang (*Fucus distichus*) ved Mestersvig 1979, 1985, 1991, 1996 og 2001. Den med '*' markerede værdi fra Nyhavn antages at være kontamineret af kajmateriale. Resultatet er udeladt af videre beregninger, da denne prøve må anses for forurennet under indsamling fra det forurenede kajmateriale i området. Kolonnen som er benævnt station refererer til Asmund et al (1997).

| Station | Koordinater - Længde/Bredde | Bly | | | | | Zinc | | | | |
|---------|--------------------------------|------|------|------|------|----------|------|------|------|-------------|------|
| | | 1979 | 1985 | 1991 | 1996 | 2001 | 1979 | 1985 | 1991 | 1996 | 2001 |
| AT | Asmund et al. 1997 | | | | 2,57 | | | | | 23,8 | |
| B | Asmund et al. 1997 | | | | 3,50 | | | | | 24,8 | |
| C | 23°48'55/72°14'55" | | | | 2,17 | 4,65 | | | | 24,5 55,01 | |
| D | 24°07'41/72°16'46" | | | | 4,78 | 2,88 | | | | 318 24,1262 | |
| 5 | 24°00'18/72°16'04" | 14,1 | 9,25 | 4,42 | 4,49 | | 215 | 205 | 124 | 268 | |
| 4-5 | Asmund et al. 1997 | | | | 3,26 | | | | | 86,0 | |
| 4 | 23°57'10/72°16'28 | 16,5 | 8,43 | 2,44 | 2,67 | | 94,9 | 66,4 | 37,8 | 63,6 | |
| 6 | | 15,2 | 5,47 | 2,94 | | | 45,0 | 66,0 | 21,3 | | |
| 3 | 23°55'18/72°16'23 | 20,9 | 8,04 | 9,29 | 2,12 | | 64,8 | 89,1 | 43,4 | 45,8 | |
| 2 | 23°55'42/72°16'05 | 28,7 | 8,53 | 29,8 | 4,67 | | 69,3 | 168 | 93,1 | 69,3 | |
| 1-2 | Asmund et al. 1997 | | | | 12,7 | | | | | 143 | |
| | 23°55,29/72°15,73' | | | | | 44,16 | | | | 329,12 | |
| 1 | 23°55'35/72°15'33 | 120 | 105 | 286 | 102 | 20253,5* | 400 | 223 | 285 | 199 2344,77 | |
| 10 | 23°51'45/72°15'11 | 38,0 | 10,3 | 30,4 | 7,29 | 2,16 | 145 | 143 | 103 | 63,2 98,615 | |
| 9 | 23°51'01/72°15'13 | | 6,11 | 9,92 | 4,25 | 8,15 | | 124 | 29,2 | 43,4 64,98 | |
| 7 | Asmund et al. 1997 | 16,6 | 4,01 | 4,92 | 2,13 | | 93,8 | 102 | 26,6 | 29,6 | |
| | 23°48,94/72°14,79 | | | | | 4,65 | | | | 55,01 | |
| 7-8 | 23°48,18/72°13,82' | | | | 1,76 | 2,5 | | | | 63,2 69,54 | |
| 8 | 23°48'03/72°13'26 | 22,0 | 4,63 | 6,03 | 4,49 | | 339 | 278 | 160 | 135 | |
| E | 24°03'41/72°16'04 | 2 | | | 1,44 | 15,69 | | | | 33,5 73,73 | |
| F | 23°59'04/72°16'17 | | | | 0,44 | 15,42 | | | | 27,6 82,700 | |
| G | 23°55'29/72°15'47 | | | | 2,40 | | | | | 27,2 | |
| H | 23°43'14/72°10'17 | | | | | 4,80 | | | | 49,52 | |
| | 23°43,3'/72°11,17' | | | | | 1,80 | | | | 26,58 | |
| J | 23 44'24/72 13'18 | | | | | 3,23 | | | | 43,21 | |
| | 23°53,15'/72°17,43 | | | | | 5,03 | | | | 50,97 | |
| | 24°17,61'/72°20,84' | | | | | 2,03 | | | | 18,09 | |
| | 24°18,97'/72°19,71' | | | | | 3,8 | | | | 16,2 | |
| | 24°15,51'/72°15,41' | | | | | 1,045 | | | | 15,225 | |
| 2-3 | 23°55,96'/72°16,28' | | | | | 4,6 | | | | 62,080 | |
| D-E | 24°5,86'/72°16,23' | | | | | 7,41 | | | | 18,22 | |

Tabel 4 Blyanalyser af ulke fra Mesters Vig og Nyhavn (2001).

| ID-nummer | Lokalitet | Køn | Organ | Pb-indhold ($\mu\text{g g}^{-1}$) |
|-----------|-------------|-----|--------|-------------------------------------|
| 23973 | Mesters Vig | | ben | 0,0459 |
| 23978 | Mesters Vig | Han | ben | 0,0999 |
| 23983 | Mesters Vig | Hun | ben | 0,1065 |
| 24165 | Mesters Vig | Hun | ben | 0,0505 |
| 24166 | Mesters Vig | Han | ben | 0,0602 |
| 24167 | Mesters Vig | Han | ben | 0,0695 |
| 24172 | Mesters Vig | Hun | ben | 0,05 |
| 24179 | Mesters Vig | Han | ben | 0,1342 |
| 24180 | Mesters Vig | Han | ben | 0,1123 |
| 24181 | Mesters Vig | Han | ben | 0,0715 |
| 23973 | Mesters Vig | | lever | 0,0579 |
| 23978 | Mesters Vig | Han | lever | 0,043 |
| 23983 | Mesters Vig | Hun | lever | 0,0472 |
| 24165 | Mesters Vig | Hun | lever | 0,0159 |
| 24166 | Mesters Vig | Han | lever | 0,0352 |
| 24167 | Mesters Vig | Han | lever | 0,0369 |
| 24172 | Mesters Vig | Hun | lever | 0,0305 |
| 24179 | Mesters Vig | Han | lever | 0,0201 |
| 24180 | Mesters Vig | Han | lever | 0,0251 |
| 24181 | Mesters Vig | Han | lever | 0,015 |
| 23973 | Mesters Vig | | muskel | 0,0474 |
| 23978 | Mesters Vig | Han | muskel | 0,0336 |
| 23983 | Mesters Vig | Hun | muskel | 0,42 |
| 24165 | Mesters Vig | Hun | muskel | 0,02225 |
| 24166 | Mesters Vig | Han | muskel | 0,0205 |
| 24167 | Mesters Vig | Han | muskel | 0,0178 |
| 24172 | Mesters Vig | Hun | muskel | 0,0229 |
| 24179 | Mesters Vig | Han | muskel | 0,0234 |
| 24180 | Mesters Vig | Han | muskel | 0,0132 |
| 24181 | Mesters Vig | Han | muskel | 0,0105 |
| 23959 | Nyhavn | Hun | ben | 0,753 |
| 23960 | Nyhavn | Han | ben | 1,7252 |
| 23962 | Nyhavn | Hun | ben | 0,717 |
| 23967 | Nyhavn | Han | ben | 0,5172 |
| 23971 | Nyhavn | Hun | ben | 1,6013 |
| 24134 | Nyhavn | Hun | ben | 1,2009 |
| 24135 | Nyhavn | Han | ben | 0,6916 |
| 24149 | Nyhavn | Han | ben | 2,8148 |
| 24153 | Nyhavn | Han | ben | 0,10155 |
| 24158 | Nyhavn | Hun | ben | 0,3787 |

Tabel 4 fortsat

| | | | | |
|-------|--------|-----|--------|---------|
| 23959 | Nyhavn | Hun | lever | 0,0791 |
| 23960 | Nyhavn | Han | lever | 0,3466 |
| 23962 | Nyhavn | Hun | lever | 0,0981 |
| 23967 | Nyhavn | Han | lever | 0,1402 |
| 23971 | Nyhavn | Hun | lever | 0,359 |
| 24134 | Nyhavn | Hun | lever | 0,16585 |
| 24135 | Nyhavn | Han | lever | 0,1919 |
| 24149 | Nyhavn | Han | lever | 0,4776 |
| 24153 | Nyhavn | Han | lever | 0,1776 |
| 24158 | Nyhavn | Hun | lever | 0,1113 |
| 23959 | Nyhavn | Hun | muskel | 0,0188 |
| 23960 | Nyhavn | Han | muskel | 0,0165 |
| 23962 | Nyhavn | Hun | muskel | 0,0374 |
| 23967 | Nyhavn | Han | muskel | 0,0554 |
| 23971 | Nyhavn | Hun | muskel | 0,4041 |
| 24134 | Nyhavn | Hun | muskel | 0,7959 |
| 24135 | Nyhavn | Han | muskel | 0,0427 |
| 24149 | Nyhavn | Han | muskel | 0,0484 |
| 24153 | Nyhavn | Han | muskel | 0,0465 |
| 24158 | Nyhavn | Hun | muskel | 0,0266 |

Bilag 2 Kemiske analyser – terrestriske prøver

Table 5 Resultater af kemiske analyser af tailings (2001).

| DMU ID | Cu ($\mu\text{g g}^{-1}$) | Pb ($\mu\text{g g}^{-1}$) | Zn ($\mu\text{g g}^{-1}$) | Længde | Bredde |
|--------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------|----------|
| 24004 | 459 | 4088 | 59657 | -24,10523 | 72,19033 |
| 24005 | 134 | 1868 | 11094 | -24,10651 | 72,18998 |
| 24006 | 311 | 5465 | 21499 | -24,10987 | 72,18975 |
| 24007 | 207 | 3699 | 18040 | -24,11119 | 72,18949 |
| 24008 | 180 | 4165 | 18794 | -24,11230 | 72,18927 |
| 24009 | 308 | 3721 | 39593 | -24,11667 | 72,18828 |
| 24010 | 369 | 3045 | 17348 | -24,11844 | 72,18775 |
| 24011 | 439 | 9425 | 19900 | -24,11906 | 72,18747 |
| 24012 | 622 | 12622 | 15002 | -24,11998 | 72,18733 |
| 24013 | 344 | 5747 | 23660 | -24,12119 | 72,18699 |
| 24014 | 516 | 9816 | 28368 | -24,12230 | 72,18666 |

Tabel 6 Resultater af kemiske analyser af elvsediment (2001).

| DMU ID | GEUS ID | Cu ($\mu\text{g g}^{-1}$) | Pb ($\mu\text{g g}^{-1}$) | Zn ($\mu\text{g g}^{-1}$) | Ba ($\mu\text{g g}^{-1}$) | Længde | Bredde |
|--------|---------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------|----------|
| 24094 | . | 10 | 11 | 23 | . | -23,90420 | 72,21742 |
| 24095 | . | 15 | 18 | 36 | . | -23,90644 | 72,21594 |
| 24096 | . | 8 | 19 | 21 | . | -23,90650 | 72,21592 |
| 24102 | . | 5 | 16 | 28 | . | -24,20938 | 72,17313 |
| 23885 | 1 | 8 | 28 | 47 | 493 | -24,10525 | 72,18231 |
| 23882 | 2 | 10 | 28 | 52 | 269 | -24,10514 | 72,18094 |
| 24193 | 3 | 15 | 20 | 82 | 264 | -24,10453 | 72,18564 |
| 23998 | 4 | 15 | 23 | 78 | 381 | -24,11358 | 72,18442 |
| 23993 | 5 | 15 | 18 | 80 | 309 | -24,11944 | 72,18256 |
| 23886 | 6 | 16 | 23 | 78 | 338 | -24,12244 | 72,18086 |
| 23889 | 7 | 36 | 18 | 58 | 228 | -24,13475 | 72,17833 |
| 23896 | 18 | 35 | 694 | 1684 | 1019 | -24,08836 | 72,21100 |
| 23995 | 19 | 18 | 99 | 687 | 559 | -23,91136 | 72,24958 |
| 23897 | 20 | 15 | 147 | 836 | 797 | -24,10483 | 72,20044 |
| 23893 | 21 | 25 | 96 | 302 | 633 | -24,10483 | 72,19547 |
| 23997 | 22 | 10 | 23 | 58 | 221 | -24,10275 | 72,18975 |
| 23994 | 23 | 22 | 28 | 100 | 452 | -24,10431 | 72,18647 |
| 23888 | 29 | 21 | 1456 | 6290 | 663 | -24,14542 | 72,19069 |
| 23894 | 30 | 28 | 52 | 43 | 582 | -24,15056 | 72,19246 |
| 24195 | 31 | 16 | 20 | 35 | 367 | -24,14709 | 72,19180 |
| 23895 | 32 | 17 | 96 | 921 | 310 | -24,14306 | 72,19149 |
| 23890 | 33 | 22 | 55 | 208 | 370 | -24,14098 | 72,19169 |
| 23883 | 34 | 12 | 45 | 82 | 353 | -24,13597 | 72,19189 |
| 24199 | 35 | 12 | 37 | 97 | 505 | -24,13080 | 72,19142 |
| 23999 | 36 | 17 | 38 | 136 | 391 | -24,12863 | 72,19046 |
| 24198 | 37 | 20 | 86 | 132 | 423 | -24,12865 | 72,19047 |
| 23996 | 38 | 310 | 3625 | 25292 | 138 | -24,11795 | 72,18788 |
| 23880 | 39 | 29 | 153 | 870 | 710 | -23,94584 | 72,22762 |
| 24196 | 40 | 11 | 35 | 282 | 246 | -23,94550 | 72,22785 |
| 24194 | 41 | 24 | 107 | 749 | 686 | -23,94578 | 72,22838 |
| 23892 | 42 | 16 | 54 | 409 | 204 | -23,94200 | 72,22938 |
| 24200 | 89 | 49 | 123 | 180 | 287 | -24,09286 | 72,21072 |
| 23877 | 90 | 8 | 195 | 178 | 113 | -24,06428 | 72,21619 |
| 23884 | 91 | 21 | 134 | 699 | 757 | -23,98361 | 72,23569 |
| 23881 | 92 | 21 | 506 | 926 | 815 | -23,90836 | 72,25500 |
| 23879 | 93 | 7 | 349 | 355 | 92 | -23,91142 | 72,25461 |
| 23891 | 94 | 26 | 115 | 555 | 479 | -23,91286 | 72,22353 |
| 23887 | 95 | 23 | 97 | 418 | 645 | -23,91044 | 72,22286 |
| 24000 | 96 | 21 | 120 | 331 | 607 | -23,89914 | 72,22506 |
| 24197 | 97 | 19 | 25 | 76 | 171 | -23,91100 | 72,21983 |
| 23878 | 98 | 16 | 14 | 39 | 207 | -23,90350 | 72,21711 |

Tabel 7 Resultater af kemiske analyser af jord (2001).

| DMU ID | Cu ($\mu\text{g g}^{-1}$) | Pb ($\mu\text{g g}^{-1}$) | Zn ($\mu\text{g g}^{-1}$) | Længde | Bredde |
|--------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------|----------|
| 23902 | 34 | 66 | 176 | -24,12857 | 72,18939 |
| 23905 | 22 | 262 | 355 | -24,13879 | 72,18940 |
| 23908 | 7 | 18 | 42 | -24,14714 | 72,18846 |
| 23911 | 11 | 14 | 19 | -24,14993 | 72,18896 |
| 23914 | 11 | 50 | 35 | -24,15685 | 72,18911 |
| 23917 | 23 | 237 | 53 | -24,16734 | 72,18839 |
| 23920 | 22 | 24 | 54 | -24,15924 | 72,18702 |
| 23923 | 16 | 23 | 115 | -24,14357 | 72,18375 |
| 23926 | 17 | 51 | 96 | -24,13245 | 72,18295 |
| 23929 | 20 | 124 | 226 | -24,11352 | 72,18491 |
| 23937 | 18 | 99 | 118 | -24,09461 | 72,21066 |
| 23941 | 24 | 97 | 101 | -24,01536 | 72,22481 |
| 24003 | 31 | 264 | 1213 | -24,12979 | 72,18625 |
| 24015 | 224 | 2325 | 8424 | -24,11248 | 72,18974 |
| 24016 | 180 | 1786 | 8713 | -24,11248 | 72,18974 |
| 24017 | 404 | 330 | 14915 | -24,11248 | 72,18974 |
| 24018 | 185 | 2305 | 8590 | -24,11248 | 72,18974 |
| 24019 | 322 | 316 | 13094 | -24,11248 | 72,18974 |
| 24022 | 9 | 83 | 57 | -24,07325 | 72,16458 |
| 24025 | 10 | 58 | 56 | -24,09619 | 72,17563 |
| 24028 | 19 | 92 | 193 | -24,13230 | 72,18893 |
| 24031 | 6 | 13 | 32 | -24,07444 | 72,18500 |
| 24034 | 15 | 58 | 92 | -24,14607 | 72,17772 |
| 24037 | 18 | 51 | 70 | -24,16506 | 72,17262 |
| 24044 | 12 | 50 | 80 | -24,11488 | 72,18286 |
| 24047 | 138 | 2518 | 5090 | -24,11678 | 72,18625 |
| 24048 | 275 | 3043 | 8199 | -24,11678 | 72,18625 |
| 24050 | 10 | 51 | 43 | -24,11355 | 72,18491 |
| 24053 | 20 | 26 | 44 | -24,06399 | 72,21599 |
| 24056 | 21 | 39 | 52 | -24,03959 | 72,21872 |
| 24059 | 10 | 16 | 66 | -24,04798 | 72,22693 |
| 24062 | 33 | 74 | 106 | -24,02904 | 72,23056 |
| 24065 | 11 | 59 | 52 | -23,99925 | 72,23119 |
| 24068 | 28 | 63 | 121 | -23,94150 | 72,25646 |
| 24091 | 12 | 20 | 71 | -23,90567 | 72,22527 |
| 24093 | 19 | 60 | 115 | -23,90843 | 72,21920 |
| 24101 | 2 | 17 | 13 | -24,14904 | 72,18866 |
| 24103 | 12 | 14 | 30 | -24,15346 | 72,18578 |
| 24105* | 25 | 76 | 323 | -24,03152 | 72,09249 |
| 24109* | 35 | 138 | 500 | -24,02626 | 72,09375 |
| 24113* | 18 | 25 | 195 | -24,01891 | 72,09298 |
| 24117 | 18 | 18 | 42 | -23,96731 | 72,24952 |
| 24119 | 8 | 21 | 28 | -23,96617 | 72,24412 |
| 24122 | 28 | 18 | 79 | -23,93183 | 72,27030 |
| 24128 | 24 | 48 | 75 | -23,92795 | 72,26381 |

* prøver fra "Sorte Hjørne"

Tabel 8 Resultater af kemiske analyser af *Cetraria nivalis* (2001).

| DMU ID | Cu ($\mu\text{g g}^{-1}$) | Pb ($\mu\text{g g}^{-1}$) | Zn ($\mu\text{g g}^{-1}$) | Længde | Bredde |
|--------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------|----------|
| 23901 | <5 | 7 | 37 | -24,12857 | 72,18939 |
| 23904 | <5 | 130 | 83 | -24,13879 | 72,18940 |
| 23907 | <5 | 3 | 29 | -24,14714 | 72,18846 |
| 23910 | <5 | 17 | 12 | -24,14993 | 72,18896 |
| 23913 | <5 | 3 | 14 | -24,15685 | 72,18911 |
| 23916 | <5 | 14 | 21 | -24,16734 | 72,18839 |
| 23919 | <5 | 3 | 18 | -24,15924 | 72,18702 |
| 23922 | <5 | 8 | 24 | -24,14357 | 72,18375 |
| 23925 | <5 | 13 | 41 | -24,13245 | 72,18295 |
| 23928 | <5 | 1534 | 591 | -24,11352 | 72,18491 |
| 23936 | <5 | 28 | 28 | -24,09461 | 72,21066 |
| 23939 | <5 | 39 | 24 | -24,01536 | 72,22481 |
| 24001 | <5 | 256 | 75 | -24,13990 | 72,18327 |
| 24002 | <5 | 36 | 144 | -24,12979 | 72,18625 |
| 24020 | <5 | 79 | 61 | -24,10859 | 72,17757 |
| 24021 | <5 | 10 | 26 | -24,07325 | 72,16458 |
| 24024 | <5 | 62 | 61 | -24,09619 | 72,17563 |
| 24027 | <5 | 13 | 50 | -24,13230 | 72,18893 |
| 24030 | <5 | 3 | 15 | -24,07444 | 72,18500 |
| 24033 | <5 | 12 | 20 | -24,14607 | 72,17772 |
| 24036 | <5 | 3 | 16 | -24,16506 | 72,17262 |
| 24045 | <5 | 118 | 95 | -24,11488 | 72,18286 |
| 24049 | <5 | 32 | 34 | -24,11355 | 72,18491 |
| 24052 | <5 | 57 | 36 | -24,06399 | 72,21599 |
| 24055 | <5 | 40 | 28 | -24,03959 | 72,21872 |
| 24058 | <5 | 3 | 19 | -24,04798 | 72,22693 |
| 24061 | <5 | 4 | 21 | -24,02904 | 72,23056 |
| 24064 | <5 | 35 | 35 | -23,99925 | 72,23119 |
| 24067 | <5 | 15 | 28 | -23,94150 | 72,25646 |
| 24090 | <5 | 16 | 29 | -23,90567 | 72,22527 |
| 24092 | <5 | 16 | 51 | -23,90843 | 72,21920 |
| 24104* | <5 | 30 | 103 | -24,03152 | 72,09249 |
| 24108* | <5 | 3 | 13 | -24,02626 | 72,09375 |
| 24112* | <5 | 3 | 23 | -24,01891 | 72,09298 |
| 24116 | <5 | 2 | 14 | -23,96731 | 72,24952 |
| 24118 | <5 | 9 | 24 | -23,96617 | 72,24412 |
| 24121 | <5 | 6 | 16 | -23,93183 | 72,27030 |
| 24127 | <5 | 3 | 15 | -23,92795 | 72,26381 |
| 24188 | <5 | 3 | 18 | -24,00562 | 72,26782 |

* prøver fra "Sorte Hjørne"

Tabel 9 Resultater af kemiske analyser af *Cassiope tetragona* (2001).

| DMU ID | Cu ($\mu\text{g g}^{-1}$) | Pb ($\mu\text{g g}^{-1}$) | Zn ($\mu\text{g g}^{-1}$) | Cd ($\mu\text{g g}^{-1}$) | Længde | Bredde |
|--------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------|----------|
| 23933 | 73 | 1075 | 1896 | 8,65 | -24,11243 | 72,18793 |
| 23935 | 354 | 9155 | 11541 | 60,47 | -24,11243 | 72,18793 |
| 24042 | 6 | 12 | 35 | 0,07 | -24,10866 | 72,17753 |
| 24043 | 8 | 29 | 64 | 0,32 | -24,10866 | 72,17753 |
| 24107* | 4 | 4 | 25 | 0,03 | -24,03152 | 72,09249 |
| 24110* | 4 | 3 | 31 | 0,02 | -24,02626 | 72,09375 |
| 24115* | 4 | 3 | 29 | 0,01 | -24,01891 | 72,09298 |

* prøver fra "Sorte Hjørne"

Tabel 10 Resultater af kemiske analyser af *Salix arctica* (2001).

| DMU ID | Cu ($\mu\text{g g}^{-1}$) | Pb ($\mu\text{g g}^{-1}$) | Zn ($\mu\text{g g}^{-1}$) | Cd ($\mu\text{g g}^{-1}$) | Længde | Bredde |
|--------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------|----------|
| 23931 | 54 | 755 | 2651 | 11,64 | -24,11243 | 72,18793 |
| 24040 | 9 | 9 | 308 | 5,13 | -24,10866 | 72,17753 |
| 24106* | 10 | 6 | 559 | 7,63 | -24,03152 | 72,09249 |
| 24111* | 9 | 13 | 511 | 13,30 | -24,02626 | 72,09375 |
| 24114* | 9 | 11 | 364 | 7,57 | -24,01891 | 72,09298 |

* prøver fra "Sorte Hjørne"

Bilag 3 Beregninger af koncentrationer af bly, zink og kobber i forskellig afstand fra mineområdet

Table 11 Indhold af kobber, bly og zink i *Cetraria nivalis* i forskellig afstand fra minen ($\mu\text{g g}^{-1}$)

| Cetraria | Cu | Pb | Zn |
|----------------|----|------|-----|
| 0-500 | | | |
| Geometric mean | <5 | 222 | 142 |
| n | 2 | 2 | 2 |
| st.dev. | | - | - |
| min | | 32 | 34 |
| max | | 1534 | 591 |
| 500-1000 | | | |
| Geometric mean | <5 | 29 | 66 |
| n | 6 | 6 | 6 |
| st.dev. | | 56 | 41 |
| min | | 7 | 37 |
| max | | 130 | 144 |
| 1000-2000 | | | |
| Geometric mean | <5 | 13 | 26 |
| n | 11 | 11 | 11 |
| st.dev. | | 76 | 23 |
| min | | 3 | 20 |
| max | | 256 | 75 |
| 2000-5000 | | | |
| Geometric mean | <5 | 13 | 25 |
| n | 6 | 6 | 6 |
| st.dev. | | 22 | 7 |
| min | | 3 | 19 |
| max | | 57 | 36 |
| 5000-15000 | | | |
| Geometric mean | <5 | 8 | 25 |
| n | 14 | 14 | 14 |
| st.dev. | | 13 | 23 |
| min | | 3 | 18 |
| max | | 39 | 103 |

Table 12 Indhold af kobber, bly og zink i jord i forskellig afstand fra minen ($\mu\text{g g}^{-1}$)

| Soil | Cu | Pb | Zn |
|----------------|-----|------|-------|
| 0-500 | | | |
| Geometric mean | 125 | 122 | 3327 |
| n | 9 | 8 | 9 |
| st.dev. | 130 | 1238 | 5057 |
| min | 10 | 20 | 43 |
| max | 404 | 3625 | 14915 |
| 500-1000 | | | |
| Geometric mean | 21 | 101 | 220 |
| n | 6 | 6 | 6 |
| st.dev. | 8 | 103 | 433 |
| min | 10 | 28 | 52 |
| max | 34 | 264 | 1213 |
| 1000-2000 | | | |
| Geometric mean | 10 | 30 | 41 |
| n | 11 | 11 | 11 |
| st.dev. | 6 | 65 | 31 |
| min | 7 | 14 | 30 |
| max | 23 | 237 | 115 |
| 2000-5000 | | | |
| Geometric mean | 15 | 44 | 64 |
| n | 6 | 6 | 6 |
| st.dev. | 5 | 33 | 26 |
| min | 10 | 16 | 66 |
| max | 21 | 99 | 118 |
| 5000-15000 | | | |
| Geometric mean | 20 | 45 | 101 |
| n | 13 | 13 | 13 |
| st.dev. | 8 | 36 | 133 |
| min | 24 | 48 | 75 |
| max | 35 | 138 | 500 |

Table 13 Indhold af kobber, bly og zink i elvsediment i forskellig afstand fra minen ($\mu\text{g g}^{-1}$)

| Elvsediment | Cu | Pb | Zn |
|----------------|-----|------|-------|
| 0-500 | | | |
| Geometric mean | 27 | 64 | 248 |
| n | 5 | 5 | 5 |
| st.dev. | 132 | 1611 | 11275 |
| min | 15 | 20 | 82 |
| max | 310 | 3625 | 25292 |
| 500-1000 | | | |
| Geometric mean | 15 | 40 | 103 |
| n | 10 | 10 | 10 |
| st.dev. | 5 | 26 | 79 |
| min | 12 | 50 | 80 |
| max | 25 | 96 | 302 |
| 1000-2000 | | | |
| Geometric mean | 21 | 85 | 274 |
| n | 6 | 6 | 6 |
| st.dev. | 8 | 569 | 2448 |
| min | 17 | 18 | 58 |
| max | 36 | 1456 | 6290 |
| 2000-5000 | | | |
| Geometric mean | 16 | 128 | 197 |
| n | 4 | 4 | 4 |
| st.dev. | 21 | 300 | 781 |
| min | 5 | 16 | 28 |
| max | 49 | 694 | 1684 |
| 5000-15000 | | | |
| Geometric mean | 17 | 66 | 97 |
| n | 16 | 16 | 9 |
| st.dev. | 6 | 134 | 138 |
| min | 10 | 11 | 195 |
| max | 29 | 506 | 405 |

Danmarks Miljøundersøgelser

Danmarks Miljøundersøgelser - DMU - er en forskningsinstitution i Miljøministeriet. DMU's opgaver omfatter forskning, overvågning og faglig rådgivning inden for natur og miljø.

Henvendelser kan rettes til:

URL: <http://www.dmu.dk>

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

*Direktion
Personale- og Økonomisekretariat
Forsknings- og Udviklingssektion
Afd. for Systemanalyse
Afd. for Atmosfærisk Miljø
Afd. for Marin Økologi
Afd. for Miljøkemi og Mikrobiologi
Afd. for Arktisk Miljø*

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

*Overvågningssektionen
Afd. for Terrestrisk Økologi
Afd. for Ferskvandsøkologi
Afd. for Marin Økologi
Projektchef for det akvatiske område*

Danmarks Miljøundersøgelser
Grenåvej 12-14, Kalø
8410 Rønde
Tlf.: 89 20 17 00
Fax: 89 20 15 15

Afdeling for Vildtbiologi og Biodiversitet

Publikationer:

DMU udgiver faglige rapporter, tekniske anvisninger, temarapporter, samt årsberetninger. Et katalog over DMU's aktuelle forsknings- og udviklingsprojekter er tilgængeligt via World Wide Web.

I årsberetningen findes en oversigt over det pågældende års publikationer.

Faglige rapporter fra DMU/NERI Technical Reports

2002

- Nr. 426: Statistisk optimering af monitoringsprogrammer på miljøområdet. Eksempler fra NOVA-2003. Af Larsen, S.E., Jensen, C. & Carstensen, J. 195 s. (elektronisk)
- Nr. 427: Air Quality Monitoring Programme. Annual Summary for 2001. By Kemp, K. & Palmgren, F. 32 pp. (electronic)

2003

- Nr. 428: Vildtbestande, jagt og jagttider i Danmark 2002. En biologisk vurdering af jagtens bæredygtighed som grundlag for jagttidsrevisionen 2003. Af Bregnballe, T. et al. 227 s. (elektronisk)
- Nr. 429: Movements of Seals from Rødsand Seal Sanctuary Monitored by Satellite Telemetry. Relative Importance of the Nysted Offshore Wind Farm Area to the Seals. By Dietz, R. et al. 44 pp. (electronic)
- Nr. 430: Undersøgelse af miljøfremmede stoffer i gylle. Af Schwærter, R.C. & Grant, R. 60 s. (elektronisk)
- Nr. 432: Metoder til miljøkonsekvensvurdering af økonomisk politik. Af Møller, F. 65 s. (elektronisk)
- Nr. 433: Luftforurening med partikler i København. En oversigt. Af Palmgren, F., Wåhlin, P. & Loft, S. 77 s. (elektronisk)
- Nr. 434: Forsøgsprojekt Døstrup Dambrug. Resultater og konklusioner. Af Fjordback, C. et al. 270 s., 150,00 kr.
- Nr. 435: Preliminary Assessment based on AQ Modelling. Ploiesti Agglomeration in Romania. Assistance to Romania on Transposition and Implementation of the EU Ambient Air Quality Directives. By Jensen, S.S. et al. 53 pp. (electronic)
- Nr. 436: Naturplanlægning - et system til tilstandsvurdering i naturområder. Af Skov, F., Buttenschøn, R. & Clemmensen, K.B. 101 s. (elektronisk)
- Nr. 437: Naturen i hverdagslivsperspektiv. En kvalitativ interviewundersøgelse af forskellige danskeres forhold til naturen. Af Læssøe, J. & Iversen, T.L. 106 s. (elektronisk)
- Nr. 438: Havterne i Grønland. Status og undersøgelser. Af Egevang, C. & Boertmann, D. 69 s. (elektronisk)
- Nr. 439: Anvendelse af genmodificerede planter. Velfærdsøkonomisk vurdering og etiske aspekter. Af Møller, F. 57 s. (elektronisk)
- Nr. 440: Thermal Animal Detection System (TADS). Development of a Method for Estimating Collision Frequency of Migrating Birds at Offshore Wind Turbines. By Desholm, M. 25 pp. (electronic)
- Nr. 441: Næringsstofbalancer på udvalgte bedrifter i Landovervågningen. Af Hansen, T.V. & Grant, R. 26s. (elektronisk)
- Nr. 442: Emissionsfaktorer og emissionsopgørelse for decentral kraftvarme. Eltra PSO projekt 3141. Kortlægning af emissioner fra decentrale kraftvarmeværker. Delrapport 6. Af Nielsen, M. & Illerup, J.B. 113 s. (elektronisk)
- Nr. 443: Miljøøkonomisk analyse af skovrejsning og braklægning som strategier til drikkevandsbeskyttelse. Af Schou, J.S. 43 s. (elektronisk)
- Nr. 444: Tungmetaller i tang og musling ved Ivittuut 2001. Af Johansen, P. & Asmund, G. 32 s. (elektronisk)
- Nr. 445: Modeller til beskrivelse af iltsvind. Analyse af data fra 2002. Af Carstensen, J. & Erichsen, A.C. 60 s. (elektronisk)
- Nr. 447: Modelanalyser af mobilitet og miljø. Slutrapport fra TRANS og AMOR II. Af Christensen, L. & Gudmundsson, H. 114 s. (elektronisk)
- Nr. 448: Newcastle Disease i vilde fugle. En gennemgang af litteraturen med henblik på at udpege mulige smitekilder for dansk fjerkræ. Af Therkildsen, O.R. 61 s. (elektronisk)
- Nr. 449: Marin recipientundersøgelse ved Thule Air Base 2002. Af Glahder, C.M. et al. 143 s. (elektronisk)
- Nr. 450: Air Quality Monitoring Programme. Annual Summary for 2002. By Kemp, K. & Palmgren, F. 36 pp. (electronic)
- Nr. 451: Effekter på havbunden ved passage af højhastighedsfærger. Af Dahl, K. & Kofoed-Hansen, H. 33 s. (elektronisk)
- Nr. 452: Vingeindsamling fra jagtsæsonen 2002/03 i Danmark. Wing Survey from the 2002/03 Hunting Season in Denmark. Af Clausager, I. 66 s.
- Nr. 453: Tålegrænser for kvælstof for Idom Hede, Ringkøbing Amt. Af Nielsen, K.E. & Bak, J.L. 48 s. (elektronisk)
- Nr. 454: Naturintegration i Vandmiljøplan III. Beskrivelse af tiltag der, ud over at mindske tilførsel af næringsstoffer fra landbrugsdrift til vandområder, også på anden vis kan øge akvatiske og terrestriske naturværdier. Af Andersen, J.M. et al. 67 s. (elektronisk)
- Nr. 455: Kvantificering af næringsstoffers transport fra kilde til recipient samt effekt i vandmiljøet. Modeltyper og deres anvendelse illustreret ved eksempler. Nielsen, K. et al. 114 s. (elektronisk)
- Nr. 456: Opgørelse af skadevirkninger på bundfaunaen efter iltsvindet i 2002 i de indre danske farvande. Af Hansen, J.L.S. & Josefson, A.B. 32 s. (elektronisk)
- Nr. 457: Kriterier for gunstig bevaringsstatus. Naturtyper og arter omfattet af EF-habitatdirektivet & fugle omfattet af EF-fuglebeskyttelsesdirektivet. Af Søgaard, B. et al. 2. udg. 460 s. (elektronisk)
- Nr. 458: Udviklingen i Vest Stadil Fjord 2001-2002. Af Søndergaard, M. et al. 25 s. (elektronisk)
- Nr. 459: Miljøøkonomiske beregningspriser. Forprojekt. Af Andersen, M.S. & Strange, N. 88 s. (elektronisk)
- Nr. 460: Aerosols in Danish Air (AIDA). Mid-term report 2000-2002. By Palmgren, F. et al. 92 pp. (electronic)

Danmarks Miljøundersøgelser
Miljøministeriet

ISBN 87-7772-778-9
ISSN 1600-0048